



UNIVERZITET U  
Kragujevcu  
AGRONOMSKI FAKULTET U  
ČAČKU



UNIVERSITY OF  
Kragujevac  
FACULTY OF  
AGRONOMY  
ČAČAK

---

# XXIII SAVETOVANJE O BIOTEHNOLOGIJI

sa međunarodnim učešćem

- ZBORNIK RADOVA -



---

Čačak, 9 - 10. Mart 2018. godine

# **XXIII SAVETOVANJE O BIOTEHNOLOGIJI**

**sa međunarodnim učešćem**

**- Zbornik radova -**

## **ORGANIZATOR I IZDAVAČ**

**Univerzitet u Kragujevcu,  
Agronomski fakultet u Čačku**

### **Organizacioni odbor**

dr Vladimir Kurćubić, dr Ljiljana Bošković Rakočević, dr Nemanja Miletić,  
dr Vladimir Dosković, Radmila Ilić, dipl. inž., Srđan Bošković

### **Programski odbor**

dr Leka Mandić, dr Vladeta Stevović, dr Snežana Bogosavljević-Bošković,  
dr Tomo Milošević, dr Radojica Đoković, dr Milomirka Madić, dr Goran  
Dugalić, dr Gordana Šekularac, dr Biljana Veljković, dr Nikola Bokan, dr  
Vladimir Kurćubić, dr Goran Marković, dr Gorica Paunović, dr Snežana  
Tanasković, dr Nemanja Miletić, dr Milan Nikolić, dr Igor Đurović, dr  
Milevica Bojović, dr Branko Čupina, dr Zora Dajić, dr Sanja Vasiljević, dr  
Aleksandra Stanojković Sebić, dr Milan M. Petrović, dr Jasmina Zdravković,  
dr Zoran Lugić, dr Zoran Jovović, dr Vesna Milić, dr Nikola Mičić, dr Milan  
Lukić, dr Desimir Knežević, dr Nebojša Ilić, dr Đoko Bunevski, dr Vera  
Đekić, dr Slavica Vesković

### **Tehnički urednici**

dr Nemanja Miletić, dipl. inž. Dušan Marković

**Tiraž:** 160 primeraka

### **Štampa**

*Grafička radnja štamparija Bajić, V. Ignjatovića 12, Trbušani, Čačak*

## PREDGOVOR

Pored osnovne obrazovne delatnosti na osnovnim, master i doktorskim akademskim studijama, kao i realizaciji posebnih programa za stalno stručno usavršavanje, Agronomski fakultet u Čačku obavlja i niz drugih delatnosti kao što su: izvođenje naučno-istraživačkih projekata samostalno i/ili u saradnji sa drugim organizacijama iz zemlje i inostranstva, primena tehničko-tehnoloških rešenja u praksi, publikovanje naučnih i stručnih radova kroz sopstvenu izdavačku delatnost i organizovanje naučnih i stručnih skupova.

Značajna aktivnost Agronomskog fakulteta u Čačku, preko dvadeset godina, je organizovanje naučno-stručnog skupa Savetovanje o biotehnologiji. Osnovni cilj savetovanja je upoznavanje šire naučne i stručne javnosti kao i poljoprivrednih proizvođača i prerađivača sa rezultatima najnovijih naučnih istraživanja domaćih i inostranih naučnih radnika iz oblasti primarne poljoprivredne proizvodnje i prerade. Na taj način fakultet nastoji da omogući primenu naučnih rezultata široj proizvodnoj praksi.

Zbornik radova XXIII Savetovanja o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem sadrži 95 radova iz oblasti: Ratarstva, Povrtarstva i krmnog bilja, Vinogradarstva i voćarstva, Stočarstva, Prehrambene tehnologije i Zaštite bilja, proizvoda i životne sredine.

Pored naučnih radnika iz gotovo svih visokoobrazovnih i naučnih institucija Republike Srbije, na ovogodišnjem savetovanju učestvuju i naučni radnici iz Mađarske, Bosne i Hercegovine, Makedonije, Bugarske i Crne Gore.

XXIII Savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem održaće se pod pokroviteljstvom Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, uz materijalnu pomoć grada Čačka i donatorskih firmi iz oblasti primarne poljoprivredne proizvodnje i prerade.

Programski i organizacioni odbor XXIII Savetovanja o biotehnologiji izražava veliku zahvalnost svim institucijama, organizacijama i kolegama koji su direktno učestvovali ili na bilo koji način pomogli u organizaciji ovog skupa.

U Čačku, marta 2018. godine

Programski i Organizacioni odbor  
XXIII Savetovanja o biotehnologiji



## SADRŽAJ

### **Sekcija: Ratarstvo, povrtarstvo i krmno bilje**

<i>Zoran Bročić, Mirko Milinković, Ivana Momčilović, Jasmina Oljača, Biljana Veljković, Drago Milošević, Dobrivoj Poštić: AEROPONIKA, NOVA TEHNOLOGIJA ZA PROIZVODNJU MINI KRTOLA KROMPIRA U GUČI .....</i>	11
<i>Ljiljana Bošković-Rakočević, Zoran Dinić, Aleksandar Paunović, Nikola Bokan, Marijana Dugalić, Goran Dugalić: PRINOS I KVALITET KRTOLA KROMPIRA U ZAVISNOSTI OD ĐUBRENJA .....</i>	18
<i>Ivica Đalović, Yinglong Chen, Srđan Šeremešić, Vojislav Mihailović, Dragiša Milošev: EFIKASNOST USVAJANJA AZOTA KOD HIBRIDA KUKURUZA U ZAVISNOSTI OD SISTEMA ĐUBRENJA .....</i>	25
<i>Vera Đekić, Jelena Milivojević, Miodrag Jelić, Vera Popović, Snežana Branković, Dragan Terzić, Dragan Grčak: VARIJABILNOST PRINOSA RAZLIČITIH SORTI OZIMOG JEČMA .....</i>	33
<i>Vojin Đukić, Zlatica Miladinov, Gordana Dozet, Mladen Tatić, Gorica Cvijanović, Marija Cvijanović, Jelena Marinković: UTICAJ ZAORAVANJA ŽETVENIH OSTATAKA NA POVEĆANJE PRINOSA SOJE .....</i>	39
<i>Gordana Dozet, Vojin Đukić, Zlatica Miladinov, Gorica Cvijanović, Nenad Đurić, Vladan Ugrenović, Vera Popović: UTICAJ MEĐUREDNE KULTIVACIJE I VREMENA OSNOVNE OBRADJE ZEMLJIŠTA NA PRINOS SOJE .....</i>	45
<i>Goran Jačimović, Vladimir Aćin, Jovan Crnobarac, Dragana Latković, Jelena Visković: UTICAJ DUGOGODIŠNJEG IZOSTAVLJANJA HRANIVA NA KOMPONENTE PRINOSA I PRINOS OZIME PŠENICE .....</i>	51
<i>Hristofor Kirchev, Angelina Muhova: PHENOLOGICAL DEVELOPMENT OF TRITICALE VARIETIES DEPENDING ON THE WEATHER CONDITIONS .....</i>	57
<i>Desimir Knežević, Aleksandar Paunović, Pavle Mašković, Mirjana Menkovska, Danijela Kondić, Milica Zelenika, Milomirka Madić, Vesna Djurović, Veselinka Zečević: ANALIZA PROTEINA U SEMENU PŠENICE (<i>Triticum aestivum</i> L.) .....</i>	63
<i>Dušan Marković, Dalibor Tomić, Vladeta Stevović, Uroš Pešović, Siniša Randić: MOBILNA APLIKACIJA ZA IZRAČUNAVANJE KOLIČINE SEMENA ZA SETVU ..</i>	70
<i>Aleksandar Paunović, Goran Dugalić, Desimir Knežević, Milomirka Madić, Vladanka Stupar: RAZMATRANJE NEKIH AGROEKOLOŠKIH USLOVA I ODLIKA PODRUČJA OPŠTINE KNIĆ ZA RATARSKU PROIZVODNJU .....</i>	76
<i>Ljubica Šarčević - Todosijević, Ljubiša Živanović, Bojana Petrović, Tatjana Marinković, Vera Popović: BROJNOST I ZNAČAJ AKTINOMICETA U ZEMLJIŠTU U FAZI FIZIOLOŠKE ZRELOSTI ZRNA KUKURUZA (<i>Zea mays</i> L.) .....</i>	82
<i>Dalibor Tomić, Vladeta Stevović, Dragan Đurović, Milomirka Madić, Jasmina Knežević, Nikola Bokan, Dragan Terzić: PRINOS SORTI ŽUTOG ZVEZDANA NA ZEMLJIŠTU BAZNE REAKCIJE .....</i>	89
<i>Biljana Veljković, Ranko Koprivica, Dušan Radivojević, Zoran Bročić: KALKULACIJE U PROIZVODNJI SILAŽE .....</i>	95
<i>Jelena Visković, Jovan Crnobarac, Dragana Latković, Goran Jačimović, Vladimir Aćin: HEMIJSKI SASTAV ZRNA I SLAME PŠENICE GAJENE PRI RAZLIČITIM KOLIČINAMA NPK HRANIVA .....</i>	102

<i>Ivan Yanchev</i> : THE EFFECT OF APPLYING WITH IMMUNOCYTOPHYTE ON THE CONTENT AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE ESSENTIAL OIL FROM COMMON BASIL OF 'TRAKIA' CULTIVAR .....	107
<i>Vladimir Zornić, Mirjana Petrović, Tanja Vasić, Jordan Marković, Snežana Babić, Dejan Sokolović, Jasmina Radović</i> : FLORISTIČKI SASTAV I PRINOS BIOMASE TRAVNJAKA <i>Danthonietum calycinae</i> POD UTICAJEM ĐUBRENJA I KALCIZACIJE .....	115

### **Sekcija: Voćarstvo i vinogradarstvo**

<i>Jasmina Aliman, Ahmed Džubur, Semina Hadžiabulić, Jasna Hasanbegović, Adnan Oručević</i> : FENOLOŠKA PROUČAVANJA SORTI BRESKVE NA PODRUČJU DUBRAVSKE VISORAVNI U HERCEGOVINI .....	121
<i>Vasily Dzhuvinov, Stafan Gandev</i> : POSSIBILITY FOR SPINDLE AND SOLAXE TREES APPLE BREEDING .....	127
<i>Mlađan Garić, Vera Vukosavljević</i> : AGROBIOLOŠKA SVOJSTVA SORTE FRANKOVKA U KRAGUJEVAČKOM VINOGORJU .....	133
<i>Radmila Ilić, Tomo Milošević, Ivan Glišić, Gorica Paunović</i> : VEGETATIVNI RAST, RODNOST I KVALITET PLODA ŠLJIVE U ZAVISNOSTI OD PODLOGE .....	139
<i>Mirko Kulina, Mirjana Radović, Bojan Životić, Gordana Životić</i> : FIZIČKO-HEMIJSKE KARAKTERISTIKE PLODA ZNAČAJNIJIH AUTOHTONIH SORTI JABUKE SA PODRUČJA MAJEVICE .....	146
<i>Nebojša Milošević, Ivana Glišić, Milena Dorđević, Milan Lukić</i> : POMOLOŠKE I PROIZVODNE OSOBINE NEKIH NOVIJIH SORTI ŠLJIVE .....	154
<i>Томо Милошевић, Небојша Милошевић, Иван Глишић</i> : ПРИНОС И КВАЛИТЕТ ПЛОДА НОВИЈИХ ДОМАЋИХ И ИНОСТРАНИХ СОРТИ КАЈСИЈЕ ( <i>Prunus armeniaca</i> L.) .....	162
<i>Jelena Popović-Dorđević, Stefan Jevremović, Ilija Brčeski, Mihailo Nikolić</i> : CONTENT OF ESSENTIAL AND TOXIC ELEMENTS IN FRUIT OF RASPBERRY CULTIVAR 'MEEKER' .....	172
<i>Boris Rilak, Ivan Glišić, Tomo Milošević, Gorica Paunović</i> : UTICAJ SORTE I NAČINA PRORĚĐIVANJA PLODOVA NA PRINOS I KRUPNOĆU JABUKE ( <i>Malus domestica</i> Borkh.) .....	178
<i>Jelena Tomić, Marijana Pešaković, Žaklina Karaklajić-Stajić, Rade Miletić, Svetlana M. Paunović, Mira Milinković</i> : BILOŠKO-PROIZVODNE OSOBINE SORTE JAGODE 'LEATITIA' NA PODRUČJU ČAČKA .....	186
<i>Mališa Tošić</i> : SEKTORIJALNA OTPORNOST ŠLJIVE PREMA VIRUSU ŠARKE ŠLJIVE .....	194
<i>Tatjana Vujović, Durđina Ružić, Tatjana Marjanović</i> : IN VITRO RAZMNOŽAVANJE NOVIH VEGETATIVNIH PODLOGA ZA ŠLJIVU .....	197

### **Sekcija: Zaštita bilja, proizvoda i životne sredine**

<i>Gorica Đelić, Marina Topuzović, Milica Novaković, Snežana Branković, Milena Đurić</i> : FITOTOKSIČNI EFEKTI SOLI NATRIJUMA NA KLIJAVOST I PORAST KLICE TRITIKALEA .....	203
<i>Miroљjub Aksić, Gordana Šekularac, Nebojša Gudžić, Slavisha Gudžić, Jasmina Knežević, Dragan Grčak, Milosav Grčak</i> : UTICAJ NAVODNJAVANJA NA INTENZITET POJAVE <i>VENTURIA INAEQUALIS</i> KOD JABUKE .....	209

<i>Alen Bajrić, Avdul Adrović, Edina Hajdarević, Isat Skenderović, Eldar Tanović, Goran Marković:</i> KARAKTERISTIKE KRVNIH ČELIJA <i>Sabanejewia balcanica</i> (Cobitidae) IZ NEKIH TEKUĆICA SLIVNOG PODRUČJA RIJEKE SAVE.....	215
<i>Sabina Begić, Vladan Mičić, Darko Manjenčić:</i> PROCES RAFINISANJA BIOMASE SA SUPERKRITIČNOM VODOM .....	222
<i>Snežana Branković, Gorica Đelić, Zoran Simić, Radmila Glišić, Vera Đekić, Marina Topuzović, Filip Grbović, Milica Novaković:</i> BIOAKUMULACIJA I TRANSLOKACIJA METALA U VRSTI <i>ALYSSUM MARKGRAFII</i> O. E. SCHULZ .....	228
<i>Jaroslava Budinski-Simendić, Vojislav Jovanović, Slaviša Jovanović, Gordana Marković, Dejan Kojić, Jelena Pavličević, Nevena Vukić, Milena Marinović-Cincović:</i> POSTUPCI RECIKLIRANJA OTPADNIH GUMENIH PROIZVODA ZA DOBIJANJE ELASTOMERNIH HIBRIDNIH MATERIJALA .....	234
<i>Slobodan A. Ćirić, Vesna P. Stankov Jovanović, Violeta D. Mitić, Marija D. Ilić, Snežana Č. Jovanović, Gordana S. Stojanović:</i> PRIMENA NOVIH SORBENASA U D- $\mu$ -SPE TEHNICI PRIPREME UZORAKA ZA GC – MS ANALIZU PAU U VODI .....	240
<i>Novica Staletović, Drago Cvijanović, Svetlana Vukotić:</i> INTEGRISANO SPREČAVANJE ZAGAĐENJA ŽIVOTNE SREDINE (IPPC), ENERGETIKA I ENERGETSKA EFIKASNOST .....	246
<i>Dragutin Đukić, Leka Mandić, Pavle Mašković, Zelenika Milica, Vesna Đurović, Ivana Bošković:</i> UTICAJ HORMONA NA MIKROBNI SISTEM ZEMLJIŠTA .....	252
<i>Dragutin Đukić, Aleksandar Semjonov, Leka Mandić, Vesna Đurović, Milica Zelenika, Aleksandra Stanojković-Sebić:</i> PROUČAVANJE FUNKCIONALNIH PROFILA MIKROBNIH ZAJEDNICA ZAGAĐENIH ZEMLJIŠTA .....	257
<i>Filip Grbović, Snežana Branković, Marina Topuzović:</i> ALELOPATSKA AKTIVNOST AUTOHTONIH I INVAZIVNIH VRSTA BILJAKA PLAVNIH STANIŠTA VELIKE MORAVE .....	268
<i>Dragan Grčak, Vera Đekić, Milosav Grčak, Miodrag Jelić, Miroljub Aksić:</i> CONTENT OF PHOSPHORUS IN ARABLE LAND ON THE TERRITORY OF THE CITY OF NIS .....	274
<i>Amela Hercegovac, Melina Zolotić, Snježana Hodžić, Edina Hajdarević, Emina Hadžić, Rifet Terzić:</i> CITOGENOTOKSIČNA PROCJENA EFIKASNOSTI BIOLOŠKE OBRADE OTPADNIH VODA .....	280
<i>Azra Čičkušić, Anesa Jerković-Mujkić, Snježana Hodžić, Darja Husejnagić, Amela Hercegovac:</i> ZDRAVSTVENA ISPRAVNOST VODE SA JAVNIH ČESMI NA PODRUČJU TUZLANSKOG KANTONA .....	286
<i>Marija Ilić, Violeta Mitić, Marija Marković, Slobodan Ćirić, Snežana Tošić, Gordana Stojanović, Vesna Stankov Jovanović:</i> ODREĐIVANJE SADRŽAJA MIKRO I MAKRO ELEMENATA U LEKOVITOJ BILJCI <i>Seseli pallasii</i> Besser .....	293
<i>Dejan Kojić, Nevena Vukić, Suzana Samardžija-Jovanović, Tamara Erceg, Mirjana Jovičić, Vojislav Aleksić, Ivan Ristić, Vladan Mičić:</i> STRUKTURIRANJE EKOLOŠKI PRIHVATLJIVIH ELASTOMERNIH KOMPOZITNIH MATERIJALA .....	299
<i>Leka Mandić, Aleksandar Semjonov, Vesna Đurović, Milica Zelenika, Ivana Bošković, Dragutin Đukić:</i> NOVO U FUNKCIONISANJU MIKROBNIH ZAJEDNICA ZEMLJIŠTA .....	305
<i>Goran Marković, Igor Đurović, Jelena Pantović, Duško Brković, Jelena Popović Đorđević:</i> OCENA EKOLOŠKOG STATUSA REKE ZAPADNE MORAVE .....	311

<i>Alma Mičijević, Aida Šukalić, Enisa Herić, Sanela Nazdrajić: SADRŽAJ Pb, Fe i Zn U ZEMLJIŠTU I PLODOVIMA SMOKVE NA RAZLIČITIM LOKALITETIMA</i> .....	316
<i>Aleksandra Petrović, Branka Ljevnaić-Mašić, Aleksandar Jurišić, Ivana Ivanović, Ivana Supić, Vojislava Bursić, Aleksandra Popović: POPULACIONI ATRIBUTI APODEMUS AGRARIUS PALLAS 1771 U FRAGMENTIRANIM STANIŠTIMA</i> .....	322
<i>Aleksandra Petrović, Jelena Kovač, Vojislava Bursić, Gorica Vuković, Dušan Marinković, Tijana Zeremski, Sonja Gvozdenac: OSTACI PESTICIDA U UZORCIMA POVRČA IZ ORGANSKE I KONVENCIONALNE PROIZVODNJE</i> .....	328
<i>Dejan Prvulović, Slađana Medić-Pap, Dario Danojević, Sonja Tančić-Živanov, Dragana Latković: SADRŽAJ POLIFENOLA I ANTIOKSIDATIVNI KAPACITET EKSTRAKATA LISTOVA PARADAJZA ZARAŽENIH PLAMENJAČOM</i> .....	333
<i>Ljubica Šarčević - Todosijević, Bojana Petrović, Tatjana Marinković, Ljubiša Živanović, Vera Popović: PREGLED LEKOVITIH BILJNIH TAKSONA RAZDELA MAGNOLIOPHYTA NA LOKALITETU KOŠUTNJAK</i> .....	339
<i>Gordana Šekularac, Tatjana Ratknić, Miroljub Akšić, Mihailo Ratknić, Nebojša Gudžić: UTICAJ PRIRODNIH FAKTORA NA EROZIJU ZEMLJIŠTA DELA SLIVA KAMENICE-ZAPADNA SRBIJA</i> .....	346
<i>Mirjana Smiljić, Tatjana Jakšić, Nebojša Živić, Olivera Papović, Predrag Vasić, Marija Marković, Vesna Stankov-Jovanović, Marija Ilić, Slaviša Stamenković: AKTIVNOST ENZIMA KATALAZE I SADRŽAJ ORGANSKIH KISELINA KOD HAJDUČKE TRAVE (Achillea millefolium) SA SANIRANE DEPONIJE „ŽITKOVAC“ RUDARSKO METALURŠKO HEMIJSKOG KOMBINATA „TREPČA“</i> .....	352
<i>Mirjana Smiljić, Vesna Stankov-Jovanović, Slobodan Ćirić, Nikola Stamenković, Marija Ilić, Tatjana Jakšić, Nebojša Živić, Slaviša Stamenković, Marija Marković: SADRŽAJ PIGMENATA HLOROPLASTA U LEKOVITOJ BILJCI Teucrium chamaedrys SA SANIRANE DEPONIJE RUDARSKO METALURŠKO HEMIJSKOG KOMBINATA “TREPČA”</i> .....	358
<i>Vesna P. Stankov Jovanović, Violeta D. Mitić, Marija D. Ilić, Snežana Č. Jovanović, Slobodan A. Ćirić, Gordana S. Stojanović: PRIMENA DISPERZIVNE MIKROEKSTRAKCIJE ČVRSTOM FAZOM KAO TEHNIKE PRIPREME UZORAKA ZA GC – MS ANALIZU PAU U VODI</i> .....	364
<i>Aleksandra Stanojković-Sebić, Zoran Dinić, Jelena Maksimović, Dragutin Đukić, Leka Mandić, Radmila Pivić: PLANT EXTRACTS AND SECONDARY METABOLITES: A POTENTIAL TOOL IN ALTERNATIVE PLANT PROTECTION IN INDOORS PRODUCTION</i> .....	370
<i>Snežana Tanasković, Branka Popović, Sonja Gvozdenac, Matthias Erb: INFLUENCE OF ARTIFICIAL INFESTATION WITH WESTERN CORN ROOTWORM EGGS ON MAIZE MORPHOLOGY</i> .....	377
<i>Andrija Tomić, Drago Milošević, Radomir Bodiroga: EFIKASNOST FUNGICIDA U SUZBIJANJU PEGAVOSTI LIŠĆA CVEKLE (Cercospora beticola)</i> .....	384
<i>Slobodan Vlajić, Jelica Gvozdanović – Varga, Stevan Maširević, Renata Iličić, Rade Barać, Janko Červenski, Vladimir Božić: KILA KUPUSA – DA LI PREDSTAVLJA OPASNOST?</i> .....	390
<i>Radoš Zemunac, Milica Rajić, Atila Bezdán: ANALIZA METODA ZA KVANTIFIKACIJU SUŠE</i> .....	396



## **Sekcija: Prehrambena tehnologija**

<i>Edina Avdović, Dejan Milenković, Svetlana Jeremić, Jelena Đorović, Nenad Vuković, Zana Dolićanin, Srećko Trifunović, Zoran Marković: LIGAND-PROTEIN INTERAKCIJE 3-(1-(3-HIDROKSIPROPILAMINO)ETILIDEN)HROMAN-2,4-DIONA SA HUMANIM C REATIVNIM PROTEINOM .....</i>	403
<i>Edina Avdović, Svetlana Jeremić, Ana Amić, Marijana Pirković, Dejan Milenković, Jelena Đorović, Zoran Marković: ANTIOKSIDATIVNA I INHIBITORSKA AKTIVNOST ALIZARIN-2-GLIKOZIDA .....</i>	409
<i>Biljana Bojović, Dragana Jakovljević, Milan Stanković, Marina Topuzović: EFEKAT FORMI I KONCENTRACIJA AZOTA NA RASTENJE I SADRŽAJ PIGMENATA <i>Ocimum basilicum</i> L. U KULTURI <i>IN VITRO</i> .....</i>	415
<i>Igor Đurović, Slađana Đorđević, Slavko Radenković: AROMATICITY OF ROESKY'S KETONE .....</i>	421
<i>Amir Ganić, Munevera Begić, Enver Karahmet, Saud Hamidović: KARAKTERIZACIJA KVALITATIVNIH PARAMETARA „VISOČKOG SUDŽUKA“ U CILJU ZAŠTITE NA NACIONALNOM NIVOU .....</i>	427
<i>Darja Husejnagić, Snježana Hodžić, Aldijana Avdić, Suad Širanović, Vildana Hadžić: MIKROFLORA SVIJEŽEG KRAVLJEG SIRA TRADICIONALNO PROIZVEDENOG NA PODRUČJU TUZLANSKOG KANTONA .....</i>	433
<i>Enver Karahmet, Saud Hamidović, Amir Ganić, Senita Salkić, Almir Toroman, Munevera Begić: MIKROBIOLOŠKI KVALITET MESNIH PRERAĐEVINA I ANALIZA RADNIH POVRŠINA .....</i>	439
<i>Zoran Kukrić, Ivan Samelak, Goran Vučić, Ladislav Vasilištin, Novak Kukrić: KORELACIJA SADRŽAJA UKUPNIH FENOLA SA ANTIOKSIDATIVNOM AKTIVNOŠĆU CRVENIH VINA SA PODRUČJA REGIJE BANJA LUKA .....</i>	445
<i>Vladimir Kurčubić, Pavle Mašković: HEMIJSKE KARAKTERISTIKE ANALOGA SIRA SA DODATKOM BILJNIH MASTI I MLEČNIH PROTEINA .....</i>	451
<i>Srboljub Đurić, Jovana Maričić: DOZIRANJE MIKROELEMENATA I KOREKCIJA pH VREDNOSTI U OBLASTI ZALIVNIH SISTEMA; TEHNIČKO-TEHNOLOŠKO REŠENJE .....</i>	457
<i>Nevena Mihailović, Tijana Maksimović, Andrija Ćirić, Ljubinka Joksović: OPTIMIZACIJA USLOVA MIKROTALASNE EKSTRAKCIJE FENOLNIH JEDINJENJA PLODA DIVLJE TREŠNJE (<i>PRUNUS AVIUM</i> L.) .....</i>	463
<i>Milan Mitić, Pavle Mašković, Nemanja Miletić, Snežana Mitić, Gordana Kocić: KINETIKA EKSTRAKCIJE VANILINSKE KISELINE IZ SEMENA BUNDEVE .....</i>	469
<i>Marko Petković, Duška Dimitrijević, Vladimir Filipović, Jelena Filipović: UTICAJ PRIRODNOG EKSTRAKTA RUZMARINA NA OKSIDATIVNU STABILNOST PRŽENOG KUKURUZNOG ČIPSA .....</i>	475
<i>Aleksandra Petrović, Slobodanka Stanojević-Nikolić, Milan Nikolić: UTICAJ TERMIČKOG TRETMAŃA NA HIGIJENSKI KVALITET MLEKA .....</i>	481
<i>Vladimir Radovanović, Dejan Stefanović, Aleksandra Radovanović, Jelena Mladenović, Ljiljana Gojković Bukarica: QUALITY RED WINES: CHANGING THE CONTENT OF ANTHOCYANINS IN THE PROCESS OF RIPENING GRAPES .....</i>	487
<i>Nikola Srećković, Jelena Katanić, Violeta Ninković, Vladimir Mihailović: ANTIMIKROBNA AKTIVNOST I FENOLNISASTAV EKSTRAKTA BILJKE <i>SALVIA VERTICILLATA</i> L. ....</i>	493

<i>Slaviša Stajić, Slobodan Lilić, Danijela Vranić, Vladimir Tomović, Dušan Živković: SASTAV LIPIDA FERMENTISANIH KOBASICA SA DODATKOM LANENOG ULJA .....</i>	499
<i>Monika Stojanova, Olga Najdenovska, Zlatko Pejkovski: THE INFLUENCE OF SOME STARTER CULTURES ON THE TEXTURE OF INDUSTRIALLY PRODUCED MACEDONIAN TRADITIONAL SAUSAGE .....</i>	505
<i>Tomislav Trišović, Svetomir Milojević, Branimir Z. Jugović, Milan Nikolić, Zaga Trišović: PRANJE I DEZINFEKCIJA VODOVODNE MREŽE NA POLIGONU NACIONALNE VOZAČKE AKADEMIJE NAVAČ U SUBOTIŠTU .....</i>	511
<i>Aleksandar Veličković, Sanja Petrović, Saša Savić, Živomir Petronijević: COMPOSITION OF GLUTEN-FREE FLOURS WITH SPECIAL REFERENCE TO MINERAL SUBSTANCES .</i>	518
<i>Slavica Vesković, Dragutin Đukić, Vladimir Kurćubić, Nurgin Memiši: PRIMENA HEPA-FILTERA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI .....</i>	524
<i>Goran Vučić, Ladislav Vasilišin, Ivan Samelak, Zoran Kukrić, Novak Kukrić: SADRŽAJ MINERALNIH MATERIJA U SREMUŠU (<i>Allium ursinum</i>) SA RAZLIČITIH LOKALITETA REPUBLIKE SRPSKE .....</i>	530
<i>Tanja Žugić Petrović, Predrag Ilić, Mirjana Muruzović, Katarina Mladenović, Ljiljana Čomić: AUTOHTONA MIKROBIOTA SJENIČKE OVČIJE STELJE .....</i>	536
<b><u>Sekcija: Stočarstvo</u></b>	
<i>Avdul Adrović, Alen Bajrić, Edina Hajdarević, Isat Skenderović: DUŽINSKO-MASENI ODNOSI I KONDICIONO STANJE NEKIH CIPRINIDNIH VRSTA RIBA IZ VODA SJEVEROISTOČNE BOSNE .....</i>	543
<i>Edina Hajdarević, Alen Bajrić, Avdul Adrović, Amela Hercegovac, Isat Skenderović, Adin Mehić, Eldar Tanović, Edina Mujabašić: HEMATOLOŠKE I MORFOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE <i>SQUALIUS CEPHALUS</i> IZ SLIVA JEZERA MODRAC .....</i>	549
<i>Sanjin Ivanović: EFEKTI PROMENE VELIČINE RATARSKIH I STOČARSKIH GAZDINSTAVA U EU .....</i>	555
<i>Vladimir Kurćubić, Radojica Đoković, Zoran Ilić, Miloš Petrović: PREVENCIJA I KONTROLA KOMPLEKSA RESPIRATORNOG OBOLJENJA GOVEDA (BRDC) .....</i>	561
<i>Miloš Ž. Petrović, Radojica Đoković, Milun D. Petrović, Vladimir Kurćubić, Marko Cincović, Zoran Ž. Ilić, Neđeljko Karabasil: LABORATORIJSKA I PATOHISTOLOŠKA DIJAGNOSTIKA MASNE JETRE KOD KRAVA U PERIPARTALNOM PERIODU .....</i>	567
<i>Milun Petrović, Simeon Rakonjac, Vladan Bogdanović, Snežana Bogosavljević-Bošković, Radojica Đoković, Vladimir Dusković, Miloš Petrović: PONAŠANJE, DOBROBIT I ZAŠTITA ŽIVOTINJA U ORGANSKOM STOČARSTVU .....</i>	573
<i>Milun Petrović, Simeon Rakonjac, Vladan Bogdanović, Snežana Bogosavljević-Bošković, Radojica Đoković, Vladimir Dusković, Miloš Petrović: FENOTIPSKA ISPOLJENOST I VARIJABILNOST ŽIVOTNE PROIZVODNJE MLEKA I MLEČNE MASTI .....</i>	579
<i>Marinko Vekić, Stoja Jotanović, Đorđe Savić: VALIVOST BROJLERSKIH PRIPLODNIH JAJA SA RAZLIČITIM INDEKSOM OBLIKA .....</i>	585
<i>Marinko Vekić, Stoja Jotanović, Đorđe Savić: POKAZATELJI UNUTRAŠNJEG I SPOLJAŠNJEG KVALITETA JAJA DOMAĆE PATKE .....</i>	591
<i>Tatjana Zdralic, Svjetlana Micic, Jelena Vlacic: SYSTEM OF BREEDING COW CALF IN THE SARAJEVO ROMANIJA REGION .....</i>	597
<i>Mirjana Savić: ĐORĐE RADIĆ (1839–1922), PRVI SRBIN KOJI JE STEKAO DOKTORAT IZ POLJOPRIVREDE .....</i>	603

## AEROPONIKA, NOVA TEHNOLOGIJA ZA PROIZVODNJU MINI KRTOLA KROMPIRA U GUČI

Zoran Bročić<sup>1</sup>, Mirko Milinković<sup>2</sup>, Ivana Momčilović<sup>3</sup>, Jasmina Oljača<sup>1</sup>,  
Biljana Veljković<sup>4</sup>, Drago Milošević<sup>4</sup>, Dobrivoj Poštić<sup>5</sup>

**Izvod:** U laboratoriji za mikropropagaciju Centru za krompir u Guči proizvedene su bezvirusne biljke *in vitro* sorti krompira: Desiree, Kennebec, Agria, Cleopatra i Sinora. Aklimatizovane i ožiljene biljke presađene su u pripremljene aeroponik module. Tokom trajanja oglada mini krtole su sukcesivno ubirane u četiri termina i merena je njihova masa i broj. Prvo branje mini krtola je obavljeno posle 40-45 dana po presađivanju u aeroponik sistem. Najveći prosečan broj mini krtola imala je sorta Desiree (15,55), dok su najmanji broj dale sorte Sinora i Cleopatra (10,66 i 10,52). Najveća prosečna masa jedne mini krtole po biljci ustanovljena je kod sorte Agria (8,97 g), zatim kod sorte Kennebec (7,61 g), odnosno sorte Cleopatra (6,36 g). Najsitnije mini krtole izmerene su kod sorti Desiree i Sinora (5,32 g i 4,83 g). U aeroponik sistemu dobijen je 4,08 puta veći broj mini krtola u odnosu na supstrat. Aeroponik sistem nudi potencijalnu mogućnost za poboljšanje proizvodnje dobijanja mini krtola krompira.

**Ključne reči:** krompir, *in vitro*, *ex vitro*, mini krtole, aeroponika

### Uvod

Krompir (*Solanum tuberosum L.*) se razmnožava vegetativno krtolama, a to podrazumeva da je sadni materijal zdrav, ili je zaražen u granicama koje dozvoljavaju propisani standardi. Proizvodnja bezvirusnog semenskog krompira danas se odvija preko metode poznate kao *kultura tkiva* (mikropropagacija *in vitro*), čija je suština da se za relativno kratko vreme, i u kontrolisanim uslovima, dobije veliki broj bezvirusnih mini ili mikro krtola. Bezvirusne biljke dobijene *in vitro* se presađuju u različite vrste supstrata radi aklimatizacije i dobijanja mini krtola. Ovaj postupak se smatra klasičnom metodom za dobijanje početnog bezvirusnog baznog materijala koji se dalje umnožava u polju do komercijalnih kategorija semena. Uvođenje mikro i mini krtola u proizvodnju semenskog krompira dovelo je do revolucije u proizvodnji krompira, što je rezultiralo skraćivanjem poljskog ciklusa, kako bi se dobio adekvatan broj semenskog krompira i time garantovao visok nivo zdravstvenog stanja osnovnog materijala (Vrobel, 2014).

Mikro krtole (ili *in vitro* krtole) su minijaturni semenski krompir. One su prva generacija (nucleus) semenskog krompira i njihova masa se kreće od 24-273 mg, njihov prečnik od 4-7 mm i njihova dužina 10-12 mm (Ranalli, 2007). Mini krtole su

<sup>1</sup>Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Nemanjina 6, Zemun, Srbija,  
e-mail: [brocic@agrif.bg.ac.rs](mailto:brocic@agrif.bg.ac.rs)

<sup>2</sup>Hilltop Crop, Peregrine Drive, Kinglake West, VIC 3757, Australia

<sup>3</sup>Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“ Bulevar despota Stefana 142, 11060 Beograd, Srbija

<sup>4</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet Čačak, Cara Dušana 34, Čačak,

<sup>5</sup>Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Teodora Drajzera 9, Beograd, Srbija

proizvedene *ex vitro* od aklimatizovanih biljaka dobijenih *in vitro* ili od umnoženih mikro krtola. Termin se odnosi na njihovu veličinu jer su manje od konvencionalnih krtola semena, ali veće od *in vitro* krtola proizvedenih pod aseptičnim uslovima na veštačkim medijima (Struik, 2007). Veličina mini krtola se obično kreće od 5-25 mm.

U cilju povećanja stepena umnožavanja semenskog materijala *in vitro*, u poslednjih nekoliko decenija su analizirane različite tehnike, kao što su hidroponski sistemi (Chang et al., 2012) ili sistem za hranjivu filmsku tehniku (NFT) (Rolot et al., 2002). Međutim, većina ovih tehnika ima ograničenja usled neadekvatne aeracije korena.

Aeroponski sistemi za proizvodnju predosnovnog semena krompira počeli su da se primenjuju početkom 21. veka, nakon povećane potražnje za efikasnijim, visokokvalitetnim metodama proizvodnje semena (Ritter et al., 2001, Nickols, 2005). U ovom sistemu gajenja, koren je u tamnoj komori (modulu), vodu i hraniva dobija preko zasićenog aerosolnog hranljivog rastvora. Farran i Mingo-Castel (2006) su ustanovili da je broj i vreme žetve ključni faktor u optimizaciji proizvodnje mini krtola. Prema Mateus-Rodriguez i sar. (2012) tehnologija aeroponike je potencijalno efikasnija za specifične sorte krompira.

U istraživanju Abdullateef et al. (2012) sa 25 biljaka po m<sup>2</sup>, dobijen je veći broj i krupnije mini krtole po biljci u poređenju sa 35 i 50 biljaka po m<sup>2</sup>.

Najvažniji parametar u proizvodnji mini krtola je njihov broj, a kako navodi Rykaczewska K. (2016) on je u proseku bio 32,5-36,0 po biljci i 1268-1396 po m<sup>2</sup> u zavisnosti od sorte. Broj mini krtola bio je dva do tri puta veći u slučaju aeroponske proizvodnje nego po tradicionalnoj metodi.

Razrada i primena novih metoda u dobijanju mini krtola stvara preduslove za proizvodnju semenskog krompira, koji je neophodan za razvoj sektora krompira u Srbiji i poljoprivrede, posebno u brdsko planinskim oblastima. (Bročić i sar. 2017).

### **Materijal i metode rada**

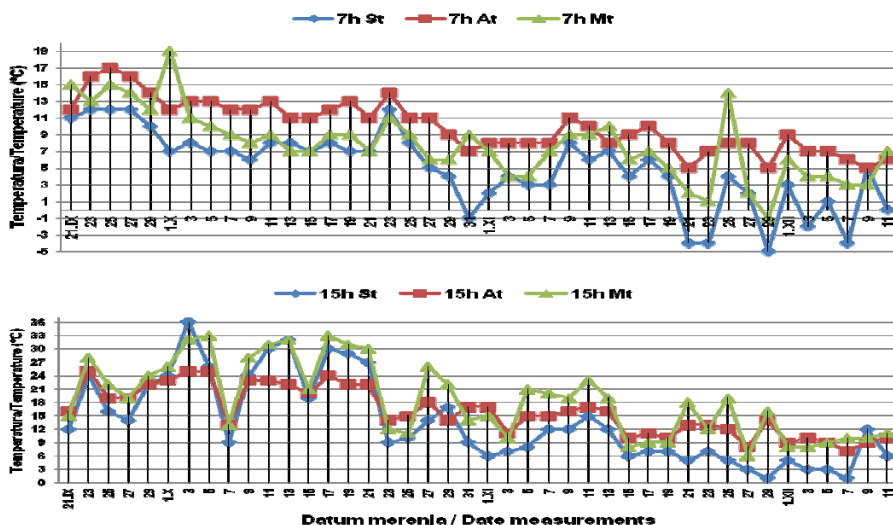
U Centru za krompir u Guči u laboratoriji za mikropropagaciju proizvedene su bezvirusne biljke sledećih sorti krompira: Desiree, Kennebec, Agria, Cleopatra i Sinora. Ove sorte su 20. avgusta 2017. godine iz uslova *in vitro* prenete u mrežanik i posadjene u supstrat od peska i perlita (1:1). Aklimatizacija je trajala 20-25 dana, a potom su aklimatizovane i ožiljene biljke presađene u pripremljene aeroponik module (10-15. septembar).

Aeroponik modul je dužine 15 m, visina 0,8 m, a širine 1 m. Izgrađeno je 4 modula ukupne površine 60 m<sup>2</sup>. Broj biljaka po m<sup>2</sup> je 24. Ogled je postavljen kao jednofaktorijski sa pet sorti krompira i imao je 4 ponavljanja, a broj biljaka u ponavljanju je iznosio 48. Aeroponik je opremljen neophodnom instalacijom: pumpom, instalacijama za dovod i odvod hranljivog rastvora, tankom za hranljivi rastvor, fogerima i softverom koji reguliše dnevni i noćni režim rada. U toku dana od 8 do 18 h, na svakih pet minuta raspršuje se hranljivi rastvor u trajanju od 20 sekundi, a noću od 18-8 h na svakih 10 minuta po 20 sekundi. U cilju praćenja temperaturnih uslova postavljeni su termometri u module, mrežaniku i van mrežanika. Temperature su očitavane u 7 h ujutru i 15 h popodne. Mrežanik je dodatno pokriven PVC folijom.

Tokom trajanja oglada mini krtole su sukcesivno ubirane u četiri roka, a u intervalima od 12 do 19 dana, počevši od 25. oktobra do 12. decembra (Grafikon 2). Merena je njihova masa i broj. Na kraju oglada merena je masa stabla i korena u svežem stanju, kao i njihove dužine. Oglad je bio prekinut posle zadnjeg branja zbog mrazeva. Statistička obrada rezultata je urađena metodom analize vaijanse korišćenjem programa Statistica 5.0. Razlike sredina ispitivanih faktora su utvrđene primenom F-testa, a razlike između sredina tretmana faktora korišćenjem LSD testa na nivou značajnosti 5% i 1%.

### Rezultati istraživanja i diskusija

*Temperaturni uslovi:* Optimalna temperatura za inicijaciju i početni rast krtola krompira je 16-19 °C, odnosno 18-22 °C u fazi formiranja i nalivanja krtola. Iz grafikona 1 se može konstatovati da je oscilacija temperature u komori aeroponika (At) bila znatno manja u odnosu na temperature u mrežaniku (Mt) i spoljašnje temperature (St). Razlog za ovo je što je komora aeroponika izolovana stiroporom, spoljašnjom i unutrašnjom folijom koje su znatno ublažile kolebanje temperature. Dovodne cevi i tank sa hranljivim rastvorom su ispod zemljišta i spoljašnje temperature su imale manji uticaj na temperature hranljivog rastvora. Do kraja oktobra temperature u komori aeroponike su se kretale u intervalu od 10-24 °C, što se može smatrati povoljnim temperaturama za formiranje i rast mini krtola. U novembru i decembru najniže temperature u komori aeroponika su bile do 5 °C, a najviše do 16 °C. Jači i učestaliji mrazevi krajem novembra i početkom decembra su usporili porast biljaka i formiranje mini krtola, tako da je ogled prekinut 12. decembra, prinudno je završena vegetacija zbog oštećenja od mraza.



Grafikon 1. Temperaturni uslovi u toku istraživanja  
 Graph 1. Temperature conditions during the research

*Broj i masa mini krtola:* Analiza prosečnog broja mini krtola po biljci i prosečne mase jedne mini krtole pokazala je statistički vrlo značajne razlike pod uticajem sorte. Iz rezultata merenja (Tabela 1) se vidi da je najveći prosečan broj mini krtola imala sorta Desiree (15,55), dok su najmanji broj dale sorte Sinora i Cleopatra (10,66 i 10,52). Statističkom analizom podataka kod sorte Desiree utvrđen je veći prosečan broj mini krtola (veoma značajno) u poređenju sa svim ostalim sortama. Sorta Kennebec ostvarila je značajno veći broj mini krtola, u odnosu na sorte Agria, Sinora i Cleopatra. Razlika u broju mini krtola između sorti Agria, Sinora i Cleopatra nije bila statistički značajna.

Prosečna broj mini krtola koje smo dobili u ogledu sa supstratom bilo je 2,91 (ne objavljeni podaci), a prosečna masa je iznosila 7,69 g po mini krtoli. Prosečna masa mini krtola za sve sorte u aeroponiku je nešto niža nego u supstratu i iznosila je 6,62 g, a dobijeno je 11,88 mini krtola po biljci, što znači da je u aeroponik sistemu postignuto 4,08 puta veći broj mini krtola u odnosu na supstrat.

Tabela 1. Uticaj sorte na osobine biljke i mini krtola krompira u aeroponik sistemu  
*Table 1. The influence of the variety on the characteristics of the plant and mini potatoes tubers in the aeroponic system of growing*

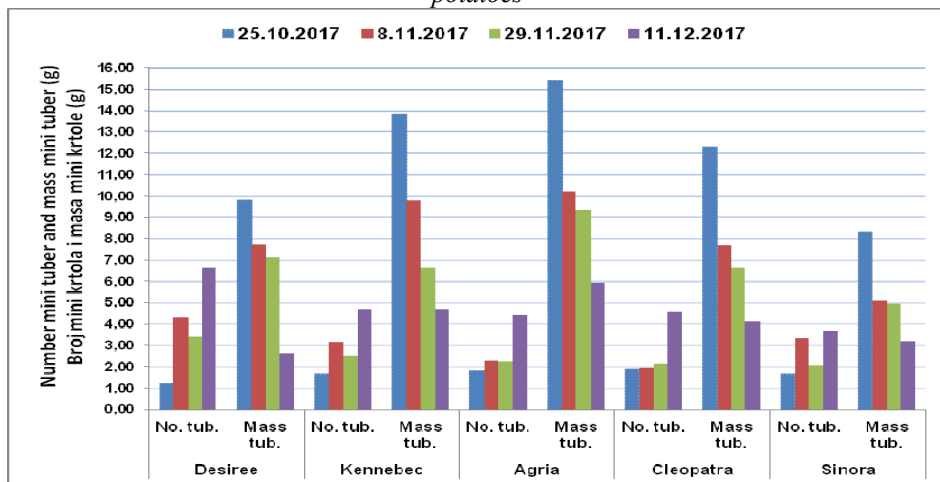
Sorta <i>Varieties</i>	Prosečan broj mini krtola po biljci <i>Average number of mini tubers per plants</i>	Prosečna masa jedne mini krtole (g) <i>Average weight of a mini-tuber (g)</i>	Prosečna dužina stabla (cm) <i>Average Stem length (cm)</i>	Prosečna dužina korena (cm) <i>Average root length (cm)</i>	Masa stabla (g) <i>Mass of the stems (g)</i>	Masa korena (g) <i>Mass of root (g)</i>
Desiree	15,55	5,32	56,77	93,04	142,77	30,73
Kennebec	11,99	7,61	42,00	70,99	78,51	29,58
Agria	10,70	8,97	39,00	69,25	84,80	22,71
Cleopatra	10,52	6,36	32,33	73,17	87,61	17,73
Sinora	10,66	4,83	32,23	67,56	70,20	23,00
Prosek	11,88	6,62	40,47	74,80	92,78	24,75
<b>LSD</b> 0,05	1,13	0,57	7,08	10,88	22,57	4,79
<b>LSD</b> 0,01	1,55	0,78	9,72	14,92	30,95	6,57

Najvažniji parametar proizvodnje mini krtola u aeroponici je njihov broj po biljci. Kako navode i drugi istraživači (Farran et al., 2006, Mateus-Rodriguez et al., 2012, Rykaczewska, 2016, ) uglavnom zavisi od sorte. Prema Mateus-Rodriguez et al. (2013) faktor umnožavanja od 1,45 je moguć i zasniva se na individualnom upravljanju po sorti.

Najveća prosečna masa jedne mini krtole po biljci ustanovljena je kod sorte Agria (8,97 g), zatim kod sorte Kennebec (7,61 g), odnosno sorte Cleopatra (6,36 g). Najsitnije mini krtole izmerene su kod kod sorti Desiree i Sinora (5,32 g i 4,83 g). Analiza varijanse pokazala je statistički veoma značajno veću prosečnu masu jedne mini krtole kod sorte Agria u poređenju sa svim ostalim sortama (Tabela 1). Sorte Sinora i Desiree dale su veoma značajno sitnije mini krtole, u poređenju sa sortama Kennebec i

Cleopatra. Veoma značajna razlika u masi mini krtola konstatovana je između sorti Kennebec i Cleopatra, kao i značajna razlika između sorti Desiree i Sinora.

Grafikon 2. Uticaj sorte na dinamiku formiranja mini krtola krompira  
 Graph 2. The influence of the variety on the dynamics of the formation of mini tubers of potatoes



Veličina pojedinačnih mini krtola u aeroponici, prikazana u literaturi, je prilično raznovrsna i zavisi od intervala berbe, sorte, gustine biljaka po m<sup>2</sup>, djubrenja i temperaturnih uslova (Chang et al., 2012).

*Osobine stabla i korena:* Kod sorte Desiree izmerena je najveća prosečna dužina stabla (56,77 cm) i korena (93,04 cm), kao i najveća prosečna masa stabla (142,77 g) i korena (30,73 g), u poređenju sa ostalim ispitivanim sortama. U ispitivanju Ritter et al. (2001) visina biljaka je bila mnogo veća (150-180 cm). Ovo bi moglo biti povezano sa višim temperaturama u toku vegetacione sezone, pogodne za razvoj nadzemnog dela biljke krompira (Rikaczevska, 2016).

*Dinamika formiranja mini krtola:* Prvo branje mini krtola je obavljeno posle 40-45 dana po presađivanju u aeropnik sistemu, a slične rezultate su dobili i drugi istraživači (Farran et al., 2006, Mateus-Rodriguez et al., 2012, Abdullateef et al., 2012, Rykaczewska, 2016). Broj mini krtola je kod svih sorti u prvom branju bio najmanji i kretao se 1-2 krtole, dok je prosečna masa tih krtola bila najveća, preko 10 gr. U sledeća dva branja (Grafikon 2), kod svih sorti se povećao prosečan broj mini krtola po biljci, ali se smanjivala njihova masa. Najveći broj mini krtola kod svih sorti je bio u četvrtom branju (kraj vegetacije), ali je prosečna masa tih mini krtola bila najmanja. Rezultat ovoga su svakako niske temperature koje su bile od druge polovine novembra. U istraživanju Abdullateef et al. (2012) dobijeno je ukupno 40,8 mini krtola po biljci, od čega su 32,2 mini krtole veće od 20 mm. Najveći broj mini krtola su dobijeni u slučaju 25 biljaka po m<sup>2</sup>. Dužina branja krtola je iznosila četiri meseca.

### **Zaključak**

Aeroponik sistem za proizvodnju mini krtola krompira je primenjen u Centru za krompir u Guči. Prvo branje mini krtola je obavljeno posle 40-45 dana po presađivanju biljaka u aeroponik sistem. Najveći prosečan broj mini krtola imala je sorta Desiree, dok su najmanji broj dale sorte Sinora i Cleopatra. Najveća prosečna masa jedne mini krtole po biljci bila je kod sorte Agria, zatim kod sorte Kennebec. Najsitnije mini krtole izmerene su kod sorti Desiree i Sinora. Broj mini krtola se kod svih sorti od prvog branja povećavao, ali se smanjivala njihova masa. Primenom aeroponik sistema dobijen je 4,08 puta veći broj mini krtola u odnosu na supstrat. Aeroponika nudi veći potencijal za poboljšanje proizvodnje dobijanje mini krtola krompira.

### **Napomena**

Istraživanja u ovom radu deo su projekta: Razvoj i primena proteinskih markera u odabiru sorti krompira otpornih prema visokim temperaturama, TR-31049, koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije

### **Literatura**

- Abdullateef S., Böhme M.H. and Pinker I. (2012): Potato Minituber Production at Different Plant Densities Using an Aeroponic System. Proc. Acta Hort. 927, ISHS, 429-436
- Bročić Z., Milinković M., Ivana Momčilović, Jasmina Oljača, Biljana Veljković, (2017): Aeroponik, novatehnologija za proizvodnju semenskog krompira u Srbiji. VIII Simpozijum sa međunarodnim učešćem “Inovacije u ratarskoj i povrtarskoj proizvodnji” Zemun, Beograd, 19-20 . oktobar 2017. ( uvodni referat po pozivu), Zbornik izvoda –pp.14-15
- Chang D.C., Park C.S., Kim S.Y., Lee Y.B. (2012): Growth and tuberization of hydroponically grown potatoes. Potato Research, 55: 69–81.
- Farran I., Mingo-Castel A.M. (2006): Potato minituber production using aeroponics: Effects of plant density and harvesting intervals. American Journal of Potato Research, 83: 47–53.
- Mateus-Rodríguez J., De Haan S., Barker I., Chuquillanqui C., Rodríguez-Delfín A. (2012): Response of three potato cultivars grown in a novel aeroponics system for mini-tuber seed production. ISHS Acta Horticulturae, 947: 361–367.
- Nickols M.A. (2005): Aeroponics and potatoes. ISHS Acta Horticulturae, 670:201–206.
- Otazu, V., 2010, Manual on quality seed potato production using aeroponics. International Potato Center (CIP). Lima, Peru.
- Ranalli P. (2007): The canon of potato science: 24. Microtubers. Potato Research, 50: 301–304.
- Ritter E., Angulo P., Riga P., Herrán C., Relloso J., San Jose M. (2001): Comparison of hydroponic and aeroponic systems for the production of potato minitubers. Potato Research, 44: 127–135.



- Rolot J.H., Seutin H., Michelante D. (2002): Production de minitubercules de pomme de terre par hydroponie: Évaluation d'un système combinant les techniques “NFT” et “Gravel Culture” pour deux types de solutions nutritives. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 6: 155–161.
- Rykaczewska K. (2016): The potato minituber production from microtubers in aeroponic culture. *Plant Soil Environ.* Vol. 62, 2016, No. 5: 210–214
- Struik P.C. (2007): The canon of potato science: 25. Minitubers. *Potato Research*, 50: 305–308.
- Wróbel S. (2014): Assessment of possibilities of microtuber and *in vitro* plantlet seed multiplication in field conditions. Part 1: PVY, PVM and PLRV Spreading. *American Journal of Potato Research*, 91: 554–565.

## AEROPONICS, NEW TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF POTATO MINI TUBERS IN GUCA

Zoran Bročić<sup>1</sup>, Mirko Milinković<sup>2</sup>, Ivana Momčilović<sup>3</sup>, Jasmina Oljača<sup>1</sup>,  
Biljana Veljković<sup>4</sup>, Drago Milošević<sup>4</sup>, Dobrivoj Poštić<sup>5</sup>

### Abstract

In the laboratory for micropropagation in Potato Research Center in Gucha, *in vitro* virus-free plants of following potato varieties were produced: Desiree, Kennebec, Agria, Cleopatra and Sinora. Acclimatized and rooted plants were transplanted in previously prepared aeroponic module. During the duration of the experiment, the mini-tubers were successively harvested four times and their mass and number were recorded. The first harvest of mini tubers was out after 40-45 days after transplanting in aeroponic system. The highest average number of mini tubers was of the Desiree variety (15.55), while the lowest number was harvested by varieties Sinora and Cleopatra (10.66 and 10.52). The highest average mass of one mini-tuber per plant was obtained in the Agria variety (8.97 g), followed by the Kennebec variety (7.61 g) and the Kleopatra variety (6.36 g). The smallest mini-tubers were measured in the Desiree and Sinora varieties (5.32 g and 4.83 g). In the aeroponic system, 4.08 times more mini-tubers were obtained compared to the substrate. Aeroponic system offers the potential to improve the production of potato mini tubers.

**Key words:** potatoes, *in vitro*, *ex vitro*, mini tubes, aeroponics

<sup>1</sup> Faculty of Agriculture, University of Belgrade, Nemanjina 6, Zemun, Serbia, e-mail: [brocic@agrif.bg.ac.rs](mailto:brocic@agrif.bg.ac.rs)

<sup>2</sup> Hilltop Crop, Peregrine Drive, Kinglake West, VIC 3757, Australia

<sup>3</sup> Institute for Biological Research "Siniša Stanković" Bulevar despota Stefana 142, 11060 Belgrade, Serbia

<sup>4</sup> University of Kragujevac, Faculty of Agriculture Cacak, Cara Dusana 34, Cacak,

<sup>5</sup> Institute for Plant Protection and Environment, Teodora Drajzera 9, Belgrade, Serbia

## PRINOS I KVALITET KRTOLA KROMPIRA U ZAVISNOSTI OD DUBRENJA

*Ljiljana Bošković-Rakočević<sup>1</sup>, Zoran Dinić<sup>2</sup>, Aleksandar Paunović<sup>1</sup>, Nikola Bokan<sup>1</sup>, Marijana Dugalić<sup>1</sup>, Goran Dugalić<sup>1</sup>*

**Izvod:** Ispitivanje uticaja različitih doza i načina primene mineralnog đubriva NPK 16:16:16 (1500 kg ha<sup>-1</sup>, primenjenog u brazde zavreme sadnje, 1200 kg ha<sup>-1</sup>, primenjenog u brazde za vreme sadnje i 700 kg ha<sup>-1</sup> za vreme predsetvene pripreme uz 500 kg ha<sup>-1</sup> u brazde za vreme sadnje) na prinos i kvalitet krompira sorte Karera izvedeno je na lesiviranom zemljištu (luvisolu) planinskog masiva Radočelo. Primljena mineralna đubriva su uticala na značajno povećanje prinosa u odnosu na kontrolu, pri čemu je značajno veći prinos postignut na varijanti sa većom količinom đubriva u odnosu na ostale varijante. Primena iste doze NPK đubriva različitim načinima unošenja nije značajno uticala na prinos i kvalitet krtola krompira. Analizom krtola krompira je utvrđeno da je sadržaj svih elemenata bio veći u kori u odnosu na srž krtole, kao i da je najveći sadržaj bio na varijanti sa najvećom dozom NPK đubriva.

**Ključne reči:** krompir, mineralna đubriva, prinos, kvalitet krtole

### Uvod

U intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji, čiji je osnovni cilj dobijanje zdravstveno-bezbedne hrane i očuvanje prirodnih resursa, veoma često se koriste visoke norme organskih i mineralnih đubriva. U takvoj proizvodnji, u zemljište se unose nepotrebne količine hraniva, što ima za posledicu njihovu akumulaciju u zemljištu i rizik da njihov sadržaj u proizvodima pređe dozvoljene granice, čak i do toksičnih koncentracija.

Veoma je bitno da krompir do perioda butonizacije ima na raspolaganju azot u dovoljnoj količini. Međutim, njegova prekomerna količina nakon tog perioda usporava obrazovanje krtola, što dovodi do smanjenja prinosa (Džamić i Stevanović, 2000). Biljke krompira fosfor usvajaju tokom čitavog vegetacionog perioda. Ovaj element ubrzava zametanje i rast krtola, povećava kvalitet krtola (veći sadržaj skroba) i smanjuje njihovu krastavost. U njegovom nedostatku lišće se slabije razvija, što se naročito primećuje na kiselim zamljištima, gde je list krompira tamno zelene, mat, boje, bez sjaja (Stoiljković i Šušić, 1975). Kalijum, takođe utiče na obrazovanje krtola, jer se u njegovom nedostatku krtole izdužuju i loše čuvaju, koren se slabije razvija, stablo je kraće, lišće dobija tamnozelenu boju, a ivice postaju mrke i kasnije izumiru (Džamić i Stevanović, 2000). Krtola krompira nema veliki sadržaj kalcijuma i magnezijuma, ali oni imaju važnu ulogu u normalizaciji fizioloških poremećaja i povećanju otpornosti krtole na bolesti (Brown et al., 2012). Prinosom krtola od 30 t ha<sup>-1</sup> iz zemljišta se iznese 120-150 kg N, 55-60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 250-300 kg K<sub>2</sub>O, 90 kg CaO, 30 kg MgO, pa su potrebe

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (ljiljabr@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>Institut za zemljište, Teodora Drajzera 6, 11000 Beograd, Srbija.

biljke u hranivima za prinos od 30 t ha<sup>-1</sup>: 100-160 kg N, 120-140 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i 220-230 kg K<sub>2</sub>O (Bugarčić, 2000).

Na osnovu poznavanja značaja pravilne upotrebe đubriva u ishrani krompira, cilj ovog rada je bio da se ispita uticaj različitih količina i načina primene mineralnog đubriva na prinos i kvalitet krtola krompira sorte Karera na lesiviranom planinskom zemljištu zapadne Srbije.

### Materijal i metode rada

Terenska ispitivanja izvedena su tokom vegetacione sezone krompira 2015. godine u ataru sela Bzovik (opština Kraljevo), koje se nalazi na nadmorskoj visini 1107 m (43° 25' 33" SGŠ i 20° 25' 53" IGD). Ogljed je izveden na lesiviranom zemljištu (luvisolu) planinskog masiva Radočelo, na ogleđnoj parceli koja se nalazi na blagom nagibu južne ekspozicije. Primena različite doze i načina primene mineralnih đubriva izvedena je u sledećim varijantama: 1. T1 - Neđubreno (kontrola); 2. T2 – NPK 16:16:16 u količini 1500 kg ha<sup>-1</sup>, primenjeno u brazde za vreme sadnje; 3. T3 – NPK 16:16:16 u količini 1200 kg ha<sup>-1</sup>, primenjeno u brazde za vreme sadnje; 4. T4 - NPK 16:16:16 u količini 700 kg ha<sup>-1</sup> za vreme predsetvene pripreme i 500 kg ha<sup>-1</sup> u brazde za vreme sadnje. Svaka varijanta izvedena je u tri ponavljanja po slučajnom blok sistemu. Nakon završene vegetacione sezone krompira obavljeno je vađenje krtola 28. septembra 2015. godine, traktorskom jednoređom vadilicom. Nakon vađenja krompira uzeti su uzorci krtola za određivanje hranljive vrednosti, odnosno sadržaja najvažnijih makroelemenata.

Pre postavljanja ogleđa uzeti su uzorci zemljišta do dubine 30 cm, u kojima su određene sledeće agrohemijske osobine: aktivna i supstitucionna kiselost zemljišta, sadržaj humusa, ukupnog azota (N), lakopristupačnog fosfora (P) i kalijuma (K), sadržaj mobilnog aluminijuma i sadržaj pristupačnog kalcijuma (Ca) i magnezijuma (Mg).

Dobijeni rezultati prinosa krtola obrađeni su analizom varijanse jednofaktorijskog ogleđa (varijante dubrenja). Značajnost razlika između srednjih vrednosti testirana je LSD-testom (SPSS, 1995).

### Rezultati istraživanja i diskusija

#### Agrohemijske osobine zemljišta

Rezultati agrohemijskih analiza uzetih uzoraka pre postavljanja ogleđa pokazuju da je ovo zemljište u Ah horizontu jako kisele reakcije, srednje obezbeđeno humusom i ukupnim azotom, a dobro obezbeđeno pristupačnim fosforom i kalijumom (Tab. 1). Pristupačni sadržaj Ca i Mg je bio u okviru optimalnih vrednosti.

Tabela 1. Agrohemijske osobine zemljišta pre postavljanja ogleđa  
Table 1. Agrochemical characteristics of the soil before experiment

Dubina- Depth (cm)	pH		Humus (%)	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	Al
	H <sub>2</sub> O	KCl							
0-30	4.8	3.8	3.1	0.2	23.3	47.3	128.5	13.3	3.4

Navedeni rezultati ukazuju da je u toku daljeg korišćenja ovog zemljišta za gajenje krompira, neophodno primeniti kalcizaciju i humifikaciju, jer se na manje kiselim i organskom materijom bogatijim zemljištima poboljšava koeficijent iskorišćavanja hraniva (Bošković-Rakočević i Bokan, 2003). Iako je zemljište jako kisele reakcije, sadržaj mobilnog aluminijuma ( $3.4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  zemljišta) je u okviru vrednosti koje gajene biljke mogu tolerisati (Jakovljević i sar., 1993). To je veoma bitno, jer višak pokretnog aluminijuma u oraničnom sloju utiče na smanjuje dubine prodiranja korena, a time i usvajanje hranljivih materija i vode iz zemljišta (Foy, 1974).

### **Prinos i kvalitet krtola**

Primenom različitih doza i načina primene NPK-đubriva, na svim varijantama ostvareno je značajno povećanje prinosa krtola krompira, u odnosu na kontrolnu varijantu (Tab. 2).

Tabela 2. Prinos krompira sorte Karera pri različitim varijantama đubrenja mineralnim đubrivom NPK 16:16:16

Table 2. Yield of potato cultivar Carrera in different variants of fertilization with mineral fertilizer NPK 16:16:16

Varijante đubrenja Variants of fertilization	Prinos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) Yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Index (%)
T1*	11200 <sup>c</sup>	100
T2	60 653 <sup>a</sup>	541.5
T3	51 699 <sup>b</sup>	461.6
T4	52 330 <sup>b</sup>	467.2

\*T1- neđubreno, T2 -  $1500 \text{ kg ha}^{-1}$ , primenjenog u brazde zavreme sadnje, T3- $1200 \text{ kg ha}^{-1}$ , primenjenog u brazde za vreme sadnje i T4 - $700 \text{ kg ha}^{-1}$  za vreme predsetvene pripreme uz  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  u brazde za vreme sadnje

\*T1- unfertilized, T2- $1500 \text{ kg ha}^{-1}$  applied in-furrow at planting, T3- $1200 \text{ kg ha}^{-1}$  applied in-furrow at planting and T4 - applied at  $700 \text{ kg ha}^{-1}$  during seedbed preparation and  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  in-furrow at planting

Srednje vrednosti po kolonama koje su označene istim slovima ne razlikuju se ( $P > 0.05$ ) na osnovu LSD testa

The same letters in columns indicate non-significant differences among means at  $P \leq 0.05$  by LSD test

U odnosu na neđubrenu varijantu, najmanje povećanje prinosa (361.6%) utvrđeno je unošenjem  $1200 \text{ kg ha}^{-1}$  NPK đubriva u brazde za vreme sadnje, a najveće (441.5%) primenom NPK 16:16:16 u količini  $1500 \text{ kg ha}^{-1}$  u brazde za vreme sadnje. Jednokratnom primenom  $1200 \text{ kg ha}^{-1}$  NPK đubriva pri sadnji dobijen je nešto niži prinos krtola ( $51699 \text{ kg ha}^{-1}$ ), neznačajno niži u odnosu na prinos postignut primenom  $700 \text{ kg ha}^{-1}$  za vreme predsetvene pripreme zemljišta i  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  u brazde prilikom sadnje ( $52330 \text{ kg ha}^{-1}$ ), što je u saglasnosti sa rezultatima Dugalić i sar. (2004). Povećanje doze NPK đubriva na  $1500 \text{ kg ha}^{-1}$  primenjenog u brazde uticalo je na značajno povećanje prinosa u odnosu na kontrolu i ostale varijante ogleđa. Zaključci i mišljenja, u pogledu optimalnih količina i vremena unošenja mineralnih hraniva, naročito azota (zbog njegovog mogućeg štetnog efekta na zdravstvenu ispravnost hrane), koje su na osnovu rezultata svojih istraživanja

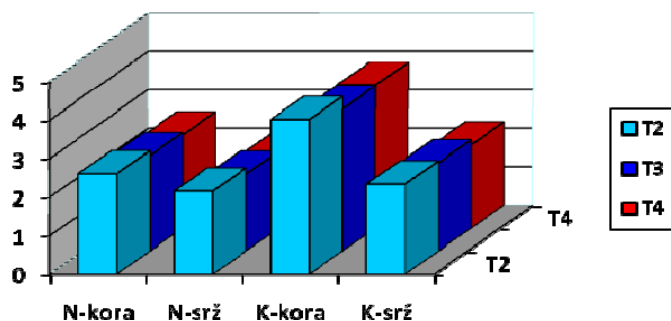
izneli pojedini autori, prilično se razlikuju. Guler (2009) je, primenom 200 kg ha<sup>-1</sup> azota na zemljištu srednje obezbeđenom ovim hranivom, postigao maksimalni prinos krompira, dok su Sanjana Banjare i sar. (2014) maksimalni prinos krompira ostvarili primenom 225 kg ha<sup>-1</sup> azota u kombinaciji sa fosforom i kalijumom. Bošković i Pavlović (2009) navode da je primenom 180 kg ha<sup>-1</sup> azota sadržaj nitrata u krtolama krompira bio iznad prosečnih vrednosti za krompir. Bugarčić (2000) ukazuje da, osim na veći sadržaj nitrata u krtolama krompira, doze azota iznad 200 kg ha<sup>-1</sup> utiču i na prekomeran razvoj nadzemne mase, produženje vegetacije, kasnije i manje zamatanje krtola i veću osetljivost na plamenjaču.

Rezultati hemijskih analiza krtola krompira ukazuju da je sadržaj svih ispitivanih elemenata bio veći u kori u odnosu na srž krtole (Tab. 3).

Tabela 3. Sadržaj makroelemenata u krtolama krompira  
Table 3. The content of macroelements in potato tubers

Varijante đubrenja Fertilization variant		N	K	Ca	Mg
		%		mg kg <sup>-1</sup>	
Kora Skin	T2	2.61	4.02	1710	2022
	T3	2.48	3.70	1352	1889
	T4	2.42	3.72	1252	1684
Srž Flesh	T2	2.16	2.34	559	1530
	T3	2.00	2.29	512	1489
	T4	1.89	2.16	439	1147

Sadržaj azota u srži krtole se kretao u intervalu od 1.89% (varijanta NPK 700 kg ha<sup>-1</sup> za vreme predsetvene pripreme i 500 kg ha<sup>-1</sup> u brazde za vreme sadnje) do 2.16% (NPK 1500 kg ha<sup>-1</sup> primenjenog u brazde za vreme sadnje), dok je u kori na istim varijantama varirao od 2.42-2.61% (Tab. 3. i Graf. 1). Sadržaj kalijuma je varirao po varijantama slično kao i azot, pri čemu je u srži krtole utvrđen nešto veći sadržaj ovog elementa (2.16-2.34%) u odnosu na azot.



Graf. 1. Sadržaj azota i kalijuma u krtoli krompira  
Graf. 1. The content of nitrogen and potassium in potato tuber

Dobijene vrednosti sadržaja N pokazuju da je sadržaj ovog elementa bio neznatno veći u srži krtole u odnosu na vrednosti koje navode Bártova et al. (2013) (1.56% ) i Rostami et al. (2015) (1.49-1.80%). Nasuprot N, sadržaj K bio je nešto niži u odnosu na vrednosti koje navode Trehan and Sharma (2002) (2.6-3.6%). Ovo je posebno izraženo na varijanti gde je primenjeno 1500 kg ha<sup>-1</sup> NPK-đubriva, što potvrđuje rezultate Rengel and Damon (2008), da prekomerno đubrenje azotom može imati za posledicu povećanje sadržaja azota u krtolama u odnosu na kalijum. Veoma je bitno da krompir do perioda butonizacije ima na raspolaganju azot u dovoljnoj količini, dok njegova prekomerna količina nakon tog perioda usporava obrazovanje krtola, što se odražava i na sniženje prinosa (Džamić i Stevanović, 2000). Kalijum takođe, utiče na obrazovanje krtola, jer se u njegovom nedostatku krtole izdužuju i, pored toga, loše čuvaju.

Sadržaj kalcijuma i magnezijuma u krtolama krompira je takođe bio najniži na varijanti gde je NPK-đubrivo primenjeno u količini 700 kg ha<sup>-1</sup> za vreme predsetvene pripreme i 500 kg ha<sup>-1</sup> u brazde za vreme sadnje. U srži krtole sadržaj Ca se kretao u intervalu od 439-559 mg kg<sup>-1</sup>, a sadržaj Mg od 1147-1530 mg kg<sup>-1</sup>, što su nešto veće vrednosti od podataka koje na osnovu rezultata svojih istraživanja iznosi Gvozden (2016).

### **Zaključak**

Kompleksno NPK-đubrivo 16:16:16 primenjeno u količini 1200 kg ha<sup>-1</sup> i 1500 kg ha<sup>-1</sup> je uticalo na značajno povećanje prinosa krompira sorte Karera u odnosu na kontrolu. Prinos krtola na manje đubrenim varijantama nije se značajno razlikovao pri različitim načinima unošenja NPK-đubriva, pri čemu je nešto veći prinos postignut na varijantama gde je deo đubriva primenjen predsetveno a deo u brazde. Rezultati hemijskih analiza krtola krompira ukazuju da je sadržaj svih ispitivanih elemenata bio veći u kori u odnosu na srž krtole. Najveći sadržaj svih elemenata utvrđen je na varijanti sa najvećom dozom NPK-đubriva (1500 kg ha<sup>-1</sup>), dok je najmanji, bio u krtolama sa varijante gde je NPK-đubrivo primenjeno u količini 700 kg ha<sup>-1</sup> predsetveno i 500 kg ha<sup>-1</sup> u sadnji.

### **Napomena**

Rezultati ovih istraživanja predstavljaju deo rezultata Projekta TR31059 koji se finansira sredstvima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

### **Literatura**

- Bártová V., Bárta J., Diviš J., Švajner J., Peterka J. (2009). Crude protein content in tubers of starch processing potato cultivars in dependence on different agroecological conditions. *Journal Central European Agriculture*, 10(1), 57-66.
- Bošković-Rakočević, L.J., Bokan, N (2003). Gajenje krompira na zemljištu sa visokim sadržajem mobilnog aluminijuma. *Agroznanje*, br.4, 152-160.

- Bošković-Rakočević, L.J., Pavlović, R. (2009). Uticaj azota na prinos i sadržaj nitrata kod mladog krompira u plasteničkoj proizvodnji. *Acta agriculturae Serbica*, 14 (27), 93-99.
- Brown C.R., Haynes K.G., Moore M., Pavek M.J., Hane D.C., Love S.L., Novy R.G., Miller Jr., J.C. (2012). Stability and broad-sense heritability of mineral content in potato: Calcium and magnesium. *American Journal of Potato Research*, 89, 255–261.
- Bugarčić, Ž. (2000). Krompir - tehnologija proizvodnje, skladištenje i zaštita. Beograd.
- Dugalić, G., Bročić, Z., Biberdžić, M. (2004). Prinos krompira na lesiviranom zemljištu u zavisnosti od načina primene đubriva. *Agroznanje*, 5(1), 37-42.
- Foy C.D. (1974). Aluminum Toxicity in Plants. *Agronomy Journal*, 66, 715-719.
- Gvozden G. (2016). Ispitivanje uticaja konvencionalnog, integralnog i organskog sistema gajenja na produktivnost, kvalitet i biološku vrednost krompira. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Zemun, 1-212.
- Guler, S. (2009). Effects of nitrogen on yield and chlorophyll of potato (*Solanum tuberosum*L.) cultivars. *Bangladesh Journal of Botany*, 38(2), 163-169.
- Jakovljević, M., Bročić, Z., Mišović, M., Dugalić, G. (1993). Promene pristupačnih oblika azota u pseudoglejnom zemljištu i primena raznih organskih i mineralnih đubriva pri gajenju krompira. *Savremena poljoprivreda*, Vol.1, br.6, 379-380.
- Rengel Z., Damon P.M. (2008), Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. *Physiol. Plant.* 133, 624–636.
- Rostami A., Davtyan V.A., Ahmadvand G. (2015). The effect of green manures and nitrogen fertilizer on yield, yield components and nitrate accumulation of potato tuber. *Int. J. Biosci.*, 6(8), 140-148.
- SanjanaBanjare, Sharma, G., Verma, S. K. (2014). Potato Crop Growth and Yield Response to Different Levels of Nitrogen under Chhattisgarh Plains Agro-climatic Zone. *Indian Journal of Science and Technology*, Vol 7(10), 1504–1508.
- Stoiljković, B., Šušić, S. (1975). Uticaj različitih količina složenih đubriva (NPK) na prinos krompira. *Zbornik radova Ogladne stanice za selekciju i proizvodnju krompira*, Sv. 2-3, Guča, 183-194.
- Trehan S.P., Sharma R.C. (2002). Potassium uptake efficiency of young plants of three potato cultivars as related to root and shoot parameters. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 33, 1813–1823.
- Džamić, R., Stevanović, D. (2000). *Agrohemija*. Partenon, Beograd.

## YIELD AND QUALITY OF POTATO TUBERS DEPENDING ON FERTILIZATION

*Ljiljana Bošković-Rakočević<sup>1</sup>, Zoran Dinić<sup>2</sup>, Aleksandar Paunović<sup>1</sup>, Nikola Bokan<sup>1</sup>, Marijana Dugalić<sup>1</sup>, Goran Dugalić<sup>1</sup>*

### Abstract

Research on the effect of different rates and methods of application of mineral NPK fertilizers on the yield and quality of potato variety ‘Carrera’ was conducted on a luvisol of the Radočelo Mountain massif. Treatments included an unfertilized control, NPK 16:16:16 (1500 kg ha<sup>-1</sup>) applied in-furrow at planting, NPK 16:16:16 (1200kg ha<sup>-1</sup>) applied in-furrow at planting, and NPK 16:16:16 applied at 700 kg ha<sup>-1</sup> during seedbed preparation and 500 kg ha<sup>-1</sup> in-furrow at planting. Mineral fertilizers led to a very significant increase in tuber yield compared to the control, giving the highest total yield under 1500 kg ha<sup>-1</sup> NPK treatment. Results on the nutritional value of potato tubers showed that the levels of tested nutrients were higher in the skin than in the flesh. The concentrations of tested nutrients in potato tubers were highest at the highest NPK fertilizer rate.

**Key words:** potato, NPK fertilizers, yield, tuber quality

---

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia (ljiljabr@kg.ac.rs)

<sup>2</sup>Institute of Soil Science, Teodora Dražžera 6, 11000 Beograd, Srbija



## EFIKASNOST USVAJANJA AZOTA KOD HIBRIDA KUKURUZA U ZAVISNOSTI OD SISTEMA ĐUBRENJA

*Ivica Đalović<sup>1</sup>, Yinglong Chen<sup>2</sup>, Srđan Šeremešić<sup>3</sup>,  
Vojislav Mihailović<sup>1</sup>, Dragiša Milošev<sup>3</sup>*

**Izvod:** Cilj ovih istraživanja bio je da se utvrde genotipske razlike u efikasnosti usvajanja azota (N) kod hibrida kukuruza u zavisnosti od sistema đubrenja. Prosečan sadržaj N u listu kukuruza za sve varijante đubrenja i hibride nije se značajno razlikovao po godinama (2,35% u 2011, odnosno 2,31% u 2012. godini). Najmanji sadržaj konstantovan je na kontrolnoj varijanti T<sub>1</sub> (1,91%), a najveći na varijantama T<sub>3</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> jesen + N<sub>min</sub> proleće (2,57%), T<sub>6</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> jesen + N<sub>60</sub> proleće + Zn (2,58%) i T<sub>7</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> jesen + N<sub>80</sub> proleće + Zn (2,58%). Najmanji sadržaj N u listu kukuruza konstatovan je kod hibrida NS 6030 (2,27%), a najveći kod hibrida NS 4023 (2,39%). Sadržaj N u zrnu kukuruza, nezavisno od varijante đubrenja i hibrida, bio je značajno manji u 2011. god. (1,22%) u odnosu na 2012. godinu (1,36%). Najmanji sadržaj bio je na kontrolnoj varijanti T<sub>1</sub> (1,11%), a najveći na varijantama T<sub>3</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> jesen + N<sub>min</sub> proleće i T<sub>7</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> jesen + N<sub>80</sub> proleće + Zn (1,42%). U proseku za godine istraživanja i primenjene sisteme đubrenja, najmanji sadržaj N u zrnu kukuruza je bio kod hibrida NS 6010 (1,22%), a najveći kod hibrida NS 6030 (1,35%). Poboljšane mogućnosti usvajanja, akumulacije, iskorišćavanja i/ili reutilizacije biogenih elemenata mogu pružiti osnovu za razradu programa oplemenjivanja kukuruza na produktivnost i kvalitet zrna.

**Ključne reči:** azot, sistemi đubrenja, genotip, kukuruz.

### Uvod

Akumulacija pojedinih elemenata u biljci zavisi od biljne vrste i genotipa, fizičko-hemijskih osobina zemljišta (pH vrednosti, sadržaja organske materije...), N i P đubriva, plodosmene i prethodnog useva (Đalović, 2014.). Utvrđivanje raspoloživosti hraniva koje biljka može da usvoji iz zemljišta je složen problem. Smatra se da su hraniva raspoloživa za ishranu biljaka (bioraspoloživa) ukoliko se u zemljištu nalaze ili mogu preći u oblik koji biljke usvajaju i pri tome se moraju nalaziti u zoni korenovog sistema (Marschner, 2012.).

Dugoročne studije u SAD pokazuju da đubrenje učestvuje sa preko 50% u formiranju prinosa kukuruza (57% u Misuriju, 60% u Kanzasu i dr), dok je efikasnost iskorišćavanja azota značajno povećana u poslednjih 25 godina, što znači da je danas potrebno primeniti manje azotnih đubriva za isti nivo prinosa (Ciampitti & Vyn, 2012.).

U osnovi postoje dva načina za poboljšanje efikasnosti usvajanja hraniva, pre svega azota kod kukuruza: prilagođavanje sistema đubrenja ili stvaranje genotipova koji se

<sup>1</sup>Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksim Gorki 30, 21 000 Novi Sad, Srbija

<sup>2</sup>The UWA Institute of Agriculture, and School of Earth and Environment, The University of Western Australia, Australia

<sup>3</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg. D. Obradovića 8, 21 000 Novi Sad, Srbija

odlikuju poboljšanim usvajanjem N iz zemljišnih rezervi i/ili primenjenih đubriva (bolja efikasnost usvajanja hraniva) (Setiyono et al., 2010), kao i njegovo efikasnije iskorišćavanje za stvaranje većeg prinosa zrna (bolje iskorišćenje hraniva) (Rengel & Marschner, 2005.). Genotipske razlike u usvajanju i akumulaciji pojedinih elemenata kod hibrida kukuruza ogledaju se i u njihovoj različitoj reakciji na đubrenje, posebno azotom (Bertin & Gallais, 2000; Gallais & Hirel, 2004; Coque & Gallais, 2007; Ziadi et al., 2007; Menkir, 2008.).

Cilj ovih istraživanja bio je da se utvrde genotipske razlike u efikasnosti usvajanja azota kod kukuruza u zavisnosti od sistema đubrenja.

### Materijal i metode rada

Eksperiment je sproveden u dvogodišnjem periodu (2011–2012. god) na oglednim poljima Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Odeljenja za kukuruz na Rimskim Šančevima na zemljištu tipa černozem, podtip černozem na lesu i lesolikim sedimentima, varijetet slabokarbonatan. Ogled je postavljen po planu randomiziranog blok sistema u četiri ponavljanja. Površina elementarne parcele je iznosila 28.0 m<sup>2</sup> (10 × 2.8 m), odnosno ukupna površina eksperimenta 3584.00 m<sup>2</sup>. Istraživanjima su bili obuhvaćeni sledeći faktori:

#### A. Sistemi đubrenja:

- T<sub>1</sub>: Kontrola – P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const.
- T<sub>2</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>min</sub> proleće
- T<sub>3</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> jesen + N<sub>min</sub> proleće
- T<sub>4</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>60</sub> proleće
- T<sub>5</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>100</sub> proleće
- T<sub>6</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> jesen + N<sub>60</sub> proleće + Zn
- T<sub>7</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> jesen + N<sub>80</sub> proleće + Zn
- T<sub>8</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>160</sub> proleće + Zn

Količine mineralnih hraniva koje su primenjene u eksperimentu (brojevi u indeksu) odnose se na količine čistih hraniva po jedinici površine (ha). Na varijanti ogleđa T<sub>2</sub>, N<sub>min</sub> predstavlja potrebnu količinu N izračunatu na osnovu sadržaja mineralnog azota u zemljištu u vreme setve u sloju 0–120 cm po metodi *Scharpft-a* i *Werhmann-a* (N<sub>min</sub> metoda). Celokupna količina azota određena na osnovu N<sub>min</sub> metode primenjena je neposredno pred setvu. Cink je primenjen u obliku cink sulfata (ZnSO<sub>4</sub>), folijarno četvrte i šeste nedelje nakon setve: na varijanti T<sub>6</sub> 0,5 kg ha<sup>-1</sup>, T<sub>7</sub> 1,0 kg ha<sup>-1</sup> i T<sub>8</sub> 1,5 kg ha<sup>-1</sup>.

#### B. Hibridi kukuruza:

Setva kukuruza obavljena je na međurednom rastojanju od 75 cm i rastojanju u redu od 22 cm. U ogledu su primenjena pojedinačna mineralna đubriva prema prethodno navedenim varijantama ogleđa. Uzorci biljnog materijala (list) uzimani su ispod klipa tokom svilanja kukuruza (u fazi svilanja više od 50% biljaka). Prosečan uzorak sastojao se od 25 listova. Nakon berbe sa svake elementarne parcele uzeti su klipovi kukuruza od kojih je formiran uzorak za određivanje sadržaja N u zrnu. Ukupan sadržaj N u listu i zrnu kukuruza određen je u akreditovanoj laboratoriji Instituta po AOAC Official Method 972.43:2000. Microchemical Determination of Carbon, Hydrogen, and Nitrogen, Automated Method, in Official Methods of Analysis of AOAC International.

### **Statistička obrada podataka**

U cilju analize podataka izvršeno je kombinovanje rezultata ogleđa iz pojedinačnih godina istraživanja. Kao osnovni model za analizu podataka upotrebljen je plan podeljenih potparcela (Gomez & Gomez, 1984.), gde su testirani glavni efekti faktora (godina, sistem đubrenja i hibrid). Razlike između nivoa faktora testirane su primenom *Takejevog* testa (Montgomery, 2009.).

### **Rezultati istraživanja i diskusija**

Prosečan sadržaj N u listu kukuruza za sve varijante đubrenja i hibride bio je 2,35% u 2011. god., odnosno 2,31% u 2012. god. Između godina nisu postojale značajne razlike (tab. 1, graf. 1).

Na variranje sadržaja azota u listu najveći uticaj imali su primenjeni sistemi đubrenja. Najmanji sadržaj konstantovan je na kontrolnoj varijanti T<sub>1</sub> (1,91%), a najveći na varijantama T<sub>3</sub> (2,57%), T<sub>6</sub> (2,58%) i T<sub>7</sub> (2,58%). Nešto niže vrednosti sadržaja azota u listu uočene su na varijantama T<sub>2</sub> (2,38%), T<sub>5</sub> (2,45%) i T<sub>8</sub> (2,14%). U proseku, za godine istraživanja i primenjene sisteme đubrenja, najmanji sadržaj azota u listu kukuruza konstatovan je kod hibrida NS 6030 (2,27%), a najveći kod hibrida NS 4023 (2,39%) (tab. 1., graf. 1).

Na variranje sadržaja azota u zrnu najveći uticaj imali su primenjeni sistemi đubrenja. Najmanji sadržaj bio je na kontrolnoj varijanti T<sub>1</sub> (1,11%), a najveći na varijantama T<sub>3</sub> i T<sub>7</sub> (1,42%). Neznačajno različite vrednosti sadržaja azota konstatovane su i na varijantama T<sub>6</sub> (1,41%) i T<sub>5</sub> (1,35%). Uzimajući u obzir prosečne vrednosti sadržaja azota u zrnu uočava se da između hibrida kukuruza postoje razlike u pogledu njegovog usvajanja. U proseku, za godine istraživanja i primenjene sisteme đubrenja, najmanji sadržaj azota u zrnu bio je kod hibrida NS 6010 (1,22%), a najveći kod hibrida NS 6030 (1,35%) (tab. 1, graf. 2).

Đubrenje azotnim đubrivima značajno utiče na povećanje sadržaja azota u listu, pri čemu se N koji se usvaja tokom perioda metličenja i svilanja preusmerava za sintezu proteina zrna (Purcino et al., 2000.). Smatra se, da ukoliko se „održič“ usvajanje azota tokom nalivanja zrna, manje azota će biti mobilisano iz zelenih delova, što se može odraziti na produženo trajanje lisne površine i veću akumulaciju suve materije (Rajčan & Tollenaar, 1999.). Sadržaj azota u listu zavisi od genotipa, kao i od primenjenog oblika azotnog đubriva (Hojka, 2004.). Veći broj autora uočio je postojanje zavisnosti između intenziteta i produktivnosti fotosinteze i ishrane biljaka azotom. Kasnostasniji hibridi snažnije reaguju na intenzivniju ishranu azotom, jer imaju duži vegetacioni period, odnosno duži period usvajanja azota iz zemljišta. Visok sadržaj azota u listovima kod kukuruza u periodu svilanja i metličenja u visokoj je korelaciji sa prinosom zrna, s obzirom da je fotosintetička aktivnost listova u visokoj korelaciji sa sadržajem azota u listovima (Xu et al., 2000.).

Tabela 1. Sadržaj azota (%) u listu i zrnu kukuruza u zavisnosti od sistema đubrenja i hibrida

Table 1. Nitrogen content (%) in maize leaf and grain depending on fertilization systems and hybrid

Godina/Year (A)	N (list/leaf) (%)	N (zrno/grain) (%)
2011	2.35 ± 0.3 a	1.22 ± 0.12 b
2012	2.31 ± 0.2 a	1.36 ± 0.18 a
<b>Sistem đubrenja/Fertilization system (B)</b>		
Kontrola/Control – <sup>†</sup> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> const.	1.91 ± 0.1 d	1.11 ± 0.08 d
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> const. + <sup>††</sup> N <sub>min</sub> proleće/spring	2.38 ± 0.1 b	1.27 ± 0.08 b
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> const. + N <sub>40</sub> jesen/autumn + N <sub>min</sub> proleće/spring	2.57 ± 0.1 a	1.42 ± 0.12 a
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> const. + N <sub>60</sub> proleće/spring	2.04 ± 0.1 cd	1.16 ± 0.09 cd
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> const. + N <sub>100</sub> proleće/spring	2.45 ± 0.1 ab	1.35 ± 0.13 a
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> const. + N <sub>40</sub> jesen/autumn + N <sub>60</sub> proleće/spring + <sup>†††</sup> Zn <sub>0.5</sub>	2.58 ± 0.1 a	1.41 ± 0.11 a
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> const. + N <sub>40</sub> jesen/autumn + N <sub>80</sub> proleće/spring + Zn <sub>1.0</sub>	2.58 ± 0.1 a	1.42 ± 0.14 a
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> const. + N <sub>160</sub> proleće/spring + Zn <sub>1.5</sub>	2.14 ± 0.3 c	1.22 ± 0.21 bc
<b>Hibrid kukuruza/Maize Hybrid (C)</b>		
NS 4023	2.39 ± 0.3 a	1.29 ± 0.16 b
NS 640	2.29 ± 0.3 b	1.32 ± 0.18 ab
NS 6010	2.37 ± 0.3 a	1.22 ± 0.13 c
NS 6030	2.27 ± 0.2 b	1.35 ± 0.18 a
ANOVA		
Godina/Year (A)	ns	*
Sistemi đubrenja/Fertilization systems (B)	**	**
Hibrid/Hybrid (C)	**	**
A × B	**	**
A × C	ns	**
B × C	ns	ns
A × B × C	ns	ns

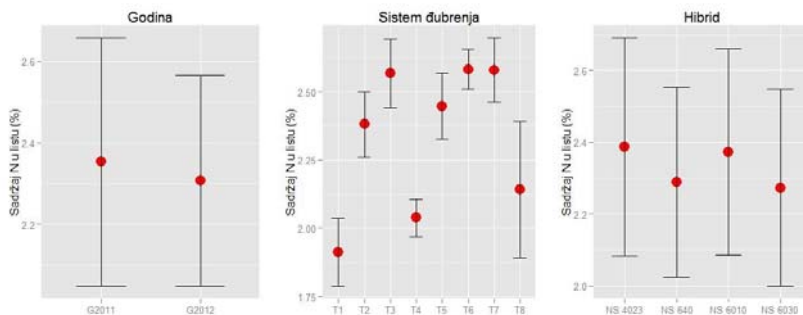
F–test: \*P < 0.05; \*\*P < 0.01; NS – nije značajno/non significant;

Srednje vrednosti u kolonama koje su označene različitim malim slovom razlikuju se značajno (P < 0.05) na osnovu Takejevog testa/Mean values of the columns, which are marked with different lower-case letter, differ significantly (P < 0.05) based on Tukey test;

<sup>†</sup>Brojevi u indeksu označavaju količinu čistih hraniva u kg ha<sup>-1</sup>/The numbers in the index indicate the amount of pure nutrients in kg ha<sup>-1</sup>;

<sup>††</sup>Potrebna količina N izračunata po N<sub>min</sub> metodi/The required amount of N calculated by the N<sub>min</sub> method

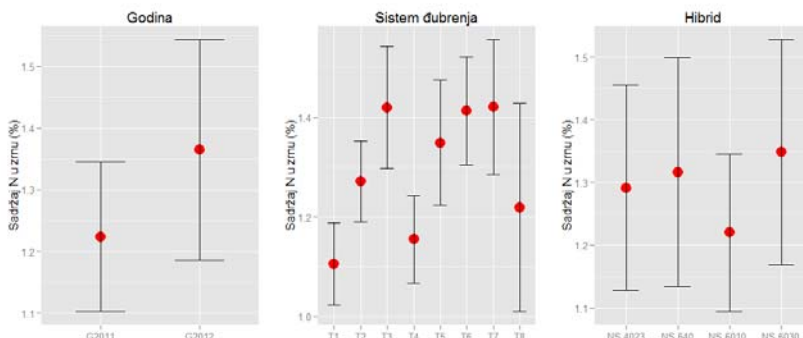
<sup>†††</sup>Zn je primenjen obliku ZnSO<sub>4</sub>, folijarno četvrte i šeste nedelje nakon setve/Zn is applied in the form of ZnSO<sub>4</sub>, foliar on the fourth and sixth week after sowing;



Graf. 1. Sadržaj azota u listu kukuruza u zavisnosti od ispitivanih faktora (vertikalne linije označavaju interval varijacije)

Graph. 1. The nitrogen content in maize leaves, depending on the tested factors (vertical bars denote the interval of variation)

Sadržaj azota u znu kukuruza, u proseku za sve varijante đubrenja i hibride, bio je značajno niži u 2011. god. (1,22%) u odnosu na 2012. godinu (1,36%) (tab. 1., graf. 2).



Graf. 1. Sadržaj azota u znu kukuruza u zavisnosti od ispitivanih faktora (vertikalne linije označavaju interval varijacije)

Graph. 1. The nitrogen content in maize grain depending on the tested factors (vertical bars denote the interval of variation)

Akumulacija azota u znu kukuruza kontrolisana je, prema Ma et al. (2006), Worku et al. (2007), nivoom zaliha azota dostupnog biljci, dok Martre et al. (2003.) ističu da se kontrola akumulacije azota u znu izvorom azota odnosi samo na rezervne proteine, dok je akumulacija strukturnih i metaboličkih proteina kontrolisana akceptorom asimilativa. Analizirajući efekat različitih doza azota (0, 60, 120, 180 i 240 kg N ha<sup>-1</sup>) na sadržaj N u znu kukuruza, Matei et al. (2009.) saopštavaju da su se vrednosti sadržaja N kretale od 0,96% (0 kg N ha<sup>-1</sup>) do 1,87% (240 kg N ha<sup>-1</sup>). Polazeći od pretpostavke da isticanje genotipskih razlika u pogledu koncentracije elemenata u znu može zavistiti od spoljašnjih faktora, kao i primenjene tehnologije gajenja, pre svega đubrenja, Feil et al. (2005), su na primeru dva hibrida tropskog kukuruza istog genetičkog potencijala rodnosti, ali izraženih

razlika u koncentraciji N, P i K u zrnu, pokazali da je koncentracija pojedinih elemenata delimično zavisna i od sadržaja ugljenih hidrata u zrnu. Hochholdinger (2009), smatra da do smanjenja prinosa kukuruza u uslovima nedovoljne obezbeđenosti najvažnijim biljnim hranivima dolazi usled slabijeg razvoja korenovog sistema, te su otuda i razlike i prinosu i usvajanju hraniva koje postoje između hibrida povezane sa razvojem korenovog sistema, odnosno njegovim izduživanjem i apsorpcionom sposobnošću, translokacijom hraniva, kao i efikasnošću njihovog iskorišćavanja.

### Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja možemo zaključiti sledeće:

- prosečan sadržaj azota u listu kukuruza za sve varijante đubrenja i hibride nije se značajno razlikovao po godinama. Najmanji sadržaj konstantovan je na kontrolnoj varijanti T<sub>1</sub> (1,91%), a najveći na varijantama T<sub>3</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> jesen + N<sub>min</sub> proleće (2,57%), T<sub>6</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> jesen + N<sub>60</sub> proleće + Zn (2,58%) i T<sub>7</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> jesen + N<sub>80</sub> proleće + Zn (2,58%). Najmanji sadržaj N u listu kukuruza konstatovan je kod hibrida NS 6030 (2,27%), a najveći kod hibrida NS 4023 (2,39%).
- sadržaj azota u zrnu kukuruza, nezavisno od varijante đubrenja i hibrida, bio je značajno niži u 2011. god. (1,22%) u odnosu na 2012. godinu (1,36%). Najmanji sadržaj bio je na kontrolnoj varijanti T<sub>1</sub> (1,11%), a najveći na varijantama T<sub>3</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> jesen + N<sub>min</sub> proleće i T<sub>7</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> jesen + N<sub>80</sub> proleće + Zn (1,42%). U proseku za godine istraživanja i primenjene sisteme đubrenja, najmanji sadržaj N u zrnu kukuruza je bio kod hibrida NS 6010 (1,22%), a najveći kod hibrida NS 6030 (1,35%).
- Efikasnost usvajanja i iskorišćavanja azota od strane biljaka kukuruza u značajnom stepenu je genetski kontrolisana. Genotipovi koji efikasnije koriste hraniva predstavljaju važan oplemenjivački materijal za stvaranje hibrida pogodnih za gajenje u manje povoljnim i/ili stresnim uslovima proizvodnje.

### Napomena

Ovaj rad je deo projekta TR 31073 „Unapređenje proizvodnje kukuruza i sirka u uslovima stresa“ koji se finansira od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije/This study is a part of the project TR 31073 „Improvement of maize and sorghum production under stress conditions“ financed by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

### Literatura

- Bertin P., Gallais A. (2000). Physiological and genetic basis of nitrogen use efficiency in maize. I. Agrophysiological results. *Maydica* 45, 53–66.
- Ciampitti AI., Vyn JT. (2012). Physiological perspectives of changes over time in maize yield dependency on nitrogen uptake and associated nitrogen efficiencies: a review. *Field Crops Research* 133, 48–67.

- Coque M., Gallais A. (2007). Genetic variation among European maize varieties for nitrogen use efficiency under low and high nitrogen fertilization. *Maydica* 52, 363–397.
- Đalović I. (2014). Važnije morfološke osobine i sadržaj biogenih elemenata kod hibrida kukuruza pri raznim nivoima đubrenja. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Feil S., Mosera B., Jampatongb S., Stampa P. (2005). Mineral composition of the grains of tropical maize varieties as affected by preanthesis drought and rate of nitrogen fertilization. *Crop Science* 45, 516–523.
- Gallais A., Hirel B. (2004). An approach of the genetics of nitrogen use efficiency in maize. *Journal of Experimental Botany* 55, 295–306.
- Gomez KA., Gomez AA. (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research*. 2<sup>nd</sup> Edition, Wiley–Interscience.
- Hochholdinger F. (2009). *The Maize Root System: Morphology, Anatomy, and Genetics*: Springer, 233 Spring Street, New York, Ny 10013, United States.
- Hojka Z. (2004). Uticaj vremena primene i oblika azota na prinos i osobine semena inbred linija kukuruza. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Ma BL., Subedi DK., Liu A. (2006). Variations in grain nitrogen removal associated with management practices in maize production. *Nutr. Cycl. Agroecosyst* 76, 67–80.
- Martre P., Porter JR., Jamieson PD., Triboi E. (2003). Modeling grain nitrogen accumulation and protein composition to understand the sink/source regulations of nitrogen remobilization for wheat. *Plant Physiol.* 133, 1959–1967.
- Marschner P. (2012). *Mineral nutrition of higher plants*. 3<sup>rd</sup> edn. London: Academic Press.
- Matei Gh., Petrescu E., Roşculete E., Roşculete C. (2009). Influence of fertilization on maize yield and quality under conditions of sustainable agriculture on agric chernozem from CSDA Caracal. *USAMY, Series A, Vol. LII: 232–238*, Bucharest.
- Menkir A. (2008). Genetic variation for grain mineral content in tropical–adapted maize inbred lines. *Food Chemistry* 110, 454–464.
- Montgomery D. (2009). *Design and analysis of experiments*. 6<sup>th</sup> Edition. Wiley, New York.
- Purcino AAC., Silva MR., Andrade SRM., Belele CI., Parentoni SN., dos Santos MX. (2000). Grain filling in maize: the effect of nitrogen nutrition on the activities of nitrogen assimilating enzymes in the Pedicel–Placento–Chalaza region. *Maydica* 45, 95–103.
- Rajčan I., Tollenaar M. (1999). Source: sink ratio and leaf senescence in maize. II. Nitrogen metabolism during grain filling. *Field Crops Research* 60, 245–254.
- Rengel Z., Marschner P. (2005). Nutrient availability and management in the rhizosphere: exploiting genotypic differences. *New Phytol.* 168, 305–312.
- Setiyono TD., Walters DT., Cassman KG., Witt C., Dobermann A. (2010). Estimating maize nutrient uptake requirements. *Field Crops Research* 118, 158–168.
- Worku M., Bänziger M., Schulteaufm EG., Friesen D., Diallo AO., Horst WJ. (2007). Nitrogen uptake and utilization in contrasting nitrogen efficient tropical maize hybrids. *Crop Sci.* 47, 519–528.

- Xu W., Rosenow DT., Hguyen HT. (2000). Stay green trait in grain sorghum: relationship between visual rating and leaf chlorophyll concentration. *Plant Breeding* 119, 365–367.
- Ziadi N., Bélanger G., Cambouris AN., Tremblay N., Nolin MC., Claessens A. (2007). Relationship between P and N concentrations in corn. *Agron. J.* 99, 833–841.

## NITROGEN EFFICIENCY ADOPTION IN MAIZE DEPENDING ON FERTILIZATION SYSTEMS AND HYBRIDS

*Ivica Đalović<sup>1</sup>, Yinglong Chen<sup>2</sup>, Srđan Šeremešić<sup>3</sup>,  
Vojislav Mihailović<sup>1</sup>, Dragiša Milošev<sup>3</sup>*

### Abstract

The aim of this study was to determine the genotypic differences of nitrogen (N) uptake efficiency in maize depending on fertilization systems and hybrids. The average content of N in maize leaves for different variants of fertilization and tested hybrids in two years of research was balanced and varied in the range from 2.35% in 2011, to 2.31% in 2012. The lower content were found under the control treatment T<sub>1</sub> (1.91%) and the highest in the treatments T<sub>3</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> autumn + N<sub>min</sub> spring (2.57%), T<sub>6</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> autumn + N<sub>60</sub> spring + Zn (2.58%) and T<sub>7</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> autumn + N<sub>80</sub> spring + Zn (2.58%). The lower content of N in maize leaves was found in the hybrid NS 6030 (2.27%) and the highest in NS 4023 (2.39%). Average values of N content in maize grain varied due to climatic conditions and ranged from 1.22% in 2011, to 1.36% in 2012. The lowest N content was in control treatment T<sub>1</sub> (1.11%), the biggest in variants T<sub>3</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> autumn + N<sub>min</sub> spring and T<sub>7</sub>: P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> const. + N<sub>40</sub> autumn + N<sub>80</sub> spring + Zn (1.42%). According to the obtained average value for the investigated years and applied systems of fertilization, the lowest nitrogen content in maize was in NS 6010 (1.22%) and the highest in NS 6030 (1.35%). Improving possibilities of assimilation, accumulation, exploitation and/or reutilization of biogenic elements can provide the basis for the expansion of maize breeding programs on productivity and grain quality.

**Key words:** nitrogen, fertilization, genotype, maize.

<sup>1</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Maxim Gorki 30, 21 000 Novi Sad, Serbia

<sup>2</sup>The UWA Institute of Agriculture, and School of Earth and Environment, The University of Western Australia, Australia

<sup>3</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture Sq. D. Obradovića 8, 21 000 Novi Sad, Serbia



**VARIJABILNOST PRINOSA RAZLIČITIH SORTI OZIMOG JEČMA**

*Vera Đekić<sup>1</sup>, Jelena Milivojević<sup>1</sup>, Miodrag Jelić<sup>2</sup>, Vera Popović<sup>3</sup>,  
Snežana Branković<sup>4</sup>, Dragan Terzić<sup>5</sup>, Dragan Grčak<sup>1,2</sup>*

**Izvod:** U radu su prikazani rezultati ispitivanja ozimih sorti ječma (Rekord, Grand, NS 565 i Nonijus). Sorte su gajene na oglednom polju Poljoprivredno-hemijske škole „Dr Đorđe Radić“-Kraljevo, tokom dve vegetacione sezone. Ispitivanjem fizičkih osobina zrna, sorta Nonijus je ostvarila najveći prosečan prinos zrna u obe vegetacijske sezone (4,140 t ha<sup>-1</sup>; 5,706 t ha<sup>-1</sup>).

Utvrđena razlika značajnosti između uticaja godine na kvalitet zrna kod ispitivanih sorti ječma, bila je značajna za prinos zrna. Ustanovljene razlike značajnosti sa stanovišta uticaja genotipa na prosečne vrednosti prinosa zrna statistički nisu bile signifikantne.

**Gljučne reči:** ozimi ječam, prinos, sorta

**Uvod**

Ječam se gaji širom sveta i koristi se kao važna komponenta u proizvodnji piva i slada, važna i kvalitetna komponenta u ishrani domaćih životinja, dok delimično se koristi u ishrani ljudi. Ječam se u svetu gaji na površini od oko 47.5 miliona hektara pri čemu ostvaruje prosečan prinos od 2.6 t/ha i po tom parametru je peta gajena kultura (posle kukuruza, pirinča, pšenice i soje). Po ukupnoj proizvodnji od 124 miliona tona ječam se među svim gajenim kulturama takođe nalazi na petom mestu. Najveće površine pod ječmom su u Rusiji, Australiji, Ukrajini i Kanadi. U našoj zemlji ječam se gaji na 84.166 ha sa prosečnim prinosom 2.9 t/ha i po proizvodnji je treća kultura sa 244.081 tona (FAO 2010).

Prinos po jedinici površine je rezultat delovanja faktora rodnosti sorte u interakciji sa faktorima spoljašnje sredine. Zbog toga je prinos relativan pojam i određen je sortom, ekološkim uslovima i nivoom primenjene tehnologije. Osnovni cilj u selekciji i oplemenjivanju ječma je stvoriti sorte visokog genetičkog potencijala rodnosti i dobrog kvaliteta zrna pogodnog za stočnu hranu ili pivarsku industriju (Pržulj i Momčilović, 2002; Jelić i sar., 2002; Đekić i sar., 2010, 2012, 2015b, 2017a). Potreba za sortom kratke ili duge vegetacije zavisi od ekoloških uslova određenog područja. Kod ozimog ječma često se mogu ustanoviti variranja u prinosu, kako između godina tako i između lokaliteta (Đekić i sar., 2015a).

<sup>1</sup>Centar za strna žita, Save Kovačevića 31, Kragujevac, Srbija (verarajicic@yahoo.com)

<sup>2</sup>Poljoprivredni fakultet, Kopaonička bb, 38219 Lešak, Kosovo i Metohija, Srbija

<sup>3</sup>Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija

<sup>4</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno matematički fakultet, Institut za biologiju i ekologiju, Radoje Domanović 12, Kragujevac, Srbija

<sup>5</sup>Institut za krmno bilje, Globoder bb, Kruševac, Srbija

Stabilnost prinosa zrna utvrđen za određeno područje pouzdaniji je kriterijum u selekciji i preporuci sorte, jer stabilnost prinosa zrna koji je ustanovljen u prethodnim godinama zbog dinamike klimatskih faktora ne uključuje rizik uslovljen vremenskim neprilikama u narednim godinama (Mladenović i sar., 2009; Đekić i sar., 2015b). Stabilna sorta uvek postiže prinos na nivou uzgajanog područja (merenog prosekom svih ispitivanih sorti u ogledu) i manje reaguje na stresne uslove (Đekić i sar., 2010, 2017b; Jelić i sar., 2002; Pržulj i Momčilović, 2010).

Proizvodnja ječma s visokim prinosom zrna i odgovarajućim kvalitetom je moguća samo izborom kvalitetnog sortimenta uz odgovarajuće uslove gajenja i odgovarajuću tehnologiju proizvodnje (Đekić i sar., 2011, 2017a). Tokom 2011/12. i 2012/13. godine u na području Kraljeva, ispitivane su četiri sorte ozimog ječma (dve kragujevačke sorte: Rekord i Grand i dve novosadske sorte: NS 565 i Nonijus), sa ciljem utvrđivanja selekcije najboljih sorti za uslove proizvodnje Srbije.

### Materijal i metode rada

Ispitivanja su izvedena na imanju Poljoprivredno-hemijske škole „Dr Đorđe Radić“ u Kraljevu, na zemljištu tipa pseudoglej u dvogodišnjem periodu (2011/12 i 2012/13. godine). Na ogledu su testirani različiti genotipovi ozimog ječma (Rekord, Grand, NS 565 i Nonijus). Eksperiment je zasnovan po slučajnom blok sistemu u pet ponavljanja sa površinom eksperimentalne parcelice od 100 m<sup>2</sup>. Ispitivanim parcelama pre setve je dodavano 250 kg ha<sup>-1</sup> đubriva NPK 15:15:15, dok je uz prolećnu prihranu dodavano 250 kg ha<sup>-1</sup> (KAN-a). Ukupne količine fosfornog i kalijumovog đubriva zajedno sa jednom trećinom azotnih upotrebljene su u predsetvenoj pripremi zemljišta, dok je preostala količina azota primenjena u jednoj prihrani početkom proleća.

Predusev strnim žitima je bio kukuruz. Setva je obavljena u drugoj dekadi oktobra meseca. Ostale mere nege koje su sprovedene tokom vegetacionog perioda su bile standardne. Žetva ječma je obavljena u fazi pune zrelosti, pri čemu je meren prinos i korigovan na 14% vlage.

Zemljište na kome je ogled postavljen pripada tipu zemljišta pseudoglej, teškog mehaničkog sastava i grube nestabilne strukture. Plodnost zemljišta je osrednja, niske pH vrednosti (pH u H<sub>2</sub>O=5,24 u KCl<4,48), sa sadržajem humusa oko 2,18% a ukupnog azota od 0,10 do 0,14%. Sadržaj lakopristupačnog fosfora je bio nizak (7-8 mg 100 g<sup>-1</sup> zemljišta P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), dok je sadržaj lakopristupačnog kalijuma osrednji (13,8 mg 100 g<sup>-1</sup> zemljišta K<sub>2</sub>O).

Na osnovu ostvarenih rezultata istraživanja izračunati su parametri deskriptivne statistike: prosečne vrednosti, greška aritmetičke sredine i standardna devijacija. Statistička obrada podataka napravljena je u modulu Analyst programa SAS/STAT (SAS Institut, 2000).

### Rezultati rada sa diskusijom

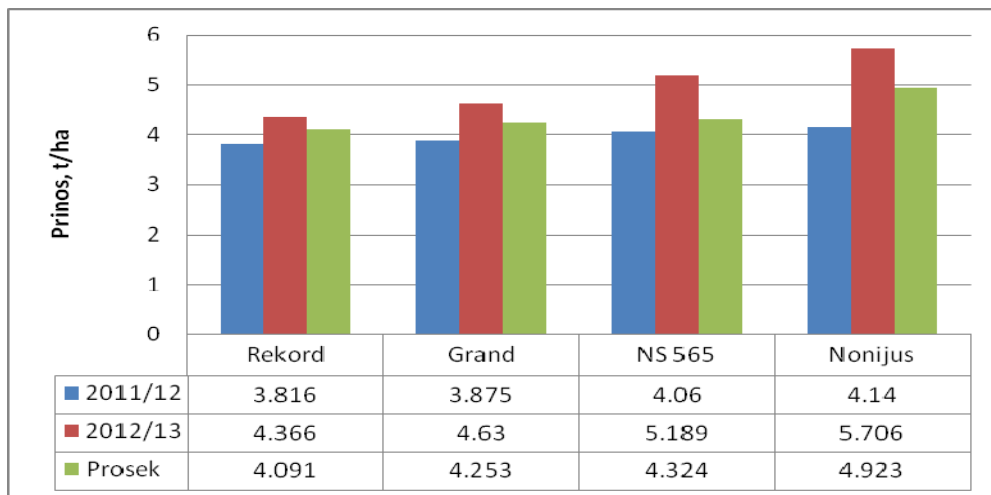
Prosečne vrednosti prinosa zrna kod istraživanih sorti ozimog ječma uzgajanih u Poljoprivredno-hemijskoj školi „Dr Đorđe Radić“ u Kraljevu, tokom dve vegetacijske sezone 2011/12. i 2012/13. godine, prikazani su u tabeli 1.

Prinos ispitivanih sorti ječma razlikovao se zavisno od godine istraživanja. U prvoj godini istraživanja (2011/12.), prinos zrna kod ozimog ječma kretao se u opsegu od 3,816 t ha<sup>-1</sup> (Rekord) do 4,14 t ha<sup>-1</sup> (Nonijus). U drugoj godini istraživanja (2012/13.) prinos zrna kod ispitivanih sorti ozimog ječma kretao se u opsegu od 4,366 t ha<sup>-1</sup> (Rekord) do 5,706 t ha<sup>-1</sup> (Nonijus). Na osnovu dobijenih podataka iz tabele 1. Može se zaključiti da je druga godina istraživanja (2012/13) bila povoljnija, dok je u obe godine istraživanja sorta Nonijus postigla najveće prinose. Najmanji prinos u obe godine istraživanja postigla je kragujevačka sorta Rekord.

Tabela 1. Prosečne vrednosti prinosa zrna ispitivanih sorti ječma, t ha<sup>-1</sup>  
 Table 1. Average values of grain yield of barley cultivars tested, t ha<sup>-1</sup>

Sorta Cultivars	Doze N Effect of N	$\bar{x}$	Min	Max	Sd	S <sub><math>\bar{x}</math></sub>
Rekord	2011/12	3,816	3,500	4,200	0,327	0,146
	2012/13	4,366	3,100	4,969	0,786	0,351
	Prosek	4,091	3,100	4,969	0,637	0,201
Grand	2011/12	3,875	3,500	4,200	0,282	0,126
	2012/13	4,630	4,150	4,900	0,332	0,149
	Prosek	4,253	3,500	4,900	0,493	0,156
NS 565	2011/12	4,060	3,600	4,750	0,466	0,208
	2012/13	5,189	4,700	5,700	0,444	0,198
	Prosek	4,324	3,600	5,700	0,733	0,232
Nonijus	2011/12	4,140	3,650	4,700	0,479	0,214
	2012/13	5,706	4,900	6,100	0,469	0,210
	Prosek	4,923	3,650	6,100	0,938	0,297

Prosečan prinos zrna ispitivanih sorti ječma u posmatranom dvogodišnjem periodu bio je najveći kod sorte Nonijus i iznosio je 4,923 t ha<sup>-1</sup>, dok je najmanji prinos ustanovljen kod sorte Rekord (4,091 t ha<sup>-1</sup>). Znatno variranje prinosa zrna zavisno od uticaja genotipa i godine istraživanja, konstatovali su Đekić i sar., 2011; 2015a; 2017b; Jelić i sar., 2002; Madić i sar., 2009; Pržulj i Momčilović, 2010.



Grafikon 1. Prosečne vrednosti prinosa zrna ispitivanih sorti ječma, t ha<sup>-1</sup>  
 Graf. 1. Average values of grain yield of barley cultivars tested, t ha<sup>-1</sup>

Na osnovu grafičkog prikaza (graf. 1.) zapaža se da su najveći prinosi kod ispitivanih sorti ječma ustanovljeni u drugoj vegetacionoj sezoni (2012/13) i da je najveći prinos imala sorta Nonijus, zatim NS 565, Grand i Rekord.

Analiza varijanse prinosa kod ispitivanih kragujevačkih i novosadskih sorti ozimog ječma gajenih na imanju Poljoprivredno-hemijske škole „Dr Đorđe Radić“ u Kraljevu, tokom dvogodišnjeg perioda (2011/12 i 2012/13. godine), prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Analiza varijanse ispitivanih osobina ječma  
 Table 2. Analysis of variance of the traits of barley

Osobina / Traits	M. Effect	M. Error	df	F	p-level
Uticao godine na prinos zrna / Effect of years on the grain yield	10.000	12.806	1, 38	29.674	0.000003
Uticao sorte na prinos zrna / Effect of cultivars on the grain yield	4.199	10.606	3, 36	2.708	0.059
Interakcija sorta x godina na prinos zrna / Interaction of cultivar x years on the grain yield	1.499	7.107	3, 32	2.249	0.10159

\* i \*\* = Značajno za F<sub>tab</sub> 0,05 i 0,01 / \* and \*\* = Significance for F<sub>tab</sub> 0,05 i 0,01

Ustanovljene su statistički vrlo značajne razlike između ispitivanih godina u odnosu na prinos kod istraživanih sorti ječma (29,674\*). Analizom varijanse između ispitivanih sorti ječma nisu utvrđene statistički značajne razlike za prinos zrna (2,708). Međutim, kod ispitivanih sorti ječma nije ustanovljen značajan uticaj interakcije sorte i godine istraživanja na prinos zrna (2,249). Statistički vrlo visoko značajne razlike između ispitivanih godina i prinosa kod ječma ustanovili su Đekić i sar. (2010; 2015b; 2017b).

## Zaključak

Na osnovu ostvarenih rezultata može se zaključiti da je sorta Nonijus postigla najbolje rezultate u prinosu zrna, dok je sorta Rekord postigla najmanji prinos tokom celog perioda istraživanja. Sorta NS 565 i Grand u obe godine istraživanja postigle su zadovoljavajuće rezultate.

Analizom varijanse ustanovljen je vrlo značajan uticaj godine na prinos zrna, dok uticaj genotipa na prinos zrna i interakcija vegetacione sezone i sorte na prinos zrna kod ispitivanih sorti ječma statistički nije bio opravdan.

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da strukturu setve treba temeljiti na više od jedne sorte, kako bi se smanjio rizik koji nosi nepredvidivost svake pojedine vegetacije, bez obzira na pouzdanost kriterijuma izbora sortimenta za setvu u pojedinoj godini istraživanja.

## Napomena

Rezultati prikazani u radu su deo istraživanja Projekta TP 31054: "Razvoj novih tehnologija gajenja strnih žita na kiselim zemljištima primenom savremene biotehnologije", finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## Literatura

- Đekić V., Staletić M., Glamočlija Đ., Branković S. (2010): Varijabilnost uroda i komponenata uroda zrna kg sorti ozimog ječma. XV Savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem. 26-27. mart, 2010, Čačak, Zbornik radova, vol. 16 (17), str. 223-226.
- Đekić V., Milovanović M., Glamočlija Đ., Staletić M. (2011): Urod i komponente uroda zrna kragujevačkih sorti ozimog ječma. Proceedings. 46rd Croatian and 6rd International Symposium on Agriculture, 14.-18. Februar, Opatija, Croatia, p. 601-604.
- Đekić V., Milovanović M., Staletić M., Popović V., Jelić M. (2012): Effect of genotype and environment on winter barley quality (*Hordeum vulgare L.*). Proceedings, XVI International Eco-Conference® 2012 "Safe food", 26-29. September 2012, Novi Sad, 145-153.
- Đekić V., Milivojević J., Popović V., Branković S., Jelić M., Staletić M., Perišić V. (2015a): Genetic potential and yield components of winter barley. Proceedings, 6<sup>th</sup> International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2015", 15-18. Oktober, Jahorina, p. 553-558.
- Đekić V., Jelić M., Branković S., Đurić N., Perišić V., Perišić V., Bratković K. (2015b): Parametri rodnosti različitih sorti ozimog ječma. Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik, Beograd, Vol. 21, br. 1-2, str. 101-106.
- Đekić V., Milivojević J., Popović V., Branković S., Jelić M., Luković K., Terzić D. (2017a): Yield components and genetic potential of winter barley. Proceedings, VIII International Scientific Agriculture Symposium "Agrosym 2017", Jahorina, October 05-08, 2017; p. 643-649.
- Đekić V., Popović V., Branković S., Terzić D., Đurić N. (2017b): Yield components and grain yield of winter barley. Agriculture and Forestry, Vol. 63, Iss. 1, p. 179-185.

FAOSTAT (2010): <http://fostat.fao.org/faostat/>

Jelić, M., Milivojević J., Živanović S., Lomović, S. (2002): Uticaj količina azota i gustine setve na uzgoj i kvalitet nekih kragujevačkih dvorednih sorti ječma. Pivarstvo, 35 (1-2), 1-4.

Madić M., Paunović A., Knežević D., Zečević V. (2009): Grain yield and yield components of two-row winter barley cultivars and lines. Acta Agriculturae Serbica, Vol. 14, No. 27, 17-22.

Mladenović G., Kovačević N., Malešević M., Štatkić S. (2009): Proizvodnja i plasman semena novosadskih ozimih strnih žita u periodu 1998-2007. godina. Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo. Vol. 46, br. 2, str. 379-384.

Pržulj, N., Momčilović, V. (2002): Novosadske sorte ječma za agroekološke uslove jugoistočne Evrope. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad. Zbornik radova, 36: 271-282.

Pržulj, N., Momčilović, V. (2010): Značaj i oplemenjivanje ječma i ovsas. Ratarstvo i povrtarstvo, 47: 33-42.

SAS/STAT (2000): User's Guide, Version 9.1.3. SAS Institute Inc.

## VARIABILITY OF YIELD OF DIFFERENT CULTIVARS OF WINTER BARLEY

*Vera Đekić<sup>1</sup>, Jelena Milivojević<sup>1</sup>, Jelić M.<sup>2</sup>, Vera Popović<sup>3</sup>,  
Snežana Branković<sup>4</sup>, Dragan Terzić<sup>5</sup>, Dragan Grčak<sup>1,1</sup>*

### Abstract

This paper presents the results of winter barley cultivars (Rekord, Grand, NS 565 and Nonijus). Varieties were grown in the experimental field of Agro-chemical school "Dr. Djordje Radic"-Kraljevo during two growing seasons. By examining the physical properties of grain, Nonijus was achieved the highest average yield in both growing seasons (4.140 t ha<sup>-1</sup>, 5.706 t ha<sup>-1</sup>).

The significant difference in the significance between the impact of the year on grain quality in the examined barley varieties was significant for grain yield. The established differences in significance from the point of view of the genotype to the average values of grain yield were statistically not significant.

**Key words:** winter barley, cultivars, grain yield

<sup>1</sup>Center for Small Grains, Save Kovacevica 31, Kragujevac, Serbia (verarajic@yahoo.com);

<sup>2</sup>University of Pristina, Faculty of Agriculture, Kopaonicka bb, 38219 Lesak, Kosovo and Metohija, Serbia;

<sup>3</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Maxim Gorky St. 30, Novi Sad, Serbia;

<sup>4</sup>University of Kragujevac, Faculty of Science, Institute of Biology and Ecology, Radoje Domanović 12, Kragujevac, Serbia;

<sup>5</sup>Institute for forage crops, Globoder bb, Kruševac, Serbia.

## UTICAJ ZAORAVANJA ŽETVENIH OSTATAKA NA POVEĆANJE PRINOSA SOJE

*Vojin Đukić<sup>1</sup>, Zlatica Miladinov, Gordana Dozet<sup>2</sup>, Mladen Tatić<sup>1</sup>,  
Gorica Cvijanović<sup>2</sup>, Marija Cvijanović<sup>3</sup>, Jelena Marinković<sup>1</sup>*

**Izvod:** Prinos soje zavisi od sorte, plodnosti zemljišta, agrotehničkih mera, kao i od vremenskih uslova u pojedinim godinama. Zaoravanjem žetvenih ostataka preduseva povećava se sadržaj organske materije u zemljištu, što ima pozitivan uticaj na plodnost zemljišta. Zaoravanje žetvenih ostataka preduseva kukuruza dovelo je do povećanja prinosa soje u proseku za 10,43%, odnosno po pojedinim godinama povećanje prinosa je bilo od 7,039% do 15,94%. Zaoravanje žetvenih ostataka preduseva kukuruza ima pozitivan efekat na povećanje prinosa soje i mora se posmatrati kao obavezna agrotehnička meru u gajenju soje.

**Ključne reči:** soja, agrotehničke mere, žetveni ostaci, plodnost zemljišta, prinos

### Uvod

U poslednjim decenijama veoma je smanjena primena stajnjaka na obradivim površinama, a smanjenjem organske materije u zemljištu dolazi do opadanja prinosa gajenih biljaka. Žetveni ostaci su na većini parcela jedini vid organske materije koji se unosi u zemljište. Na mnogim parcelama žetveni ostaci se odnose radi iskorišćavanja u vidu kabaste stočne hrane, za dobijanje toplotne energije ili se spaljuju na parceli i pored zakonske regulative koja to zabranjuje. Spaljivanjem žetvenih ostataka uništava se organska materija, gube se velike količine hraniva i narušava se biogenost zemljišta.

Poslednjih godina sve više se promoviše korišćenje žetvenih ostataka za dobijanje energije. Pogrešno je žetvene ostatke svrstavati u obnovljivu energiju, pošto se njihovim odnošenjem trajno narušava plodnost zemljišta, što će dovesti do smanjenja prinosa gajenih biljaka, a samim tim i smanjenja žetvenih ostataka.

Kukuruz je biljna vrsta koja je najzastupljenija na našim parcelama zbog čega je i najčešći predusev soji. Zavisno od godine i hibrida, iza berbe kukuruza na parcelama ostaje 8000-12000 kg $ha^{-1}$  žetvenih ostataka. U masi žetvenih ostataka od 9000 kg $ha^{-1}$  nalazi se 80 kg azota, 18 kg fosfora, 72 kg kalijuma, 36 kg kalcijuma, 18 kg magnezijuma, 9 kg sumpora, 360 g gvožđa, 270 g mangana, 180 g cinka, 36 g bakra, 38 g bora i 2 g molibdena (Kastori i Tešić 2006.).

Unošenje slame ili kukuruzovine u zemljište ne može naglo i brzo povećati količinu humusa, to je spor i dugotrajan proces, ali može popraviti strukturu zemljišta, što je naročito značajno za teška zemljišta. Time se obezbeđuje bolji vazdušni i vodni režim zemljišta, bolje primanje i čuvanje vlage, formiranje povoljne strukture i „biološke

<sup>1</sup>Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Maksima Gorkog 30, Novi Sad, Srbija (djukicvojini@gmail.com);

<sup>2</sup>Megatrend Univerzitet, Fakultet za Biofarming, Bačka Topola, Maršala Tita 39, 24300 Bačka Topola, Srbija;

<sup>3</sup>Dunav osiguranje a.d.o., Beograd, Makedonska 4, 11000 Beograd, Srbija.

zrelosti“ zemljišta, što omogućuje lakšu i kvalitetniju obradu, uz smanjenu potrošnju goriva (Jaćimović i sar., 2009.).

Zaoravanje žetvenih ostataka preduseva kukuruza doprinosi povećanju mase hiljadu zrna i prinosa zrna soje (Dozet, 2009; Đukić, 2009.).

Povećanje prinosa zaoravanjem žetvenih ostataka preduseva je evidentno u svakoj godini istraživanja, a oscilacije prinosa u pojedinim godinama potvrđuju da vremenski uslovi tokom vegetacije imaju veliki uticaj na prinos soje (Đukić i sar., 2009.). Organska materija povećava i rad mikroorganizama u oraničnom sloju koji veže azot, pa su smanjene mogućnosti njegovog ispiranja u dublje slojeve zemljišta.

Organska materija žetvenih ostataka ima važnu ulogu u kruženju materije u agroekosistemu i redovno odnošenje žetvenih ostataka sa njiva bez redovne primene organskih đubriva, sa stanovišta očuvanja plodnosti zemljišta, može da bude dugoročno veoma štetno (Kastori i sar., 2012.).

Obaveznom primenom inokulacije semena u proizvodnji soje, zaoravanjem žetvenih ostataka preduseva i iskorištavanjem rezidualnog azota, koji ostaje u zemljištu iza preduseva, moguće je ostvariti znatne uštede u proizvodnji soje (Đukić i sar., 2010.).

### **Materijal i metode rada**

Iz višegodišnjeg stacionarnog ogleada, na parcelama Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, analizirani su petogodišnji podaci radi sagledavanja uticaja zaoravanja žetvenih ostataka preduseva kukuruza na prinos soje. Oglad je zasnovan 1971. godine u okviru ogleada međunarodne komisije za proučavanje plodnosti zemljišta (I.S.D.V.), a koncipiran je kao tropolje (kukuruz – soja – pšenica), u četiri ponavljanja, tako da je predusev soji uvek bio kukuruz. Varijante ogleada su bile sa zaoravanjem žetvenih ostataka preduseva kukuruza i sa odnošenjem žetvenih ostataka sa parcele. Setva je obavljena mašinski na obeleženoj parceli, a u svim godinama primenjene su standardne agrotehničke mere za gajenje soje.

Sa osnovnom obradom za kukuruz u zemljište je unošeno 80 kg $ha^{-1}$  P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O (Superfosfat 18% i Kalijumova so 40%), kao i 100 kg $ha^{-1}$  azotnog đubriva KAN (27%), dok je 100 kg $ha^{-1}$  azotnog đubriva KAN unošeno u zemljište u proleće, sa predsetvenom pripremom zemljišta. Đubriva nisu korištena pri gajenju soje, osim upotrebe mikrobiološkog preparata NS Nitragin za inokulaciju semena pred setvu.

Za ispitivanje u ovom radu odabrana je sorta soje Valjevka, 0 grupe zrenja, a sklop biljaka je bio 50 x 3,5 cm (571 430 biljaka po hektaru).

Osnovna parcelica bila je dužine 5 m, širine 3 m, odnosno 15 metara kvadratnih.

Žetva je obavljena kombajnom, a nakon žetve izmerena je masa i vlaga zrna, izvršen je obračun prinosa (kg $ha^{-1}$ ) sa vlagom od 14%. Rezultati su obrađeni statistički analizom varijanse dvofaktorijskog ogleada, a značajnost razlika testirana LSD testom (Statistički program“Statistica 10.0“). Rezultati su prikazani tabelarno.

### **Rezultati istraživanja i diskusija**

Prosečne temperature (Tabela 1) u toku vegetacionog perioda analiziranih godina iznosile su 19,31 °C, što je više za 1,20 °C u odnosu na višegodišnji prosek (18,11 °C).



Tabela 1. Srednje mesečne temperature (°C) i srednje mesečne količine padavina (lm<sup>-2</sup>) u toku vegetacionog perioda soje 2012-2016. godine

Table 1. Average monthly temperatures (°C) and monthly precipitations (lm<sup>-2</sup>) during soybean vegetation from 2012-2016 year

Srednje mesečne temperature (°C) Mean monthly temperature (°C)								
Godina Year	Mesec Month	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Prosek Average
2012		13,0	17,5	23,0	25,2	24,6	19,8	<b>20,52</b>
2013		13,4	17,4	20,5	22,3	22,9	15,7	<b>18,70</b>
2014		13,2	16,3	20,5	21,9	20,9	17,2	<b>18,33</b>
2015		12,0	18,0	20,7	24,9	24,5	18,7	<b>19,80</b>
2016		14,2	16,9	21,7	22,8	21,1	18,5	<b>19,20</b>
Prosek 2012-2016 Average 2012-2016		<b>13,16</b>	<b>17,22</b>	<b>21,28</b>	<b>23,42</b>	<b>22,80</b>	<b>17,98</b>	<b>19,31</b>
Prosek 1964-2016 Average 1964-2016		<b>11,72</b>	<b>16,97</b>	<b>20,06</b>	<b>21,74</b>	<b>21,24</b>	<b>16,95</b>	<b>18,11</b>
Padavine (lm <sup>-2</sup> ) Precipitation (lm <sup>-2</sup> )								Suma Total
2012		82,8	52,2	27,5	47,7	3,5	13,1	<b>226,80</b>
2013		35,8	118,1	125,7	34,1	26,7	107,8	<b>448,20</b>
2014		51,2	202,1	38,2	141,1	78,7	84,3	<b>595,60</b>
2015		15,9	191,7	26,7	2,6	99,7	52,6	<b>389,20</b>
2016		74,5	85,0	143,2	68,4	45,8	33,7	<b>450,58</b>
Prosek 2012-2016 Average 2012-2016		<b>52,04</b>	<b>129,82</b>	<b>72,26</b>	<b>58,78</b>	<b>50,88</b>	<b>61,38</b>	<b>422,08</b>
Prosek 1964-2016 Average 1964-2016		<b>47,44</b>	<b>67,41</b>	<b>87,61</b>	<b>67,42</b>	<b>59,02</b>	<b>47,53</b>	<b>376,43</b>

Srednje mesečne temperature u vegetacionom periodu su u svim godinama bile više u odnosu na višegodišnji prosek. Najveća vrednost bila je u 2012. godini (20,52 °C), u kojoj je srednja temperatura u vegetacionom periodu za 2,41 °C viša, dok su i u 2015. (19,80 °C) i u 2016. godini (19,20 °C) temperature bile više za preko 1 °C.

Posmatrano po pojedinim mesecima vidimo da su srednje mesečne temperature više za preko 1 °C u odnosu na vrednosti u višegodišnjem periodu, osim za maj, gde su u petogodišnjem periodu temperature više za 0,25 °C. Najveće razlike u odnosu na višegodišnji prosek bile su u julu gde su temperature više za 1,68 °C (23,42 °C u petogodišnjem periodu i 21,74 °C u višegodišnjem periodu) i avgustu, gde su temperature više za 1,56 °C (22,80 °C i 21,24 °C). Najviše temperature za jun (23,0 °C), jul (25,2 °C) i avgust (24,6 °C) bile su u 2012. godini, a upravo u ovom periodu protiče cvetanje soje, formiranje mahuna i nalivanje zrna.

Srednja mesečna suma padavina u vegetacionom periodu za posmatrani period (422,08 lm<sup>-2</sup>) je viša u odnosu na višegodišnji prosek (376,43 lm<sup>-2</sup>). Po sumi padavina u

vegetacionom periodu vidimo da je 2012. godina ( $226,80 \text{ lm}^{-2}$ ) sa izraženim deficitom, dok je najviše padavina tokom vegetacionog perioda bilo u 2014. godini ( $595,60 \text{ lm}^{-2}$ ). Pored sume padavina u vegetacionom periodu, za ostvarivanje visokog prinosa soje veoma je bitan i povoljan raspored padavina. Kritični period u odnosu na vodu za postizanje visokog prinosa soje je formiranje mahuna i zrna, kao i nalivanje zrna soje, odnosno jul i avgust. U petogodišnjem periodu uočavamo da se nedostatak padavina u kritičnom periodu za soju javlja u 2012 godini ( $47,7 \text{ lm}^{-2}$  u julu i  $3,5 \text{ lm}^{-2}$  u avgustu), 2013. godini ( $34,1 \text{ lm}^{-2}$  u julu i  $26,7 \text{ lm}^{-2}$  u avgustu) i 2015. godini ( $2,6 \text{ lm}^{-2}$  u julu).

Tabela 2. Prosečan prinos zrna soje ( $\text{kg ha}^{-1}$ )  
 Table 2. Average soybean grain yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

Faktori <i>Factors</i>	Žetveni ostaci (B) <i>Harvest residue (B)</i>		Prosek (A) <i>Average (A)</i>	Povećanje prinosa (%) <i>Yield increase (%)</i>
	Bez ŽO <i>Without CR</i>	Sa ŽO <i>With CR</i>		
Godina (A) <i>Year (A)</i>				
2012	1975,00	2240,25	<b>2107,63</b>	13,43
2013	2831,25	3182,25	<b>3006,75</b>	12,40
2014	4478,00	4793,00	<b>4635,50</b>	7,03
2015	2862,00	3318,25	<b>3090,13</b>	15,94
2016	4558,25	4912,75	<b>4735,50</b>	7,78
Prosek (B) <i>Average (B)</i>	<b>3340,90</b>	<b>3689,30</b>	<b>3516,10</b>	10,43

ŽO – Žetveni ostaci / CR – Crop residues

Faktor <i>Factor</i>	LSD <sub>0,05</sub>	LSD <sub>0,01</sub>
A	62,45	77,34
B	21,92	28,33
AxB	80,17	99,06
BxA	76,12	94,66

Zaoravanje žetvenih ostataka preduseva u svim godinama dovodi do povećanja prinosa soje. Zaoravanje žetvenih ostataka preduseva kukuruza ima pozitivan efekat na povećanje prinosa soje, kao i na kvalitet zrna soje (Balešević-Tubić i sar., 2013.). Najniži prosečni prinosi ostvareni su u 2012. godini ( $2107,63 \text{ kg ha}^{-1}$ ), dok je najviši prinos bio u 2016. godini ( $4735,50 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Razlike u prosečnim prinosima između pojedinih godina statistički su veoma značajne.

Prosečan prinos na varijantama oglada sa zaoravanjem žetvenih ostataka preduseva kukuruza ( $3689,30 \text{ kg ha}^{-1}$ ), bio je statistički veoma značajno viši u odnosu na varijante oglada gde su žetveni ostaci preduseva odnošeni sa parcele ( $3340,90 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Posmatrajući iste godine, a različite varijante žetvenih ostataka, vidi se da je sa zaoravanjem žetvenih ostataka ostvaren statistički veoma značajno viši prinos soje.

Kod varijanti oglada bez zaoravanja žetvenih ostataka preduseva u odnosu na različite godine, najniži prosečan prinos je bio u 2012. godini ( $1975,00 \text{ kg ha}^{-1}$ ), što je statistički veoma značajno niže u odnosu na ostale godine. Između prosečnih prinosa u 2013. godini ( $2831,25 \text{ kg ha}^{-1}$ ) i 2015. godini ( $2862,00 \text{ kg ha}^{-1}$ ) nije bilo statističke značajnosti. Prosečan prinos u 2016. godini ( $4558,25 \text{ kg ha}^{-1}$ ) bio je statistički značajno

viši u odnosu na 2014. godinu ( $4478,00 \text{ kg ha}^{-1}$ ) i statistički veoma značajno viši u odnosu na ostale godine.

Kod varijanti ogleđa sa zaoravanjem žetvenih ostataka preduseva u odnosu na različite godine, najniži prosečan prinos soje zabeležen je takođe u 2012. godini ( $2240,25 \text{ kg ha}^{-1}$ ), a najviši prinos u 2016. godini ( $4912,75 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Razlike u prosečnim prinosima između pojedinih godina bile su statistički veoma značajne.

Povećanje prinosa soje usled zaoravanja žetvenih ostataka preduseva za petogodišnji period je iznosilo 10,43%, a povećanje je variralo od 7,03% u 2014. godini, do 15,94% u 2015. godini.

Ovi rezultati su u saglasnosti sa istraživanjima Latković i sar. (2009.), u kojima je prinos zrna kukuruza dobijen na varijantama sa zaoravanjem žetvenih ostataka bio za 9,1% veći u odnosu na prosek varijanti đubrenja bez zaoravanja žetvenih ostataka.

### **Zaključak**

Na osnovu iznešenih podataka mogu se izvesti sledeći zaključci:

Zaoravanje žetvenih ostataka preduseva kukuruza ima pozitivan efekat na povećanje prinosa soje.

Povećanje prinosa usled zaoravanja žetvenih ostataka preduseva je veće u nepovoljnim godinama za proizvodnju soje.

Odnosenje žetvenih ostataka sa parcele smanjuje prinos soje i u dužem vremenskom periodu narušava strukturu i biogenost zemljišta.

Radi postizanja visokih i stabilnih prinosa zaoravanje žetvenih ostataka preduseva mora se posmatrati kao obavezna agrotehnička mera u gajenju soje.

### **Literatura**

- Balešević-Tubić Svetlana, Đukić, V., Đorđević, V., Tatić, M., Dozet, Gordana, Cvijanović, Gorica, Marinković, Jelena (2013). Uticaj zaoravanja žetvenih ostataka na prinos i kvalitet soje. Zbornik radova 54. Savetovanje industrije ulja, Herceg Novi, 16.-21. jun, 2013: 99-102.
- Dozet Gordana (2009). Uticaj đubrenja predkulture azotom i primene Co i Mo na prinos i osobine zrna soje. Doktorska disertacija, Megatrend univerzitet Beograd, Fakultet za biofarming Bačka Topola, 154 str.
- Đukić, V. (2009). Morfološke i proizvodne osobine soje ispitivane u plodoredu sa pšenicom i kukuruzom. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet Zemun, 127 str.
- Đukić, V., Đorđević, V., Popović, V., Kostić, M., Ilić, A., Dozet, G. (2009). Uticaj đubrenja na prinos soje, Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, sveska 46, 17-22.
- Đukić, V., Balešević-Tubić, Svetlana, Đorđević, V., Miladinović, J., Tatić, M. (2010). Rationalization in the use of Mineral fertilizer in soybean production. Economics of agriculture, Belgrade, vol. LVII/SI-2, Book I, 110-117.

- Jaćimović, G., Malešević, M., Bogdanović, Darinka, Marinković, B., Crnobarac, J., Latković, Dragana, Aćin, V. (2009). Prinos pšenice u zavisnosti od dugogodišnjeg zaoravanja žetvenih ostataka. Letopis naučnih radova, godina 33, broj 1, 85-92.
- Kastori, R., Tešić, M. (2006). Ekološki aspekti primene žetvenih ostataka njivskih biljaka kao alternativnog goriva, Zbornik radova, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Sv. 42, 3-13.
- Kastori, R., Maksimović, Ivana, Delić-Putnik, Marina (2012). Ekološki aspekti spaljivanja žetvenih ostataka kao alternativnog goriva, Ratarstvo i povrtarstvo, vol. 49, br.3, str 313-319.
- Latković, D., Marinković, B., Malešević, M., Jaćimović, G., Jug, D (2009). Effect of different levels of nitrogen from plowed under harvest residues on grain yield of corn, Contemporary Agriculture / Savremena poljoprivreda, 58 (3-4), 16-22.

## THE INFLUENCE OF PLOUGHED CROP RESIDUES ON INCREASE SOYBEAN YIELD

*Vojin Đukić<sup>1</sup>, Zlatica Miladinov<sup>1</sup>, Gordana Dozet<sup>2</sup>, Mladen Tatić<sup>1</sup>,  
Gorica Cvijanović<sup>2</sup>, Marija Cvijanović<sup>3</sup>, Jelena Marinković<sup>1</sup>*

### Abstract

Soybean yield depends on soybean variety, fertility of soil, agro-technical measures, as well as from weather conditions in certain years. Ploughing crop residues increases the content of organic matter in the soil, which has a positive effect on the fertility of the soil. Ploughing corn residue previous crop lead to an increase in yield of soybean on average by 10.43%, that is, by some years the yield increase was from 7.039% to 15.94%. Ploughing harvest residues previous crop of maize has a positive effect on the increase in yield of soybeans and must be considered as compulsory agro technical measure in soybean cultivation.

**Key words:** Soybean, agronomic practices, crop residues, soil fertility, yield

---

<sup>1</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Serbia (djukicvojain@gmail.com)

<sup>2</sup>University of Beograd, Faculty of Bifarming, Maršala Tita 39, 24300 Bačka Topola, Serbia

<sup>3</sup>Dunav Insurance Company a.d.o., Beograd, Makedonska 4, 11000 Beograd, Serbia.

## UTICAJ MEĐUREDNE KULTIVACIJE I VREMENA OSNOVNE OBRADNE ZEMLJIŠTA NA PRINOS SOJE

*Gordana Dozet<sup>1</sup>, Vojin Đukić<sup>2</sup>, Zlatica Miladinov<sup>2</sup>, Gorica Cvijanović<sup>1</sup>,  
Nenad Đurić<sup>1</sup>, Vladan Ugrenović<sup>3</sup>, Vera Popović<sup>2</sup>*

**Izvod:** Pravovremena i pravilna primena agrotehničkih mera u proizvodnji soje je uslov za dobijanje visokih i stabilnih prinosa, kako u povoljnim godinama, tako i u nepovoljnim godinama za proizvodnju. Cilj ovih istraživanja je sagledavanje uticaja međuredne kultivacije i vremena osnovne obrade zemljišta na prinos soje. Jedna međuredna kultivacija povećava prinos u proseku za 2,45% i to za 2,08% kod jesenje osnovne obrade i 2,82% kod prolećne osnovne obrade zemljišta. Dve međuredne kultivacije povećavaju prinos soje u proseku za 3,54% i to za 2,59% kod jesenje osnovne obrade i 4,49% kod prolećne osnovne obrade zemljišta. Prolećna osnovna obrada zemljišta smanjuje prinos 21,33%, a smanjenje se kretalo od 6,45% u povoljnoj godini, do 36,21% u nepovoljnoj godini za proizvodnju soje.

**Gljučne reči:** Agrotehničke mere, prinos soje, jesenja osnovna obrada, prolećna osnovna obrada, međuredna kultivacija

### Uvod

Za ostvarivanje visokih i stabilnih prinosa soje neophodno je sve agrotehničke mere primeniti pravilno i pravovremeno. Ni jedna naredna agrotehnička mera ne može anulirati propuste nastale pri primeni prethodne agrotehničke mere.

Vreme osnovne obrade zemljišta ima veći uticaj na prinos soje u odnosu na dubinu i kvalitet obrade. Tatić i sar., 2006. iznose podatke da je prinos soje pri osnovnoj obradi zemljišta do 20. 12. iznosio 3460 kg ha<sup>-1</sup>, u periodu od 20. 12. do 20. 02. 3078 kg ha<sup>-1</sup>, a nakon 20. 02. 2186 kg ha<sup>-1</sup>. U navedenim istraživanjima smanjenje prinosa kod prolećne osnovne obrade iznosi 36,8%. Podaci se odnose na povoljnu godinu, dok su smanjenja u nepovoljnim godinama mnogo veća (Đukić i Dozet, 2014.). Slične podatke iznosi i Crnobarac sa sar. (1999), da zakasnela osnovna obrada zemljišta od 21. 12. do 20. 02. smanjuje prinos za 345 kg ha<sup>-1</sup>, dok osnovna obrada posle 21. 02. čak za 675 kg ha<sup>-1</sup>.

Međurednom kultivacijom se suzbijaju korovi između redova, uništava pokorica i sprečava prekomerno isparavanje vode, rastresa se površinski sloj i provetrava zemljište, što ima pozitivan efekat na mikroorganizme koji razlažu zaoranu organsku materiju, kao i na razvoj i aktivnost kvržica na korenu soje. U proizvodnji soje preporučuje se obavezno izvođenje međurednog kultiviranja u dva navrata (Đukić i Dozet, 2014.). Jedna ili dve međuredne kultivacije povećavaju prinos semena soje za 275 kg ha<sup>-1</sup> u našim uslovima (Crnobarac i sar. 1999.).

<sup>1</sup>Megatrend Univerzitet u Beogradu, Fakultet za Biofarming u Bačkoj Topoli, Maršala Tita 39, 24300 Bačka Topola, Srbija (gdozet@biofarming.edu.rs);

<sup>2</sup>Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija;

<sup>3</sup>PSS Institut „Tamiš“ Pančevo, Novoseljanski put 33, 26000 Pančevo, Srbija.

U ogledima Sveruskog naučnoistraživačkog instituta uljanih kultura (ВНИМК), dve međuredne kultivacije povećale su prinos soje za 32%, broj kvržica na korenu za 58%, a masu kvržica za 45%. (Baranov i Lukomec, 2005.).

### **Materijal i metode rada**

U cilju sagledavanja uticaja međuredne kultivacije i vremena osnovne obrade zemljišta na prinos soje, postavljen je dvogodišnji ogled na privatnoj parceli u opštini Bačka Topola. Za ispitivanje je odabrana sorta soje Sava, I grupe zrenja, stvorena u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu. Osnovne parcele su bile bez međuredne kultivacije, sa jednom i sa dve međuredne kultivacije, dok su podparcele u ogledu bile sa različitim vremenom osnovne obrade zemljišta. Osnovna obrada je vršena u jesen (početak novembra) i u proleće (krajem marta). Predusev je u obe godine bio kukuruz. Ogled je postavljen u četiri ponavljanja, a veličina osnovne parcele je bila 15 m<sup>2</sup>. Osnovna obrada zemljišta u jesen i u proleće vršena je na dubinu od 25 cm. U obe godine istraživanja primenjena je standardna agrotehnika za proizvodnju soje, a međuredna kultivacija je obavljena prema planu ogleda (varijante bez međuredne kultivacije, sa jednom i sa dve međuredne kultivacije).

U fazi tehnološke zrelosti vršena je žetva, merenje mase zrna soje i obračun prinosa po jedinici površine (kg ha<sup>-1</sup>) sa 14% vlage. Rezultati istraživanja obrađeni su statistički analizom varijanse dvofaktorijskog ogleda, a značajnost razlika testirana LSD testom (Statistički program “Statistica 10.0”). Rezultati su prikazani tabelarno.

### **Rezultati istraživanja i diskusija**

Uticaj međuredne kultivacije, kao i jesenje i prolećne osnovne obrade na prinos soje ispitivan je u dve različite godine (Tabela 1).

Vegetacioni period u obe godine je bio topliji (19,8 °C, 19,2 °C) u odnosu na višegodišnji prosek (18,1 °C), s tim da su u 2015. godini zabeležene temperature više za 1,7 °C u odnosu na višegodišnji prosek. Jul i avgust su u navedenoj godini bili topliji za 3,2 °C, odnosno 3,3 °C, što je uz nedostatak padavina glavni razlog prinudnog sazrevanja useva soje i ostvarenja niskih prinosa. Padavina je tokom vegetacionog perioda soje bilo više u obe godine (389,2 lm<sup>2</sup> u 2015. godini i 450,6 lm<sup>2</sup> u 2016. godini) u odnosu na višegodišnje vrednosti (376,4 lm<sup>2</sup>), ali je značajno više padavina zabeleženo u 2016. godini, sa povoljnim rasporedom, dok 2015. godinu karakteriše nepovoljan raspored padavina.

Vremenski uslovi tokom vegetacije imaju veliki uticaj na prinos soje (Dozet, 2006.; Dozet i sar., 2013; Dozet i sar., 2015.).

Agroklimatski uslovi u kojima protiče vegetacija soje imaju veći uticaj na prinos zrna i njene kvalitativne osobine od samog genotipa (Dozet i sar., 2009.). Najviši prosečni prinos ispitivanih varijanti međuredne kultivacije soje (tabela 2), ostvaren je u povoljnoj 2016. godini (3986,50 kgha<sup>-1</sup>), dok je u sušnoj, 2015. godini prosečan prinos bio znatno niži (1579,17 kgha<sup>-1</sup>).

Tabela 1. Vremenski uslovi u ispitivanim godinama

Table 1. Weather conditions in the study years

Mesec Month	Srednje mesečne temperature (°C) Mean monthly temperature (°C)			Padavine (lm <sup>-2</sup> ) Precipitation (lm <sup>-2</sup> )		
	2015	2016	Prosek 1964-2016 Average 1964-2016	2015	2016	Prosek 1964-2016 Average 1964-2016
<b>IV</b>	12,0	14,2	<b>11,7</b>	15,9	74,5	<b>47,4</b>
<b>V</b>	18,0	16,9	<b>17,0</b>	191,7	85,0	<b>67,4</b>
<b>VI</b>	20,7	21,7	<b>20,1</b>	26,7	143,2	<b>87,6</b>
<b>VII</b>	24,9	22,8	<b>21,7</b>	2,6	68,4	<b>67,4</b>
<b>VIII</b>	24,5	21,1	<b>21,2</b>	99,7	45,8	<b>59,0</b>
<b>IX</b>	18,7	18,5	<b>17,0</b>	52,6	33,7	<b>47,5</b>
Prosek/Suma Average/total	<b>19,8</b>	<b>19,2</b>	<b>18,1</b>	<b>389,2</b>	<b>450,6</b>	<b>376,4</b>

Tabela 2. Uticaj godine, međuredne kultivacije i vremena oranja na prinos soje (kg ha<sup>-1</sup>)

Table 2. Influence of the year, intercropping cultivation and plowing time on the yield of soybean (kg ha<sup>-1</sup>)

Godina (A) Year (A)	Međuredna kultivacija (B) Inter-row cultivation (B)	Oranje (C) Tillage (C)		$\bar{x}$ AB	$\bar{x}$ A
		Jesenje Fall	Prolećno Spring		
2015	0	1875,50	1188,25	1527,88	1579,17
	1	1943,25	1232,25	1587,75	
	2	1966,00	1269,75	1617,88	
	$\bar{x}$ AC	1928,25	1230,75		
2016	0	4107,00	3802,50	3954,75	3986,50
	1	4129,25	3875,75	4002,50	
	2	4121,50	3883,00	4002,25	
	$\bar{x}$ AC	4119,25	3853,75	$\bar{x}$ B	
BC	0	2991,25	2496,38	2743,31	
	1	3036,25	2554,00	2795,13	
	2	3043,75	2576,38	2810,06	
	$\bar{x}$ C	3023,75	2541,92		
Prosek 2015-2016 Average 2015-2016				2782,83	

LSD	Faktori ispitivanja						
	A	B	C	AxB	AxC	BxC	AxBxC
1%	24,72	36,4	19,64	83,32	84,59	48,84	82,53
5%	16,32	27,26	14,75	62,56	63,9	36,89	62,37

Ove razlike u prinosu između godina bile su statistički veoma značajne. Posmatrajući pojedine varijante međuredne kultivacije uočavamo da je najviši prosečan prinos ostvaren kod varijante sa dve međuredne kultivacije (2810,06 kgha<sup>-1</sup>), što je statistički veoma značajno više u odnosu na varijantu bez međuredne kultivacije

(2743,31 kg $ha^{-1}$ ). Između varijanti sa jednom i dve međuredne kultivacije nije bilo statistički značajnih razlika u visini prinosa soje. Najniži prinos je bio na varijanti bez međuredne kultivacije, statistički veoma značajno niži u odnosu na varijantu sa jednom međurednom kultivacijom (2795,13 kg $ha^{-1}$ ) i u odnosu na varijantu sa dve međuredne kultivacije. Posmatrajući vreme osnovne obrade, uočavamo da je kod jesenje osnovne obrade ostvaren statistički veoma značajno viši prinos (3023,75 kg $ha^{-1}$ ) u odnosu na prolećnu osnovnu obradu (2541,92 kg $ha^{-1}$ ).

Smanjenje prinosa kod prolećne osnovne obrade (tabela 3), kod svih varijanti međuredne kultivacije iznosilo je 21,33%. Najveće smanjenje zabeleženo je u 2015. godini (36,21%), dok je u 2016. godini, smanjenje prinosa iznosilo 6,45%.

Tabela 3. Smanjenje prinosa soje kod prolećne osnovne obrade (%)

Table 3. Reduction in soybean yields in spring base treatment (%)

Međuredna kultivacija <i>Inter-row cultivation</i>	Godina <i>Year</i>		Prosek 2015-2016 <i>Average 2015-2016</i>
	2015	2016	
0	36,64	7,41	<b>22,03</b>
1	36,59	6,14	<b>21,37</b>
2	35,41	5,79	<b>20,60</b>
Prosek: <i>Average:</i>	<b>36,21</b>	<b>6,45</b>	<b>21,33</b>

Posmatrajući pojedine varijante međuredne kultivacije uočava se da je najveće smanjenje prinosa soje bilo na varijanti bez međuredne kultivacije (22,03%), dok je najmanje smanjenje zabeleženo kod dve međuredne kultivacije. U obe godine najveće smanjenje prinosa je zabeleženo na varijanti ogleđa bez međuredne kultivacije (36,64% u 2015. godini i 7,41% u 2016. godini), dok je na varijanti sa dve međuredne kultivacije bilo najmanje smanjenje prinosa soje (36,21% u 2015. godini i 6,45% u 2016. godini).

Zimska osnovna obrada dovodi do smanjenja prinosa soje oko 11%, dok se prolećnom osnovnom obradom prinos smanjuje čak i do 37% (Tatić i sar. 2006.).

Radi boljeg sagledavanja uticaja međuredne kultivacije, izračunat je % povećanja prinosa soje (tabela 4).

Tabela 4. Povećanje prinosa soje usled primene međuredne kultivacije (%)

Table 4. Increased yield of soybean due to the application of inter-row cultivation (%)

Međuredna kultivacija <i>Inter-row cultivation</i>	Godina <i>Year</i>				Prosek <i>Average</i>	Prosek 2015-2016 <i>Average 2015-2016</i>	
	2015		2016			J.O. <b>F.T.</b>	P.O. <b>S.T.</b>
	J.O. <i>F.T.</i>	P.O. <i>S.T.</i>	J.O. <i>F.T.</i>	P.O. <i>S.T.</i>		J.O. <b>F.T.</b>	P.O. <b>S.T.</b>
1	3,61	3,70	0,54	1,93	<b>2,45</b>	<b>2,08</b>	<b>2,82</b>
2	4,83	6,86	0,35	2,12	<b>3,54</b>	<b>2,59</b>	<b>4,49</b>
Prosek: <i>Average:</i>	<b>4,22</b>	<b>5,28</b>	<b>0,45</b>	<b>2,03</b>	<b>3,00</b>	<b>2,34</b>	<b>3,66</b>
	<b>4,75</b>		<b>1,24</b>				

J.O.- jesenje oranje; P.O.- prolećno oranje, *F.T.*- fall tillage; *S.T.*- spring tillage



Prosečno povećanje prinosa iznosilo je 3%, kod jesenje osnovne obrade 2,34%, a kod prolećne 3,66%. Jedna međuredna kultivacija povećala je prinos soje u proseku za 2,45%, odnosno 2,08% kod jesenje i 2,82% kod prolećne osnovne obrade. Povećanje prinosa sa dve međuredne kultivacije u proseku je iznosilo 3,54%, kod jesenje osnovne obrade 2,59% i 4,49% kod prolećne osnovne obrade zemljišta.

U sušnoj 2015. godini međuredna kultivacija je imala bolji efekat na prinos soje, što se objašnjava činjenicom da ova agrotehnička mera doprinosi čuvanju vlage u zemljištu. Prosečno povećanje prinosa je bilo 4,75%, odnosno 4,22% kod jesenje i 5,28% kod prolećne osnovne obrade zemljišta. U 2016. godini prosečno povećanje prinosa je iznosilo 1,24% i to 0,45% kod jesenje i 2,03% kod prolećne osnovne obrade zemljišta.

### **Zaključak**

Na osnovu dobijenih rezultata mogu se izvesti sledeći zaključci:

Međuredna kultivacija i jesenja osnovna obrada zemljišta imaju pozitivan efekat na prinos, pogotovo u godinama nepovoljnim za proizvodnju soje.

Prolećna osnovna obrada i izostanak međuredne kultivacije smanjuju prinos soje, a smanjenje prinosa je izraženije u nepovoljnim godinama, sa izraženim sušnim periodom.

Radi postizanja visokih i stabilnih prinosa osnovnu obradu zemljišta za proizvodnju soje treba izvoditi u jesenjem periodu i obavezno primeniti dve međuredne kultivacije.

### **Napomena**

Istraživanja u ovom radu deo su projekta III46006: „Održiva poljoprivreda i ruralni razvoj u funkciji ostvarivanja strateških ciljeva Republike Srbije u okviru dunavskog regiona“ koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja

### **Literatura**

- Баранов, В.Ф. и Лукомец В.М. (2005). Соя Биология и технология возделывания, Российская академия сельскохозяйственных наук, Краснодар, 433 стр.
- Crnobarac, J., Tatić, M., Miladinović, J. (1999). Analiza primenjene tehnologije proizvodnje soje u 1998. godini. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, sveska 31, 639-654.
- Dozet, G. (2006). Prinos i kvalitet soje u zavisnosti od međurednog razmaka i grupe zrenja u uslovima navodnjavanja, Magistarska teza, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 73 str.
- Dozet, G., Boskovic, J., Kostadinovic Lj., Cvijanovic G., Djukic, V., Zecevic, V., Djordjevic, V. (2009). Influence of growing space on 1000-kernel weight of soybean in irrigation conditions. Review on Agriculture and countryside in our changing world. Scientific Journal of Szeged, Volume 3. (1) CD Issue p. 1-5.
- Dozet, Gordana, Cvijanović, Gorica, Đukić, V. (2013). Changes in the Technology of Soybean Production, CHAPTER 1 FROM THE BOOK - Sustainable Technologies, Policies and Constraints in the Green Economy, Advances in Environmental

- Engineering and Green Technologies (AEEGT) Book Series, IGI GLOBAL BOOK USA, pp. 1-22.
- Dozet, Gordana, Vojin, Đukić, Marija, Cvijanović, Nenad, Đurić, Ljiljana, Kostadinović, Snežana, Jakšić, Gorica Cvijanović (2015): Influence of organic and conventional methods of growing on qualitative properties of soybean. Book of Proceedings from Sixth International Scientific Agricultural Symposium “Agrosym 2015”, October 15-18, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 407-412.
- Đukić, V., Balešević-Tubić, Svetlana, Dozet, Gordana, Valan, Dragana, Pajić, V., Đorđević, V. (2008). Uticaj đubrenja na sadržaj ulja u zrnju soje. Zbornik radova, Proizvodnja i prerada uljarica, Herceg Novi, 15-20. 06. 2008. 95-100.
- Đukić, V., Dozet, Gordana (2014). Tehnologija gajenja semenskog useva soje: Svetlana Balešević-Tubić, Jegor Miladinović red.): Semenarstvo soje: Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 53-114.
- Tatić, M., Miladinović, J., Kostić, M., Đukić, V. (2006). Uticaj primenjene tehnologije proizvodnje na prinos semena soje u 2005. godini. Zbornik radova Naučnog Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 42 (II), 361-368.

## THE IMPACT OF INTERMEDIATE CULTIVATION AND BASIC TIME ON SOIL MANAGEMENT ONTO THE SOYBEAN YIELD

*Gordana Dozet<sup>1</sup>, Vojin Đukić<sup>2</sup>, Zlatica Miladinov<sup>2</sup>, Gorica Cvijanović<sup>1</sup>,  
Nenad Đurić<sup>1</sup>, Vladan Ugrenović<sup>3</sup>, Vera Popović<sup>2</sup>*

### Abstract

Timely and correct application of agro technical measures in the production of soybean is a condition for obtaining high and stable yields, both in favorable years and in unfavorable years for production. The aim of this research is to examine the influence of interrelated cultivation and the time of basic soil treatment on soybean yield. One intermediate cultivation increases the yield by an average of 2.45%, by 2.08% for autumn cultivation and 2.82% for spring basic land cultivation. Two intercropping cultivars increase the average yield by 3.54%, by 2.59% for autumn harvesting and 4.49% for spring basic soil cultivation. Spring ground cultivation reduced the yield of 21.33%, and the decrease ranged from 6.45% in favorable year, to 36.21% in the unfavorable year for soybean production.

**Key words:** Agro technical measures, soybean yield, autumn basic treatment, spring basic treatment, intercropping

---

<sup>1</sup>University of Beograd, Faculty of Bifarming, Maršala Tita 39, 24300 Bačka Topola, Serbia (gdozet@biofarming.edu.rs)

<sup>2</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Serbia

<sup>3</sup>Institut Tamiš Pančevo, Novoseljski put 33, 26000 Pančevo, Serbia

## UTICAJ DUGOGODIŠNJEG IZOSTAVLJANJA HRANIVA NA KOMPONENTE PRINOSA I PRINOS OZIME PŠENICE

*Goran Jaćimović<sup>1</sup>, Vladimir Aćin<sup>2</sup>, Jovan Crnobarac<sup>1</sup>, Dragana Latković<sup>1</sup>,  
Jelena Visković<sup>1</sup>*

**Izvod:** Na dugotrajnom poljskom ogledu izvedenom na Institutu za Ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, ispitivan je efekat osam varijanti đubrenja različitim količinama i odnosima N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O na komponente prinosa i prinos ozime sorte pšenice NS Ilina. Dugogodišnje izostavljanje pojedinih hraniva pri đubrenju značajno se odrazilo na komponente prinosa i prinos zrna. Kod svih analiziranih svojstava najveće vrednosti dobijane su pri đubrenju sa sva tri hraniva, a najmanje na varijantama sa pojedinačnom primenom fosfora ili kalijuma (P<sub>100</sub> i K<sub>100</sub>), kao i na dvojnjoj varijanti bez primene azota (P<sub>100</sub>K<sub>100</sub>). Najveći uticaj na sve analizirane osobine imalo je đubrenje azotom.

**Ključne reči:** pšenica, đubrenje, hraniva, komponente prinosa, prinos

### Uvod

Prinos pšenice najčešće zavisi od većeg broja komponenti: broja biljaka, odnosno klasova po jedinici površine, broja zrna u klasu i mase 1000 zrna (Jaćimović i sar., 2012). Između ovih pokazatelja postoje složeni međusobni odnosi, jer pri povećanju jednog parametra često dolazi do smanjenja drugog (Hristov i sar., 2011). Značaj svake od ovih komponenata u formiranju prinosa zrna zavisi od vremenskih uslova u kritičnim fazama rasta i razvika (naročito vodnog stresa) i od primenjenih agrotehničkih mera. Prinos i komponente prinosa zrna pšenice značajno variraju u zavisnosti od sistema obrade, primenjenih količina hraniva, naročito azota (Fagam et al., 2006), sorte i uslova godine (Halvorson et al., 2000), zatim vremena i gustina setve, kao i njihovih kompleksnih međusobnih interakcija (Baloch et al., 2010). Među elementima mineralne ishrane, azot ima najveću ulogu u povećanju prinosa gajenih biljaka. Najveći efekat azot pokazuje kada se upotrebi zajedno sa fosforom i kalijumom, dok ova dva elementa primenjeni bez azota ne samo što ne daju značajnije povećanje prinosa, već ga često i smanjuju (Sarić i Jocić, 1993).

Osnovni cilj ovog istraživanja bio je da se ispita uticaj dugogodišnjeg izostavljanja pojedinih hraniva na komponente prinosa i prinos zrna ozime pšenice sorte NS Ilina.

### Materijal i metode rada

Ogled je izveden u toku dve proizvodne godine (2014/15 i 2015/16), u sklopu višegodišnjeg stacionarnog ogleda zasnovanog 1965/66. godine na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo na Rimskim Šančevima. U ogledu se inače ispituje 20 varijanti đubrenja različitim kombinacijama količina i odnosa azota, fosfora i kalijuma,

<sup>1</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Srbija (jgoran@polj.uns.ac.rs);

<sup>2</sup>Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija.

raspoređenih po slučajnom blok sistemu u četiri ponavljanja. Za istraživanje uticaja dugogodišnjeg izostavljanja hraniva na komponente prinosa i prinos zrna pšenice odabrane su kontrolna varijanta (Ø-neđubrena parcela), tri varijante sa pojedinačnim hranivima ( $N_2$ ,  $P_2$ ,  $K_2$ ), jedna dvojna kombinacija ( $P_2K_2$ ) i tri varijante sa rastućim količinama azota a pri istim količinama fosfora i kalijuma:  $N_1P_2K_2$ ,  $N_2P_2K_2$  i  $N_3P_2K_2$ , gde brojevi u indeksima označavaju:  $_1=50$ ,  $_2=100$ ,  $_3=150$  kg hraniva po ha.

Zemljište na kome je ogled izveden je tipa karbonatni černoze, blago alkalne reakcije, srednje obezbeđeno humusom i lakopristupačnim fosforom, a veoma dobro lakopristupačnim kalijumom. Setva je obavljena u obe godine u drugoj polovini oktobra, kontinuiranom setvom na međuredni razmak od 12,5 cm, sa 500 kljavih zrna po  $m^2$ . Celokupna količina P (Superfosfat, 18%  $P_2O_5$ ) i K (KCl, 60%  $K_2O$ ), kao i polovina N đubriva (Urea, 46% N) primenjena je pre osnovne obrade, a druga polovina N upotrebljena je za prihranjivanje početkom marta, upotrebom đubriva Urea.

Uzorci za analizu uzeti su u fazi pune zrelosti useva, tako što su sa tri ponavljanja iz dva susedna reda uzete biljke sa jednog dužnog metra. Dužina klasa, broj plodnih i neplodnih klasića, broj zrna po klasu i masa zrna po klasu računati su kao prosečne vrednosti na nivou biljke. Visina biljke merena je od osnove stabla do vrha klasa. Masa 1000 zrna izračunata je iz proporcije broja i mase zrna požnjevenih biljaka, dok je žetveni indeks izračunat kao odnos ukupne mase zrna i ukupne nadzemne mase biljaka.

Dobijeni rezultati statistički su obrađeni metodom analize varijanse, pri čemu je i proizvodna godina uzeta kao faktor istraživanja. Međutim, ANOVA je pokazala da kod većine analiziranih svojstava efekat godine, kao ni interakcije godina x varijanta đubrenja nije bio statistički značajan; te su rezultati ponovo obrađeni jednosmernom analizom varijanse i prikazani u proseku za obe godine. Značajnost razlika sredina tretmana testirana je LSD testom na pragovima značajnosti 1 i 5%.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Najveća visina biljaka (68,9 cm) izmerena je na varijanti gde je upotrebljena najveća količina azota u kombinaciji sa fosforom i kalijumom ( $N_3P_2K_2$ ), mada nije bilo značajne razlike u odnosu na trojnu varijantu  $N_2P_2K_2$  (Tabela 1). Najniže vrednosti visine biljaka zabeležene su na kontrolnoj varijanti pri čemu se nisu značajno razlikovale ni varijante đubrenja samo fosforom ili samo kalijumom ( $P_2$  i  $K_2$ ), kao ni dvojna varijanta bez azota ( $P_2K_2$ ). Pri istim količinama fosfora i kalijuma ( $P_2K_2$ ), dodavanje rastućih doza od po 50 kg N ha<sup>-1</sup> uticalo je na značajno povećanje visine.

Dužina klasa je komponenta prinosa pšenice koja može da ima značajnu ulogu u formiranju prinosa, jer je klas veće dužine najčešće povezan i sa većim brojem klasaka i zrna (Hristov i sar., 2008). Takođe, klas veće dužine, zbog veće fotosintetske površine, može bolje da služi kao izvor asimilativa, ali i kao njihov akceptor (Stojanović, 1993). Najkraće klasove u ogledu imala je pšenica na kontrolnoj varijanti i na ostalim varijantama bez đubrenja azotom. Najduži klasovi izmereni su na varijanti sa trojnim đubrenjem  $N_2P_2K_2$  i varijanti sa najvećom količinom azota:  $N_3P_2K_2$ .

Broj zrna u klasu predstavlja važnu komponentu i ima direktan uticaj na visinu prinosa (Tahir et al., 2009). Broj zrna po klasu je komponenta prinosa pšenice koja je u direktnoj zavisnosti od broja klasića po klasu, broja cvetova po klasiću i od uspeha

oplodnje i zametanja zrna. Pošto ovi parametri značajno zavise i od agroekoloških uslova godine i primenjene agrotehnike, broj zrna po klasu predstavlja dosta varijabilno svojstvo. Hristov i sar. (2011) ističu da je porast prinosa zrna po biljci direktno uslovljen povećanjem broja zrna po klasu i mase 1000 zrna. Najveći broj zrna po klasu (35) dobijen je na varijantama gde je azot upotrebljen u količinama od 100 i 150 kg ha<sup>-1</sup>, a zatim na varijantama sa manjom količinom azota. Najmanji broj zrna po klasu dobijen je na varijantama sa pojedinačnom primenom fosfora i kalijuma, zatim na kontrolnoj i varijanti sa dvojnim đubrenjem P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> (Tabela 1).

Tabela 1. Komponente prinosa pšenice u zavisnosti od nivoa đubrenja  
 Table 1. Yield components of wheat depending on the level of fertilization

Varijanta đubrenja <i>Fertilizing variants</i>	Visina biljaka <i>Plant height (cm)</i>	Dužina klasa <i>Spike length (cm)</i>	Broj zrna po klasu <i>Number of grains per spike</i>	Masa zrna po klasu <i>Grain weight per spike (g)</i>	Masa 1000 zrna <i>1000 grain weight (g)</i>	Žetveni indeks <i>Harvest index</i>
Ø	51,8	5,9	26	0,9	34,8	0,50
N <sub>2</sub>	62,9	7,2	31	1,2	37,3	0,53
P <sub>2</sub>	52,5	5,9	25	0,9	36,6	0,47
K <sub>2</sub>	55,2	6,3	25	0,9	36,5	0,49
P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	54,3	6,4	26	1,0	36,9	0,49
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	63,2	7,1	32	1,2	38,3	0,51
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	65,8	7,6	35	1,3	38,5	0,57
N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	68,9	7,4	35	1,3	38,1	0,51
Prosek - <i>Average</i>	59,3	6,7	29	1,1	37,1	0,51
Značajnost F-testa	**	**	**	**	ns	*
LSD <sub>005</sub>	4,8	0,4	2	0,1	2,6	0,05
LSD <sub>001</sub>	6,7	0,6	3	0,2	3,6	0,07

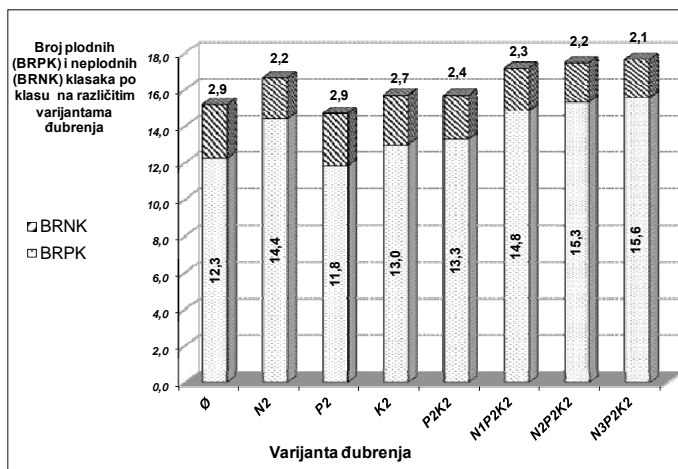
Masa zrna po klasu imala je najniže vrednosti na varijantama bez primene azota, tj. na kontroli i pojedinačnim varijantama P<sub>2</sub> i K<sub>2</sub> kao i na dvojnjoj varijanti P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>. Vrednosti mase zrna po klasu bile su najveće na varijantama gde je azot primenjen u količinama od 100 i 150 kg ha<sup>-1</sup> u kombinaciji sa fosforom i kalijumom (1,3 g) a potom na preostalim varijantama sa primenom azota. Jaćimović i sar. (2012) navode da je masa zrna po klasu značajno zavisila od mineralne ishrane pšenice, naročito od primenjenih doza azota, dok je efekat pojedinačne primene P i K, kao i njihove dvojne kombinacije (PK) bio zanemarljiv u poređenju sa neđubrenom varijantom.

Najveća masa 1000 zrna (preko 38 g) dobijena je na sve tri trojne (NPK) kombinacije, a zatim na varijanti sa pojedinačnim đubrenjem samo azotom (Tabela 1). Najniže vrednosti mase 1000 zrna ostvarene su na kontrolnoj varijanti, a zatim na varijantama bez primene azota. Jaćimović i sar. (2012) utvrdili su da je na masu 1000 zrna značajan uticaj imala primena mineralnih đubriva, odnosno masa zrna je bila značajno veća na intenzivnije đubrenim varijantama, naročito azotom.

Žetveni indeks je generalno imao veće vrednosti na varijantama đubrenja sa sva tri hraniva i na varijanti N<sub>2</sub>. Vrednosti žetvenog indeksa na navedenim varijantama su se kretale od 0,51-0,57, a najniža vrednost zabeležena je pri đubrenju samo fosforom.

Malešević (1990) navodi da je žetveni indeks promenljiva vrednost, te da uglavnom zavisi od uslova godine.

Najmanji broj plodnih klasaka zabeležen je na varijanti P<sub>2</sub> (11,8), kao i na kontrolnoj varijanti i varijantama sa pojedinačnom primenom samo kalijuma i dvojnim đubrenjem bez azota. Pri istim količinama fosfora i kalijuma (P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>), dodavanje rastućih doza od po 50 kg N ha<sup>-1</sup> uticalo je na značajno povećanje broja plodnih klasaka (Grafikon 1). Najveći broj plodnih klasaka po klasu dobijen je na trojnoj kombinaciji sa najvećom količinom azota - N<sub>3</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> (15,6), kao i na ostalim trojnim kombinacijama sa primenom azota. Najviše sterilnih klasaka bilo je na kontrolnoj varijanti, zatim na varijantama bez azota, dok ih je najmanji utvrđeno na svim trojnim kombinacijama hraniva i varijanti N<sub>2</sub>. Pojava sterilnih klasića može znatno da umanjuje prinos zrna pšenice, a negativan efekat broja klasića po klasu na prinos biljke ukazuje na potrebu povećanja njihove fertilnosti (Hristov i sar., 2011).



Graf. 1. Broj plodnih i neplodnih klasaka po klasu  
 Graph 1. The number of fertile and sterile spikelets per spike

Najveći prinos zrna sorte pšenice NS Ilina ostvaren je na varijanti gde je primenjena najviša doza azota u kombinaciji sa P i K (N<sub>3</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>; 5,82 t ha<sup>-1</sup>), pri čemu nije ustanovljena značajna razlika u odnosu na varijantu N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> (5,38 t ha<sup>-1</sup>). Pomenute varijante ostvarile su značajno veći prinos u odnosu na kontrolu i ostale nivoe ishrane useva (Tabela 2). Niski prinosi, ispod 4 t ha<sup>-1</sup>, ostvareni su na varijantama gde nije primenjivan N: na kontrolnoj varijanti, P<sub>2</sub>, K<sub>2</sub> i na dvojnjoj varijanti P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>. Apsolutno najniži prinos bio je na varijanti đubrenja samo fosforom - P<sub>2</sub> (2,74 t ha<sup>-1</sup>). Dobijeni prinosi su u saglasnosti sa rezultatima Sarića i Jocića (1993) koji navode da su na istom ogledu, u proseku za 25 ispitivanih godina, najmanji prinosi ostvareni bez upotrebe mineralnih đubriva, zatim upotrebom samo P ili K, kao i pri njihovoj zajedničkoj primeni (PK). Značajno povećanje je utvrđeno pri pojedinačnoj upotrebi azotnih đubriva; pri upotrebi NP kombinacije efekat je bio bolji nego pri primeni NK, dok je varijanta NK imala isti efekat, ili je čak bila lošija od upotrebe samo N đubriva.

Tabela 2. Prinos zrna sorte NS Ilina ( $t\ ha^{-1}$ ) u zavisnosti od varijante đubrenja  
 Table 2. Grain yield of variety NS Ilina ( $t\ ha^{-1}$ ) depending on the fertilizing variants

Varijanta đubrenja <i>Fertilizing variants</i>	Prinos ( $t\ ha^{-1}$ ) <i>Yield (<math>t\ ha^{-1}</math>)</i>	Proseci ( $t\ ha^{-1}$ ) <i>Average (<math>t\ ha^{-1}</math>)</i>
Ø	2,98	2,98
N <sub>2</sub>	4,31	3,43
P <sub>2</sub>	2,74	
K <sub>2</sub>	3,25	
P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	3,11	3,11
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	4,54	5,25
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	5,38	
N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	5,82	
Prosek - <i>Average</i>	4,02	-
Značajnost F-testa	**	-
LSD <sub>005</sub>	0,57	0,57
LSD <sub>001</sub>	0,80	0,80

### Zaključak

Dugogodišnje izostavljanje pojedinih hraniva pri đubrenju pšenice značajno se odrazilo na sve ispitivane komponente prinosa i prinos zrna. Kod svih analiziranih svojstava najveće vrednosti dobijane su pri đubrenju sa sva tri hraniva, a najmanje na varijantama sa pojedinačnom primenom samo fosfora ili samo kalijuma, kao i na dvojnjoj varijanti bez primene azota (P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>). Najveći uticaj na sve analizirane osobine imalo je đubrenje azotom. Najveći prinos zrna ostvaren je na varijanti gde je primenjena najviša doza azota u kombinaciji sa P i K (N<sub>3</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>).

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta »Savremeno oplemenjivanje strnih žita za sadašnje i buduće potrebe« (TR-31066) koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.

### Literatura

- Baloch M.S., Shah I.T.H., Nadim M.A., Khan M.I., Khakwani A.A. (2010). Effect of seeding density and planting time on growth and yield attributes of wheat. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 20 (4): 239-242.
- Fagam A.S., Bununu A.M., Buba U.M. (2006): Path coefficient analysis of the components of grain yield in wheat (*Triticum aestivum* L). *International journal of Natural and Applied Sciences*, 2 (4): 336-340.
- Halvorson A.D., Black A.L., Krupinsky J.M., Merrill S.D., Wienhold B.J., Tanaka D.L. (2000). Spring wheat response to tillage and nitrogen fertilization in rotation with sunflower and winter wheat. *Agronomy Journal*, 92: 136-144.

- Hristov N., Mladenov N., Kondić-Špika A., Marjanović-Jeromela A., Jocković B., Jaćimović G. (2011). Effect of environmental and genetic factors on the correlation and stability of grain yield components in wheat. *Genetika*, 43 (1): 141-152.
- Hristov N., Mladenov N., Špika A.K., Štatkić S., Kovačević N. (2008): Direktni i indirektni efekti pojedinih svojstava na prinos zrna pšenice. Zbornik radova, Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, 45, 15-20.
- Jaćimović G., Malešević M., Aćin V., Hristov N., Crnobarac J., Latković D. (2012). Komponente prinosa i prinos ozime pšenice u zavisnosti od nivoa đubrenja azotom, fosforom i kalijumom. *Letopis naučnih radova*, 36 (1): 72-80.
- Malešević, M. (1990). Značaj temperatura i padavina za određivanje optimalne količine azota i njihov uticaj na visinu prinosa ozime pšenice. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
- Sarić M., Jocić B. (1993): Biološki potencijal gajenih biljaka u agrofitocenozi u zavisnosti od mineralne ishrane. SANU, Beograd, knjiga 68, 1-135.
- Stojanović Ž. (1993). Nasleđivanje dužine klasa i njen uticaj na ispoljavanje genetičkog potencijala rodnosti i kvaliteta kod hibridne kombinacije ozime pšenice. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Beograd.
- Tahir M., Ali A., Ather Nadeem M., Hussain A., Khalid F. (2009). Effect of different sowing dates on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties in district Jhang, Pakistan. *Pak. J. Life Soc. Sci.* 7 (1): 66-69.

## THE EFFECT OF LONG-TERM OMISSION OF MINERAL NUTRIENTS ON THE YIELD COMPONENTS AND YIELD OF WINTER WHEAT

*Goran Jaćimović<sup>1</sup>, Vladimir Aćin<sup>2</sup>, Jovan Crnobarac<sup>1</sup>, Dragana Latković<sup>1</sup>, Jelena Visković<sup>1</sup>*

### Abstract

In a long-term field experiment carried out at the Institute of Field and Vegetable Crops in Novi Sad examined the effect of eight fertilization treatments with different quantities and ratios of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O on the yield components and yield of winter wheat cultivar NS Ilina. Long-term omission of certain nutrients has significantly affected all yield components and grain yield. At all analyzed traits, the highest values were obtained at fertilizing with all three nutrients and at least on variants with single application of only phosphorus or potassium, as well as on a double variant without use of nitrogen. The largest influence on all analyzed traits had nitrogen fertilization.

**Key words:** wheat, fertilization, nutrients, yield components, yield

---

<sup>1</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Sq. Dositej Obradović, 21000 Novi Sad, Serbia (jgoran@polj.uns.ac.rs)

<sup>2</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Serbia



## PHENOLOGICAL DEVELOPMENT OF TRITICALE VARIETIES DEPENDING ON THE WEATHER CONDITIONS

*Hristofor Kirchev<sup>1</sup>, Angelina Muhova<sup>2</sup>*

**Abstract:** A field experiment was set in the period 2014-2017 on the experimental field of the Research Institute of Field Crops of the Agricultural Academy, Chirpan. Three triticale varieties were used: Colorit, Boomerang and Respect. With the aim of establishing the effect of the temperature and precipitation conditions of the year on the phenological development of triticale varieties, the sum of the active temperatures, the average temperature for the period and the sum of precipitation were calculated for each stage period. From a tillering to a maturity stage within the different varieties, a different duration of the growth stage periods is observed. These differences contribute to a better clarification of the biological requirements of the studied varieties.

**Key words:** triticale, meteorology, phenology

### Introduction

Genetically triticale ( $\times$  *Triticosecale* Wittmack) is an amphiploid produced by crossing the genomes of two different species - wheat and rye. The first hybrids were fertile progenies, which arose from an inter-generic hybridization and followed by chromosome doubling between a female parent from the genus *Triticum* and the male parent from the genus *Secale*. The majority of the today's varieties are descendants of a primary hybrids, which involve either common (*Triticum aestivum* L.,  $2n=42=AABBDD$ ) or durum (*Triticum durum*,  $2n=28=AABB$ ) wheat as a female parent and cultivated diploid rye (*Secale cereale* L.,  $2n=14=RR$ ) as a male parent (Knezevic et al., 2010; Knezevic et al., 2016; Lalevic et al., 2012; Madic et al., 2013; Madic et al., 2015; Sucu and Cifci, 2016).

The main factors which determine the time and quality of sowing and on which depend the germination, the growth and the development are heat, soil moisture and length of the day. As a reason for the great diversity in the time of occurrence and the passage of the main phenological phases in crop development can be mentioned genotype, sowing date, accessible nutrients, soil moisture, daytime, air and soil temperatures and others (Bassu et al., 2013; Giunta et al., 2015; Mager et al., 2016; Santiveri et al., 2001).

Triticale goes through the same growth stages as the other cereal crops and occupies an intermediate position between wheat and rye in terms of its development (Akhlaq et al., 2015; Estrada-Campuzano et al., 2008; Kirchev et al., 2010; Royo and Blanco, 1999).

---

<sup>1</sup>Faculty of Agronomy, Agricultural University – Plovdiv, 12 Mendeleev str., 4000 Plovdiv, Bulgaria (hristofor\_kirchev@abv.bg)

<sup>2</sup>Research Institute of Field Crops of the Agricultural Academy, 2 G. Dimitrov str., 6200 Chirpan, Bulgaria

The objectives of the present study are to clarify both the peculiarities of the phenological development of triticale varieties under the influence of the specific weather conditions and the genotypic differences between them.

### Material and methods

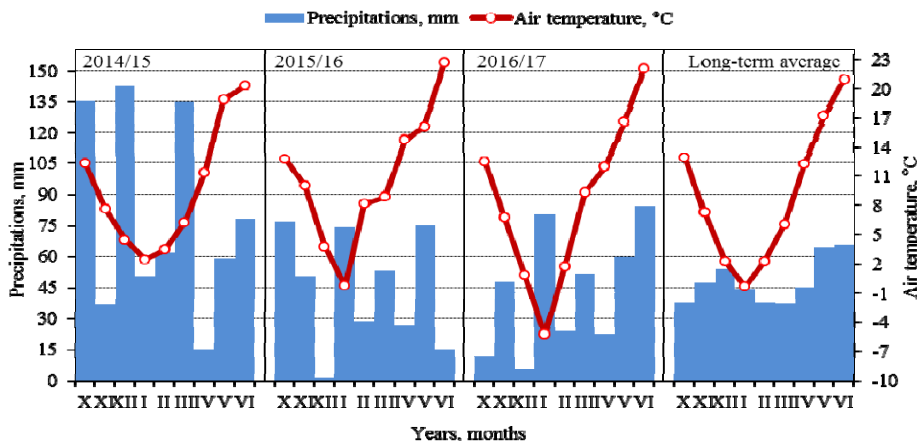
*Field trial:* A field experiment was set in the period 2014-2017 on the experimental field of the Research Institute of Field Crops of the Agricultural Academy, Chirpan. Three triticale varieties were used – the standard Colorit, and other two varieties created at Dobrudja Agricultural Institute – Gen. Toshevo, Bulgaria: Boomerang and Respect.

The experiment consisted of a randomized complete block design after predecessor sunflower with four replication and plots of 10 m<sup>2</sup> planted at a sowing rate of 550 viable seeds m<sup>-2</sup>.

*Estimation methods:* The beginning of the major phenological stages was identified according to Zadoks scale (1974): sowing (00 – dry seed); Sprung (10 – first leaf through coleoptile); 3 leaf (13 – 3 leaves unfolded); tillering (21 – main shoot and 1 tiller); stem elongation (31 – 1st node detectable); spike emergence (59 – Emergence of inflorescence completed); Maturity (95 – Seed dormant).

With the aim of establishing the effect of the temperature and the precipitation conditions of the year, the sum of the active temperatures (above 5<sup>0</sup>C), Σ Tact <sup>0</sup>C, the average temperature for the period (T aver. <sup>0</sup>C) and the sum of precipitation (mm) were calculated for each growth stage period.

*Soil and climate conditions:*



Graph. 1. Temperature and precipitation during triticale vegetation.

The experimental station of the Research Institute of Field Crops - Chirpan has a field with a powerful humus horizon (80 - 115 cm) with a thrush - grained, passing to a slightly pronounced prismatic structure at its lower part. The high moisture content of the Pelic Vertisols is determined by their heavy loamy mechanical composition. They swell strongly when moistened and reduce their volume when they dry out. Because of

their high moisture, these soils are suitable for growing triticale, especially in years of lasting droughts (Panayotova, 2007).

Meteorological conditions are different during the three years of the study. Figure 1 shows the three-year differences over the long-term average (Fig. 1).

### Results and discussion

During the three years of the study no differences were found in the growth stage periods from sowing to germination, moreover all varieties entering at the same time due to the same temperature and precipitation conditions (Table 1).

The sprung of triticale in 2014 occurs 22 days after sowing, in 2015 after 18 days, and the third year - after 27 days. The duration of this growth stage period depends on the amount of precipitation but is limited by the air temperature and more higher the average daily air temperature, so faster the germination occurs. The growth stage period sprung-third leaf lasts between 13 and 22 days during the three years of the study. Although in 2016 the sum of the active temperatures is higher - 135.5 °C than in 2014 (110.1 °C), the amount of rainfall in 2014 is 21.5 mm more than in 2015, which also determines the shorter growth stage period. The growth stage period sprung-third leaf is the longest in 2017. Although compared with 2016 the rainfall was 92.6 mm more and the sum of the active temperatures was almost the same, the average daily temperature was 6.4 °C, which is 3.3 °C lower than the previous stage.

In the first year of the study, the growth stage period of the third leaf - tillering was 19 days, in the second 21 days, and in the third 15 days. The accumulated sum of active temperatures is as follows: 144.0, 171.4 and 124.7°C, and the amount of rainfall is 185.4, 97.7 and 32.3 mm respectively. Meteorological conditions are most favorable in 2015, given the higher rainfall of 87.8 mm more than in 2016 and 153.1 mm compared to 2017, which is the reason for the shorter growth stage period.

Table 1. Characteristics of the growth stage period to tillering stage.

Years	Growth stage period	Nr. of days with active t °C	Σ Tact °C	T aver. °C	Sum of precipitation, (mm)
2014/15	sowing-sprung	22	180.5	8.2	157.4
	sprung-3 <sup>th</sup> leaf	13	110.1	8.5	71.8
	3th leaf-tillering	19	144.0	7.6	185.4
2015/16	sowing-sprung	18	183.7	10.2	-
	sprung-3 <sup>th</sup> leaf	14	135.5	9.7	50.3
	3th leaf-tillering	22	171.4	7.8	97.7
2016/17	sowing-sprung	27	281.6	10.5	48.3
	sprung-3 <sup>th</sup> leaf	22	140.5	6.4	142.9
	3th leaf-tillering	15	124.7	8.3	32.3

From a tillering phase to a maturity phase, different periods of different varieties are recorded (Table 2).

Table 2. Characteristics of the growth stage periods tillering - maturity.

A. Colorit

Years	Growth stage period	Nr. of days with act. t°C	Σ Tact °C	T aver. °C	Sum of precipitation, (mm)
2014/15	tillering-stem elongation	30	296.9	9.9	40.0
	st. elongation-sp. emergence	26	422.3	16.2	54.7
	sp. emergence-maturity	42	1054.6	25.1	93.5
2015/16	tillering-stem elongation	26	246.7	9.5	48.1
	st. elongation-sp. emergence	30	405.6	13.5	22.5
	sp. emergence-maturity	72	1320.0	18.3	106.9
2016/17	tillering-stem elongation	32	358.4	11.2	30.0
	st. elongation-sp. emergence	17	260.5	15.3	29.7
	sp. emergence-maturity	61	1256.6	20.6	117.4

B. Boomerang

Years	Growth stage period	Nr. of days with act. t°C	Σ Tact °C	T aver. °C	Sum of precipitation, (mm)
2014/15	tillering-stem elongation	38	397.8	10.5	40.2
	st. elongation-sp. emergence	18	321.4	17.9	54.5
	sp. emergence-maturity	42	1054.6	25.1	93.5
2015/16	tillering-stem elongation	38	370.4	9.7	60.9
	st. elongation-sp. emergence	27	396.3	14.7	25.8
	sp. emergence-maturity	63	1205.6	19.1	90.8
2016/17	tillering-stem elongation	34	377.3	11.1	34.2
	st. elongation-sp. emergence	15	241.6	16.1	29.7
	sp. emergence-maturity	61	1256.6	20.6	117.4

C. Respect

Years	Growth stage period	Nr. of days with act. t°C	Σ Tact °C	T aver. °C	Sum of precipitation, (mm)
2014/15	tillering-stem elongation	38	397.8	10.5	40.2
	st. elongation-sp. emergence	18	321.4	17.9	54.5
	sp. emergence-maturity	42	1054.6	25.1	93.5
2015/16	tillering-stem elongation	38	370.4	9.7	60.9
	st. elongation-sp. emergence	27	396.3	14.7	25.8
	sp. emergence-maturity	63	1205.6	19.1	90.8
2016/17	tillering-stem elongation	34	377.3	11.1	34.2
	st. elongation-sp. emergence	20	328.6	16.4	42.8
	sp. emergence-maturity	56	1154.3	20.6	101.3

In 2015, the growth stage tillering-stem elongation of the Colorit variety (30 days) was shortest and there were no differences in average daily temperatures (9.9 and 10.5 °C) and the amount of rainfall (40.0 and 40.2 mm). Similar observations are noted in the next years of the study. In 2016, the period is shortest for the Colorit variety (26 days), the average temperature for the Boomerang and Respect varieties is close to 9.5 and 9.7

°C, but the rainfall is less – 12.8 mm. In 2017, Colorit entered to the stage earliest (32 days), the average daily temperatures were almost the same, and the rainfall was less – 4.2 mm.

The growth stage period stem elongation-spike emergence is shorter in 2015 for the Boomerang and Respect varieties (18 days). In 2016, no difference in the duration of the growth stage period between varieties was observed. However, the duration of the Boomerang and Respect varieties was 3 days shorter, which can be explained by the higher average temperature (14.7 °C) than that of the Colorit variety (13.5 °C). In 2017, the Boomerang and Colorit varieties pass in the shortest time during the growth stage period (15 and 17 days), unlike Respect (20 days). Although the average daily temperatures are close (16.1 and 15.3 °C), it is necessary that the Respect variety accumulates a heat sum to bring its average daily temperature to that of the other varieties.

The maturity period is shortest for Boomerang and Respect varieties (63 days). This is due to the higher average day temperature (19.1 °C) in contrast to that of Colorit (18.3 °C) and the shorter previous stage stem elongation-spike emergence (27 days) than that of Colorit (30 days).

### Conclusion

During the growth stage sowing-germination period, differences between varieties have not been established, all varieties entering at the same time due to the same values of temperature and precipitation conditions. In the conditions of insufficient rainfall, determining the duration of germination is the average daily temperature.

From a tillering to a maturity phase in different varieties, a different duration of the growth stage periods is observed. These differences contribute to a better clarification of the biological requirements of the studied varieties.

### References

- Akhlaq, A., Inamullah, Murad, A. (2015). Influence of nitrogen and sulfur on weeds density and phenology of wheat and triticale. *Pakistan Journal Of Weed Science Research*, 21(3), 305-315.
- Bassu, S., Asseng, S., Giunta, F., Motzo, R. (2013). Optimizing triticale sowing densities across the Mediterranean Basin. *Field Crops Research*, 144, 167-178.
- Estrada-Campuzano, G., Miralles, D. J., Slafer, G. A. (2008). Genotypic variability and response to water stress of pre- and post-anthesis phases in triticale. *European Journal Of Agronomy*, 28(3), 171-177.
- Giunta, F., Cabiglieri, A., Viridis, A., Motzo, R. (2015). Dual-purpose use affects phenology of triticale. *Field Crops Research*, 183, 111-116.
- Kirchev, H., A. Matev, V. Delibaltova, A. Sevov. (2010). Phenological development of triticale (*× Triticosecale* Wittmack) varieties depending on the climatic conditions in Plovdiv region. *BALWOIS 2010 – Ohrid, Republic of Macedonia, Vol. II*.

- Knezevic, D., Zecevic, V., Jelic, M., Paunovic, A., Madic, M. (2010). The effect of mineral nutrition on weediness and grain yield of triticale. *Növénytermelés*, 59, 513-516.
- Knezevic, D., Brankovic, G., Kondic, D., Srdic, S., Zecevic, V., Matkovic, M., Atanasijevic, S. (2016). Variability of grain mass per spike in cultivars of triticale ( $\times$  *Triticosecale* Wittm.). *VII International Scientific Agriculture Symposium, "Agrosym 2016"*, 6-9 October 2016, Jahorina, Bosnia And Herzegovina. Proceedings, 1299-1305.
- Lalevic, D., Biberdzic, M., Jelic, M., Barac, S. (2012). The characteristics of triticale cultivated in rural areas. *Agriculture And Forestry*, 58(2), 27-34.
- Madic, M., Djurovic, D., Paunovic, A., Jelic, M., Knezevic, D., Govedarica, B. (2015). Effect of nitrogen fertilizer on grain weight per spike in triticale under conditions of central Serbia. *6<sup>th</sup> International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2015"*, Jahorina, Bosnia And Herzegovina, October 15-18, 2015. Book Of Proceedings, 483-487.
- Madic, M., Djurovic, D., Markovic, G., Paunovic, A., Jelic, M., Knezevic, D. (2013). Grain yield and yield components of triticale on an acid soil depending on mineral fertilisation and liming. *4<sup>th</sup> International Scientific Symposium "Agrosym 2013"*, Jahorina, Bosnia And Herzegovina, 3-6 October, 2013. Book Of Proceedings, 232-237.
- Mager, P., Kepin'ska-Kasprzak, M. (2016). Phenological phases in 2014 in Trzebaw near Poznan' in comparison with earlier fitphenological observations at the central Wielkopolska area. *Acta Scientiarum Polonorum*, 15(2), 93-103.
- Panayotova G. (2007). Effect of 40-year fertilization on the nutrient level of leached vertisols and the productivity of cotton-durum wheat crop rotation. *Field Crops Studies*, Vol. IV (2): 251-260.
- Royo, C., Blanco, R. (1999). Growth analysis of five spring and five winter triticale genotypes. *Agronomy Journal*, 91(2), 305-311.
- Santiveri, F., Romagosa, I., Royo, C. (2001). Assessing genotypic variability for plant development in spring and winter triticale. *Cereal Research Communications*, 29(3/4), 359-366.
- Sucu, E., Cifci, E. A. (2016). Effects of lines and inoculants on nutritive value and production costs of triticale silages. *Revista Brasileira De Zootecnia*, 45(7), 355-364.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, F.C. (1974). A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Research*, 14: 415-421.

**ANALIZA PROTEINA U SEMENU PŠENICE (*Triticum aestivum* L.)**

*Desimir Knežević<sup>1</sup>, Aleksandar Paunović<sup>2</sup>, Pavle Mašković<sup>2</sup>,  
Mirjana Menkovska<sup>3</sup>, Danijela Kondić<sup>4</sup>, Milica Zelenika<sup>2</sup>, Milomirka Madić<sup>2</sup>,  
Vesna Djurović<sup>2</sup>, Veselinka Zečević<sup>5</sup>*

**Izvod:** Proteini u semenu pšenice imaju glavnu ulogu u formiranju kvaliteta pšenice. Cilj rada je izučavanje varijabilnosti kompozicije genskih alela za glijadine i glutenine, sadržaja ukupnih proteina i sadržaja suvog glutena kod genotipova hlebne pšenice. Za ovo izučavanje je korišćeno seme 10 genotipova hlebne pšenice gajene u dve godine sa različitim vremenskim uslovima. Rezultati istraživanja su pokazali razlike između sorti prema kompoziciji glijadina i glutenina, kao i prema dobijenim vrednostima za sadržaj proteina i sadržaj glutena. Na tri lokusa za visokomolekularne glutenine (*Glu-1*) je identifikovano devet alela, a na šest lokusa za glijadine je identifikovano ukupno 29 alela i to 13 alela na tri lokusa *Gli-1* i 16 alela na tri lokusa *Gli-2*. Sastav glijadinskih alela je bio različit kod izučavanih genotipova pšenice, dok je sastav gluteninskih alela bio isti (*b, c, d*) kod tri genotipa (G-3539/03, Poljana i G-3602/03) a kod ostalih sedam sorti je bio različit. Sadržaj proteina je varirao zavisno od genotipa i od godine eksperimenta i to od 11,60% (G-3602/03 u prvoj godini) do 15,00% (G-3539/03 u drugoj godini). Sadržaj suvog glutena je varirao od 10,018% (G-3602/03 u prvoj godini) do 14,0860% (G-3539/03 u drugoj godini istraživanja). Kod izučavanih genotipova pšenice je ustanovljena heterogenost *Glu-A1* lokusa (kod G-3908/03) i *Glu-B1* lokusa (G-3602/03), kao i heterogenost *Gli-A1* lokusa (G-3504/03 i G-3532/03), *Gli-D1* lokusa (G-3908/03) i *Gli-A2* lokusa (G-3908/03 i Žitnica). Kompozicija alela je bila ista u obe godine kod svih 10 genotipova, a sadržaj proteina i glutena je varirao, čije vrednosti su bile veće u drugoj godini eksperimenta.

**Ključne reči:** pšenica, aleli, proteini, gluten, kvalitet, oplemenjivanje

**Uvod**

Variranje sadržaja i sastava proteina utiče na formiranje tehnološkog i nutritivnog kvaliteta semena i proizvoda od pšenice. Sinteza proteina se nalazi pod kontrolom genetičkih faktora, pod uticajem agroekoloških faktora kao i njihove interakcije (Altenbach, 2012). Proteini deponovani u endospermu semena su različite molekulske mase i hemijske strukture, razvrstani u četiri grupe albumini, globulini, glijadini i glutenini. U proseku kod pšenice sadržaj proteina varira u rasponu od 8-16%, od čega oko 80% čine glijadini i glutenini u približno jednakom kvantitetu (Shewry i sar., 2002),

<sup>1</sup>Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet, Kosovska Mitrovica -Lešak, Kopaonička bb, 38219 Lešak, Kosovo i Metohija, Srbija, e-adresa:deskoa@ptt.rs

<sup>2</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet, Čačak, Cara Dušana 34, 32000 Čačak, Srbija;

<sup>3</sup>Univerzitet Čirilo i Metodije, Institut za stočarstvo, Departman Tehnologija hrane i Biotehnologija, Skopje, Makedonija

<sup>4</sup>Univerzitet u Banja Luci, Poljoprivredni fakultet, Banja Luka, Bulevar Vojvode Petra Bojovića 1A, 78000 Banja Luka, Republika Srpska Bosna i Hercegovina

<sup>5</sup>Univerzitet Megatrend, Beograd, Fakultet za biofarming, Bačka Topola, Marsala Tita 2, Srbija

koji su sastavne komponente glutena. Glijadini se nalaze pod kontrolom alela sa *Gli-1* i *Gli-2* lokusa koji se nalaze na kratkim kracima hromozoma 1. i hromozoma 6. ABD genoma, a visokomolekularni glutenini su pod kontrolom *Glu-1* koji se nalaze na dugim kracima hromozoma 1. ABD genoma (Sozinov i Popereya, 1980). Na svim lokusima je ustanovljen multipli alelizam, što doprinosi genetičkoj varijabilnosti (Metakovsky i sar. 1991). Podjedinice glijadina i glutenina se razlikuju u zavisnosti od alela pod čijom su kontrolom, i imaju različit doprinos formiranju tehnološkog kvaliteta. Takođe se razlikuju prema aminokiselinskom sastavu. Komponente glijadina i glutenina imaju visok sadržaj aminokiselina prolina oko 20% i glutaminske kiseline. Glijadini i glutenini su glutenski proteini čija proporcija sadržaja varira u zavisnosti od faktora spoljašnje sredine i genetičke kontrole (Hurkman i sar., 2011). Gluten predstavlja kompleks proteina, lipida i ugljenohidrata koji se formira uspostavljanjem kovalentnih i nekovalentnih interakcija između komponenti brašna u zamesu testa (Békés, 2012). Gluten bubri u kontaktu sa vodom, nastaje mrežasta struktura pri uspostavljanju disulfidnih i vodoničnih veza, hidrofobnog karaktera što doprinosi većoj elastičnosti testa. Sadržaj proteina glutena, zavisi od temperature, padavina, kao i doze i načina primene azotnih đubriva u toku vegetacionog razvića, a posebno u periodu posle cvetanja, u fazi nalivanja zrna (Knežević i sar. 2017). Na sadržaj proteinskih komponenti glutena utiče način, doza ishrane azotom, kao i visoke temperature koje izazivaju prekid sinteze skroba, a povećava se sadržaj glutena (Moldestad i sar., 2011).

Cilj rada je izučavanje varijabilnosti kompozicije genskih alela za glijadine i glutenine, sadržaja ukupnih proteina i sadržaj suvog glutena kod genotipova hlebne pšenice, kao i povezanost alela sa sadržajem proteina i glutena.

### **Materijal i metode rada**

Seme 10 genotipova pšenice je korišćeno u analizi kompozicije glijadina i visokomolekularnih glutenina. Ekstrakcija glijadina i glutenina je uradjena prema metodi (Sozinov i Popereya, 1980). Seme za ocenu osobina tehnološkog kvaliteta je dobijeno u dve godine istraživanja na oglednom polju Centra za strna žita Kragujevac. Identifikacija *Gli-1* i *Gli-2* alela je vršena analizom elektroforograma dobijenim na gelu na kojima su razdvojene komponente glijadina metodom acid PAG elektroforeze (pH=3.1) prema Metakovsky i sar. (1991) a identifikacija *Glu-1* alela je uradjena na gluteninskih podjedinica korišćenjem SDS PAG elektroforeze (pH=8.9) prema (Payne, 1987). Sadržaj proteina u semenu je određen metodom Kjeldahl ( $N \times 5.7$ ). Sadržaj glutena je određen ispiranjem testa sa 2% slanim rastvorom, koji je osušen i izmeren na tehničkoj vagi, čija vrednost u proporciji sa polaznom masom uzorka predstavlja procentualni udeo suvog glutena.

### **Vremenski uslovi u toku eksperimenta**

U toku dve godine eksperimenta postojale su razlike u variranju prosečnih vrednosti temperature i padavina, a koje su se razlikovale u odnosu na prosečne vrednosti u toku desetogodišnjeg perioda (tab. 1).

Tokom vegetacionog perioda prosečna temperatura je bila 8.3°C u prvoj godini, koja je značajno manja nego u drugoj godini - 11.0 °C, a približna prosečnoj vrednosti



za deset godina. Medjutim, prosečna količina padavina je bila 533,7mm u prvoj godini i značajno veća nego u drugoj -369,9mm, kao i od prosečne vrednosti za deset godina 417,8mm. Povoljniji režim temperature i padavina je bio u prvoj godini gajenja.

Tabela 1. Prosečne mesečne temperature i ukupna mesečna količina padavina  
 Table 1. Monthly and mean temperatures and monthly and cumulative precipitation

Tem& Precept	Period	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Xm	Total
°C	2005/06	11,5	5,6	3,3	-1,7	1,5	5,5	12,7	16,4	19,7	8,3	/
°C	2006/07	13,3	7,6	3,5	6,1	6,3	9,1	12,1	18,2	22,8	11,0	/
	2000-2010	11,8	6,4	1,7	-0,1	2,6	5,9	11,6	16,4	20,4	8,5	/
(mm)	2005/06	49,0	54,8	47,1	27,9	38,1	116,0	86,3	29,6	84,8	59,3	533,7
(mm)	2006/07	16,7	13,7	51,9	45,3	32,1	62,9	3,6	118,0	25,3	41,1	369,9
	2000-2010	61,0	44,3	44,6	30,0	29,9	33,2	52,9	52,6	69,3	46,4	417,8

### Rezultati istraživanja i diskusija

Kod izučavanih genotipova pšenice ustanovljena je različita kompozicija podjedinica glutenina i glijadina, odnosno alele koji kontrolišu njihovu sintezu. Takodje su nadjene različite vrednosti sadržaja sirovih proteina i glutena kod izučavanih genotipova pšenice.

Ustanovljena je polimorfnost *Glu-1* lokusa za glutenine kao i polimorfnost *Gli-1* i *Gli-2* lokusa za glijadine. U analizi deset genotipova pšenice, na tri lokusa *Glu-1* je determinisano devet alela i to tri na *Glu-A1* (*a, b, c*), četiti na *Glu-B1* (*b, c, i, u*) i dva alela na *Glu-D1* (*a, d*). Kod genotipova je determinisano osam različitih kombinacija podjedinica glutenina i odgovarajućih alela koji imaju kontrolu njihove sinteze, pri čemu su tri genotipa (G-3539/03, Poljana i G-3602/03) imali istu kombinaciju alela (*b, c, d*) koji kontrolišu sintezu gluteninskih podjedinica (2\*, 7\*9, 5\*10). Identifikovani aleli su bili prisutni kod različitog broja sorti, što ukazuje na njihovu učestalost. Analizirano po lokusima, nadjena je najveća učestalost za *Glu-A1b* (50%), *Glu-B1c* (50%) *Glu-D1a* (60%) a najmanja za *Glu-A1a* (10%), *Glu-B1u* i *Glu-B1i* (10%) *Glu-D1d* (40%) tab. 2.

Kompozicija glijadinskih alela je bila različita kod izučavanih 10 genotipova pšenice. Na šest lokusa za glijadine identifikovano je 29 različitih alela i to: četiri alela na *Gli-A1* lokusu (*a, b, f, g*), na *Gli-B1* (*b, e, g, l*), na *Gli-D1* (*a, b, d, f, k*), na *Gli-A2* lokusu (*b, c, e, g, f, k*), na *Gli-B2* (*b, c, p, s*), na *Gli-D2* (*a, b, h, j, q, t*). Identifikovani aleli su bili prisutni kod različitog broja sorti. Aleli *Gli-A1b* i *Gli-A1f* su bili prisutni kod po tri genotipa (30%) a ostala dva alela (*a, g*) sa ovog lokusa su prisutna kod po dve sorte. Najveća učestalost sa ostalih lokusa je bila *Gli-B1l* (40%), *Gli-D1b* (30%), *Gli-A2b* (30%), *Gli-B2b* (500%), kao i *Gli-D2a*, *Gli-D2b* alela, oba po 30%. Ostali aleli na lokusima su imali učestalost od 10% do 20% (tab. 3).

Kod izučavanih genotipova pšenice je ustanovljena heterogenost za lokuse. Kod G-3908/03 na lokusu *Glu-A1* nadjeno prisustvo alela (*b/a*) koji kontrolišu sintezu podjedinica 2\*/1, kod G-3602/03 na lokusu *Glu-B1* su nađeni aleli (*b/c*) koji kodiraju subjedinice 7\*+8/7\*+9. Ustanovljena je heterogenost lokusa *Gli-A1* (*g+a*) kod G-3504/03 i G-3532/03, na lokusu *Gli-D1* (*b+a*) kod G-3908/03 i na lokusu *Gli-A2* (*b+j*) kod G-3908/03 i (*g+b*) kod sorte Žitnica (tab. 2).

Tabela 2. Variranje kompozicije alela na *Glu-1* i *Gli-1*, *Gli-2* lokusima, sadržaja proteina i sadržaja glutena kod genotipova pšenice u različitim uslovima gajenja  
 Table 2. Variation of allele composition at *Glu-1* and *Gli-1*, *Gli-2* loci, content of proteins and content of gluten in wheat genotypes under different growing conditions

Cultivar	Glutenin components			<i>Glu-1</i> alleles			<i>Gli-1</i> alleles			<i>Gli-2</i> alleles			Quality traits of seed 2014/15		Quality traits of seed 2015/16	
	A1	B1	D1	A1	B1	D1	A1	B1	D1	A2	B2	D2	Protein content %	Dry gluten %	Protein content %	Dry gluten %
G-3928/03	2*	7+8	2+12	b	u	a	f	g	b	h	s	b	11,80	10,981	12,20	11,625
Bečejka	null	7+9	2+12	c	c	a	f	l	f	e	b	a	13,40	13,163	13,80	13,392
G-3504/03	null	7+8	2+12	c	b	a	g+a	b	b	f	c	q	12,20	12,127	13,00	12,446
G-3532/03	2*	17+18	2+12	b	i	a	g+a	b	f	c	c	t	12,60	12,442	12,90	12,771
G-3539/03	2*	7+9	5+10	b	c	d	b	e	b	b	b	b	14,30	13,745	15,00	14,086
G-3909/03	null	7+8	5+10	c	b	d	b	l	a?	f	b	a	12,35	10,748	13,20	11,042
Poljana	2*	7+9	5+10	b	c	d	a	l	d	b	?	a	14,00	12,946	14,40	13,588
G-3602/03	null	7+8/ 7+9	2+12	c	b/c	a	a	l	f	g	b	j	11,60	10,018	12,00	10,435
G-3908/03	2*/1	7+9	5+10	b/a	c	d	f	e	b+a	b+j	b	h	13,60	11,612	14,20	11,189
Žitnica	1	7+9	2+12	a	c	a	b	g	k	g+b	p	b	12,85	11,339	13,60	12,688

Polimorfizam *Gli-1* i *Gli-2* alela je nadjen u istraživanjima (Djukić i sar., 2011; Knežević i sar., 2017), kao i *Glu-1* alela (Menkovska i sar., 2002).

Sadržaj proteina je varirao zavisno od genotipa i od godine, čije vrednosti su bile u rasponu od 11,60% (G-3602/03) do 14,30% (G-3539/03) u prvoj godini i od 12,00% (G-3602/03) do 15,00% (G-3539/03) u drugoj godini. Sadržaj suvog glutena je varirao od 10,018% (G-3602/03) do 13,745% (G-3539/03) u prvoj godini i od 10,435% (G-3602/03) do 14,0860% (G-3539/03) u drugoj godini istraživanja (tab. 2).

Tabela 3. Učestalost HMW GS i *Glu-1*, *Gli-1* i *Gli-2* alela kod genotipova pšenice  
 Table 3. Frequency of HMW GS and alleles at *Glu-1*, *Gli-1* and *Gli-2* loci in wheat

<i>Glu-A1</i>			<i>Glu-B1</i>			<i>Glu-D1</i>			<i>Gli-A1</i>		<i>Gli-B1</i>		<i>Gli-D1</i>		<i>Gli-A2</i>		<i>Gli-B2</i>		<i>Gli-D2</i>	
sub units	allele	%	sub units	allele	%	sub units	allele	%	allele	%	allele	%	allele	%	allele	%	allele	%	allele	%
1	a	10	7+8	b	30	2+12	a	60	a	20	b	20	b	40	b	30	b	50	b	30
2*	b	50	7+9	c	50	5+10	d	40	f	30	l	40	a	10	g	20	e	20	a	30
null	c	40	17+18	i	10				b	30	g	20	k	10	e	10	s	10	q	10
			7+8	u	10				g	20	e	20	f	30	c	10	p	10	t	10
													d	10	g	20	?	10	j	10
													h	10					h	10

Gluten je kompleks glijadina i glutenina, čiji sastav, sadržaj i proporcija sadržaja određuje osobine tehnološkog kvaliteta semena pšenice i gotovih proizvoda. Glijadini imaju pozitivnu vezu sa povećanjem viskoznosti i elastičnosti testa, a glutenini sa većom elastičnosti glutena (Wrigley et al., 2006).

Variiranje vrednosti sadržaja proteina (Abedi i sar., 2011), kao i sadržaja glutena zavisi od genetičkih faktora, (Knežević i sar., 2017) faktora spoljašnje sredine i interakcije genotipa i faktora spoljašnje sredine (Zečević i sar., 2009). Temperatura je značajan faktor u rastu i razviću biljke, tako da optimalna vrednost za razvoj biljke pšenice je oko 16°C, dok značajno povišene temperature utiču na ubrzano sazrevanje, sadržaj i sastav glutena, kao i na kvalitet testa (Moldestad i sar., 2011).

### Zaključak

Izučavani genotipovi pšenice su se razlikovale prema kompoziciji HMW glutenina i glijadina za čije genske lokuse je ustanovljena polimorfnost. Tri genotipa su imala istu kombinaciju *Glu*-alela (*b*, *c*, *d*, kod G-3539/03, Poljana, G-3908/03), a kod svih 10 genotipova je bila različita kombinacija *Gli*- alela. Genotipovi koji su bili nosioci alela *Glu-A1b* za podjedinicu 2\*, *Glu-B1b* za podjedinice 7+8, *Glu-D1d* za podjedinice 5+10 su imali pozitivnu povezanost sa sadržajem proteina i glutena. Najveći sadržaj proteina (14,30% u prvoj i 15,00% u drugoj godini) i glutena (13,745% u prvoj i 14,086% u drugoj godini) je nađen kod genotipa G-3539/03. Najmanji sadržaj proteina i glutena je nađen kod G-3620/03 kod kojeg je bila kombinacija *Glu-I* alela (*c*, *b*, *a*, sa podjedinicama - null, 7\*+8, 2+12), koji može biti pogodan za ishranu imunosenzitivnih osoba na gluten.

### Napomena

Istraživanja su deo projekta TR 31092 „Izučavanje genetičke osnove poboljšanja prinosa i kvaliteta strnih žita u različitim ekološkim uslovima”, koji finansira Ministarstvo Prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije

### Literatura

- Abedi, T., Alemzadeh, A., Kazemeini, A. S. (2011): Wheat yield and grain protein response to nitrogen amount and timing. [Australian Journal of Crop Science](#), 5: 330-336.
- Altenbach, S. B. (2012): New insights into the effects of high temperature, drought and post-anthesis fertilizer on wheat grain development. *J. Cereal Science*, 56:39-50.
- Altenbach, S. B. (2012): New insights into the effects of high temperature, drought and post-anthesis fertilizer on wheat grain development. *J. Cereal Science*, 56:39-50.
- Békés, F. (2012): New Aspects in Quality Related Wheat Research:1. Challenges and Achievements. *Cereal Research Communications*, 40: 159–184.
- Djukić, N., Knežević, D., Horvat, D., Živančev, D., Torbica, A. (2011). Similarity of cultivars of wheat (*Tr. durum*) on the basis of composition of gliadin alleles. *Genetika*. 43 (3):527-536.
- Hurkman, W. J., Wood, D. F. (2011). High temperature during grain fill alters the morphology of protein and starch deposits in the starchy endosperm cells of developing wheat (*Tr. aestivum* L.) grain. *J.Agric.&Food Chem.* 59: 4938-4946.

- Knezevic, D., Rosandic, A., Kondic, D., Radosavac, A., Rajkovic, D. (2017): Effect of gluten formation on wheat quality. *Columella – Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 4. (1):169-174.
- Menkovska, M., Knežević, D., Ivanoski, M. (2002): Protein allelic composition, dough rheology, and baking characteristics of flour mill streams from wheat cultivars with known and varied baking qualities. *Cereal Chemistry*. 79 (5):720-725.
- Metakovsky, E. V., Knežević, D., Javornik Branka (1991): Gliadin allele composition of Yugoslav winter wheat cultivars. *Euphytica*. 54:285-295.
- Moldestad, A., Mosleth F., E., Hoel, B., Skjelvag, A. O., Uhlen, A.K.(2011):Effect of temperature variation during grain filling on wheat gluten resistance. *J. Cer. Sci.*, 53: 347-354.
- Payne, P. (1987): Genetics of wheat storage proteins and effect of allelic variation on bread-making quality. *Ann.Rev.Plants Physiol.*, 38:141-153.
- Sozinov, A.A., Popereya F.A. (1980): Genetic Classification of Prolamins and Its Use for Plant Breeding. *Annales de Technologie Agricole*, 28, 229-245.
- Shewry, P. R. (2007): Improving the protein content and composition of cereal grain. *Journal of Cereal Science*, 46: 239 – 250.
- Zečević, V., Knežević, D., Bošković, J., Madić, M. (2009): Effect of genotype and environment on wheat quality. *Genetika*, 41: 247 -253.
- Wrigley, C.W., Bekes, F., Bushuk, W. (2006). Gluten: a balance of gliadin and glutenin. In: Wrigley C, Bekes F, Bushuk W (eds) Gliadin and glutenin. The unique balance of wheat quality. AACC Int Press, St Paul, pp. 3–32

## ANALYSIS OF PROTEIN IN SEED OF WHEAT (*Triticum aestivum* L.)

*Desimir Knežević<sup>1</sup>, Aleksandar Paunović<sup>2</sup>, Pavle Mašković<sup>2</sup>,  
Mirjana Menkovska<sup>3</sup>, Danijela Kondić<sup>4</sup>, Milica Zelenika<sup>2</sup>, Milomirka Madić<sup>2</sup>,  
Vesna Djurović<sup>2</sup>, Veselinka Zečević<sup>3</sup>*

### Abstract

The protein in seed of wheat play a major role in determining the quality of wheat. The aim is to study the variability of the composition of the gene alleles of gliadins, and the glutenin content, total protein content and dry gluten in bread wheat genotypes. For this study were used seed of bread wheat genotypes grown in two years with different weather conditions. The results showed differences between varieties according to the composition of gliadin and glutenin, and according to the obtained values for the

<sup>1</sup>University of Priština, Faculty of Agriculture, Kosovska Mitrovica - Lesak, Kopaonicka bb, 38219 Lesak, Kosovo and Metohija, Serbia, e-adresa:deskoa@ptt.rs

<sup>2</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia

<sup>3</sup>Ss. Cyril and Methodius University, Inst.of Animal Sci., Dept. Food Techn.&Biotechn, Skopje, Macedonia

<sup>4</sup>University of Banja Luci, Faculty of Agriculture, Banja Luka, Bulevar Vojvode Petra Bojovića 1A, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

<sup>5</sup>University John Naissbit, Belgrade, Faculty for Biopharming, Bačka Topola, Marsala Tita 2, Serbia.

content of protein and gluten content. At the three *Glu-1* loci were identified nine alleles, while at the three *Gli-1* loci 13 alleles and at the three *Gli-2* loci were identified 16 alleles. Composition of identified alleles was different in the wheat genotypes, and composition of glutenin alleles was specific for seven genotypes while three genotypes (G-3539/03, Poljana and G-3602/03) possessed the same allele (*b, c, d*). The protein and gluten content is varied depending on the genotype and environmental factors, The genotypes G-3602/03 had the lowest contents of protein 11,6% and gluten 10.018, while G-3539/03 had the highest content of protein 15.00% and dry gluten 14.086% in both years of experiment. Varying the content and composition of proteins is correlated with the properties of wheat quality.

**Key words:** wheat, alleles, proteins, quality, breeding

## MOBILNA APLIKACIJA ZA IZRAČUNAVANJE KOLIČINE SEMENA ZA SETVU

*Dušan Marković<sup>1</sup>, Dalibor Tomić<sup>1</sup>, Vladeta Stevović<sup>1</sup>,  
Uroš Pešović<sup>2</sup>, Siniša Randić<sup>2</sup>*

**Izvod:** Namena mobilnih aplikacija, koje se izvršavaju na mobilnim uređajima kao što su pametni telefonima, podrazumeva njihovu dostupnost korisnicima dok su u pokretu, tako da se one sve više koriste u mnogim oblastima ljudske delatnosti. Cilj rada je bio izrada mobilne aplikacije za brzo i jednostavno izračunavanje potrebne količine semena za setvu ratarskih i krmnih kultura. Mobilna aplikacija omogućuje krajnjim korisnicima da brzo i efikasno nakon unošenja potrebnih podataka o kvalitetu semena i uslovima na terenu dobiju preciznu uslugu, odnosno izračunatu optimalnu količinu semena za setvu. Navedena aplikacija je postavljena uz pretpostavku da je moguća njena integracija u širi informacioni sistem, tako da bi se dalja istraživanja mogla odvijati u pravcu realizacije servisne podrške preko Interneta odnosno Cloud sistema koja bi korisnicima pružala i druge stručne informacije.

**Ključne reči:** mobilna aplikacija, seme, setvena norma.

### Uvod

Pravilno određivanje količine semena (norme setve) za zasnivanje krmnih i ratarskih kultura ima veliki značaj za dobijanje adekvatne gustine useva (broj biljaka po jedinici površine), što omogućuje postizanje visokih prinosa dobrog kvaliteta (Bokan, 2003.). Setvom je potrebno obezbediti što ravnomerniji raspored semena, da bi nakon nicanja biljke imale potreban prostor za rast i razviće (Paunović i Madić, 2011.). Pravilnim određivanjem setvene norme se povećava prinos crvene deteline (Barać et al., 2011.), žutog zvezdana (Petrović et al., 2011.), heljde (Nožinić, 2009.), ječma i ovsu (Jelić et al., 2007.). Različiti literaturni podaci o tehnologiji gajenja pojedinih useva, govore o količini semena koja se najčešće preporučuje za zasnivanje useva određene namene. Međutim kako optimalna količina semena nekog useva za setvu zavisi od niza faktora, jedini ispravan način za određivanje setvene norme jeste konkretno izračunavanje količine semena u svakom pojedinačnom slučaju, na osnovu kvaliteta semena i aktuelnih podataka sa terena.

Najznačajniji faktori koji utiču na količinu semena za setvu su: broj biljaka po jedinici površine, krupnoća semena, klijavost, čistoća, upotrebna vrednost semena, pripremljenost zemljišta, vreme setve i način setve (Kovačević i Milić, 2006.). Broj biljaka po jedinici površine zavisi od biljne vrste, odnosno sorte ili hibrida i od namene useva. Npr. pšenica se seje u gustini od 5-7 miliona biljaka ha<sup>-1</sup>, kukuruz za zrno u gustini 50 000-70 000 biljaka ha<sup>-1</sup>, a kukuruz za silažu u gustini i do preko 100 000 biljaka ha<sup>-1</sup>. U skladu sa tim,

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, 32000 Čačak, Srbija (dusan.markovic@kg.ac.rs, dalibort@kg.ac.rs, vladeta@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija (pesovic@ftn.kg.ac.rs, rasin@ftn.kg.ac.rs).

ako je seme krupnije, potrebna je veća norma setve. Takođe, ako seme ima manju klijavost i čistoću, odnosno manju upotrebnu vrednost, biće potrebna veća setvena norma. Setvenu normu treba povećati i kada se setva odvija izvan optimalnog roka, kada je zemljište loše pripremljeno i kada se setva obavlja omašno.

Kako se potrebna količina semena za setvu izračunava na osnovu njegovih karakteristika, postojala je potreba da se u ovu svrhu obezbedi jedan vid informatičke podrške. Tako bi korisnici efikasno i prema potrebi mogli dobiti uslugu proračuna. Mobilno računarstvo je postalo veoma zastupljeno poslednjih godina zbog sve veće upotrebe pametnih telefona i tableta. Mobilne aplikacije predstavljaju rešenja koja su korisnicima dostupna i olakšavaju im svakodnevne aktivnosti. Cilj rada je bio da se izradi mobilna aplikacija za brzo i jednostavno izračunavanje potrebne količine semena za setvu ratarskih i krmnih kultura na osnovu utvrđenog kvaliteta semena i aktuelnog stanja na terenu.

### **Tehnologije za kreiranje mobilne aplikacije**

Mobilne aplikacije predstavljaju aplikativni softver koji je namenjen za izvršavanje na bežičnim računarskim uređajima manjih dimenzija koje karakteriše mobilnost, kao što su pametni telefoni i tablet računari.

Prema načinu razvoja mobilne aplikacije se mogu podeliti u sledeće grupacije:

- **Nativne mobilne aplikacije** su namenjene konkretnim mobilnim platformama i mogu direktno da iskoriste prednosti svih funkcionalnosti uređaja, tako da daju najbolji mogući rezultat što se tiče performansi sistema prilikom izvršavanja. Nedostatak ovog pristupa je veći troškovi razvoja i održavanja više verzija aplikacije koje su realizovane za različite platforme.
- **Mobilne veb aplikacije** predstavljaju varijantu gde ne postoji implementacija sa direktnim pristupom uređaju kao kod nativne aplikacije, već se koriste na taj način tako što se preuzima sadržaj veb aplikacije.
- **Hibridne Mobilne aplikacije** su delom nativne a delom su veb aplikacije. One mogu koristiti mnoge dostupne funkcionalnosti uređaja kao nativna aplikacija, dok sa druge strane deo aplikacije kojem pristupaju korisnici ima izgled veb aplikacije i može biti isti za različite mobilne platforme.

Razvoj hibridnih mobilnih aplikacija može se ostvariti posredstvom posebne tehnologije pod nazivom PhoneGap. PhoneGap je HTML5 konceptualna struktura i u razvoju mobilnih aplikacija koristi JavaScript, HTML5 i CSS3, koje predstavljaju standardne tehnologije u veb svetu. U tom smislu je moguće realizovati aplikacije za mobilne platforme sa vrlo malo ili čak bez znanja programskog jezika koji pripada mobilnoj platformi već se mogu koristiti postojeća znanja o veb tehnologijama.

Raznovrsne platforme koje se mogu koristiti na mobilnim uređajima omogućavaju pristup svojim modulima pomoću JavaScript koda. Na taj način moguće je posredstvom JavaScript koda pozvati funkciju realizovanu u Java, C++ ili Objektivne C programskom jeziku koje pripadaju odabranoj platformi respektivno i tako kontrolisati rad funkcija uređaja (PhoneGap, 2017).

Prednosti korišćenja PhoneGap tehnologije kako bi se dobile hibridne aplikacije se jasno uočavaju pošto nisu isključivo samo zasnovane na HTML-u i JavaScript-u, niti

samo na karakteristikama platformi za koje su namenjene. Deo aplikacije koji se odnose na ulazno-izlazni interfejs, programsku logiku i komunikaciju sa serverom je zasnovan na HTML-u i JavaScript-u. Drugi deo aplikacije koji je zadužen za komunikaciju i upravljanje uređajem zasnovan je na programskom jeziku koji pripada odabranoj mobilnoj platformi. PhoneGap vrši premošćavanje između JavaScript okruženja i prirodnog okruženja na mobilnim platformama, na taj način što je u JavaScript kodu moguć poziv funkcija koje su povezane sa mobilnom platformom, omogućavajući tako pristup i kontrolu uređaja. U suštini PhoneGap obezbeđuje pristup komponentama mobilnog uređaja kao što su kamera, GPS, akcelerometar i druge, jednostavno samo pomoću JavaScript koda. PhoneGap konceptualna struktura prema tome obuhvata aktivnosti, koje pripadaju neposredno mobilnoj platformi, čije se funkcionisanje odvija u pozadini (Ghatol i Patel, 2012).

HTML5 i CSS3 su veb tehnologije novijeg datuma koje su učinile da veb aplikacije budu više interaktivne i bogatije sa funkcionalnostima. Navedene funkcionalnosti se pre svega odnose na više deskriptivne tagove, bolja komunikacija između veb sajtova, unapređena podrška za animacije i multimediju. CSS3 je novi standard koji se može koristiti za dizajniranje potpuno konzistentnog korisničkog interfejsa, pri čemu se izgled određenih komponenti interfejsa na taj način može definisati znatno lakše, brže i efektnije.

### Realizacija mobilne aplikacije

Realizacija u ovom slučaju podrazumeva kreiranje hibridne aplikacije koja ima svoj veb izgled odnosno korisnički interfejs, koji je isti bez obzira na platformu gde će se kasnije izvršavati. Prilikom kreiranja aplikacije korišćene su veb tehnologije uz primenu PhoneGap dodatka koji je iskorišćen da se premoste veb komponenta aplikacije i platforma na mobilnom uređaju. U prvoj verziji mobilna aplikacija je namenjena za uređaje sa Android operativnim sistemom. Ulazni podaci su parametri koji karakterišu odabrano seme, a koje korisnik unosi preko jednostavnog interfejsa. Nakon toga proračunava se potrebna količina semena preko odgovarajuće formule.

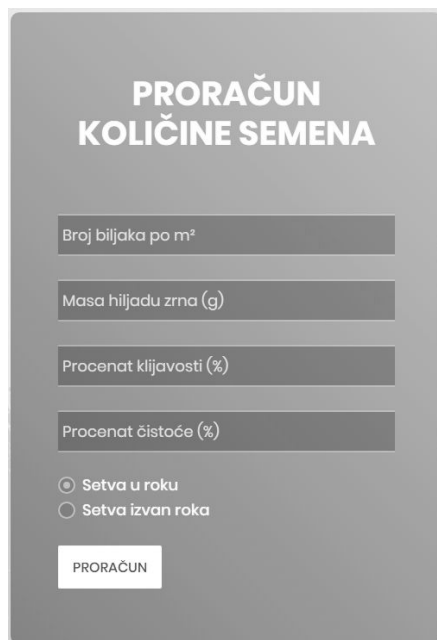
Kao što je već rečeno u uvodu, količina semena za setvu zavisi od više faktora, ali se oni ipak prema Bokan (2003.) mogu objediniti u formulu:

$$N = \frac{BB \times MHZ}{UV} \quad \text{gde je:} \quad UV = \frac{\% \text{ klijavosti} \times \% \text{ čistoće}}{100}$$

BB – broj biljaka m<sup>2</sup>, MHZ – masa hiljadu zrna (g), UV – upotrebna vrednost semena (%)

Pomenuta aplikacija koristi navedene formule za izračunavanje količine semena za setvu u optimalnim uslovima. Međutim, ukoliko se setva vrši izvan optimalnog roka, zemljište nije adekvatno pripremljeno ili se setva obavlja omašno, aplikacija je podešena tako da za svaki od navedenih faktora koji nije u optimalnim granicama, količina semena za setvu se povećava za 10 %.





PRORAČUN  
KOLIČINE SEMENA

Broj biljaka po m<sup>2</sup>

Masa hiljadu zrna (g)

Procenat klijavosti (%)

Procenat čistoće (%)

Setva u roku  
 Setva izvan roka

PRORAČUN

Slika 1. Mobilna aplikacija za proračun količine semena  
*Figure 1. Mobile application for calculation the amount of seed*

Korisnici preuzimaju i instaliraju aplikaciju na svojim Android pametnim uređajima (telefonima) i mogu je nakon toga koristiti konkretno za proračun bez potrebe za Internet pristupom. Način korišćenja aplikacije se sastoji u tome da je prilikom njenog pokretanja potrebno uneti podatke koji se nalaze na samoj deklaraciji na ambalaži semena koje posedujemo. Potrebno je uneti klijavost, čistoću i masu hiljadu zrna, kao i željeni broj biljaka m<sup>2</sup>. Nakon toga potrebno je ažurirati način setve, rok setve i uslove setve, a kao krajnji rezultat, aplikacija će dati količinu semena koju treba posejati u datim okolnostima u kg ha<sup>-1</sup>, kako bi se dobila optimalna gustina useva.

Dodatni motiv za realizaciju jedne ovakve aplikacije bila je mogućnost njene integracije u jedan širi informacioni sistem. Dalja istraživanja bi mogla ići u pravcu realizacije servisne podrške preko Interneta odnosno Cloud sistema koja bi korisnicima pružala i druge stručne informacije vezano za setvu. U ovom radu fokus je bio na aplikaciji čije se karakteristike mogu sagledati kroz jednostavno korišćenje i praktičnu upotrebnu vrednost. Stoga, postoji mogućnost da data aplikacija postane prisutna na mobilnim telefonima mnogih korisnika. U slučaju takve implementacije i ako bi došlo do realizacije dostupnog informacionog sistema za poljoprivrednike, mobilna aplikacija bi mogla biti unapređena tako da korisnici mogu dobijati sve relevantne informacije vezane za setvu na svojim mobilnim uređajima.

Na slične mogućnosti primena mobilnih aplikacija u poljoprivredi ukazuju i rezultati Singhal et al. (2011.), Mesas-Carrascosa et al. (2012.), De Silva et al. (2013.), Liu i Koc (2013.), Bartlett et al. (2015.).

### **Zaključak**

Pravilno normiranje semena pri zasnivanju ratarskih i krmnih useva u određenim uslovima je osnova za postizanje visokih prinosa zadovoljavajućeg kvaliteta. Kako se potrebna količina semena za setvu izračunava na osnovu njegovih karakteristika, za ovu namenu je razvijena informatička podrška. Mobilno računarstvo je postalo veoma zastupljeno poslednjih godina zbog sve veće upotrebe pametnih telefona i tableta. Mobilne aplikacije predstavljaju rešenja koja su korisnicima dostupna i olakšavaju im svakodnevne aktivnosti. Jedna takva mobilna aplikacija, za brzo i jednostavno izračunavanje potrebne količine semena za setvu ratarskih i krmnih kultura, na osnovu utvrđenog kvaliteta semena i aktuelnog stanja na terenu, razvijena je i opisana u ovom radu. Ona omogućuje krajnjim korisnicima da brzo i efikasno nakon unošenja potrebnih podataka o kvalitetu semena i uslovima na terenu dobiju preciznu uslugu, odnosno izračunatu najoptimalniju količinu semena za setvu. Navedena aplikacija bi mogla biti integrisana u širi informacioni sistem, tako da bi dalja istraživanja mogla ići u pravcu realizacije servisne podrške preko Interneta odnosno Cloud sistema koja bi korisnicima pružala i druge stručne informacije.

### **Napomena**

Rad je realizovan u okviru projekta TR 32043, finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za period 2011-2018.

### **Literatura**

- Barać R., Duronić G., Karagić Đ., Vasiljević S., Milošević B. (2011). Uticaj međurednog rastojanja i setvene norme na prinos semena i suve materije. *Ratarstvo i Povrtarstvo*, 48: 155-160.
- Bartlett A.C., Andales A.A., Arabi M., Bauder T.A. (2015). A smartphone app to extend use of a cloud-based irrigation scheduling tool, *Computers and Electronics in Agriculture*, 111: 127-130.
- Bokan N. (2003). Norma semena za setvu. *Opšte ratarstvo*. Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, pp. 84.
- De Silva L.N.C., Goonetillake J.S., Wikramanayake G.N., Ginige A. (2013). Farmer Response towards the Initial Agriculture Information Dissemination Mobile Prototype. In: Murgante B. et al. (eds) *Computational Science and Its Applications - ICCSA 2013*. ICCSA 2013. *Lecture Notes in Computer Science*, 7971: 264-278, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Ghatol R., Patel Y. (2013). *Beginning PhoneGap: Mobile Web Framework for JavaScript and HTML5*. p. 344, Apress.
- Hogan B. (2013). *HTML5 and CSS3*, Second Edition. p. 314, Pragmatic Bookshelf.
- Jelić M., Đalović I., Savić N., Knežević D. (2007). Uticaj količine semena i doze azotnih đubriva na prinos i kvalitet zrna krmnog ozimog ječma i ovsu. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 44(1): 481-486.
- Kovačević D., Milić V. (2006). Količina semena za setvu. *Praktikum iz opšteg ratarstva*. Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Poljoprivredni fakultet, 37-38.

- Liu B., Koc A. (2013). Safe Driving: A mobile application for tractor rollover detection and emergency reporting. *Computers and Electronics in Agriculture*, 98: 117-120.
- Mesas-Carrascosa F. J., Castillejo-González I. L., De la Orden M. S., García-Ferrer A. (2012). Real-time mobile phone application to support land policy, *Computers and Electronics in Agriculture*, 85: 109-111.
- Nožinić M. (2009). Uticaj međurednog razmaka na prinose i kvalitet heljde, *Selekcija i semenarstvo*, 15(2): 53-62.
- Paunović A., Madić M. (2011). Način setve, količina semena i gustina setve. *Ječam. Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku*, 188-190.
- PhoneGap. <http://phonegap.com/>, posledja poseta 27.12.2017.
- Petrović S., Vučković S., Simić A. (2011). Stand density effects on birdsfoot trefoil herbage yield grown for combined usage. *Biotechnology in Animal Husbandry. Institute for Animal Husbandry*, 27(4): 1523-1530.
- Singhal M., Verma K., Shukla A. (2011). *Krishi Ville - Android based solution for Indian agriculture. 2011 Fifth IEEE International Conference on Advanced Telecommunication Systems and Networks (ANTS)*, 1-5, Bangalore, India.

## **MOBILE APPLICATION FOR CALCULATING THE AMOUNT OF SEED FOR SOWING**

*Dušan Marković<sup>1</sup>, Dalibor Tomić<sup>1</sup>, Vladeta Stevović<sup>1</sup>,  
Uroš Pešović<sup>2</sup>, Siniša Randić<sup>2</sup>*

### **Abstract**

The purpose of mobile applications, designed to run on mobile devices such as smart phones, implies their availability to users while on the move, so that they are increasingly used in many areas of human activities. The aim of the study was development of mobile applications for quickly and easily calculation of the required quantity of seed for sowing of field and forage crops. Mobile application allows end users to enter the required input data about the quality of the seed and the field conditions. After that users immediately and efficiently get result which represents the calculated the optimal seed amount for sowing. This mobile application was set on the assumption that its integration into a wider information system is possible, so further research could take place in order to realize service support over the Internet and Cloud system that would provide to users other professional information.

**Key words:** mobile application, seed, sowing norm

---

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy in Čačak, Cara Dušana 34, 32000 Čačak, Srbija (dusan.markovic@kg.ac.rs, dalibort@kg.ac.rs, vladeta@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>University of Kragujevac, Faculty of technical sciences Čačak, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija (pesovic@ftn.kg.ac.rs, rasin@ftn.kg.ac.rs).

## RAZMATRANJE NEKIH AGROEKOLOŠKIH USLOVA I ODLIKA PODRUČJA OPŠTINE KNIĆ ZA RATARSKU PROIZVODNJU

*Aleksandar Paunović<sup>1</sup>, Goran Dugalić<sup>1</sup>, Desimir Knežević<sup>2</sup>,  
Milomirka Madić<sup>1</sup>, Vladanka Stupar<sup>3</sup>*

**Izvod:** Opština Knić ima 36 naseljenih mesta u kojima u okviru 4.761 domaćinstva živi 13.655 stanovnika. Od ukupnog broja domaćinstava 60,34% su registrovana poljoprivredna gazdinstva a status aktivnih poljoprivrednih gazdinstava ima 41,50% što predstavlja nezadovoljavajući procenat za ubrzaniji razvoj poljoprivredne proizvodnje. U atarima kotlinskih naselja prisutna su najplodnija zemljišta, a u atarima sela u pobrđima kotline rasprostranjena su zemljišta niže plodnosti i za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju se moraju popraviti. Klimatske karakteristike su pogodne za raznovrstnu ratarsku proizvodnju uz potrebu obezbeđenja uslova za navodnjavanje.

**Ključne reči:** opština Knić, klima, zemljište, ruralno područje.

### Uvod

Opština Knić nalazi se na 43°55'43" geografske širine i 20°42'54" geografske dužine. Pripada Šumadijskom okrugu, okružena gradovima Kragujevac, Kraljevo, Čačak i opštinom Gornji Milanovac. Na teritoriji opštine Knić poljoprivredna proizvodnja predstavlja osnovnu delatnost stanovništva. Od presudnog značaja za razvoj opštine je unapređenje primarne poljoprivredne proizvodnje i prehrambene industrije. Cilj rada je sagledavanje klimatskih i zemljišnih karakteristika kao i antropogenih uslova na teritoriji opštine Knić kao osnovnih faktora koji utiču na povećanje obima i kvaliteta ratarske proizvodnje.

### Klimatske i zemljišne karakteristike sa gledišta uspevanja biljaka

**Klima područja opštine Knić** - može se okarakterisati kao umereno-kontinentalna sa godišnjom prosečnom temperaturom od 9°C do 11°C i srednjom godišnjom količinom padavina, u zavisnosti od položaja i nadmorske visine, od 700 do 1000 mm (na gornjim višim delovima planinskih masiva). Klimu područja karakterišu relativno topla leta (jul je najtopliji mesec) i umereno hladna i relativno snegovita zima (januar je najhladniji mesec). Naročito je karakteristična duga jesen, koja se često produžava, posle kratke, vlažne i hladne periode, do meseca decembra. Blaga jesenja klima naročito je pogodna za poljoprivrednike. Na kraju zime, nekada još i u jesen, duva hladna i suva, često ledena košava ogromnom silinom, sa udarcima na mahove, više dana, čak jednu, dve ili tri sedmice, donoseći vedrinu, suvoću i hladnoću, čineći veliku štetu vegetaciji. Sudeći po visinama temperatura u pojedinim mesecima može se konstatovati da su temperaturni uslovi ovog područja povoljni za gajenje velikog broja

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija ([aco@kg.ac.rs](mailto:aco@kg.ac.rs));

<sup>2</sup>Univerzitet u Prištini sa privremenim sedištem u Kosovskoj Mitrovici, Poljoprivredni fakultet u Lešku,

Kopaonička bb, Lešak, Srbija;

<sup>3</sup>Visoka tehnička škola strukovnih studija Požarevac, Nemašina 2, Požarevac, Srbija

ratarskih biljnih vrsta, normalno u zavisnosti od nadmorske visine, reljefa i ekspozicije. Iako ukupna godišnja količina padavina u ovom području nije mala, njen raspored u vegetacionom periodu je neravnomeran. Najmanja količina padavina za višegodišnji prosek javlja se u julu i avgustu kada su potrebe naročito jarih (prolećnih) biljaka za vodom najveće. Proleće je relativno dobro obezbeđeno padavinama ali je u letnjem periodu deficit padavina, naročito poslednjih godina, još praćen visokim temperaturama pa se ekonomski opravdani prinosi gajenih biljaka ne mogu ni zamisliti bez navodnjavanja, krajem juna, a naročito u julu i avgustu mesecu (Paunović i Dugalić, 2015).

**Zemljišta na teritoriji opštine Knić** - Prema navodima Paunovića i Dugalića (2015) obradivo zemljište, na kome se odvija najintenzivnija poljoprivredna proizvodnja, zauzima površinu oko 60% od ukupne teritorije. Za poljoprivredu ovog kraja najveći značaj imaju najplodnija zemljišta predstavljena aluvijalnim, dolinskim livadskim zemljištima, smonicama, gajnjačama, pseudoglejnim i lesiviranim zemljištima. Aluvijalna zemljišta (fluvisoli) rasprostranjeni su na na oko 2.500 ha na aluvijalnoj terasi reke Gruže i uzanim aluvijalnim terasama njenih većih pritoka. Uglavnom se radi o plitkom do srednje dubokom više karbonatnom fluvisolu na kome se najviše gaji kukuruz u plodoredu sa strnim žitima, od povrća najviše kupus i krompir, a od biljaka za stočnu hranu najviše lucerka. To su, po mehaničkom sastavu, prilično laka zemljišta, slabo obezbeđena humusom (2,0 do 2,5%), neutralne do slabo alkalne hemijske reakcije. Često nisu zaštićeni od plavljenja, pa se pri razlivanju reka plave. Na ovim zemljištima moguće je organizovati veću povrtarsku proizvodnju, mada količina vode u reci Gruži i njenim pritokama nisu velike da bi se obezbedilo kvalitetno navodnjavanje. Aluvijalna zemljišta nešto dalje od rečnog korita prelaze postepeno u dolinska livadska zemljišta tzv. livadske crnice. Smatra se da ovih zemljišta na teritoriji ima oko 1000 ha.

Livadske crnice se koriste kao prirodne livade koje daju travu dobrog kvaliteta, ali se sve više razoravaju radi gajenja kukuruza, strnih žita, lucerke, a polako postaju i najvažnija baštensko-povrtarska zemljišta. Ona su nešto težeg mehaničkog sastava od aluvijalnih zemljišta sa većim sadržajem humusa, a imaju uglavnom neutralnu ili slabo kiselu reakciju, pa se ovde najviše radi o izluženim livadskim crnicama. Na talasastom reljefu, a i na nešto višim nagibima Gružanske kotline, na jezerskim sedimentima težeg mehaničkog sastava, rasprostranjene su smonice (vertisoli) koje su po površinama najviše zastupljene u ovim krajevima (oko 30% površine svih zemljišta). Karakterišu se teškim mehaničkim sastavom, ali su to dosta plodna zemljišta sa većim sadržajem humusa, neutralne ili slabo kisele hemijske reakcije. Tipična smonica zauzima najveću površinu u atarima sela Bumbarevog Brda, Pretoke, Borača, Bajčetine, Bara, Leskovca, Guberevca, varošice Knić i Toponice. Sadržaj humusa u površinskom sloju do 20 cm kod ovih smonica iznosi od 3,0 do 5,0%. Na brežuljkastom reljefu, po obodu Gružanske kotline, smonica je izložena eroziji i predstavljena je brojnim varijetetima. Od podtipova smonice najviše je rasprostranjena plitka smonica, naročito u atarima sela Vrbeta i Zabojnica. Znatne površine zauzima i lesivirana smonica koja je najviše rasprostranjena u severoistočnom delu Gružanske kotline (Grivac, Zabojnica, Kneževac, i Kikojevac) i zapadnom delu u atarima sela Bumbarevo Brdo, Pretoke, Toponica i Bačevica. Ove smonice se karakterišu manjim sadržajem humusa, uglavnom slabo kiselim hemijskom reakcijom, teške su za obradu ali su dobro obezbeđene najvažnijim biljnim hranivima. Različiti varijeteti lesiviranih smonica rasprostranjeni su i u atarima sela Pretoke, Guncati, varošica Knić, Gruža i Vučkovića, a i na severoistočnim padinama Kotlenika, u atarima sela Pajsijević i Leskovac. Na nešto propusnim supstratima blago talasastog

reljefa (do 500 m n.v.) komplekse smonica smenjuje gajnjača (eutrični kambisol) (Paunović i Dugalić, 2015).

Tipična gajnjača sreće se na teritoriji varošice Knić, Grivaca, Čestina, Raškovića, Lipnice, itd. Tipične gajnjače ovog područja imaju sivo smeđu boju humusnog horizonta često prošaranu rudom nijansom, pokazuju osrednje fizičke i osrednje hemijske osobine a na njima dobro uspevaju kukuruz i pšenica, razne vrste voća, biljke za stočnu hranu, a bolje su za gajenje jarih nego ozimih useva zbog korišćenja rezervi zimske vlage u toku vegetacionog perioda. Pored tipične gajnjače mnogo veće površine zauzima podtip lesivirane gajnjače, koja ima lošije agrofizičke i agrohemijske osobine od tipične gajnjače, sadrži manje humusa, pokazuje slabo kiselu reakciju i ima manji sadržaj najvažnijih hraniva za ishranu biljaka.

Prema navodima Paunovića i Dugalića (2015) lesivirane gajnjače rasprostranjene su u vidu širokog pojasa sa obe strane doline reke Gruže na ravnom i blago nagnutim reljefu gde je oticanje površinske vode usporeno. Nešto kiseliji varijeteti lesiviranih gajnjača prostiru se u atarima sela Oplanića, Brestovca, Konjuše, Raškovića, Dubrave, Brnjice i Ljubića. U jugozapadnom delu Gužanske kotline kao i na istočnim padinama Kotlenika, oko srednjih tokova Minjuše, Kotlenjače i drugih manjih vodotokova, raprostranjene su oaze pseudoglejnih zemljišta, kod poljoprivrednih proizvođača poznate kao „beljuge“ (oko 5,0%). To su zemljišta siromašna humusom, kisele hemijske reakcije, lošeg vodno-vazdušnog režima, pa za postizanje viših prinosa moraju se popraviti. Na višim delovima Kotlenika rasprostranjena su kiselo-smeđa zemljišta na andezitu, naročito u atarima sela Borač, Konjuša, Leskovac, Pajsijević, Guberevac i dr. Na ivičnim delovima Gledičkih planina raprostranjena su lakša skeletna zemljišta rendzine i sirozemi, najviše u atarima sela Čestina, Lipnice, Bajčetine, Vrbete, Ljubića i dr. Na skeletnim rendzinama, u zavisnosti od mesta nalaženja, naročito onih na laporovitim sedimentima mogu se gajiti ovas, sejane livade, a na nekima i voće, naročito šljive. U gruzanskoj kotlini prvu klasu čine visokoproduktivna zemljišta bez ograničenja u iskorišćavanju u intenzivnoj biljnoj proizvodnji, ona zauzimaju površinu oko 2,8% u odnosu na ukupnu površinu svih zemljišta teritorije. U drugu klasu spadaju zemljišta srednjih proizvodnih mogućnosti i malih ograničenja u biljnoj proizvodnji i rasprostranjena su na oko 13% ukupne teritorije. Tako, prve dve klase zemljišta predstavljaju najkvalitetnija zemljišta a najveće površine se sreću u atarima kotlinskih naselja (Vučkovića, Grabovac, Knić, Radmilović i dr.). U treću i četvrtu klasu svrstana su zemljišta sa slabijim proizvodnim osobinama i za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju se moraju popraviti. Zemljišta treće i četvrte katastarske klase pokrivaju najvećim delom pobrđa po obodu kotline, to su ujedno i najrasprostranjenija zemljišta ovog kraja, zauzimaju oko 25% površine zemljišta treće klase i oko 21% zemljišta četvrte klase. Peta klasa predstavlja zemljišta koja su ograničena za korišćenje u ratarstvu, uglavnom su obrasla prirodnim travnjacima i šumama a zbog izloženosti eroziji samo na manjim nagibima seje se ovas i krompir. Zemljišta pete klase rasprostranjena su na oko 15% površine, najviše na padinama Kotlenika i Gledičkih planina. Zemljišta šeste i sedme bonitetne klase najviše su rasprostranjena na područjima brdsko-planinskih sela, naročito u atarima Konjuše, Leskovca, Pajsijevića, Borče i Bajčetine. Ova zemljišta su tipično predstavljena plitkim humusnim horizontom, rasprostranjena su na navećim nagibima i zauzimaju površinu oko 16%.

Tabela 1. Pregled katastarskih opština, Republički geodetski zavod, Beograd, 2001, Popis stanovništva, domaćinstava i stanova, Republički zavod za statistiku, Beograd, 2011, Broj registrovanih poljoprivrednih gazdinstava, Uprava za trezor, Beograd, 2015. *Table 1. Overview of cadastral municipalities, Republic Geodetic Institute, Belgrade, 2001, Population Census, Households and Flats, Statistical Office of the Republic of Serbia, Belgrade, 2011, Number of registered agricultural holdings, Management of Treasury, Belgrade, 2015.*

Naseljena mesta opštine Knić/Populated places of Knić municipality						
Naseljena mesta <i>Populated places</i>	Površina, ha. <i>Surface, ha.</i>	Ukupan broj stanovnika <i>The total number of inhabitants</i>	Ukupan broj domaćinstava <i>Total number of households</i>	Broj registrovanih poljoprivrednih gazdinstava <i>Number of registered agricultural holdings</i>		
				Ukupno <i>Total</i>	Aktivni <i>Active</i>	Pasivni <i>Passive</i>
1. Bajčetina	748	32	18	10	2	8
2. Balosave	1009	375	129	76	48	28
3. Bare	871	320	119	71	48	23
4. Bečevica	1122	282	103	101	71	30
5. Borač	3055	601	203	157	117	40
6. Brestovac	618	182	52	46	34	12
7. Brnjica	814	292	91	70	55	15
8. Bumbarevo Brdo	694	459	130	84	66	18
9. Vrbeta	724	133	48	39	24	15
10. Vučkovića	1612	688	227	126	94	32
11. Grabovac	976	787	252	66	46	20
12. Grivac	989	371	122	94	66	28
13. Gruža	19	154	61	21	14	7
14. Guberevac	2319	154	264	118	73	45
15. Guncati	2602	830	273	193	140	53
16. Dragušica	446	219	66	50	37	13
17. Dubrava	252	125	42	36	27	9
18. Žunje	749	216	77	45	25	20
19. Zabojnica	1306	378	118	96	68	28
20. Kikojevac	531	165	49	36	26	10
21. Kneževac	620	196	63	46	31	15
22. Knić-varošica	2716	2166	720	264	172	92
23. Konjuša	721	156	51	40	27	13
24. Kusovac	432	168	52	43	29	14
25. Leskovac	1630	255	90	56	42	14
26. Lipnica	1440	463	175	83	55	28
27. Ljubić	882	385	120	59	44	15
28. Ljuljaci	1100	323	116	78	50	28
29. Oplanić	861	408	114	93	61	32
30. Pasijević	2390	461	158	102	68	34
31. Pretoke	1587	440	170	128	94	34
32. Radmilović	657	230	68	64	53	11
33. Rašković	639	196	61	52	37	15
34. Sumorovac	481	106	35	23	15	8
35. Toponica	731	344	112	73	55	18
36. Čestin	2965	595	212	98	62	36
<b>Ukupno/Total:</b>	<b>41.308</b>	<b>13.655</b>	<b>4.761</b>	<b>2837</b>	<b>1976</b>	<b>861</b>

Zemljišta šeste i sedme bonitetne klase obrasla su šumama i prirodnim travnjacima, na kojima rastu trave lošeg kvaliteta. Najmanje površine zauzimaju zemljišta osme bonitetne klase i zastupljena u ataru sela Bajčetina, a to su ujedno zemljišta koja se nalaze na najvišim terenima i ekspozicijama. Na teritoriji trideset šest sela koja teritorijalno pripadaju opštini Knić najviše su zastupljena zemljišta treće i četvrte bonitetne klase, ona čine oko 45,0% površine svih zemljišta, a najveću produktivnu sposobnost imaju zemljišta prve i druge klase, koja čine 16,0% ukupne površine svih zemljišta.

### **Karakteristika područja opštine Knić**

Najčešći pristup u definisanju ruralnih i urbanih područja zasniva se na teritorijalnoj podeli gde se manje administrativne jedinice smatraju ruralnim, dok se gradovi smatraju urbanim područjima. Metodologija kojom se definišu ruralna područja je metodologija OECD koja je u najširoj primeni. Zasnovana je na utvrđivanju gustine populacije, prema kojoj se lokalne jedinice (npr. opštine) označavaju kao ruralne ukoliko je gustina naseljenosti ispod 150 stanovnika po jednom kvadratnom kilometru. U Republici Srbiji do sada nije zvanično izvršena podela na urbana i ruralna područja primenom OECD ili neke druge metodologije. S obzirom da je na prostoru opštine Knić gustina naseljenosti ispod 150 stanovnika po km<sup>2</sup> (prosečna naseljenost je 33 stanovnika po 1 km<sup>2</sup>, odnosno 13.655 stanovnika živi na ukupnoj površini od 413 km<sup>2</sup>) to se ovaj prostor shodno metodologiji OECD može tretirati kao seoski ili ruralni (Paunović i Dugalić, 2015).

Analizom podataka prikazanih u Tab. 1 uočava se da je od ukupnog broja domaćinstava na prostoru 36 katastarskih opština (4.761 domaćinstava) broj registrovanih poljoprivrednih gazdinstava je 2.837 ili 60,34% od čega 1.976 gazdinstava ima status aktivnih poljoprivrednih gazdinstava ili 41,50% što je nezadovoljavajući procenat za ubrzaniji razvoj poljoprivredne proizvodnje. Registracija poljoprivrednih gazdinstava ima za cilj da Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine Republike Srbije tačno prepozna korisnike agrarnog budžeta kako bi racionalnije sprovelo mere za podsticanje razvoja poljoprivredne proizvodnje i uspostavilo direktan kontakt sa proizvođačima bez posrednika. Upis poljoprivrednih gazdinstava je dobrovoljan, besplatan i nije vezan za rok, pri čemu samo registrovana poljoprivredna gazdinstva imaju pravo da koriste sredstva namenjena za premije, subvencije i kreditiranje koja se isplaćuju iz budžeta Republike Srbije kao i druge usluge državnih savetodavnih službi.

### **Zaključak**

Na teritoriji opštine Knić prisutni su povoljni klimatski uslovi za većinu vrsta ratarskih biljaka. Poljoprivredna zemljišta (I i II klasa: oko 16%) rasprostranjena su u atarima kotlinskih sela i pogodna su za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju. Zemljišta sa slabijim proizvodnim osobinama za intenzivnu proizvodnju (III i IV klasa: oko 45%) zahtevaju određene mere popravke, a zemljišta V (oko 15%), VI i VII (oko 16%) i VIII bonitetne klase najviše su rasprostranjena na područjima brdsko-planinskih sela i najčešće su obrasla šumama i prirodnim travnjacima. Od ukupnog broja domaćinstava na teritoriji opštine Knić (4.761) poljoprivrednu proizvodnju je registrovalo 60,34% gazdinstava od čega 1.976 gazdinstava ili 41,50% ima status aktivnih poljoprivrednih gazdinstava što je nezadovoljavajući procenat za ubrzaniji razvoj poljoprivredne proizvodnje.



## Napomena

Rad predstavlja deo sprovedenih proučavanja pri izradi strateškog Master plana održivog razvoja Gruže i Rudničke Morave 2015-2025 kao i istraživanja na projektima: Izučavanje genetičke osnove poboljšanja prinosa i kvaliteta strnih žita u različitim ekološkim uslovima, TR 31092 i Razvoj novih tehnologija gajenja strnih žita na kiselim zemljištima primenom savremene biotehnologije, TR-31054, koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## Literatura

- Kolektiv autora (2015): Strateški master plan održivog razvoja Gruže i Rudničke Morave od 2015 do 2025, poglavlje Poljoprivreda (autori: Paunović, A., Dugalić, G.). Udruženje građana Urbana bezbednost, Kragujevac, 373-473.
- Republički geodetski zavod, Beograd (2001): Pregled katastarskih opština koje pripadaju teritoriji opštine Knić.
- Republički zavod za statistiku, Beograd (2011): Popis stanovništva, domaćinstava i stanova u Republici Srbiji.
- Uprava za trezor Ministarstva finansija R. Srbije, Beograd (2015): Broj registrovanih poljoprivrednih gazdinstava.

## REVIEW OF SOME AGROECOLOGICAL CONDITIONS AND SURFACE OF THE MUNICIPALITY OF KNIĆ FOR CROP PRODUCTION

*Aleksandar Paunović<sup>1</sup>, Goran Dugalić<sup>1</sup>, Desimir Knežević<sup>2</sup>,  
Milomirka Madić<sup>1</sup>, Vladanka Stupar<sup>3</sup>*

### Abstract

The Knić Municipality has 36 populated places where there are 13,655 inhabitants in 4,761 households. Of the total number of households, 60.34% are registered agricultural holdings, while the status of active agricultural holdings is 41.50%, which represents an unsatisfactory percentage for accelerated development of agricultural production. In the parts of the cottage settlements, the most fertile soils are present, and in parts of the villages in the hills of the basin, the areas of lower fertility are widespread, and for intensive agricultural production they have to be repaired. Climatic characteristics are suitable for a variety of crop production with the need to provide irrigation conditions.

**Key words:** Knić municipality, climate, land, rural area

---

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia ([aco@kg.ac.rs](mailto:aco@kg.ac.rs))

<sup>2</sup>University of Priština-Kosovska Mitrovica, Faculty of Agriculture, Lešak, Kopaonička bb, Lešak, Serbia

<sup>3</sup>High technical school of Požarevac professional study, Nemašina 2, Požarevac, Serbia

## BROJNOST I ZNAČAJ AKTINOMICETA U ZEMLJIŠTU U FAZI FIZIOLOŠKE ZRELOSTI ZRNA KUKURUZA (*Zea mays* L.)

Ljubica Šarčević<sup>1</sup>, Todosijević<sup>1</sup>, Ljubiša Živanović<sup>2</sup>, Bojana Petrović<sup>1</sup>,  
Tatjana Marinković<sup>1</sup>, Vera Popović<sup>3</sup>

**Izvod:** U ovom radu, određena je brojnost aktinomiceta, veoma raznovrsne grupe mikroorganizama, koja učestvuje u transformaciji zemljišne organske materije, u zavisnosti od tipa zemljišta, količine primenjenog azotnog (N) đubriva i načina obrade zemljišta. U fazi fiziološke zrelosti zrna kukuruza, utvrđena je veća brojnost aktinomiceta u černozemu, pod usevom kukuruza, kao i stimulatívni efekat azota.

**Ključne reči:** zemljište, aktinomicete, azot, kukuruz.

### Uvod

U zemljištu žive različite grupe mikroorganizama, čija brojnost, biomasa i enzimatska aktivnost, predstavljaju najznačajnije pokazatelje plodnosti zemljišta (Jarak i sar., 2005). Mikroorganizmi koji učestvuju u procesima kruženja materije u zemljištu, uglavnom obuhvataju aerobne, anaerobne i fakultativno anaerobne bakterije i gljive (Simić, 1989; Jakovljević i Kresović, 2005). Utvrđivanje brojnosti aktinomiceta, može poslužiti kao indikator plodnosti zemljišta. Filogenetski, aktinomicete pripadaju grupi *Gram* - pozitivnih bakterija. Većina organizama ove grupe poseduje zajednička svojstva; štapićastog su do končastog oblika, aerobni organotrofi i uglavnom nepokretni u vegetativnoj fazi (Madigan et al., 1997). Postoje jednostavni oblici aktinomiceta, koji ne stvaraju micelijum, široko su rasprostranjeni u zemljištu i razvijaju se u obliku mikrokolonija, složenih parenhimatoznom masom ćelija, koje su često obojene crnom bojom. Aktinomicete sa razvijenim micelijumom od razgranatih hifa, imaju građu analognu eukariotskim gljivama, ali sa mnogo tanjim prokariotskim hifama, koje sadrže mnogo nukleoida i nisu uvek podeljene na posebne ćelije. To su zemljišni mikroorganizmi, prilagođeni na rast u relativno sušnim uslovima, sa izraženom hidroliznom aktivnošću prema različitim polimerima, a naročiti hitinoliznom aktivnošću na izumrlom gljivičnom supstratu (Đukić i Đorđević, 2004). Pored ogromne uloge koju imaju u biogeohemijskim ciklusima kruženja materije u biosferi (Odum, 1972), aktinomicete su objekat intenzivnih istraživanja u biotehnologiji zbog sposobnosti sinteze antibiotika, čija se približno polovina proizvodi od strane mikroorganizama ove grupe. Navedena sposobnost nesumnjivo osigurava ovoj grupi organizama i veću konkurentnost u prirodi (Đukić i Đorđević, 2004). Sa aspekta sanitarne mikrobiologije zemljišta, značajno je napomenuti da neke od aktinomiceta zemljišta poseduju patogena svojstva. Aktinomikozna oboljenja se relativno retko sreću, a izvor infekcije su

<sup>1</sup>Visoka zdravstveno-sanitarna škola strukovnih studija "Visan", Tošin bunar, 7a, Zemun, Beograd, Srbija ([ljisarcevic@gmail.com](mailto:ljisarcevic@gmail.com));

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Zemun, Beograd, Srbija;

<sup>3</sup>Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog, 30, Novi Sad, Srbija.

zemljište i vegetacija zagađeni prašinom (Đukić i sar., 2011). Antropogeni uticaji na mikrobne cenoze i plodnost zemljišta su veoma izraženi, pri čemu je primena azotnih đubriva jedan od najznačajnijih faktora (Albinska et al., 2002; Popović, 2010; Živanović et al; 2012; Glamočlija i sar., 2015; Popović et al., 2017).

U ovom radu, određivana je brojnost aktinomiceta u zemljištima tipa černoze i gajnjača, u fazi fiziološke zrelosti zrna kukuruza, na različitim koncentracijama primenjenog azotnog đubriva na ugaru i pod usevom kukuruza.

### Materijal i metod rada

Istraživanja uticaja tipa zemljišta i količine azota na brojnost aktinomiceta, obavljena su na dva lokaliteta, i to: istočni Srem (Institut za kukuruz „Zemun Polje“) i centralna Šumadija (Rača Kragujevačka). Poljski mikroogledi izvedeni su metodom razdeljenih parcela (split plot), u četiri ponavljanja. Istraživanjem su bila obuhvaćena sledeća tri faktora:

1. tip zemljišta (A):  
 $A_1$  – černoze (Zemun Polje),  
 $A_2$  – gajnjača (Rača Kragujevačka);
2. količina azota (B):  
 $B_1$  – kontrola (bez đubrenja),  
 $B_2 - P_{90} K_{60} N_{30} \text{ kg ha}^{-1}$  (osnova, fon),  
 $B_3 - P_{90} K_{60} N_{60} \text{ kg ha}^{-1}$ ,
3. način korišćenja zemljišta (C):  
 $C_1$  – ugar,  $C_2$  – usev  
 $B_4 - P_{90} K_{60} N_{120} \text{ kg ha}^{-1}$ ,  
 $B_5 - P_{90} K_{60} N_{180} \text{ kg ha}^{-1}$ ;

Primenjena agrotehnika na ogledima bila je standardna, kao za redovnu proizvodnju kukuruza. Mikrobiološkim analizama utvrđena je brojnost aktinomiceta. Aktinomicete su mikroorganizmi koji relativno sporo rastu. Izdvajaju se na podlogama sa skrobom i /ili glicerinom, pri visokom odnosu ugljenika prema azotu (Đukić i Đorđević, 2004). Uzorci zemljišta uzeti su (pod usevom kukuruza i na ugaru) sa dubine do 30 cm u fazi fiziološke zrelosti zrna kukuruza. Brojnost aktinomiceta ( $10^{-4}$ ) određena je standardnom indirektnom metodom zasejavanja razređenih uzoraka zemljišta na selektivnu hranjivu podlogu skrobno-amonijačni agar, a zasejani uzorci su potom inkubirani na 28°C (Knežević-Vukčević i Simić, 1999; Đukić i Mandić, 2003). Brojnost je izražena na g apsolutno suvog zemljišta. Rezultati istraživanja su obrađeni metodom deskriptivne statistike.

Tabela 1. Hemijski sastav hranjive podloge skrobno-amonijačni agar  
 Table 1. Chemical composition of nutritious substratum of starch-ammonia agar

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	2,0 g
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	1,0 g
$\text{MgSO}_4$	1,0 g
NaCl	1,0 g
$\text{CaCO}_3$	1,0 g
Skrob, Starch	10, 0 g
Agar	20,0 g
Destilovana voda, Distilled water	1000 ml

## Rezultati istraživanja i diskusija

Aktinomicete predstavljaju grupu *Gram*-pozitivnih, morfološki veoma raznovrsnih bakterija. Brojne su u mikroflori zemljišta i imaju značajnog udela u transformaciji zemljišne organske materije. Iako pripadaju grupi mikroorganizama otpornih na sušu, veća količina padavina i povećanje vlažnosti zemljišta u fazi zrenja biljke, kao i visok sadržaj zaliha organske materije u ekosistemu, uzrokuju proliferaciju aktinomiceta (Madigan et al., 1997; Đukić i sar., 2007).

Brojnost aktinomiceta u černozeu Zemun Polja, kretala se od  $0,1 - 17,7 \times 10^4 \text{ g}^{-1}$ , a u gajnjači na lokalitetu Rača Kragujevačka od  $2,1 - 9,0 \times 10^4 \text{ g}^{-1}$ . Analizom varijanse je utvrđeno da su na brojnost aktinomiceta veoma značajno uticali svi ispitivani faktori i njihove interakcije (tabela 2).

Tip zemljišta delovao je veoma značajno na brojnost aktinomiceta. U fazi fiziološke zrelosti zrna, statistički vrlo značajno veća brojnost aktinomiceta utvrđena je u černozeu (tabela 2). Hemijska svojstva černozeu uslovljena su njegovim bogatstvom u humusu i mineralnoj glini, kreču i adsorbovanom kalcijumu, zahvaljujući čemu je pH reakcija zemljišta neutralna. Izrazito veća brojnost aktinomiceta na černozeu, može se tumačiti činjenicom da aktinomicete spadaju u grupu mikroorganizama koji imaju izražen pH preferencijal prema baznim pH vrednostima. Istraživanja na više tipova zemljišta i lokacija, ukazuju da je i opšta biogenost najveća u černozeu, zatim ritskoj crnici, dok su najniže vrednosti utvrđene u pseudogleju i smonici (Milošević and Govedarica, 1997).

Na brojnost aktinomiceta značajno su uticale primenjene količine azota. Uočen je izražen efekat stimulacije azota. Najveća brojnost aktinomiceta u odnosu na kontrolu, uočena je u varijanti primene  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  ( $17,7 \times 10^4 \text{ g}^{-1}$ ), uz statistički veoma značajne razlike. Ostale primenjene količine azota, takođe su delovale stimulatивно na brojnost aktinomiceta (tabela 2).

U studiji Epanchinov-a (1975), proliferacija aktinomiceta na černozeu pod usevom kukuruza, povećala se u varijanti primene  $\text{N}_{30} \text{ kg ha}^{-1}$  u fazi 3-4 lista kukuruza. U kasnijim fazama razvika biljke, slična tendencija je uočena i nakon primene većih količina azota đubriva ( $\text{N}_{60}$ ,  $\text{N}_{120} \text{ kg/ha}$ ).

Đorđević (1998) navodi da primenjena mineralna đubriva na černozeu pod usevom kukuruza nisu uticala značajno na brojnost aktinomiceta u odnosu na kontrolu, ali je veća brojnost utvrđena u varijanti sa primenom veće količine NPK đubriva.

Na osnovu rezultata dvogodišnjih istraživanja, Šarčević (2010) i Šarčević et al., (2016), ističu da su primenjene rastuće količine azota đubriva uglavnom povećale brojnost ove grupe mikroorganizama.

Analizom varijanse je utvrđeno da je način korišćenja zemljišta (ugar ili usev) delovao značajno na brojnost aktinomiceta. U fazi fiziološke zrelosti zrna kukuruza, utvrđena je visoko signifikantno veća brojnost aktinomiceta pod usevom kukuruza (tabela 2).

Najaktivniji odnosi između biljaka i mikroorganizama uspostavljaju se u rizosferi, koja predstavlja interakciju zemljišta, biljke i mikroorganizama, odnosno zonu intenzivne mikrobiološke aktivnosti (Cvijanović, 2002).

Tabela 2. Uticaj tipa zemljišta, količine azota i načina korišćenja zemljišta na brojnost aktinomiceta ( $10^4 g^{-1}$ ) u fazi fiziološke zrelosti zrna kukuruza  
 Table 2. The influence of soil type, quantity of nitrogen and the manner of using soil on the number of actinomycetes ( $10^4 g^{-1}$ ) in the stage of physiological corn kernel maturity

Tip zemljišta (A) Soil type (A)	Količina azota (B) Quantity of nitrogen (B)	Način korišćenja zemljišta (C)		Prosek AB Average AB	Indeks (%) Index (%)		
		The manner of using soil (C)					
		Pod ugarom "Ugar"	Pod usevom "Under crop"				
Černozem "Cernozem"	Kontrola Control	3,7	0,1	1,9	28,8		
	PKN <sub>fon</sub>	7,5	5,6	6,6	100,0		
	PKN <sub>phon</sub>	0,1	6,5	3,3	50,0		
	PKN <sub>60</sub>	9,3	17,7	13,5	204,5		
	PKN <sub>180</sub>	5,1	7,2	6,2	93,9		
	Prosek AC Average AC	5,4	7,4	6,3	-		
	Indeks (%) Index (%)	100,0	137,0	-	100,0		
Gajnjača "Gajnjaca"	Kontrola Control	3,1	4,0	3,4	82,9		
	PKN <sub>fon</sub>	2,2	5,9	4,1	100,0		
	PKN <sub>phon</sub>	4,5	9,0	6,8	165,9		
	PKN <sub>60</sub>	6,4	7,0	6,7	163,4		
	PKN <sub>180</sub>	5,3	2,1	3,7	90,2		
	Prosek AC Average AC	4,3	5,6	5,0	-		
	Indeks (%) Index (%)	100,0	130,2	-	79,4		
Prosek BC Average BC	Kontrola Control	3,4	2,1	2,7	50,9		
	PKN <sub>fon</sub>	4,9	5,8	5,3	100,0		
	PKN <sub>phon</sub>	2,3	7,8	5,0	94,3		
	PKN <sub>60</sub>	7,9	12,4	10,1	190,6		
	PKN <sub>180</sub>	5,2	4,7	4,9	92,5		
	Prosek C Average C	4,7	6,5	5,6	-		
Indeks (%) Index (%)	100,0	138,3	-	-			
L S D	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
0,05	0,61	1,30	0,72	2,06	2,17	1,94	3,57
0,01	0,83	1,82	0,97	3,13	3,21	2,94	5,54

Paul and Clark (1996) navode da je u rizosferi od deset do pedeset puta veća zastupljenost mikroorganizama, a povećana brojnost mikroorganizama uslovljava i veću enzimatsku aktivnost (Jarak i sar., 2005). Mikroorganizmi u toku svojih metaboličkih procesa izlučuju u spoljašnju sredinu raznovrsne biotičke materije, kao što su vitamini, auksini, aminokiseline i dr., što direktno utiče na biljke, njihovo rastenje i razviće, proces fotosinteze, otpornost prema bolestima i štetočinama, a time i na prinos i kvalitet gajenih biljaka. S druge strane, biljke preko korenovih dlačica, izlučuju različite materije koje stimulatивно deluju na razvoj i aktivnost mikroorganizama.

### **Zaključak**

Svi ispitivani faktori, tip zemljišta, količina azota i način korišćenja zemljišta, kao i njihove interakcije, delovali su veoma značajno na brojnost aktinomiceta. Brojnost aktinomiceta je veća u černozeu u odnosu na gajnaču. Najveća brojnost utvrđena je pri primeni  $N_{120}$  kg ha<sup>-1</sup>, što je značajno više u poređenju s kontrolom. Ostale primenjene količine đubriva takođe su povećale brojnost aktinomiceta u odnosu na kontrolu. Ustanovljena je veća brojnost aktinomiceta pod usevom kukuruza, nego na ugaru (zemljištu bez useva).

Bliska veza, koja postoji između biljaka i mikroorganizama u zemljištu, predstavlja ključni faktor u održavanju plodnosti zemljišta.

### **Zahvalnica**

Rad je nastao u okviru projekta TR 31025 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### **Literatura**

- Albinska, D., Barabasz, W., Jansowska, M., Lipiec, J. (2002). Biological Effects of Mineral Nitrogen Fertilization on Soil Microorganisms. Polish Journal of Environmental Studies. Vol. 11. No. 3, 192-198.
- Cvijanović, G. (2002). Uticaj diazotrofa na prinos i mikrobiološku aktivnost u zemljištu pod usevom kukuruza, pšenice i soje. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet. Novi Sad.
- Đorđević, S. (1998). Aktivnost fosfomonoesteraza u zemljištu pod usevom kukuruza. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu.
- Đukić, D., Mandić, L. (2003). Praktikum iz mikrobiologije. Stylos. Novi Sad.
- Đukić, D., Đorđević, S. (2004). Prirodoslovna mikrobiologija. Stylos. Novi Sad.
- Đukić, D., Jemcev, V., Kuzmanova, J. (2007). Biotehnologija zemljišta. Budućnost. Novi Sad.
- Đukić, D., Jemcev, V., Mandić, L. (2011). Sanitarna mikrobiologija zemljišta. Agronomski fakultet u Čačku.
- Epanchinov, A. (1975). Effect of mineral fertilizers on the microflora of corn roots. Prikl. Biokhim. Mikrobiol. Russian, 258-263.

- Glamočlija, Đ., Janković, S., Popović, V., Kuzevski, J., Filipović, V., Ugrenović, V. (2015). Alternativne ratarske biljke u konvencionalnom i organskom sistemu gajenja. Monografija. IPN Beograd, ISBN 978-86-81689-32-5; 1-355. p. 201-212.
- Jakovljević, M., Kresović, M. (2005). Azot u zemljištu. U: Azot-agrohemijski, agrotehnički, fiziološki i ekološki aspekti (Kastori, R. ed.), Novi Sad, str. 37-79.
- Jarak, M., Milošević, N., Mrkovski, N., Đurić, S., Marinković, J. (2005). Mikrobiološka aktivnost - pokazatelj plodnosti i degradacije zemljišta. *Ekonomika poljoprivrede*, Vol. 52, br. 4, str. 483-493.
- Knežević - Vukčević, J., Simić, D. (1999). Metode u mikrobiologiji I. Biološki fakultet. Univerzitet u Beogradu.
- Madigan, M., Martinko, J., Parker, J. (1997). *Biology of Microorganisms*. Eighth Edition. Prentice Hall. International, Inc. New Y ersey.
- Milošević, N., Govedarica, M. (1997). Microbial Decomposition of Cellulose in Soil. *Zbornik Matice Srpske za prirodne nauke*, 3, 43 - 54, Novi Sad.
- Odum, E.P. (1972). *Fundamentals of Ecology*. Third Edition. W.B. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Paul, E. A., Clark, F. E. (1996). Occurrence and distribution of soil organisms. *Soil Microbiology and Biochemistry*, 109 - 128. San Diego. California.
- Popović, V. (2010). Agrotehnički i agroekološki uticaji na proizvodnju semena pšenice, kukuruza i soje. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, 86-90.
- Popović, Vera, Tatić, M., Spalević, V., Rajičić, V., Filipović, V., Šarčević-Todosijević, Ljubica, Stevanović, P. (2017). Effect of nitrogen fertilization on soybean plant height of arid year. 2<sup>nd</sup> International and 14th National Congress of Soil Science Society of Serbia, 25-28.9.2017, Novi Sad, NSOIL2017.
- Simić, D. (1989). Mikrobiologija, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- Šarčević, M. Ljubica (2010). Uticaj količine azotnog đubriva na mikrobiološku aktivnost zemljišta pod usjevom kukuruza. Magistarska teza. Poljoprivredni fakultet. Beograd.
- Šarčević-Todosijević, Ljubica, Živanović, Lj., Janjić, S., Popović, Vera, Ikanović, Jela, Popović, S., Dražić, G. (2016): The influence of nitrogen fertilizer on the total number of microorganisms and aminoautotroph dynamics under "ugar" and sown maize. *Agriculture and Forestry*, 62 (3): 185-196. DOI: 10.17707/AgricultForest.62.3.16
- Živanović, Lj., Ikanović, Jela, Popović Vera, Kajgana M., Rakić S., Milutinović Marina (2012). The effect of nitrogen fertilization on yield of maize. Third International Scientific Symposium „ Agrosym Jahorina 2012“, 215-219. UDK 633.15-152, 10.7251/AGSY1203215Z, ISBN 978-99955-751-0-6, COBISS.BH-ID 3336984

**THE NUMBER AND SIGNIFICANCE OF ACTINOMYCETES IN THE SOIL IN THE STAGE OF PHYSIOLOGICAL CORN (*Zea mays* L.) KERNEL MATURITY**

*Ljubica Šarčević - Todosijević<sup>1</sup>, Ljubiša Živanović<sup>2</sup>, Bojana Petrović<sup>1</sup>, Tatjana Marinković<sup>1</sup>, Vera Popović<sup>3</sup>*

**Abstract**

In this work, it is determined the number of actinomycetes, a very diverse order of microorganisms, which take part in the transformation of the soil organic matter depending on the soil type, the quantity of applied N and the way of the soil treating. The stage of physiological corn kernel maturity shows the higher number of actinomycetes in "cernozem" under the sown maize as well as a stimulating effect of nitrogen.

**Key words:** soil, actinomycetes, nitrogen, maize.

---

<sup>1</sup>High Medical and Sanitary College of Vocational Studies "Visan", Tošin bunar, 7a, Zemun, Belgrade, Serbia, ([ljsarcevic@gmail.com](mailto:ljsarcevic@gmail.com));

<sup>2</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Zemun, Belgrade, Serbia;

<sup>3</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Maxim Gorki, 30, Novi Sad, Serbia.



## PRINOS SORTI ŽUTOG ZVEZDANA NA ZEMLJIŠTU BAZNE REAKCIJE

*Dalibor Tomić<sup>1\*</sup>, Vladeta Stevović<sup>1</sup>, Dragan Đurović<sup>1</sup>, Milomirka Madić<sup>1</sup>,  
Jasmina Knežević<sup>2</sup>, Nikola Bokan<sup>1</sup>, Dragan Terzić<sup>3</sup>*

**Izvod:** Cilj istraživanja je bio da se analizira prinos krme i semena sorti žutog zvezdana na zemljištu bazne reakcije. Ogled je postavljen 2014. godine u Čačku na zemljištu tipa fluvisol ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  7,8). Poljski eksperiment je postavljen po potpuno slučajnom blok sistemu u tri ponavljanja, sa veličinom elementarne parcele  $6 \times 1 \text{ m}$ . Sorte žutog zvezdana K-37, zora i Bull su zasejane na rastojanju  $12,5 \text{ cm}$  međuredno, sa količinom semena  $10 \text{ kg ha}^{-1}$ . Sorte se među sobom nisu značajno razlikovale u pogledu prinosa krme, prinosa sena i sadržaja suve materije. Prosečan prinos krme u prvom otkosu u drugoj godini proizvodnje je bio  $26,53 \text{ t ha}^{-1}$ . Prinos krme u prvom otkosu u trećoj godini proizvodnje je bio  $26,56 \text{ t ha}^{-1}$ , a u drugom otkosu  $11,77 \text{ t ha}^{-1}$ . Prosečan prinos semena sorti u drugom porastu u drugoj godini gajenja je bio  $472,3 \text{ kg ha}^{-1}$ . Sorte žutog zvezdana se među sobom nisu značajno razlikovale u pogledu komponenti prinosa semena. Međutim, sorta zora je imala značajno veći potencijalni prinos semena u odnosu na ostale sorte. Navedeni rezultati se ne razlikuju od rezultata dobijenih u sličnim uslovima na kiselom zemljištu.

**Ključne reči:** žuti zvezdan, krma, seme, prinos

### Uvod

Žuti zvezdan (*Lotus corniculatus* L.) je višegodišnja krmna mahunarka koja je široko rasprostranjena u svetu. Poreklom je iz Zapadne Evrope i Severne Afrike. U Republici Srbiji nema pouzdanih statističkih podataka o površinama na kojima se gaji i prinosisima, ali se smatra da među višegodišnjim leguminozama prema rasprostranjenosti zauzima treće mesto, posle lucerke i crvene dateline (Đukić i sar., 2007.). Naročito je značajna u brdskom i planinskom području Srbije (Petrović et al., 2011.), s obzirom da se uglavnom koristi pri zasnivanju travnjaka u manje povoljnim uslovima uspevanja (Dimitrova, 2010.). Prema Vučković (2004.) prosečni prinosi zelene krme žutog zvezdana se kreću od  $35\text{-}40 \text{ t ha}^{-1}$ , a sena  $8\text{-}10 \text{ t ha}^{-1}$ . Prosečni prinosi semena žutog zvezdana u Republici Srbiji variraju od  $100\text{-}280 \text{ kg ha}^{-1}$  (Vučković et al., 1997.).

Prema Vučković i sar. (2005.) žuti zvezdan dobro podnosi alkalnu reakciju, do  $\text{pH } 9$  kao i kiselu do  $\text{pH } 4$ , ali najbolje prinose daje na zemljištima čija se  $\text{pH}$  vrednost kreće oko  $7$  (Marvin, 2004.). Đukić i sar. (2009.) ističu da je fiksacija azota i usvajanje fosfora kod biljaka žutog zvezdana najveća kada je  $\text{pH}$  vrednost između  $4,8$  i  $7,4$ . Cilj istraživanja je bio da se analizira prinos krme i semena sorti žutog zvezdana na zemljištu bazne reakcije, kao i da se kod odabranih sorti žutog zvezdana izvrši eventualni izbor onih sa većim potencijalom za prinos krme i semena na takvom zemljištu.

<sup>1</sup> Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija, [dalibort@kg.ac.rs](mailto:dalibort@kg.ac.rs)

<sup>2</sup> Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet, Kopaonička bb, 38219, Lešak, Srbija

<sup>3</sup> Institut za krmno bilje, 37251 Globoder, Kruševac, Serbia

### Materijal i metode rada

Ogled je postavljen 2014. godine u Čačku na zemljištu tipa fluvisol (prema WRB klasifikaciji), bazne reakcije ( $pH_{H_2O}$  7,8), srednje obezbeđenom hranljivim materijama. Osnovna obrada zemljišta je izvršena na dubinu od 30cm. Zajedno sa osnovnom obradom, u zemljište je uneto  $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$ . Poljski eksperiment sa tri sorte žutog zvezdana je postavljen po potpuno slučajnom blok sistemu u tri ponavljanja, sa veličinom elementarne parcele  $6\text{m}^2$  ( $6 \times 1\text{m}$ ). Sorte žutog zvezdana: K-37 (Institut za krmno bilje, Kruševac), zora (Institut za poljoprivredna i tehnološka istraživanja, Zaječar) i Bull (Ukrainska sorta) su zasejane na rastojanju  $12,5\text{cm}$  međuredno, sa količinom semena  $10 \text{ kg ha}^{-1}$ . Suzbijanje korova je vršeno mehanički u dva navrata. Usev je gajen bez primene navodnjavanja.

Srednje mesečne temperature vazduha i sume padavina po mesecima tokom vegetacionog perioda 2015. i 2016. godine prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Sume padavina i srednje mesečne temperature tokom vegetacionog perioda  
*Table 1. Precipitation and mean monthly temperatures during the growing season*

Godina <i>Year</i>	Jed.	Mesec/Month						$\bar{x}$ i $\Sigma$
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	
2015.	°C	13,4	16,5	22,2	23,0	22,4	18,0	19,2
2016.		12,8	16,8	20,8	22,2	22,1	17,6	18,7
2015.	$\text{L m}^{-2}$	16	53	87	4	25	42	227
2016.		41,5	123,5	74	12,5	76	44	371

Prinos krme i sena su analizirani na prvom otkosu 2015. godine i na dva otkosa u 2016. godini. Usev je košen u fazi butonizacije. Prinos zelene krme je određen merenjem ukupne mase sa parcelice neposredno posle košenja i preračunat na prinos krme u  $\text{t ha}^{-1}$ . Nakon sušenja uzorka na sobnoj temperaturi, preračunat je prinos sena ( $\text{t ha}^{-1}$ ) i sadržaj suve materije u krmi (%) (udeo sena u ukupnom prinosu krme).

Prinos i komponente prinosa semena su određene iz drugog otkosa u drugoj godini proizvodnje (2015.). Od komponenti prinosa na polju je određen: broj izdanaka  $\text{m}^{-2}$  i broj cvasti  $\text{m}^{-2}$  (brojanjem na površini od  $0,2\text{m}^2$  po elementarnoj parceli), broj cvasti po izdanku i broj mahuna po izdanku, (brojanjem na deset slučajno odabranih izdanaka sa elementarne parcele). U laboratoriji je određen: broj cvetova po cvasti i broj zrna po mahuni (na uzorku od deset cvasti po elementarnoj parceli), i masa hiljadu zrna (na osnovu mase  $5 \times 100$  semena). Stvarni prinos semena je određen na osnovu komponenti prinosa (broj izdanaka  $\text{m}^{-2}$ , broj mahuna po izdanku, broj zrna po mahuni, masa hiljadu zrna) i preračunat na prinos semena u  $\text{kg ha}^{-1}$ . Dobijeni rezultati su obrađeni analizom varijanse jednofaktorijskog ogleda upotrebom SPSS softvera (1995.). Značajnost razlika srednjih vrednosti je testirana LSD testom.

### Rezultati i diskusija

Sorte žutog zvezdana se među sobom nisu značajno razlikovale u pogledu prinosa krme, prinosa sena i sadržaja suve materije u prvom otkosu 2015. godine, kao i u prvom i drugom otkosu 2016. godine (Tabela 2. i 4.). Prinos krme u prvom otkosu u drugoj

godini proizvodnje se kretao u intervalu od 24,9 t ha<sup>-1</sup> kod sorte zora do 28,4 t ha<sup>-1</sup> kod sorte Bull, a prinos sena od 3,68 t ha<sup>-1</sup> kod sorte zora do 4,5 t ha<sup>-1</sup> kod sorte Bull. Prema Tomić i sar. (2014.), prinos žutog zvezdana na kiselom zemljištu (pH<sub>H2O</sub> 4,8) u prvom otkosu u drugoj godini proizvodnje je bio 11,98 t ha<sup>-1</sup>. Veći prinos krme u ovim istraživanjima je posledica veće količine padavina i bolje obezbeđenosti biljaka vodom.

Tabela 2. Prinos krme (PK), sadržaj suve materije u krmi (SM) i prinos sena (PS) sorti žutog zvezdana u prvom otkosu 2015. godine

Table 2. Forage yield (PK), dry matter content in forage (SM) and hay yield (PS) of birdsfoot trefoil cultivars in first cut 2015

Sorta Cultivar	PZK (t ha <sup>-1</sup> )	SM (%)	PS (t ha <sup>-1</sup> )
Bull	28,4	16,0	4,50
Zora	24,9	14,9	3,68
K37	26,3	14,6	3,89
ANOVA 0.05	ns	ns	ns

ns - F test nije značajan; ns - F test non-significant

Prinos krme u prvom otkosu u trećoj godini proizvodnje se kretao u intervalu od 24,9 t ha<sup>-1</sup> kod sorte zora do 28,4 t ha<sup>-1</sup> kod sorte Bull, a u drugom otkosu od 11,1 t ha<sup>-1</sup> kod sorte zora do 12,6 t ha<sup>-1</sup> kod sorte K-37. Prosečan prinos sena u prvom otkosu je bio 4,023 t ha<sup>-1</sup>, a u drugom 1,768 t ha<sup>-1</sup>. Razlog značajno manjeg prinosa krme i sena u drugom otkosu u odnosu na prvi je manja količina padavina u drugom delu vegetacionog perioda. Prema navodima Tomić i sar. (2017.), prinos zelene krme žutog zvezdana u prvom otkosu u trećoj godini proizvodnje na zemljištu kisele reakcije, u sličnim uslovima temperature i padavina kao i u ovom eksperimentu, bio je 24,26 t ha<sup>-1</sup>. Isti autori navode da je prinos krme u drugom otkosu trećoj godini proizvodnje iznosio 14,2 t ha<sup>-1</sup>. Navedeni rezultati se ne razlikuju značajnije od ovih rezultata, dobijenih u sličnim uslovima na baznom zemljištu.

Tabela 3. Prinos i komponente prinosa semena sorti žutog zvezdana u drugom porastu 2015. godine

Table 3. Seed yield and yield components of birdsfoot trefoil cultivars in the second growth in 2015

Sorta Cultivar	IPM	CPI	CPM	CPC	MPI	ZPM	MHZ	P
Bull	560	1.12	613	2.04	0.82	0.82	0.76	289b
Zora	713	1.30	890	2.52	1.09	1.0	0.73	699a
K37	665	0.85	562	2.31	0.77	1.05	0.81	429b
ANOVA 0.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*

IPM - broj izdanaka m<sup>-2</sup>, CPI - broj cvasti po izdanku, CPM - broj cvasti m<sup>-2</sup>, CPC - broj cvetova po cvasti, MPI - broj mahuna po izdanku, ZPM - broj zrna po mahuni, MHZ - masa hiljadu zrna (g), P - prinos semena (kg ha<sup>-1</sup>); IPM - number of stem m<sup>-2</sup>, CPI - number of inflorescences per stem, CPM - number of inflorescences m<sup>-2</sup>, CPC - number of flowers per inflorescence, MPI - number of pods per stem, ZPM - number of seeds per pod, MHZ - thousand seed weight (g), P - seed yield (kg ha<sup>-1</sup>)

Vrednosti obeležene različitim malim slovima po kolonama se značajno razlikuju (P<0,05) u skladu sa LSD testom. ns - F test nije značajan; \* - F test značajan na nivou P<0,05; The values denoted with different small letters within columns are significantly different (P<0.05) in accordance with the LSD test; ns - F test non-significant; \* - F test significant at P<0.05;

Tabela 4. Ptinosa krme i sena sorti žutog zvezdana u 2016. godini  
 Table 4. Forage and hay yield of birdsfoot trefoil cultivars in 2016

Sorta Cultivar	1. otkos 1th cut		2. otkos 2th cut	
	Prinos krme Forage yield (t ha <sup>-1</sup> )	Prinos sena Hay yield (t ha <sup>-1</sup> )	Prinos krme Forage yield (t ha <sup>-1</sup> )	Prinos sena Hay yield (t ha <sup>-1</sup> )
Bull	28,426	4,500	11,572	1,617
Zora	24,940	3,680	11,114	1,977
K-37	26,322	3,890	12,637	1,711
ANOVA 0,05	ns	ns	ns	ns

ns - F test nije značajan; ns - F test non-significant

Sorte žutog zvezdana se među sobom nisu značajno razlikovale u pogledu komponenti prinosa semena u drugom porastu 2016. godine (Tabela 3.). Međutim, sorta zora je imala značajno veći potencijalni prinos semena (izračunat na osnovu komponenti prinosa) (699 kg ha<sup>-1</sup>) u odnosu na ostale sorte (K-37 – 429 kg ha<sup>-1</sup> i Bull – 289 kg ha<sup>-1</sup>). To je pre svega posledica nešto većeg broja izdanaka m<sup>-2</sup>, cvasti po izdanku i zrna po cvasti. McGraw et al. (1986.) navode da je broj cvasti po izdanku komponenta prinosa od koje u velikoj meri zavisi prinos semena žutog zvezdana.

U punoj zrelosti mahune žutog zvezdana lako pucaju i seme se prosipa. To u značajnoj meri limitira uspešnu proizvodnju semena. Prema Winch i sar. (1985.) gubici pri žetvi semena žutog zvezdana se kreću i do 85% od potencijalnog prinosa. U našem radu je prikazan prinos semena žutog zvezdana preračunat na osnovu komponenti prinosa, ne uzimajući u obzir gubitke pri žetvi. Potencijalni prinos semena kod žutog zvezdana procenjuje se na 1200 kg ha<sup>-1</sup>, dok su prosečni prinosi na svetskom nivou ispod 200 kg ha<sup>-1</sup> (Gullien, 2007.). Prema McGraw et al. (1986.) prosečan prinos semena žutog zvezdana varira od 50 - 175 kg ha<sup>-1</sup>, odnosno prosečno iznosi oko 100 kg ha<sup>-1</sup> semena. Prinosi semena žutog zvezdana u USA kreću se između 50 and 170 kg ha<sup>-1</sup> (Fairey and Smith, 1999.), u Urugvaju između 120 and 150 kg ha<sup>-1</sup> (Artola, 2004.), a u Argentini između 25 i 150 kg ha<sup>-1</sup> (Mazzanti i sar., 1988.). Prema Vojin i sar. (2001.), u agroekološkim uslovima Republike Srpske, na području Banja Luke, postignut je prinos semena žutog zvezdana od 272 kg ha<sup>-1</sup>. Vučković i sar. (1997.) navode da u Republici Srbiji prinos semena žutog zvezdana varira od 100 - 280 kg ha<sup>-1</sup>. Navedeni rezultati ukazuju da je u ovom eksperimentu na baznom zemljištu dobijen zadovoljavajući prinos semena žutog zvezdana.

### Zaključak

Sorte žutog zvezdana se među sobom nisu značajno razlikovale u pogledu prinosa krme, prinosa sena i sadržaja suve materije u prvom otkosu 2015. godine, kao i u prvom i drugom otkosu 2016. godine. Prosečan prinos krme u prvom otkosu u drugoj godini proizvodnje je bio 26,53 t ha<sup>-1</sup>, a prinos sena 4,02 t ha<sup>-1</sup>. Prinos krme u prvom otkosu u trećoj godini proizvodnje je bio 26,56 t ha<sup>-1</sup>, a u drugom otkosu 11,77 t ha<sup>-1</sup>. Prosečan prinos sena u prvom otkosu 2016. godine je bio 4,023 t ha<sup>-1</sup>, a u drugom 1,768 t ha<sup>-1</sup>. Razlog značajno manjeg prinosa krme i sena u drugom otkosu u odnosu na prvi je manja količina padavina u drugom delu vegetacionog perioda. Navedeni rezultati se ne razlikuju značajnije od rezultata dobijenih u sličnim uslovima na kiselom zemljištu.

Prosečan prinos semena sorti žutog zvezdana u drugom porastu u drugoj godini gajenja je bio 472,3 kg ha<sup>-1</sup>. Sorte žutog zvezdana se među sobom nisu značajno

razlikovale u pogledu komponenti prinosa semena. Međutim, sorta zora je imala značajno veći potencijalni prinos semena u odnosu na ostale sorte. To je pre svega posledica nešto većeg broja izdanaka m<sup>2</sup>, cvasti po izdanku i zrna po cvasti. Dobijeni rezultati potvrđuju da se žuti zvezdan uspešno može gajiti na slabo baznom zemljištu, odnosno da se u takvim uslovima mogu dobiti zadovoljavajući prinosi krme i semena.

### Napomena

Rad je deo istraživanja na projektu TR-31016, finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### Literatura

- Artola A. (2004). *Lotus corniculatus* – Morfologia, desarrollo y producción de semillas. [Morphology, development and production of seeds] Ciencia.net. <http://www.ciencia.net/>.
- Dimitrova T. (2010). On the problem of weeds and their control in seed production of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). *Herbologia*, 11(1): 47-57.
- Đukić D., Lugić Z., Vasiljević S., Radović J., Katić S., Stojanović I. (2007). Domaće sorte višegodišnjih leguminoza – nastanak i kvantitativna svojstva. *Zbornik radova Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad*, 44: 7-19.
- Đukić D., Stevović V., Janjić V. (2009). Žuti zvezdan. *Proizvodnja stočne hrane na oranicama i travnjacima*, pp.230.
- Fairey D.T., Smith R.R. (1999). Seed production in birdsfoot trefoil, *Lotus* species. In: *Trefoil: The science an technology in Lotus*. CSSA Special Publication Number 28. USA, 145-166.
- Guillen R. (2007). Considerations in *Lotus* spp. seed production. *Lotus Newsletter, Argentina*, 37: 47-51.
- Marvin, V. Hall, (2004). Role of Forages in Pennsylvania Agriculture. Dostupno na <http://www.forages.psu.edu>
- Mazzanti A.E., Montes L., Miñón D.P. (1988). Utilización de *Lotus tenuis* en establecimientos ganaderos de la Pampa Deprimida: resultados de una encuesta. *Revista Argentina de Producción Animal*, 8: 301-305.
- Mc Graw R.L., Beuselinck P.R., Ingram K.T. (1986). Plant population density effects on seed yield of birdsfoot trefoil. *Crop Science*, 78: 201-205.
- Miladinović M. (1967). Prinos semena i zelene mase žutog zvezdana pri upotrebi raznih količina semena u setvi. *Savremena poljoprivreda*, 3: 277-281.
- Petrović S., Vučković S., Simić A. (2011). Stand density effects on birdsfoot trefoil herbage yield grown for combined usage. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27(4): 1523-1530.
- SPSS. Inc.1995: STATISTICA for Windows (Computer program manual). Tulsa. OK
- Tomić D., Stevović V., Đurović D., Bokan N., Madić M. (2017): Uticaj kalcizacije zemljišta na prinos sorti žutog zvezdana u trećoj godini proizvodnje. *Zbornik radova XXII Savetovanja o Biotehnologiji sa međunarodnim učešćem, Agronomski fakultet u Čačku 10.-11. mart 2017*, 22 (24): 117-122.

- Tomčić D., Stevović V., Đurović D., Stanisavljević R., Bokan N. (2014). Uticaj kalcijacije zemljišta na prinose krme i semena žutog zvezdana (*Lotus corniculatus* L.). Zbornik radova XIX Savetovanja o Biotehnologiji sa međunarodnim učešćem, Agronomski fakultet u Čačku 7.-8. mart 2014, 19 (21): 77-81.
- Vojin S., Gatarić Đ., Lakić Ž., Marković D. (2001). Prinose krme i sjemena domaćih sorti žutog zvezdana. Arhiv za poljoprivredne nauke, 62: 53-60.
- Vučković S. (2004). Travnjaci. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Vučković S., Krstanović S., Čupina B., Simić A., Stojanović I., Stanisavljević R., Vučković M. (2005). Tehnologija proizvodnje semena žutog zvezdana. Zbornik naučnih radova instituta PKB Agroekonomik, 11(1-2): 125-13.
- Vučković S., Pavešić-Popović J., Nedić M., Zarić D., Perović D., Prodanović S., Pešić V. (1997). Influence of Row Spacing and Sowing Rate on Birdsfoot Trefoil (*Lotus corniculatus* L.) Seed Yield and Quality., Proceedings of the Agro Annual Meeting China 97, “Seed Industry and Agricultural Development”, Beijing, China, 535-539.
- Winch J.E., Robison S.E., Ellis C.R. (1985). Birdsfoot trefoil seed production Factsheet no. 85-111, Ontario Ministry of Agriculture and Food, Toronto, ON, pp: 1-4.

## YIELD OF BIRDSFOOT TREFOIL CULTIVARS ON THE SOIL BASE REACTION

*Dalibor Tomić<sup>1\*</sup>, Vladeta Stevović<sup>1</sup>, Dragan Đurović<sup>1</sup>, Milomirka Madić<sup>1</sup>,  
Jasmina Knežević<sup>2</sup>, Nikola Bokan<sup>1</sup>, Dragan Terzić<sup>3</sup>*

### Abstract

The aim of the study was to analyze the forage and seed yield of birdsfoot trefoil cultivars on the soil base reaction. The field trial was set 2014th in Čačak on soil type fluvisol (pH<sub>H2O</sub> 7.8). The experiment was set a randomized complete block design with three replications with a plot size of 6x1m. The birdsfoot trefoil cultivars K-37, Zora and Bull were planted at a row spacing of 12.5 cm and a seeding rate of 10 kg ha<sup>-1</sup>. Cultivars among themselves, did not differ significantly in terms of forage yield, hay yield and dry matter content. The average forage yield in the first cut in the second year of cultivation was 26.53 t ha<sup>-1</sup>. The forage yield in the first cut in the third year of cultivation was 26.56 t ha<sup>-1</sup> and in the second cut 11.77 t ha<sup>-1</sup>. The average seed yield of cultivars in the second growth in the second year of cultivation was 472.3 kg ha<sup>-1</sup>. Birdsfoot trefoil cultivars among themselves, did not differ significantly in terms of seed yield components. However, Zora cultivar had significantly higher seed yield potential, compared to other cultivars. These results do not differ from results obtained under similar conditions on acid soil.

**Key words:** birdsfoot trefoil, forage, seed, yield

<sup>1</sup> University of Kragujevac, Faculty of agronomy in Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia, [dalibort@kg.ac.rs](mailto:dalibort@kg.ac.rs)

<sup>2</sup> University of Priština, Faculty of agriculture, Kopaonička bb, 38219, Lešak, Serbia

<sup>3</sup> Institute of Forage Crops, 37251 Globoder, Kruševac, Serbia

## KALKULACIJE U PROIZVODNJI SILAŽE

*Biljana Veljković<sup>1</sup>, Ranko Koprivica<sup>1</sup>, Dušan Radivojević<sup>2</sup>, Zoran Bročić<sup>2</sup>*

**Izvod:** Ostvarenjem dobrih prinosa kvalitetne silaže kukuruza obezbeđuju se jeftiniji obroci za ishranu muznih krava. U cilju smanjivanja troškova proizvodnje silaže metodom kalkulacija analizirana je ova proizvodnja na dva poljoprivredna gazdinstva A i B za period od tri godine. U radu je dato prosečno učešće troškova u ukupnim varijabilnim troškovima za oba gazdinstva kao i cene koštanja proizvedene silaže.

**Ključne reči:** silaža, kukuruz, cena, poljoprivredno gazdinstvo

### Uvod

Proizvodnja silaže je namenjena stočarskoj proizvodnji i čini značajni deo kabastog dela obroka za životinje. Sa kukuruznom silažom mogu se postići značajne uštede u troškovima ishrane (Ivanović i sar. 2011). Proces spremanja silaže je složen i mora se dobro organizovati i pravilno izvoditi (Dinić i sar. 2011). Poželjno je postići adekvatne prinose i kvalitet silaže i upravljati troškovima proizvodnje u cilju njihovog smanjenja, da bi se postigli što bolji ekonomski efekti na poljoprivrednom gazdinstvu.

Silaža uglavnom predstavlja poluproizvod najčešće nema poznatu tržišnu cenu (Vukoje, 2014), jer se njome slabo trguje, već ima pogodbenu cenu, i ona se dalje plasira kroz stočarsku proizvodnju ili eventualno kao biomasa za proizvodnju energije (Veljković i sar., 2011).

### Materijal i metode rada

Evidentirani su podaci o proizvodnji za 30 poljoprivrednih gazdinstava, prema zadatim kriterijumima odabrana su dva tipična gazdinstva A i B, za koja su uzete kalkulacije o proizvodnji kukuruzne silaže za period 2013-2015. godine. Korišćena je metodologija kalkulacija za izračunavanje varijabilnih troškova i cene koštanja silaže, a podaci su obrađeni u MS Excel programu i prikazani tabelarno i grafički.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Analizirani su troškovi proizvodnje kukuruzne silaže na dva poljoprivredna gazdinstva, oba gazdinstva se bave proizvodnjom mleka. S tim što je prvo gazdinstvo A manjeg kapaciteta i organizuje proizvodnju kukuruzne silaže na površini 1-2 ha, dok je drugo gazdinstvo B većeg kapaciteta i proizvodnja se obavlja na 3-5 ha.

Urađene su kalkulacije na oba gazdinstva po 1 ha za tri posmatrane godine 2013, 2014, 2015. Troškovi proizvodnje su razvrstani u troškove semena, đubriva, pesticida, goriva, usluga i na osnovu toga su izračunati ukupni varijabilni troškovi.

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (biljavz@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Zemun, 11000 Beograd, Srbija;

Tabela 1. Kalkulacija proizvodnje silaže na gazdinstvu A u 2013. godini  
 Table 1. Calculations of silage production costs on farm A in 2013

Troškovi proizvodnje po ha	Količina	Jedinica mere	Cena din.	Iznos din.	Učešće %
Seme (Hibrid AS 160)	2,5	s.j./ha	3500	8750	13
<b>Đubrivo ukupno</b>				<b>11400</b>	16,9
NPK		kg/ha			
KAN	300	kg/ha	38	11400	
<b>Pesticidi ukupno</b>				<b>5620</b>	8,3
Acetosav	2	l (kg)/ha	690	1380	
Rezon	2	l (kg)/ha	650	1300	
Plamen	0,6	l (kg)/ha	2300	1380	
Talisman	1,2	l (kg)/ha	1300	1560	
<b>Dizel gorivo ukupno</b>				<b>20580</b>	30,6
Osnov. i dopun. obrada zemlj.	20	l/ha	135	2700	
Đubrenje	10	l/ha	135	1350	
Setva		l/ha	/	/	
Mere nege i zašt.	13	l/ha	135	1755	
Transport	40	l/ha	135	5400	
Žetva	60	l/ha	100	6000	
Gaženje	25	l/ha	135	3375	
<b>Ugovorene usluge ukupno</b>				<b>21000</b>	31,2
Setva	1	ha	6000	6000	
Žetva		ha	/	/	
Radna snaga	1	ha	15000	15000	
<b>Ukupni varijabilni troškovi</b>				<b>67350</b>	<b>100</b>

Tabela 2. Kalkulacija proizvodnje silaže na gazdinstvu A u 2014. godini  
 Table 2. Calculations of silage production costs on farm A in 2014

Troškovi proizvodnje po ha	Količina	Jedinica mere	Cena din.	Iznos din.	Učešće %
Seme (Hibrid AS 160)	2,5	s.j./ha	4530	11325	15,8
<b>Đubrivo ukupno</b>				<b>13000</b>	18,2
NPK		kg/ha			
UREA	250	kg/ha	52	13000	
<b>Pesticidi ukupno</b>				<b>5140</b>	7,2
Gvardijan	2	l (kg)/ha	950	1900	
Rezon	2	l (kg)/ha	650	1300	
Cambio	2	l (kg)/ha	970	1940	
<b>Dizel gorivo ukupno</b>				<b>24099</b>	33,7
Osnov. i dopun. obrada zemlj.	25	l/ha	149,9	3748	
Đubrenje	10	l/ha	149,9	1499	
Setva		l/ha	/	/	
Mere nege i zašt.	15	l/ha	147,4	2211	
Transport	30	l/ha	147,4	4422	
Žetva	60	l/ha	147,4	8844	
Gaženje	25	l/ha	147,4	3375	
<b>Ugovorene usluge ukupno</b>				<b>18000</b>	25,1
Setva	1	ha	6000	6000	
Žetva		ha	/	/	
Radna snaga	1	ha	12000	12000	
<b>Ukupni varijabilni troškovi</b>				<b>71564</b>	<b>100</b>



Na gazdinstvu A u 2013. godini ostvarena je proizvodnja od 58000 kgha<sup>-1</sup> kukuruzne silaže. Subvencija za gorivo po ha od 9000 din. Ukupni varijabilni troškovi po ha su 67350 din. (Tabela 1). Sa ovakvim ekonomskim rezultatima ostvarena cena koštanja silaže je 1,2 din. po kg.

U 2014. godini ostvaren je prinost kukuruzne silaže od 52000 kgha<sup>-1</sup>, subvencije za gorivo 12000 din. Na osnovu ukupnih varijabilnih troškova od 71564 din. (Tabela 2) i ostvarenog prinosa izračunata je cena koštanja silaže od 1,4 din. po kg. u 2014. godini.

Tabela 3. Kalkulacija proizvodnje silaže na gazdinstvu A u 2015. godini  
 Table 3. Calculations of silage production costs on farm A in 2015

Troškovi proizvodnje po ha	Količina	Jedinica mere	Cena din.	Iznos din.	Učešće %
Seme (Hibrid AS 160)	2,5	s.j./ha	4150	<b>10375</b>	16
<b>Dubrivo ukupno</b>				<b>10250</b>	15,8
NPK		kg/ha			
SAN	250	kg/ha	41	10250	
<b>Pesticidi ukupno</b>				<b>2995</b>	4,6
Acetosav	2	l (kg)/ha	680	1360	
Hemazin	1,5	l (kg)/ha	1090	1635	
<b>Dizel gorivo ukupno</b>				<b>21315</b>	32,8
Osnov. i dopun. obrada zemlj.	20	l/ha	145	2900	
Đubrenje	10	l/ha	145	1450	
Setva		l/ha	/	/	
Mere nege i zašt.	12	l/ha	145	1740	
Transport	30	l/ha	145	4350	
Žetva	60	l/ha	145	8700	
Gaženje	15	l/ha	145	2175	
<b>Ugovorene usluge ukupno</b>				<b>20000</b>	30,8
Setva	1	ha	6000	6000	
Žetva		ha	/	/	
Radna snaga	1	ha	14000	14000	
<b>Ukupni varijabilni troškovi</b>				<b>64935</b>	<b>100</b>

Prinos silaže u 2015. godini sa istim hibridom AS 160 kao i u proteklom periodu, je bio nešto niži 30000 kgha<sup>-1</sup>, ostvarena subvencija je 12000 din. Ukupni varijabilni troškovi su bili najmanji za posmatrani period 64935 din. Na osnovu prethodne kalkulacije (Tabela 3) cena koštanja silaže iznosila je 2,16 din.kg<sup>-1</sup>.

Na gazdinstvu B proizvodnja kukuruzne silaže obavljala se na većoj površini od 3-5 ha, a postojala je i mogućnost uzimanja zemljišta u zakup. U periodu od tri godine hibridi kukuruza su bili različiti u svakoj godini, što je dato u sledećim tabelama.

Prinos silaže na gazdinstvu B u 2013. godini iznosio je 42000 kgha<sup>-1</sup> ostvarena subvencija za gorivo po ha je 11750 din. a ukupni varijabilni troškovi 63404 din. po hektaru (Tabela 4). Sa ovim rezultatima cena koštanja silaže iznosila je 1,5 din. po kg.

U 2014. godini gazdinstvo B je imalo prinost silaže od 45000 kgha<sup>-1</sup>, subvenciju za gorivo od 12000 din. Ukupni varijabilni troškovi iznosili su 58039 din. (Tabela 5), pa je ostvarena cena koštanja od 1,3 din. po kg silaže.

Najmanji prinost gazdinstvo B je ostvarilo u 2015. god. od 40000 kgha<sup>-1</sup>, vrednost subvencija za gorivo po ha je bila ista kao i u prethodnom periodu 12000 din. Sa troškovima od 65950 din. (Tabela 6) ostvarena cena koštanja silaže je 1,6 din. po kg.

Tabela 4. Kalkulacija proizvodnje silaže na gazdinstvu B u 2013. godini  
 Table 4. Calculations of silage production costs on farm B in 2013

Troškovi proizvodnje po ha	Količina	Jedinica mere	Cena din.	Iznos din.	Učešće %
Seme (Hibrid ZP 701)	2,5	s.j./ha	2800	<b>7000</b>	11
<b>Dubrivo ukupno</b>				<b>21600</b>	34,1
UREA	400	kg/ha	54	21600	
<b>Pesticidi ukupno</b>				<b>5140</b>	8,1
Gvardijan	2	l (kg)/ha	950	1900	
Rezon	2	l (kg)/ha	650	1300	
Cambio	2	l (kg)/ha	970	1940	
<b>Dizel gorivo ukupno</b>				<b>29664</b>	37,3
Osnov. i dopun. obrada zemlj.	35	l/ha	100	3500	
Đubrenje	12	l/ha	147	1764	
Setva	15	l/ha	100	1500	
Mere nege i zašt.	20	l/ha	100	2000	
Transport	80	l/ha	130	10400	
Žetva	30	l/ha	100	3000	
Gaženje	15	l/ha	100	1500	
<b>Ugovorene usluge ukupno</b>				<b>6000</b>	9,5
Setva		ha	/	/	
Žetva		ha	/	/	
Radna snaga	1	ha	6000	6000	
<b>Ukupni varijabilni troškovi</b>				<b>63404</b>	<b>100</b>

Tabela 5. Kalkulacija proizvodnje silaže na gazdinstvu B u 2014. godini  
 Table 5. Calculations of silage production costs on farm B in 2014

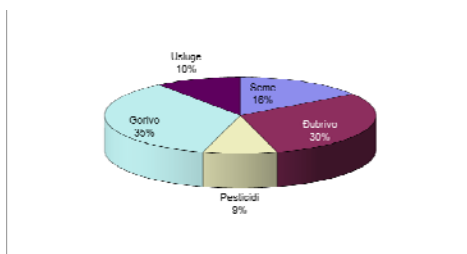
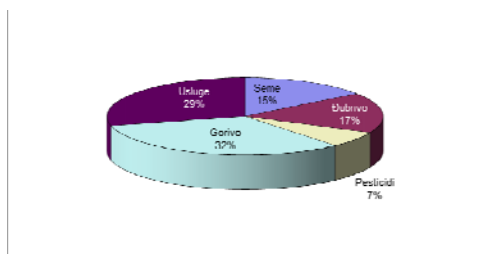
Troškovi proizvodnje po ha	Količina	Jedinica mere	Cena din.	Iznos din.	Učešće %
Seme (Hibrid ZP 735)	2,5	s.j./ha	3980	<b>9950</b>	17,1
<b>Đubrivo ukupno</b>				<b>11400</b>	19,6
KAN	300	kg/ha	38	11400	
<b>Pesticidi ukupno</b>				<b>5635</b>	9,7
Siran	1	l (kg)/ha	1180	1180	
Tangenta	1,5	l (kg)/ha	2970	4455	
<b>Dizel gorivo ukupno</b>				<b>25054</b>	43,2
Osnov. i dopun. obrada zemlj.	25	l/ha	144,9	3623	
Đubrenje	12	l/ha	146,9	1763	
Setva	15	l/ha	146,9	2204	
Mere nege i zašt.	20	l/ha	146,9	2938	
Transport	50	l/ha	152,9	7645	
Žetva	30	l/ha	152,9	4587	
Gaženje	15	l/ha	152,9	2294	
<b>Ugovorene usluge</b>				<b>6000</b>	10,4
Setva		ha	/	/	
Žetva		ha	/	/	
Radna snaga	1	ha	6000	6000	
<b>Ukupni varijabilni troškovi</b>				<b>58039</b>	<b>100</b>

Tabela 6. Kalkulacija proizvodnje silaže na gazdinstvu B u 2015. godini  
 Table 6. Calculations of silage production costs on farm B in 2015

Troškovi proizvodnje po ha	Količina	Jedinica mere	Cena din.	Iznos din.	Učešće %
Seme (Hibrid Pionir PO216)	2,5	s.j./ha	4900	<b>12250</b>	18,6
<b>Đubrivo ukupno</b>				<b>24000</b>	36,4
NPK	350	kg/ha	45	15750	
KAN	250	kg/ha	33	8250	
<b>Pesticidi ukupno</b>				<b>5660</b>	8,6
Gvardijan	2	l (kg)/ha	950	1900	
Rezon	2	l (kg)/ha	650	1300	
Cambio	2	l (kg)/ha	1230	2460	
<b>Dizel gorivo ukupno</b>				<b>17040</b>	25,8
Osnov. i dopun. obrada zemlj.	20	l/ha	142	2840	
Đubrenje	15	l/ha	142	2130	
Setva	15	l/ha	142	2130	
Mere nege i zašt.	15	l/ha	142	2130	
Transport	20	l/ha	142	2840	
Žetva	25	l/ha	142	3550	
Gaženje	10	l/ha	142	1420	
<b>Ugovorene usluge ukupno</b>				<b>7000</b>	10,6
Setva		ha	/	/	
Žetva		ha	/	/	
Radna snaga	1	ha	7000	7000	
<b>Ukupni varijabilni troškovi</b>				<b>65950</b>	<b>100</b>

Analizom prosečnih troškova za period 2013-2015. god. prikazano je učešće troškova u ukupnim varijabilnim troškovima za farmu A i B (Grafik 1 i 2).

Gazdinstvo A je manje opremljeno potrebnom mehanizacijom za spremanje silaže i setvu organizuje uslužno, takođe plaća i dodatnu radnu snagu pa su troškovi usluga na gazdinstvu veći. Gazdinstvo B proizvodi silažu na većim površinama i sve operacije obavlja samostalno sopstvenom mehanizacijom pa je učešće uslužnih troškova manje, a veće je učešće troškova đubrenja. Najveći je udeo troškova goriva za oba gazdinstva.



Graf. 1. i 2. Prosečni varijabilni troškovi na gazdinstvu A i B u periodu 2013-2015.  
 Graphs 1 and 2. Average variable costs on farms A and B in the 2013-2015 period

Kukuruzna silaža nema poznatu tržišnu cenu pošto se uglavnom koristi za potrebe stočarske proizvodnje, nezvanična tržišna cena silaže ukoliko bi se kupovala bila je u 2013. godini 3,5 din, a u 2014-2015. godini 5 din. Rekapitulacijom ostvarenih troškova

proizvodnje i prihoda po ovim cenama silaže može se zaključiti da je najpovoljnija godina za oba gazdinstva bila 2014.god. kada su ostvareni najveći prihodi u proizvodnji, a cena koštanja silaže 1,3 din. na gazdinstvu B i 1,4 din. na gazdinstvu A.

### **Zaključak**

Stabilnija je proizvodnja na gazdinstvu B koje je bolje opremljeno i više specijalizovano za ovu proizvodnju, manja su variranja u prinosima a cena koštanja silaže se kretala od 1,3 - 1,6 din. po kg. Intenzivnija su ulaganja u đubrivo pa je učešće ovih troškova u ukupnim varijabilnim troškovima nešto veće, a troškovi usluga su niži. Gazdinstvo B je nabavilo u 2015. godini novi traktor tako da je ukupna potrošnja goriva u toj godini bila manja. Na gazdinstvu A prinosi proizvedene silaže su varirali, najveći prinos ostvaren je u 2013. godini, jer je u prethodnoj godini obavljeno đubrenje stajnjakom i tada je ostvarena najniža cena koštanja silaže 1,2 din. po kg. Nepovoljna godina za gazdinstvo bila je 2015. ostvareni su niži prinosi, što je značajno povećalo cenu koštanja silaže na 2,16 din. po kg.

### **Napomena**

Istraživanja u ovom radu deo su projekta TR.31051 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### **Literatura**

- Dinić B., Marković J., Terzić D., Lugić Z., Štrbanović R. (2011). Kvalitet kabaste stočne hrane na gazdinstvima u Srbiji, 16 Savetovanje o biotehnologiji 4 mart Čačak, Vol. 16(18), 19-25.
- Ivanović S., Munćan M., Radivojević D. (2011). Ekonomska analiza uticaja različitih faktora u proizvodnji hrane za krave na cenu mleka, Poljoprivredna tehnika 36(4), 97-104.
- Veljković Biljana, Koprivica R., Radivojević D., Jaćimović M. (2011). Economic indicators of the production and potential of silage as a biomass energy crop, Proceedings 22<sup>nd</sup> International Symposium Food safety production, Trebinje, Bosnia Herzegovina p.224-226.
- Vukoje Veljko (2014). Obračun i analiza ekonomsko-finansijskih pokazatelja poslovanja poljoprivrednih gazdinstava u funkciji unapređenja rada savetodavne službe – izrada metodologije softvera, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 1-153.

## CALCULATIONS IN SILAGE PRODUCTION

*Biljana Veljković<sup>1</sup>, Ranko Koprivica<sup>1</sup>, Dušan Radivojević<sup>2</sup> Zoran Bročić<sup>2</sup>*

### **Abstract**

Ensuring high yields of good-quality corn silage provides cheaper rations for milking cows. To reduce silage production costs, the calculation method was used for the analysis of milk production on two farms (A and B) during three years. The article presents the breakdown of milk production costs as the average percentage of total variable costs for both farms, as well as the costs of silage.

**Key words:** silage, corn, price, farm

---

<sup>1</sup> University of Kragujevac, Faculty of Agronomy in Cacak, Cara Dušana 34, Čačak Serbia (biljavz@kg.ac.rs);

<sup>2</sup> University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6 Zemun, Belgrade, Serbia;

## **HEMIJSKI SASTAV ZRNA I SLAME PŠENICE GAJENE PRI RAZLIČITIM KOLIČINAMA NPK HRANIVA**

*Jelena Visković<sup>1</sup>, Jovan Crnobarac<sup>1</sup>, Dragana Latković<sup>1</sup>, Goran Jaćimović<sup>1</sup>, Vladimir Aćin<sup>2</sup>*

**Izvod:** Visok prinos i kvalitet pšenica, osim genetike, duuguje i tehnologiji gajenja, a u okviru nje značajno mesto zauzima đubrenje. Cilj ovog istraživanja bio je da se utvrdi hemijski sastav zrna i slame pšenice gajene pri različitim količinama NPK hraniva na dugoročnom poljskom eksperimentu. Odabrano je šest tretmana đubrenja: (i) kontrola (nedubrena varijanta), (ii)  $N_{100}P_{50}K_{50}$ , (iii)  $N_{100}P_{100}K_{50}$ , (iv)  $N_{100}P_{100}K_{100}$ , (v)  $N_{100}P_{150}K_{50}$ , (vi)  $N_{100}P_{150}K_{150}$ . Na osnovu dobijenih rezultata, utvrđen je različit uticaj pojedinih varijanti đubrenja na sadržaj ispitivanih makroelemenata (N, C, P, K, Ca, Mg) u zrnu i slami.

**Ključne reči:** pšenica, zrno, slama, đubrenje

### **Uvod**

Cilj biljne proizvodnje je visok i stabilan prinos, dobrog kvaliteta, praćen odgovarajućom profitabilnošću, uz vođenje računa o očuvanju plodnosti zemljišta. Primena đubriva neophodna je i u održavanju produktivnosti agroekosistema (Blanchet et al., 2016). Đubrenje se mora zasnivati na naučnim saznanjima o raspoloživosti i odnosima hraniva u zemljištu, fiziološkim potrebama biljaka, ekonomičnosti proizvodnje, te intenzitetu i smeru uticaja pojedinog agroekološkog činioca. Kod đubrenja kao i kod svih agrotehničkih mera, bitno je da se ono primeni kvalitetno i blagovremeno. Sistem đubrenja određenog useva zavisi od zemljišnih i klimatskih uslova, što znači da nema opštih preporuka za sve regione bez prethodnog prilagođavanja agroekološkim uslovima (Latković, 2009). Poznavanje uloge i dinamike usvajanja pojedinih hranljivih elemenata u životnom ciklusu biljke, kao i uslova u kojima biljka raste, određuju količinu i vrstu mineralnih đubriva koje treba upotrebiti. Ovo zahteva poznavanje količine hraniva u zemljištu, njihovu pristupačnost i sposobnost vezivanja u zemljištu. Na osnovu toga se određuje nedostajuća količina hraniva iz đubriva za optimalni prinos svakog useva u rotaciji, određuje se najbolji izvor hraniva, te način i vreme primene đubriva, uz istovremeno vođenje računa o njihovom uticaju na spoljašnju sredinu i ekonomičnost njihove primene. Sistemom đubrenja se osim na visinu i kvalitet prinosa utiče i na njegovu stabilnost (Crnobarac et al., 2016).

Žetveni ostaci njihovih biljaka predstavljaju značajnu količinu biomase koja ima izvanredno važnu ulogu u kruženju materija agroekosistema, posebno u uslovima nedovoljne upotrebe organskih đubriva. Zaoravanje žetvenih ostataka pozitivno utiče na fizičko-hemijske i biološke osobine, te opštu plodnost i kvalitet zemljišta, u prvom redu

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad, Srbija (jelena.viskovic@polj.uns.ac.rs);

<sup>2</sup>Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija.

na sadržaj organske materije (Lehtinen et al., 2014; Manojlović i Jaćimović, 2014). Slama žita sadrži oko 45% ugljenika (Kastori i Tešić, 2006). Rezultati dugotrajnog poljskog ogleada pokazali su da zaoravanje žetvenih ostataka značajno povećava prinos pšenice (Jaćimović, 2017).

Cilj ovog istraživanja bio je da se utvrdi hemijski sastav zrna i slame pšenice gajene pri različitim količinama NPK hraniva.

### Materijal i metode rada

Ispitivanje hemijskog sastava zrna i slame pšenice gajene pri različitim količinama NPK hraniva izvršeno je na dugoročnom poljskom ogledu zasnovanom 1965/66. godine, na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo na Rimskim šančevima. Zemljište na kome je ogled izveden je tipa karbonatni černozem, blago alkalne reakcije, srednje obezbeđeno humusom i lakopristupačnim fosforom, a veoma dobro lakopristupačnim kalijumom. U ogledu se ispituje 20 varijanti đubrenja različitim kombinacijama količina i odnosa azota, fosfora i kalijuma, raspoređenih po slučajnom blok sistemu u 4 ponavljanja. Veličina osnovne parcelice za đubrenje iznosi 17x13,5 m. Na ogledu se primenjuje standardna agrotehnika. Celokupna količina  $P_2O_5$  i  $K_2O$ , kao i polovina N đubriva primenjuju se pred osnovnu obradu, a druga polovina N upotrebljava se za prihranjivanje početkom marta meseca.

Za istraživanje uticaja đubrenja na hemijski sastav zrna i slame pšenice odabrano je šest tretmana: (i) kontrola (neđubrena varijanta), (ii)  $N_{100}P_{50}K_{50}$ , (iii)  $N_{100}P_{100}K_{50}$ , (iv)  $N_{100}P_{100}K_{100}$ , (v)  $N_{100}P_{150}K_{50}$ , (vi)  $N_{100}P_{150}K_{150}$ .

Pripremljeni uzorci zrna i slame, za svaku varijantu i ponavljanje, su analizirani na sadržaj makroelemenata. Sadržaj ukupnog azota (N) utvrđen je metodom po Dumas-u, a sadržaj ukupnog ugljenika (C) suvim sagorevanjem. Ukupan fosfor (P), kalijum (K), kalcijum (Ca) i magnezijum (Mg) su određeni nakon ekstrakcije fluorovodoničnom kiselinom pomoću optičkog spektrometra tipa ICP.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Sadržaj ukupnog azota u zrnu pšenice u proseku za sve varijante đubrenja iznosio je 19,93 g  $kg^{-1}$  (Tabela 1). Najveća vrednost ukupnog azota (22,14 g  $kg^{-1}$ ) ostvarena je na varijanti  $N_{100}P_{150}K_{50}$ , međutim, nije bilo statistički značajne razlike u poređenju sa varijantama  $N_{100}P_{100}K_{50}$ ,  $N_{100}P_{100}K_{100}$  i  $N_{100}P_{150}K_{150}$ . Sve navedene varijante đubrenja imale su značajno veći sadržaj ukupnog azota u odnosu na kontrolnu i varijantu  $N_{100}P_{50}K_{50}$ . Može se uočiti da je najveći sadržaj ukupnog azota u zrnu bio na varijantama sa 100 kg N  $ha^{-1}$  u kombinaciji sa 100 ili 150 kg  $P_2O_5$   $ha^{-1}$ , bez obzira na primenjenu količinu kalijuma.

Sadržaj ukupnog ugljenika u zrnu iznosio je prosečno 456,33 g  $kg^{-1}$ , a bio je najveći na varijanti  $N_{100}P_{100}K_{50}$  (458,32 g  $kg^{-1}$ ). Međutim ova vrednost bila je značajno veća samo u odnosu na kontrolnu i varijantu  $N_{100}P_{150}K_{50}$ , dok u poređenju sa ostalim varijantama đubrenja nije bilo značajnih razlika.

Prosečna vrednost sadržaja ukupnog fosfora u zrnu pšenice iznosila je 2,75 g  $kg^{-1}$ , a bila je najveća na varijanti đubrenja  $N_{100}P_{150}K_{150}$  (2,89 g  $kg^{-1}$ ). Ova vrednost međutim

nije se značajno razlikovala od ostalih varijanti đubrenja, kao ni od kontrolne varijante. Dakle, đubrenje nije uticalo na sadržaj ukupnog fosfora u zrnu pšenice, bez obzira na primenjene količine P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Prosečna vrednost sadržaja ukupnog kalijuma u zrnu pšenice iznosila je 2,75 g kg<sup>-1</sup>, a najveća vrednost, bila je na kontrolnoj varijanti (3,15 g kg<sup>-1</sup>). Ova vrednost bila je značajno veća od sadržaja ukupnog kalijuma na varijantama N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> i N<sub>100</sub>P<sub>150</sub>K<sub>50</sub>, dok u poređenju sa ostalim varijantama, nije bilo značajnih razlika. Dobijeni rezultati ukazuju na visok nivo K na analiziranom zemljištu (karbonatni černozem).

Najveći sadržaj kalcijuma u zrnu pšenice bio je na varijanti N<sub>100</sub>P<sub>150</sub>K<sub>150</sub>, a bio je značajno veći samo u odnosu na kontrolnu varijantu. Prosečan sadržaj ukupnog kalcijuma iznosio je 0,40 g kg<sup>-1</sup> i nije zavisio od primenjenih varijanti đubrenja.

Prosečan sadržaj ukupnog magnezijuma u zrnu pšenice iznosio je 0,84 g kg<sup>-1</sup>, a bio je najveći na varijanti đubrenja N<sub>100</sub>P<sub>150</sub>K<sub>150</sub>, međutim, ova vrednost nije se razlikovala značajno u odnosu na kontrolnu i preostale varijante đubrenja.

Tabela 1. Hemijski sastav zrna pšenice (g kg<sup>-1</sup>)  
 Table 1. Chemical composition of wheat grain (g kg<sup>-1</sup>)

Varijante đubrenja <i>Fertilizing variants</i>	Ukupan N <i>Total N</i>	Ukupan C <i>Total C</i>	Ukupan P <i>Total P</i>	Ukupan K <i>Total K</i>	Ukupan Ca <i>Total Ca</i>	Ukupan Mg <i>Total Mg</i>
Ø	15,41	455,36	2,86	3,15	0,40	0,83
N <sub>100</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	17,96	456,58	2,70	3,02	0,37	0,80
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>50</sub>	22,04	458,32	2,72	2,71	0,37	0,85
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	20,84	456,32	2,57	2,61	0,36	0,79
N <sub>100</sub> P <sub>150</sub> K <sub>50</sub>	22,14	454,70	2,75	2,70	0,41	0,87
N <sub>100</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	21,17	456,69	2,89	2,94	0,46	0,92
Prosek / <i>Average</i> :	19,93	456,33	2,75	2,85	0,40	0,84
LSD <sub>0,05</sub>	1,45	2,15	0,54	0,45	0,10	0,18

Prosečan sadržaj ukupnog azota u slami pšenice (Tabela 2) iznosio je 3,89 g kg<sup>-1</sup>. Najveća vrednost ukupnog azota (4,30 g kg<sup>-1</sup>) ostvarena je na varijanti N<sub>100</sub>P<sub>150</sub>K<sub>50</sub>. Ova vrednost bila je značajno veća od sadržaja ukupnog azota na kontrolnoj varijanti, dok u poređenju sa ostalim varijantama nije bilo značajnih razlika.

Sadržaj ukupnog ugljenika u slami iznosio je prosečno 454,42 g kg<sup>-1</sup>, a bio je najveći na varijanti N<sub>100</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub> (466,10 g kg<sup>-1</sup>). Međutim ova vrednost bila je značajno veća samo u odnosu na kontrolnu i varijantu N<sub>100</sub>P<sub>150</sub>K<sub>50</sub>, dok u poređenju sa ostalim varijantama đubrenja nije bilo značajnih razlika.

Prosečna vrednost sadržaja ukupnog fosfora u slami pšenice iznosila je 0,50 g kg<sup>-1</sup>, a bila je najveća na varijanti đubrenja N<sub>100</sub>P<sub>150</sub>K<sub>50</sub> (0,57 g kg<sup>-1</sup>). Ova vrednost se značajno razlikovala samo u poređenju sa varijantom N<sub>100</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub>, dok u odnosu na ostale varijante nije bilo značajnih razlika.

Prosečna vrednost sadržaja ukupnog kalijuma u slami pšenice iznosila je 4,49 g kg<sup>-1</sup>, a najveća vrednost, bila je na varijanti N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>50</sub> (5,14 g kg<sup>-1</sup>). Ova vrednost bila je značajno veća od sadržaja ukupnog kalijuma na varijantama N<sub>100</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub>, N<sub>100</sub>P<sub>150</sub>K<sub>50</sub> i N<sub>100</sub>P<sub>150</sub>K<sub>150</sub>, dok u poređenju sa ostalim varijantama nije bilo značajnih razlika.



Najveći sadržaj kalcijuma u slami pšenice bio je na kontrolnoj varijanti (3,09 g kg<sup>-1</sup>), međutim ova vrednost se nije značajno razlikovala od ostalih varijanti đubrenja, kao ni od kontrolne varijante. Prosečan sadržaj ukupnog kalcijuma iznosio je 2,87 g kg<sup>-1</sup> i nije zavisio od primenjenih varijanti đubrenja.

Prosečan sadržaj ukupnog magnezijuma u slami pšenice iznosio je 0,56 g kg<sup>-1</sup>, a bio je najveći na kontrolnoj i varijanti N<sub>100</sub>P<sub>150</sub>K<sub>50</sub> sa vrednošću 0,62 g kg<sup>-1</sup>, međutim ova vrednost nije se razlikovala značajno u odnosu na kontrolnu i preostale varijante đubrenja.

Tabela 2. Hemijski sastav slame pšenice (g kg<sup>-1</sup>)  
Tabela 2. Chemical composition of wheat straw (g kg<sup>-1</sup>)

Varijante đubrenja <i>Fertilizing variants</i>	Ukupan N <i>Total N</i>	Ukupan C <i>Total C</i>	Ukupan P <i>Total P</i>	Ukupan K <i>Total K</i>	Ukupan Ca <i>Total Ca</i>	Ukupan Mg <i>Total Mg</i>
Ø	3,25	437,20	0,55	4,53	3,09	0,62
N <sub>100</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	3,57	466,10	0,36	4,18	2,35	0,50
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>50</sub>	4,25	458,60	0,50	5,14	2,89	0,49
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	4,05	457,80	0,49	4,59	2,96	0,58
N <sub>100</sub> P <sub>150</sub> K <sub>50</sub>	4,30	451,90	0,57	4,16	3,02	0,62
N <sub>100</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	3,92	454,90	0,52	4,37	2,93	0,55
Prosek / <i>Average:</i>	3,89	454,42	0,50	4,49	2,87	0,56
LSD <sub>0,05</sub>	0,94	14,16	0,15	0,66	0,81	0,16

### Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da su navedene varijante đubrenja posmatrajući pojedine makroelemente, u različitom stepenu, uticale na hemijski sastav zrna i slame pšenice. Najveći sadržaj ukupnog azota u zrnu bio na varijantama sa 100 kg N ha<sup>-1</sup> u kombinaciji sa 100 ili 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, bez obzira na primenjenu količinu kalijuma, dok je najveća vrednost ukupnog azota u slami ostvarena je na varijanti N<sub>100</sub>P<sub>150</sub>K<sub>50</sub>. Sadržaj ukupnog ugljenika u zrnu bio je najveći na varijanti N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>50</sub>, a u slami na varijanti N<sub>100</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub>. Đubrenje nije uticalo na sadržaj ukupnog fosfora u zrnu pšenice, bez obzira na primenjene količine P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dok je za slamu najveća vrednost fosfora ostvarena na varijanti đubrenja N<sub>100</sub>P<sub>150</sub>K<sub>50</sub>. Najveća vrednost sadržaj ukupnog kalijuma u zrnu pšenice, bila je na kontrolnoj varijanti, dok je u slami ta vrednost ostvarena na varijanti N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>50</sub>. Najveći sadržaj kalcijuma u zrnu pšenice bio je na varijanti N<sub>100</sub>P<sub>150</sub>K<sub>150</sub>, a bio je značajno veći samo u odnosu na kontrolnu varijantu, a u slami pšenice na kontrolnoj varijanti, međutim ova vrednost se nije značajno razlikovala od ostalih varijanti đubrenja. Sadržaj ukupnog magnezijuma u zrnu i slami pšenice bio je najveći na varijanti đubrenja N<sub>100</sub>P<sub>150</sub>K<sub>150</sub>, dok je u slami ta vrednost ostvarena i na kontrolnoj varijanti.

### Literatura

Blanchet G., Gavazov K., Bragazza L. Sinaj S. (2016). Responses of soil properties and crop yields to different inorganic and organic amendments in a Swiss conventional farming system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 230: 116–126.

- Crnobarac, J., Balalić, I., Dušanić, N., Jaćimović, G., Latković, D. (2016). Fertilization of sunflower according to data from four-crop rotation long-term experiment. Proceedings, 1058-1062. Edirne, Turkey: Trakya University and International Sunflower Association.
- Jaćimović G., Aćin V., Crnobarac J., Latković D., Manojlović M. (2017). Efekti zaoravanja žetvenih ostataka na prinos pšenice u dugotrajnom poljskom ogledu. Letopis naučnih radova. 41(1): 1-8
- Latković, D., Marinković, B., Malešević, M., Jaćimović, G., Jug, D. (2009). Effect of different levels of nitrogen from plowed under harvest residues on grain yield of corn. Contemporary agriculture / Savremena poljoprivreda. 58 (3-4): 16-22.
- Lehtinen, T., Schlatter, N., Baumgarten, A., Bechini, L., Krüger, J., Grignani, C., Zavattaro, L., Costamagna, C. and Spiegel, H. (2014). Effect of crop residue incorporation on soil organic carbon and greenhouse gas emissions in European agricultural soils. Soil Use Manage. 30: 524–538.
- Kastori, R., Tešić, M. (2006). Ekološki aspekti primene žetvenih ostataka njivskih biljaka kao alternativnog goriva. Zbornik radova, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad. 42: 3-13.
- Manojlović, M., Jaćimović, G. (2014). Značaj zaoravanja žetvenih ostataka za kvalitet zemljišta, produktivnost i prilagođavanje klimatskim promenama. Tematski zbornik radova 27-33. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za ratarstvo i povrtarstvo.

## CHEMICAL COMPOSITION OF GRAIN AND STRAW WITH DIFFERENT AMOUNTS OF NPK NUTRIENTS

*Jelena Visković<sup>1</sup>, Jovan Crnobarac<sup>1</sup>, Dragana Latković<sup>1</sup>, Goran Jaćimović<sup>1</sup>,  
Vladimir Aćin<sup>2</sup>*

### Abstract

The high yield and quality of wheat, besides genetics, owes to the cultivation technology, and within it a significant place is occupied by fertilization. The aim of this paper was to determine the chemical composition of grains and straw of wheat grown in different amounts of NPK nutrients on a long-term field experiment. Six fertilization treatments were selected: (i) unfertilized control variant, (ii) N<sub>100</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub>, (iii) N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>50</sub>, (iv) N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub>, (v) N<sub>100</sub>P<sub>150</sub>K<sub>50</sub>, (vi) N<sub>100</sub>P<sub>150</sub>K<sub>150</sub>. Based on the obtained results, significant influence of individual varieties of fertilization was determined on the content of the studied macroelements (N, C, P, K, Ca and Mg) in grains and straw.

**Key words:** wheat, grain, straw, fertilization

---

<sup>1</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića, 21000 Novi Sad, Serbia (jelena.viskovic@polj.uns.ac.rs);

<sup>2</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Serbia.

## THE EFFECT OF APPLYING WITH IMMUNOCYTOPHYTE ON THE CONTENT AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE ESSENTIAL OIL FROM COMMON BASIL OF ‘TRAKIA’ CULTIVAR

*Ivan Yanchev*

**Abstract:** The aim of the study was to establish the effect of the leaf treatments with Immunocytophyte on the content, yield and chemical composition of the essential oil distilled from dry leaf and stems biomass and flower spikes of common basil, ‘Trakia’ cultivar. The experiment was carried out in the period 2014-2016 on the Training-and-Experimental fields of the Agricultural University – Plovdiv, set by the block plot design in four replications, the plot size being 20 m<sup>2</sup>. The following variants were studied: 1) Control; 2) 0.5 tablet per 50 m<sup>2</sup>, 3) 1 tablet per 50 m<sup>2</sup>, 4) 1.5 tablet per 50 m<sup>2</sup>, applied three times during the vegetation period before flowering of the second-order branches after basic fertilization with 16 kg/da of nitrogen (applied three times) and irrigation to 80-100% of water holding capacity. The results showed that the application of Immunocytophyte had a negative effect on the essential oil content. Nevertheless, higher essential oil yields were obtained in the treated variants thanks to the higher yield of dry matter.

The major components of the essential oil distilled from dry leaf and stem biomass and flower spikes are linalool, limonene, methyl chavicol and methyl cinnamate.

**Key words:** basil, immunocytophyte, composition, content, oil

### Introduction

The sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) is one of the most ancient medicinal plants and herbs. It is usually grown for the production of ethereal oil and also for obtaining fresh and dry leaves. The most important component of the basil is its ethereal oil. Its content varies from 0.1 to 0.45% depending on the ecological and agro-economic conditions (Arabaci and Bayram, 2004). The economically significant components of the ethereal oil that are applied in food industry, perfumery and cosmetics are methyl chavicol, methyl cinnamate and linalool. Growth regulators are chemicals applied in small quantities and lead to changes in plant growth, as evidenced by stimulation or inhibition of natural growth. Many researchers establish positive influence of different growth regulators on the vegetative development and extraction of essential oils for different types of basil. According Mahmud et al., (1996) the application of IAA (indole 3- acetic acid), and kinetin at basil increases the content of the essential oil .

Gupta, et al. (1992, 1995) reported that foliar application of triacontanol 10 mcg dose has had a positive effect on the yield of fresh herbs and extraction of essential oils in basil.

All these facts allow us to consider that the application of biostimulators stimulates the vegetative growth and the yield of ethereal oil of basil. Considering the aforementioned, the purpose of this survey is to establish the influence of leaf treatments with Immunocytophyte on the content, the yield and the chemical composition of the essential oil distilled from dry leaf-and-stem mass and flower spikes of ordinary basil of the kind Trakiya.

### **Material and methods**

The study was conducted during the period 2014-2016 in the experimental and integration base of the Plant Growing Department at the Agricultural University, town of Plovdiv. We made a field experiment whose main direction was to grow basil as a postharvest crop. The growing of basil starts with the preliminary production of seedlings. The period from the sowing of the seeds to the formation of the seedlings during the years of the survey lasted for 48-54 days. The experiment in the main field was made using the block method in four repetitions as the experimental lot covered an area of 20m<sup>2</sup> located on alluvial (previously marshy) soil. The planting of the seedlings was performed manually using standard seedlings at a distance of 70 cm between the rows and 15 cm within the row itself (96200 plants/ha). It was done on 16.07 during the three years of the survey. The gathering was conducted during the full blooming stage on 06.10 on the 82nd day after planting the seedlings during the years of the experiment. Variants of the factor:

1. Immunocytophyte 0.5 tablet per 50 m<sup>2</sup>
2. Immunocytophyte 1 tablet per 50 m<sup>2</sup>
3. Immunocytophyte 1.5 tablet per 50 m<sup>2</sup>
- 4- no foliar fertilization (control sample).

\*The treatment Immunocytophyte was conducted three times until the blossoming of the offshoots of the second order, using a small sprayer consuming 300 l/ha of solution during background fertilization with N-160 kg/ha (three times until the blossoming of the offshoots from the second order) and also irrigation in order to maintain the limit water absorption of the field – 80-95% in a layer of 0-30 cm.

When conducting the experiment, we examined the following indicators:

- yield of dry mass, content, yield and the chemical composition of the essential oil has been established using the gas chromatograph PYE UNICAM series 204.

The obtained data has been mathematically processed using the program SPSS.

### **Results and discussion**

During all three years of the experiment, the combination of climatic factors was favorable for the growth of basil. The experimental year 2014 was characterized by the highest average monthly temperature for July and August, which combined with the high relative humidity of the air in August (70%) contributed to the better development of the plants, which resulted in higher yield of dry biomass.

The lowest values of the average monthly relative humidity of the air over the years of the survey were registered in August and early September of the year 2015, which combined with the relatively high temperatures had a negative effect on the growth of

the plants, which resulted in lower yield of dry biomass compared to the other two years of the survey.

The variation of the temperature is the main factor affecting the content of essential oil. The registered lower content of oil in the dry leaf-and-stem mass and flower spikes in the year 2014 was due to the sudden drop of the temperature in early September from 28.1 °C during the third ten days of August to an average temperature of 17.9°C during the first ten days of September. In 2016 the higher temperatures in September and the first ten days of October contributed to the accumulation of a larger quantity of oil in the dry leaf-and-stem mass and flower spikes.

1. Influence of the leaf treatments with Immunocytophyte on the yield of dry mass.

As regards the yield of dry mass, the obtained results show that the tested leaf treatments with Immunocytophyte increase the yield of dry mass during each of the experimental years (Table 1). The maximum yield of dry mass during the years of the survey has been registered for the treatments with Immunocytophyte - 1 tablet per 50 m<sup>2</sup> with values and a relative increase compared to the control sample during the period of the survey - 8120.2kg/ha (119.4%). The tested foliar fertilizers do not influence the proportion of fresh and dry mass. There are some insignificant differences during the separate years. For the variants included in the survey, it was within 1: 5.55- 5.83 on average for the period.

Table 1. The effect of the leaf treatments with Immunocytophyte on the productivity of dry biomass

indicators	version	2014 y.	%	2015 y.	%	2016 y.	%	Average for the period	% compared to controlledlat
Yield of dry matter kg/ha	0- control	6820,31a	100,0	6580,36a	100,0	7000,22a	100,0	6800,29a	100,0
	0.5 tablet	8130,85b	119,3	7690,42b	116,9	8410,02b	120,1	8040,76b	118,3
	1 tablet	8080,11b	118,4	7800,88b	118,6	8630,62b	123,3	8120,2b	119,4
	1.5 tablet	7230,35ab	106,0	6900,57a	104,9	7550,9ab	108,0	7330,61ab	107,8
LSD 5%		101.98		86.76		77.00		78.10	
Ratio Fresh to dry weight	0- control	1: 6,00		1: 5,53		1: 5,45		1: 5,66	
	0.5 tablet	1: 5,77		1: 5,55		1: 5,36		1: 5,55	
	1 tablet	1: 5,92		1: 5,57		1: 5,33		1: 5,64	
	1.5 tablet	1: 6,09		1: 6,02		1: 5,65		1: 5,83	

2. Evaluation of the leaf treatments with Immunocytophyte on the content of essential oil in the dry leaf-and-stem mass and flower spikes.

The aromatic and medicinal features of basil (*Ocimum basilicum*) are related to the presence of essential oil contained in glandular trichomes located on all overground parts.

The data in Table 2 shows that the foliar fertilizers have a negative influence on the content of essential oil. The obtained results are unidirectional during the separate years of the survey and there are proven differences from the control sample for the treatments with Immunocytophyte. On average for the period, the dry leaf-and-stem mass decreases maximally for Immunocytophyte – to 0.49% compared to the control

sample of 0.53% and in the dry flower spikes it decreases most significantly for Immunocytophyte to 2.80% compared to the control sample of 2.89%.

Table 2. The effect of the the leaf treatments with Immunocytophyte on the content of essential oil in the dry leaves and stems biomass and flower spikes.

indicators	version	2014 y.	2015 y.	2016 y.	Average for the period	% compared to controlledlat-0
dry leaf and stem biomass						
content of essential oil %	0- control	0.46b	0.55b	0.59b	0.53a	100.0
	0.5 tablet	0.38a	0.52a	0.55a	0.48a	90.6
	1 tablet	0.38a	0.52a	0.56a	0.49a	92.5
	1.5 tablet	0.40ab	0.54b	0.57ab	0.50a	94.3
LSD 5%		0.04	0.02	0.035	0.29	
dry flower spikes						
content of essential oil %	0- control	2.59b	2.95c	3.14b	2.89a	100.0
	0.5 tablet	2.49a	2.83a	3.01a	2.78a	96.2
	1 tablet	2.47a	2.87b	3.06a	2.80a	96.9
	1.5 tablet	2.51a	2.86ab	3.06a	2.81a	97.2
LSD 5%		0.08	0.05	0.08	0.64	

### 3. Evaluation of the leaf treatments with Immunocytophyte on the yield of oil

The yield of ethereal oil is a function of the yield of plant mass and the percentage of essential oil. The analysis of experimental data (Table 3) shows that the highest yield of essential oil from the leaf-and-stem mass and the flower spikes during the separate years has been obtained when applying leaf treatments with Immunocytophyte. The maximum yield of oil from the dry leaf-and-stem mass over the years has been registered for the variant1 tablet per 50 m<sup>2</sup> with an average value for the period for 23 kg/ha (17%) and dry flower spikes- 78.5 kg/ha (120%). On average for the period, the maximum total yield of oil was registered for leaf treatments with Immunocytophyte - 1 tablet per 50 m<sup>2</sup> - 101.5 kg/ ha (119%).

Although the applied leaf treatments with Immunocytophyte decreases the content of essential oil in the dry leaf-and-stem mass and flower spikes, the obtained higher yield of oil is due to the registered higher yield of dry leaf-and-stem mass and flower spikes. Thus, the plants compensate for the lower levels of secondary compounds by means of a higher production of biomass, which leads to a higher yield of oil from unit area.

The output is an indicator showing the necessary quantity of raw material for obtaining 1 kg of essential oil. The data about it (Table 3) shows that the values for the variants with leaf treatments with Immunocytophyte are higher owing to the lower content of essential oil found in them. The largest quantity of leaf-and-stem mass for the yield of 1kg of essential oil during the years of the experiment was registered for Immunocytophyte - 1 tablet per 50 m<sup>2</sup> - with an average value for the period of 211.34 kg and dry flower spikes for the variant-36.11kg.

Table 3. The effect of the leaf treatments with Immunocytophyte on the yield of essential oil distilled from dry leaves and stems biomass and flower spikes

version	2014 y.			2015 y.			2016 y.		
	yield of the essential oil kg/ha	%	output	yield of the essential oil kg/ha	%	output	yield of the essential oil kg/ha	%	output
from the dry leaf and stem biomass									
0- kontrol	14.1a	100	217.39	20.0a	100	181.82	24.8a	100	169.49
0.5 tablet	17.9c	127	263.15	22.1b	111	192.31	27.7b	112	181.82
1 tablet	17.7c	126	263.15	22.3b	112	192.31	28.9b	111	178.57
1.5 tablet	16.6b	118	250.00	20.8ab	104	185.19	25.7ab	104	175.44
LSD 5%	0.13			0.11			0.14		
from the dry flower spikes									
0- kontrol	5.00a	100	38.61	74.1a	100	33.90	73.1a	100	31.84
0.5 tablet	58.2b	116	40.46	84.4c	114	35.64	85.2b	117	33.52
1 tablet	57.7b	115	40.60	88.0c	119	34.95	89.9c	123	32.79
1.5 tablet	51.9ab	104	39.90	74.3a	100	35.01	74.7a	102	33.09
LSD 5%	0.20			0.36			0.41		
total yield									
0- kontrol	64.1a	100		94.1a	100		92.9a	100	
0.5 tablet	76.1c	119		106.5b	113		112.9b	115	
1 tablet	75.4c	118		110.3b	117		118.8b	121	
1.5 tablet	68.5b	107		95.1ab	101		100.4 ab	103	
LSD 5%	0.43			0.62			1.58		

4. Influence of the leaf treatments with Immunocytophyte on the chemical composition of the essential oil obtained from dry leaf-and-stem mass and flower spikes

Essential oils are characterized by two or three comparatively high concentrations (20-70%) of some components compared to the other whose quantity is very small (Burt, 2004).

Table 4 shows that the following components have been identified: linalool, limonene, methyl chavicol and methyl cinnamate. The component whose content constitutes the largest percentage in the essential oil distilled from the dry leaf-and-stem mass and the flower spikes is linalool and the other constituents rank as follows in descending order: limonene, methyl chavicol and methyl cinnamate.

The applied leaf treatments with Immunocytophyte does not influence the content of linalool in the oil obtained from the dry leaf-and-stem mass. Its average quantity for the period varies from 55.24 to 57.04% in the individual variants and in the oil obtained from dry flower spikes, its quantity varies from 66.86 to 68.48%.

The content of limonene in the oil distilled from dry racemes varies from 4.91 to 5.88% and is almost twice as large in the oil obtained from dry leaf-and-stem mass – 9.57-10.87%. It has been proven that its content increases in the oil obtained from dry leaf-and-stem mass for the period of the survey as its maximum was registered for 1 tablet per 50 m<sup>2</sup> - 10.87%.

Table 4. The effect of the leaf treatments with Immunocytophyte on the chemical composition of the essential oil distilled from dry leaves and stems biomass and flower spikes

chemical ingredients %	version	2014y.	2015 y.	2016 y.	Average for the period	% compared to controlledlat	chemical ingredients %	2014y.	2015 y.	2016 y.	Average for the period	% compared to controlledlat
		essential oil distilled from dry leaf and stem						essential oil distilled from dry flower spikes				
linalool %	0- kontrol	58.19a	56.53a	56.41a	57.04a	100,0	linalool %	72.58a	68.35a	64.35a	68.48a	100,0
	0.5 tablet	57.06a	55.41a	53.26a	55.24a	96,8		71.15a	67.58a	63.02a	67.25a	98,2
	1 tablet	57.19a	55.62a	54.98a	55.96a	98,1		70.18a	67.20a	63.20a	66.86a	97,6
	1.5 tablet	57.92a	55.99a	56.27a	56.73a	99,5		72.47a	68.32a	64.43a	68.41a	99,9
LSD 5%		4.70	4.45	5.56	3.05		LSD 5%	3.21	3.56	3.71	9.07	
lemonol %	0- kontrol	10.04a	9.48a	9.20a	9.57a	100,0	Lemonol %	4.38a	5.10a	5.24a	4.91a	100,0
	0.5 tablet	11.11b	10.26b	9.85b	10.41ab	108,8		5.23b	5.35b	6.86b	5.81a	118,3
	1 tablet	10.99b	11.58c	10.03c	10.87b	113,6		5.45b	5.42b	6.78b	5.88a	119,8
	1.5 tablet	10.08a	9.68a	9.73b	9.83a	102,7		4.55a	5.29ab	5.24a	5.03a	102,4
LSD 5%		0.66	0.32	0.28	1.29		LSD 5%	0.24	0.22	0.36	1.55	
methyl chavicol - %	0- kontrol	2.73c	2.11b	2.06b	2.30a	100,0	methyl chavicol - %	0.9a	0.10a	0.10a	0.10a	100,0
	0.5 tablet	2.40b	2.01ab	1.99ab	2.13a	92,6		0.10ab	0.11a	0.12ab	0.11ab	110,0
	1 tablet	1.98a	1.90a	1.90a	1.93a	83,9		0.11b	0.13b	0.14b	0.13b	130,0
	1.5 tablet	2.40b	1.93a	2.02ab	2.12a	92,2		0.08a	0.10a	0.11a	0.10a	100,0
LSD 5%		0.15	0.14	0.14	0.58		LSD 5%	0.019	0.017	0.028	0.028	
methyl cinnamate - %	0- kontrol	0.42b	0.40b	0.53b	0.45a	100,0	methyl cinnamate- %	0.40b	0.52c	0.64b	0.52a	100,0
	0.5 tablet	0.37a	0.38ab	0.48a	0.41a	93,2		0.37ab	0.45b	0.56a	0.46a	88,5
	1 tablet	0.38a	0.37a	0.49a	0.41a	93,2		0.36a	0.42a	0.55a	0.44a	84,6
	1.5 tablet	0.41b	0.40b	0.51ab	0.44a	100,0		0.36a	0.50c	0.59ab	0.49a	94,2
LSD 5%		0.030	0.028	0.032	0.15		LSD 5%	0.033	0.028	0.046	0.24	



There is a tendency to an increase of its content in the oil obtained from dry flower spikes for the leaf treatments with Immunocytophyte. Under the influence of treatments with Immunocytophyte, the content of methyl chavicol in the oil obtained from dry leaf-and-stem mass decreases. On the contrary, in the oil obtained from dry flower spikes it has been proven to increase during the years, reaching its maximum after applying per 1 tablet per 50 m<sup>2</sup>. The treatments with Immunocytophyte reduce the content of methyl cinnamate in the oil obtained from dry leaf-and-stem mass and flower spikes.

### Conclusions

The threefold application of leaf treatments with Immunocytophyte leads to an increase in the yield of dry mass from unit area (kg/ha) in all treated variants. The strongest effect has been registered for Immunocytophyte1 tablet per 50 m<sup>2</sup>.

After the threefold treatment with Immunocytophyte, the percentage of the essential oil in the dry leaf-and-stem mass and the flower spikes decreases. This decrease is the largest after applying Immunocytophyte1 tablet per 50 m<sup>2</sup> with proven difference compared to the control sample over the years.

The leaf treatments with Immunocytophyte has a positive effect on the yield of essential oil from dry leaf-and-stem mass and flower spikes from unit area (kg/ha), which increases the total yield. The maximum yield was registered for Immunocytophyte1 tablet per 50 m<sup>2</sup>, which increases the yield of essential oil by 19% on average for the period compared to the control sample.

The leaf treatments with Immunocytophyte with have a positive effect on the content of limonene in the essential oil distilled from dry leaf-and-stem mass and flower spikes and also on the content of methyl chavicol in the essential oil obtained from dry flower spikes. The leaf treatments with Immunocytophyte do not influence the content of linalool in the oil obtained from the respective organs.

The leaf treatments with Immunocytophyte have a negative effect on the content of methyl cinnamate in the oil obtained from dry leaf-and-stem mass and flower spikes and the content of methyl chavicol in the oil obtained from dry leaf-and-stem mass.

### References

- Arabaci, O.; Bayram, E. (2004). The effect of nitrogen fertilization and different plant densities on some agronomic and technologic characteristic of *Ocimum basilicum* L. (Basil) *Journal of Agronomy*, Vol. 3 No. 4 pp. 255-262
- Burt.,S. (2004). Essential oils: their antimicrobial properties and potential application in foods-A review. *International Journal of Food Microbiology*. 94: 223-253 Properties and Uses. Wiley-VCH, Weinheim, p. 293 .
- Gupta, S., Arun Kumar and Khosla, M.K. (1992). Effect of growth regulators on biomass and oil yield of *Ocimum carnosum*. *Indian Perfumer*, 36:27-32.

- Gupta, S., Arun Kumar and Khosla, M.K. (1995). Physiological analysis of growth in *Ocimum carnosum* L.K., OHO with triacontanol treatment. *Indian Perfumer*, 39(2): 107-11.
- Mahmoud, S.E.D.M., Craker, L.E., Nolan, L. and Shetty, K. (1996). Response of growth and essential oil content of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) to somenatural hormones. *International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants*, Acta Horticulturae, 426: 629-634.

## FLORISTIČKI SASTAV I PRINOS BIOMASE TRAVNJAKA *Danthonietum calycinae* POD UTICAJEM ĐUBRENJA I KALCIZACIJE

Vladimir Zornić<sup>1</sup>, Mirjana Petrović, Tanja Vasić, Jordan Marković,  
Snežana Babić, Dejan Sokolović, Jasmina Radović

**Izvod:** Cilj rada je bio ispitivanje uticaja đubrenja i kalcizacije na floristički sastav i prinos biljne zajednice *Danthonietum calycinae*, u centralnom delu Srbije. Ispitivani su tretmani đubrenja (kontrola, P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> i N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) i kalcifikacije (bez kreča i 1000 kg ha<sup>-1</sup>). Na tretmanima na kojima je unesen mineralni azot došlo je do porasta udela trava, a pada udela biljaka ostalih familija. Najpovoljniji uslovi za razvoj leguminoza bili su na tretmanima PK sa krečom, u obe godine istraživanja. Povoljan uticaj mineralnog azota uočen je već u prvoj godini, dok je unošenje fosfornih i kalijumovih đubriva dalo efekta na prinos tek u drugoj godini istraživanja.

**Gljučne reči:** travnjaci, *Danthonietum calycinae*, prinos, floristički sastav

### Uvod

Prirodni travnjaci predstavljaju površine koje su obrasle zeljastom, a ponekad i drvenastom vegetacijom i koriste se za ispašu, košenje ili kombinovani vid iskorišćavanja (Porqueddu et al., 2014.). Značaj ovih površina ogleda se prvenstveno u tome što predstavljaju značajan izvor hrane za domaće i divlje životinje i stoga su neophodan preduslov za razvoj stočarske proizvodnje.

Đubrenje kao agrotehnička mera predstavlja jedan od najjednostavnijih i najsigurnijih načina povećanja prinosa na travnjacima (LeBauer and Treseder, 2008). Unošenjem đubriva prevashodno se utiče na floristički sastav vrsta, a đubriva mogu imati različit uticaj zavisno koje hranljive elemente sadrže. Unošenje azotnih đubriva dovodi do povećanja udela trava, a smanjenja drugih biljnih vrsta u biomasi (Stošić, 1973; Lazarević et al., 2009). Za razliku od azotnih, fosforna i kalijumova đubriva imaju pozitivan uticaj na udeo leguminoza u biomasi (Radojević i sar., 1980). Višegodišnja primena đubrenja značajno povoljno utiče na biljni pokrivač, jer dovodi do transformacije jedne biljne zajednice u drugu koja je većeg potencijala za prinos i kvalitet.

Na kiselim, a naročito na ekstremno kiselim zemljištima, kalcifikacija ima značajan uticaj na prinos, floristički sastav i kvalitet prirodnih travnjaka. Ova mera pre svega povoljno utiče na zemljište, jer se u njemu povećava dostupnost nekih hranljivih elemenata, a pre svih fosfora (Hocking, 2001), što može imati povoljan uticaj na prinos (Condrón and Goh, 1990) i floristički sastav, povećavajući udeo leguminoza u biomasi (Kopeć, 1997).

<sup>1</sup>Institut za krmno bilje Kruševac, 37251 Globoder (vladimir.zornic@ikbks.com)

Uticaj primenjenih faktora, može biti različit zavisno od tipa zajednice, sastava vrsta, metereoloških prilika i dr. Glavni cilj rada je bio ispitivanje uticaja đubrenja i kalcifikacije na floristički sastav i prinos biljne zajednice *Danthonietum calycinae*.

### Materijali i metode

Poljski ogled je postavljen u jesen 2012. godine na lokalitetu Mitrovo Polje u opštini Aleksandrovac, na nadmorskoj visini od 684 m. Biljna zajednica na kojoj je sprovedeno istraživanje je *Danthonietum calycinae*, (Cincović and Kojić, 1958).

Zemljište na kome je postavljen ogled je ekstremno kisele hemijske reakcije  $\text{pH}_{\text{KCL}}$  4,06, veoma slabo obezbeđeno fosforom (2,65 mg/100g zemljišta), veoma slabo obezbeđeno kalijumom (7,96 mg/100g zemljišta), sa veoma visokim sadržajem humusa (8,29 %) i bezkarbonatno (0,00% CaO).

Količina padavina od 742 mm tokom 2013. godine je za 165 mm niža u odnosu na višegodišnji prosek (907 mm). Tokom 2014 godine suma padavina je bila ekstremno visoka i iznosila je 1536,9, što je za 629,9 više u odnosu na prosečne vrednosti za period od deset godina. Srednja mesečna temperatura u obe istraživačke godine iznosila je 9,1 °C, što je za 0,54 °C više u odnosu na prosek (8,56 °C).

Ogled je postavljen po potpuno slučajnom blok sistemu u četiri ponavljanja. Veličina osnovne parcelice iznosila je 10 m<sup>2</sup> (5x2m), zaštitni pojas između ponavljanja je širine 1 m, a između tretmana u okviru ponavljanja 0,5 m.

Istraživanjima su obuhvaćeni sledeći faktori:

*Đubrenje*: kontrola; P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (ukupna količina hraniva je unešena u jesen) i N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (N<sub>20</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> u jesen, N<sub>20</sub> na početku vegetacije, N<sub>20</sub> posle prvog otkosa).

*Kalcifikacija*: bez kreča i sa krečom (1000 kg ha<sup>-1</sup> – pri postavljenju ogleda).

Od parametara istraživanja ispitivani su:

A) *Floristički sastav* je određen iz uzorka u svežem stanju. Prilikom košenja, sa svakog tretmana, je uzet uzorak, iz koga su odvojene pojedine biljne vrste, i određeno težinsko učešće sveke od njih, a vrste su determinisane na osnovu Flore Srbije (1970-1977). Sve biljne vrste radi lakšeg praćenja podeljene su na: trave, leguminoze i ostale.

B) *Prinos suve materije* je određen košenjem u fazi početka metličanja travne vrste *Agrostis vulgaris*. Nakon košenja izmerena je masa zelene krme i sa svakog tretmana je uzet uzorak od 1 kg zelene krme. Uzorci su sušeni na 60°C do konstantne mase, radi određivanja faktora sasušavanja. Količina suve materije po hektaru je dobijena množenjem količine zelene mase sa faktorom sasušavanja i preračunata u t ha<sup>-1</sup>.

### Rezultati i diskusija

Svi ispitivani tretmani đubrenja, nezavisno od kalcifikacije su uticali na promenu florističkog sastava vrsta (Tabela 1). U obe istraživačke godine udeo trava u biomasi bio je najveći na tretmanima na kojima je apliciran mineralni azot. Porast udela trava pod uticajem mineralnog azota na istom tipu zajednice ustanovljen je i u istraživanjima Stošić (1973) i Lazarević et al. (2009). Azotna mineralna đubriva utiču na brži porast i povećanje habitusa trava, čime se povećava njihova kompetitivna sposobnost (Xia and Wan, 2008), a čime se smanje prostor za razvoj biljaka drugih familija. Značajno veći

udeo trava u drugoj godini, nastao je zbog velike količine padavina koja je forsirala biljke pomenute familije, ali činjenice da je aplikacija azota predhodne godine povećala procenat trava, tako da druga godina predstavlja nastavak transformacije ispitivane zajednice.

Tabela 1. Uticaj đubrenja i kalcizacije na floristički sastav travnjaka (%)  
 Table 1. Effect of nitrogen and lime application on floristical composition (%)

	Godina 1 Year 1			Godina 2 Year 2		
	Trave Grasses	Leguminoze Legumes	Ostale Other	Trave Grasses	Leguminoze Legumes	Ostale Other
Kontrola bez kreča <i>Kontrol no liming</i>	36,97	3,92	59,11	52,50	0,58	46,92
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> bez kreča <i>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> no liming</i>	44,14	6,28	48,57	57,22	8,04	34,73
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> bez kreča <i>N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> no liming</i>	50,47	0,78	48,75	72,40	0,07	27,53
Kontrola sa krečom <i>Kontrol with liming</i>	33,42	1,77	64,81	49,54	2,98	47,48
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> sa krečom <i>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> with liming</i>	33,67	10,27	56,06	49,76	13,59	36,64
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> sa krečom <i>N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> with liming</i>	46,34	1,23	52,44	67,60	0,46	31,94

Najpovoljniji uslovi za razvoj leguminoza bili su na tretmanima na kojima je aplicirano fosforno i kalijumovo đubrivo. Pored ovoga vidljivo je da u obe istraživačke godine na tretmanima sa fosforom i kalijumom dodatak kreča je značajno favorizovao porast udela leguminoza u biomasi. Dobijeni rezultati su saglasni sa rezultatima Radojević i sar. (1980) koji ukazuju da aplikacija fosfornih i kalijumovih đubriva može dovesti do povećanja sadržaja leguminoza u pokošenoj biomasi, čak i do 14 %, što zavisi prevashodno od udela leguminoza u početnoj zajednici.

Aplikacija mineralnih đubriva uticala je negativno na udeo biljaka ostalih familija, a taj pad bio je izraženiji u drugoj, u odnosu na prvu istraživačku godinu. Nezavisno od količine i vrste đubriva i kreča, svi tretmani u drugoj godini istraživanja imali su niži procenat biljaka ostalih familija u odnosu na prvu istraživačku godinu. Slični rezultati ustanovljeni su i u istraživanjima Stošić (1973), Lazarević et al. (2009).

Kreč je negativno uticao na udeo leguminoza u biomasi, što je saglasno istraživanjima Kopeć (1997), a najverovatnije posledica povećane dostupnosti fosfora u zemljištu. Povećano učešće leguminoza u zajednici povoljno utiče na prinos, ali pre svega na kvalitet biomase travnjaka.

Rezultati prikazani u tabeli 2 ukazuju da u oba otkosa, u prvoj godini istraživanja, značajno veći prinos bio je na tretmanima na kojima je aplicirano azotno mineralno đubrivo. Ovo je očekivano, jer se na ovaj način povećava udeo trava u biomasi koje su značajno prinostnije u odnosu na druge biljne vrste na travnjaku. Aplikacija mineralnog azota u količini od 60 kg ha<sup>-1</sup> na zajednici *Danthonietum calyciniae* imala je povoljan uticaj na prinos na dva lokaliteta (Lazarević et al., 2009). Na lokalitetu Šapido prinos je

nakon dve godine aplikacije porastao sa 2,49 na 4,75 t ha<sup>-1</sup>, dok je na lokalitetu Marinkovac taj porast iznosio sa 1,3 na 2,09.

Na tretmanima na kojima je aplicirano fosforno i kalijumovo đubrivo, značajno veći prinos postignut je drugoj godini istraživanja. Ovo se može objasniti činjenicom da je zemljište bilo siromašno ovim hranljivim elementima, pa je neophodno da prođe određeni vremenski period da bi se povećao sadržaj dostupnih oblika ovih elemenata u zemljištu, a biljna zajednica transformisala u produktivniju.

Tabela 2. Produkcija travnjaka pod uticajem azota i kalcifikacije (t ha<sup>-1</sup> SM)  
 Table 2. Production of grassland influenced by N fertilising and liming (t ha<sup>-1</sup> DM)

	Godina 1 Year 1		Ukupan prinos Total yield	Godina 2 Year 1		Ukupan prinos Total yield
	Otkos 1 Cut 1	Otkos 2 Cut 2		Otkos 1 Cut 1	Otkos 2 Cut 2	
Kontrola <i>Kontrol</i>	2,43b	4,43b	2,86b	3,49c	1,56a	5,06c
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,56b	0,46b	3,03b	3,83b	1,61a	5,44b
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,75a	0,78a	4,52a	5,10a	2,03b	7,14a
Bez kreča <i>Without liming</i>	2,84a	0,54a	3,38a	4,02b	1,70a	5,73b
Sa krečom <i>Without liming</i>	2,98a	0,57a	3,55a	4,26a	1,76a	6,03a
Kontrola bez kreča <i>Kontrol without liming</i>	2,41b	0,42b	2,82b	3,41c	1,57b	5,00c
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> bez kreča <i>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> without liming</i>	2,45b	0,39b	2,89b	3,58c	1,57b	5,14c
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> bez kreča <i>N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> without liming</i>	2,47b	0,45b	2,93b	3,59c	1,59b	5,17c
Kontrola sa krečom <i>Kontrol with liming</i>	2,74b	0,48b	3,12b	4,08b	1,63b	5,70b
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> sa krečom <i>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> with liming</i>	3,64a	0,76a	4,40a	5,08a	1,96a	7,05a
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> sa krečom <i>N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> with liming</i>	3,86a	0,80a	4,65a	5,13a	2,1a	7,24a

Ista slova po kolonama ukazuju na odsustvo statistički značajne razlike sa pragom značajnosti  $p < 0.05$

*Means followed by same letter(s) do not differ significantly (p < 0.05)*

Unošenje kreča nije imalo značajnog uticaja na porast prinosa u prvoj godini istraživanja. U drugoj godini istraživanja kreč je povoljno delovao na prinos u prvom otkosu i na ukupan prinos, dok na prinos u drugom otkosu nije imao efekta. Aplikacija

kreča pojačava dejstvo mineralnih đubriva (Radojević et al., 1980), a što se može objasniti povećanom dostupnošću pojedinih elemenata, a posebno fosfora.

Iz prikazanih rezultata takođe se može videti da ukupan prinos nosi obeležje prvog otkosa, jer prinos u drugom otkosu je relativno nizak i nema značajnog uticaja na ukupan prinos. Slični rezultati ustanovljeni su i u istraživanjima drugih autora (Stošić i sar., 1996).

### Zaključak

-Unošenje mineralnog azota povoljno je uticalo na porast udela trava u biomasi.

-Aplikacija fosfornih i kalijumovih đubriva uz dodatak kreča stvorila je najpovoljnije uslove za razvoj leguminoza u obe istraživačke godine.

-Procenat biljaka ostalih familija je smanjen na tretmanima na kojima je vršeno đubrenje.

-Porast prinosa u prvoj godini istraživanja detektovan je na tretmanima sa mineralnim azotom, dok je u drugoj istraživačkoj godini ustanovljen na svim tretmanima.

-Unošenje kreča povoljno je uticalo na porast prinosa tek u drugoj godini istraživanja.

### Napomena

Istraživanja su deo projekta TR 31057, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije

### Literatura

- Cincovic T., Kojic M. (1958). Livadske fitocenozе Maljena. Zbornik radova Poljoprivrednog fakulteta. Beograd, III-1: 113-118.
- Condron M., Goh M. (1990). Nature and availability of residual phosphorus in long term fertilizer pasture soils in New Zealand. *The journal of agriculturаe science*, 211 (1): 1 – 9.
- Hocking P.J. (2001). Organic acid exuded from roots in phosphorus uptake and aluminium tolerance of plants in acid soil. *Advanced in agronomy*, 74: 63-97.
- Kopeć S. (1997). Effect of liming on the floristic diversity of degraded mountain grasslands. *Grassland science in Europe*, 19-23 May, Warszawa, Poland.
- Lazarević D., Stošić M., Dajić Z., Terzić D., Cvetković M. (2009). Productivity and quality of plant mass of meadow ass. *Danthonietum calucinae* depending on the fertilization and utilization time. *Biotechnology in Animal Husbandry*. Belgrade-Zemun, 25 (1-2): 133-142.
- LeBauer D.S., Treseder K.K. (2008). Nitrogen limitation of net primary productivity in terrestrial ecosystems is globally distributed. *Ecology*, 89: 371–379.
- Porqueddu C., Ates S., Louhaichi M., Kyriazopoulos A. P., Moreno G., Del Pozo., A., Ovalle C., Ewing M. and Nichols P. (2014). Grasslands in ‘Old World’ and

- ‘New World’ Mediterranean-climate zones: past trends, current status and future research priorities. *Grass and Forage Science*, 71: 1–35.
- Radojević D., Stošić M., Mladenović R. (1980). Floral and productive changes of *Nardetum strictae* association on Kopaonik Mt. (1 600 m above sea level) caused by fertilization. Proceedings of the VIII General Meeting of the EGF, 2-8 June, Zagreb, 163-169.
- Stošić M. (1973): Uticaj đubrenja na prinos i floristički sastav brdske livade tipa *Danthonietum calycinae*. Magistarski rad. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.
- Stošić M., Lazarević D., Tomić Zorica., Dinić B. (1996). Influence of date of cutting and mineral fertilizers on yield distribution off ass. *Agrostietum vulgaris* on Kopaonik. Zbornik radova instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 26: 309-316.
- Xia J.Y., Wan S.Q. (2008). Global response patterns of terrestrial plant species to nitrogen addition. *New Phytologist*, 179: 428–439.

## **FLORISTIC COMPOSITION AND YIELD OF *Danthonietum calycinae* GRASSLAND TYPE INFLUENCED BY FERTILISERS AND LIME**

*Vladimir Zornić<sup>1</sup>, Mirjana Petrović, Tanja Vasić, Jordan Marković, Snežana Babić, Dejan Sokolović, Jasmina Radović*

### **Abstract**

The aim of this study was evaluated change of botanical composition and dry matter yield influenced by different fertilizers (control, P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) and lime (without lime and 1000 kg ha<sup>-1</sup> lime) of *Danthonietum calycinae* grassland type, in central part of Serbia. Nitrogen fertilisation treatments led to an increase of grass species, but also decreased plants from other families. Treatment P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> with lime stimulated an increase of legumes in biomass in first and second year of investigation. Application of nitrogen increase forage yield in both years of investigation. Effect of P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> treatments and lime on increasing dry matter yield was observed in second year.

**Key words:** grasslands, *Danthonietum calycinae*, yield, floristic composition



## FENOLOŠKA PROUČAVANJA SORTI BRESKVE NA PODRUČJU DUBRAVSKE VISORAVNI U HERCEGOVINI

*Jasmina Aliman<sup>1</sup>, Ahmed Džubur<sup>1</sup>, Semina Hadžiabulić<sup>1</sup>, Jasna Hasanbegović<sup>1</sup>,  
Adnan Oručević<sup>1</sup>*

**Izvod:** Cilj rada je ispitivanje dinamike i energije cvjetanja, te fenofaze zrenja sorti breskve Maycrest, Springcrest, Spring Lady, Rich Lady i Elegant Lady na području Dubravske visoravni u Hercegovini u periodu od 2009-2011. godine. Rezultati istraživanja pokazuju da nisu ispoljene značajne razlike u vremenu početka cvjetanja između sorti (svega 1-3 dana), niti postoji korelacija između vremena cvjetanja i zrenja. Na početak i trajanje cvjetanja breskve znatno veći utjecaj imali su klimatski faktori, te se u područjima povećane opasnosti od proljetnih mrazeva preporučuje gajenje sorti kasnijeg vremena cvjetanja.

**Ključne reči:** breskva, fenofaza, sorta, cvjetanje, zrenje

### Uvod

Početak i tok fenofaze cvjetanja, pored genetske predispozicije, zavise od agroekoloških uslova lokaliteta, a poznavanje proticanja ove fenofaze od izuzetnog je značaja pri izboru sortimenta te primjene pomotehničkih mjera u zasadu breskve. Od svih ekoloških uslova najznačajniji su klimatski uslovi, a zatim geografska širina, nadmorska visina i ekspozicija položaja.

Od klimatskih uslova najveći utjecaj ima temperatura zraka u periodu koji prethodi cvjetanju i u toku cvjetanja. Ovdje se prije svega misli na kasne proljetne mrazeve koji mogu utjecati na oštećenje cvjetnih pupoljaka, cvjetova i tek zametnutih plodova breskve. Na dinamiku cvjetanja utječu još i sorta, starost, podloga, način rezidbe i dr. (Medin, 1998).

U našim područjima uzgoja breskve, različite sorte cvjetaju od kraja februara do kraja aprila, te se breskva ubraja u voćne vrste sa ranijim cvjetanjem. Početak cvjetanja između pojedinih sorti varira od 7 do 15 dana (Pejkić, 1982).

Fideghelli (1993) ističe da cvijet breskve u fazi crvenog pupa izdrži bez oštećenja temperature od -3,5 do -4 °C, otvoreni cvijet od -2,5 do -3 °C, a tek zametnuti plodovi -1 °C. Miljković (1979) ističe da je kritična temperatura za pupoljke u otvaranju i pojavi latica kod breskve od -0,66 do -5,5 °C, za otvorene cvjetove od -1,1 do -2,2 °C. Breviglieri (1950) iznosi da su kritične temperature za zatvorene cvjetne pupoljke s tek vidljivom bojom latice -3,89 °C, u punoj cvatnji -2,78 °C i slobodni plodići -1,1 °C.

Cilj ovog istraživanja je bio ustanoviti tok fenofaze cvjetanja, obilnost i vrijeme zrenja ispitivanih sorti breskve u uslovima Dubravske visoravni u Hercegovini.

---

<sup>1</sup>Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Agromediterranski fakultet u Mostaru, Univerziteti kampus bb, Mostar, Bosna i Hercegovina (jasmina.aliman@unmo.ba)

## Materijal i metode rada

Istraživanja su provedena u Hercegovini na području Dubravske visoravni, na nadmorskoj visini 350 m, a kao materijal za istraživanje poslužile su sorte breskve: Maycrest, Springcrest, Spring lady, Elegant lady i Rich lady. Podloga za sve ispitivane sorte je GF 677. Zasad je podignut 2005. godine sa jednogodišnjim sadnicama i nalazi se u punoj rodnosti. Razmak sadnje je 4 x 4 m, a uzgojni oblik kotlasta krošnja. Zemljište je tipa crvenice dubokog profila.

Sva eksperimentalna ispitivanja vršena su tokom tri vegetacije (2009-2011). Eksperiment je postavljen po "Metodi slučajnog blok rasporeda" sa po 5 stabala za svaku sortu, ukupno 25 stabala. Istraživanja obuhvataju praćenje fenofaza cvjetanja i zrenja, kao i energije cvjetanja.

Fenološka proučavanja su određena prema Fleckingeru (1945) i obuhvataju praćenje sljedećih fenofaza:

- početak cvjetanja (E faza) – otvoreno 10-20% cvjetova,
- puna cvatnja (C faza) - otvoreno 90% cvjetova i
- kraj cvjetanja (G faza) - opalo 90% kruničnih listića
- energija cvjetanja - (broj dana cvjetanja).

## Rezultati istraživanja i diskusija

### Fenologija cvjetanja ispitivanih sorti breskve

Podaci o proticanju fenofaze cvjetanja ispitivanih sorti breskve na području Dubravske visoravni (2009-2011) prikazani su tabelom 1.

Tabela 1. Fenofaze cvjetanja ispitivanih sorti breskve na Dubravskoj visoravni  
*Table 1. Phenophases of flowering in the examined peach varieties in Dubrave plateau*

Sorta <i>Variety</i>	Fenofaza cvjetanja <i>Phenophase of flowering</i>	2009	2010	2011
Maycrest	početak / <i>begining</i>	19.3.	24.3.	23.3.
	puno/ <i>full</i>	23.3.	27.3.	26.3.
	kraj/ <i>the end</i>	29.3	31.3.	30.3.
Springcrest	početak / <i>begining</i>	17.3.	22.3.	21.3.
	puno/ <i>full</i>	24.3.	25.3.	24.3.
	kraj/ <i>the end</i>	28.3.	29.3.	29.3.
Spring Lady	početak / <i>begining</i>	18.3.	23.3.	21.3.
	puno/ <i>full</i>	23.3.	26.3.	24.3.
	kraj/ <i>the end</i>	29.3.	30.3.	29.3.
Rich Lady	početak / <i>begining</i>	20.3.	24.3.	23.3.
	puno/ <i>full</i>	25.3.	27.3.	26.3.
	kraj/ <i>the end</i>	28.3.	31.3.	30.3.
Elegant Lady	početak / <i>begining</i>	19.3.	25.3.	24.3.
	puno/ <i>full</i>	25.3.	28.3.	27.3.
	kraj/ <i>the end</i>	29.3.	1.4.	31.3.

Iz tabele 1 uočljivo je da nisu ispoljene značajne razlike u vremenu početka cvjetanja između pojedinih sorti u ispitivanom periodu, te one iznose 1-3 dana što je manje u odnosu na rezultate Glišić et al. (2008) koji su kod sedam sorti breskve u okolini Čačka, zabilježili varijabilnost u početku cvjetanja 4-7 dana, a Odalović (2003) u uslovima Čemovskog polja bilježi razlike u početku cvjetanja 7-8 dana.

Najranije cvjetanje u ispitivanom periodu (2009-2011) evidentirano je kod sorte Springcrest u 2009. godini (17.3.) a nakon 1-2 dana nastupa cvjetanje kod sorte Spring Lady. Sorta Maycrest, koju karakteriše najraniji početak zrenja, cvjetala je 2-3 dana nakon Springcresta (20.3.2009.). Ovo je veoma značajna sortna karakteristika, jer kasnije cvjetanje čak i za 2-3 dana može umanjiti opasnost od kasnih proljetnih mrazeva i time smanjiti teške posljedice na rodnost. Ovakav redoslijed cvjetanja potvrđuje navode Baldini i Scaramuzzi (1981), da kod breskve ne postoji proporcionalnost između vremena cvjetanja i vremena zrenja, jer sorte koje ranije cvjetaju ne moraju imati i ranije zrenje, kao što je slučaj kod drugih voćnih vrsta.

Kod sorte Rich Lady i Elegant Lady zabilježeno je cvjetanje 3-4 dana nakon sorte Springcrest (gotovo istovremeno sa sortom Maycrest) što odgovara rezultatima do kojih su došli Odalović (2003), kao i Prenkić i Odalović (2007).

Na početak fenofaze cvjetanja i zrenja proučavanih sorti značajan utjecaj imali su klimatski uslovi (prvenstveno temperatura). Najraniji početak cvjetanja kod svih sorti evidentiran je u 2009. godini, što je u uskoj vezi sa povišenim vrijednostima temperatura koje su izmjerene u periodu koji je prethodio cvjetanju. U 2010. i 2011. godini registrovane su nešto niže temperature u istom periodu, što je imalo za posljedicu kasniji početak cvjetanja za 3-5 dana u odnosu na 2009. godinu.

Puno cvjetanje je nastupilo za 3-4 dana od početka cvjetanja kod većine sorti u 2010. i 2011. godini, dok je u 2009. godini ova fenofaza nastupila nakon 5-7 dana od početka cvjetanja. Period precvjetavanja trajao je od 4 do 6 dana, što je u skladu sa rezultatima Glišić et al. (2008). Protjecanje fenofaze cvjetanja je bilo u uskoj vezi sa kretanjem srednjih dnevnih temperatura što se odrazilo i na dužinu cvjetanja, odnosno na energiju cvjetanja, čiji su rezultati predstavljeni tabelom 2.

Tabela 2. Energija cvjetanja ispitivanih sorti breskve na Dubravskoj visoravni (2009-2011)

*Table 2. Flowering energy of examined varieties of peach in the area of Dubrave plateau (2009-2011)*

Sorta <i>Variety</i>	2009	2010	2011	prosjeak
Maycrest	10	7	7	8
Springcrest	11	7	8	9
Spring Lady	11	7	8	9
Rich Lady	9	7	7	8
Elegant Lady	9	7	7	8

Na osnovu podataka o trajanju cvjetanja prezentovanih u tabeli 2 može se konstatovati da je u 2009. godini kod svih sorti evidentirano duže trajanje cvjetanja u odnosu na naredne dvije godine ispitivanja, a iznosilo je od 9 dana kod sorte Rich Lady i Elegant Lady, do 11 dana kod sorti Springcrest i Spring Lady.

U 2010. i 2011. godini zabilježena je manja energija cvjetanja (7-8 dana). Ovu povišenu eksplozivnost cvjetanja uslovile su povišene srednje dnevne temperature zraka, koje su nastupile u periodu nakon početka cvjetanja, dok su iste u 2009. godini imale tendenciju pada u tom periodu.

Najmanju prosječnu energiju cvjetanja imala je sorta Elegant Lady u sve tri godine istraživanja, što se može povezati sa njenim nešto kasnijim početkom cvjetanja, nakon čega nastupe povišene temperature. Najveću prosječnu energiju cvjetanja u ispitivanom periodu na svim lokalitetima imale su sorte Springcrest i Spring Lady, što je uslovljeno njihovim ranijim početkom cvjetanja. Prosječno trajanje fenofaze cvjetanja u ispitivanom periodu za sve ispitivane sorte iznosilo je 8-9 dana, što je u skladu sa rezultatima Glišić et al. (2008), dok Milovankić (1984) navodi da fenofaza cvjetanja kod breskve traje 10 - 15 dana, a u toplijim proljećima i 4 - 6 dana.

Milošević (1996) navodi da je dužina cvjetanja breskve u okolini Čačka 9-10 dana, a Odalović (2003), kao i Prenkić i Odalović (2007) su ustanovili prosječno trajanje cvjetanja kod sorti breskve u rejonu Čemovskog polja 10 - 17 dana. Vujanić-Varga et al. (2000) ustanovili su energiju cvjetanja 12-15 dana kod 10 sorti breskve.

### Fenologija zrenja ispitivanih sorti breskve

Vrijeme zrenja je osnovno obilježje svake sorte i kvantitativno se nasljeđuje (Dirlewanger et al. 1999., Vargas & Romero 2001). Ova varijabilnost omogućuje izbor najzanimljivijih sorti različitog datuma berbe, kako bi pokrili zahtjeve tržišta (Byrne, 2003). Vrijeme zrenja plodova ispitivanih sorti breskve predstavljen je u tabeli 3.

Tabela 3. Vrijeme zrenja ispitivanih sorti breskve na području Dubravske visoravni (2009-2011)

*Table 3. Time of ripening of examined varieties of peach in the area of Dubrave plateau (2009-2011)*

Sorta <i>Variety</i>	2009	2010	2011	prosjeck
Maycrest	7.6.	11.6.	10.6.	9.6.
Springcrest	17.6.	19.6.	17.6.	18.6.
Spring Lady	19.6.	21.6.	20.6.	20.6.
Rich Lady	14.7.	13.7.	9.7.	12.7.
Elegant Lady	2.8.	4.8.	8.8.	5.8.

Na osnovu podataka predstavljenih u tabeli 3 vidljivo je da je vrijeme zrenja breskve variralo u trogodišnjem periodu ispitivanja, odnosno bilo je uslovljeno vremenskim prilikama u analiziranom periodu.

Fenofaza zrenja u ispitivanih sorti breskve pokazuje da su za berbu prosječno najranije pristigli plodovi sorte Maycrest (9.6.), srednje rano Springcrest (18.6.) i Spring Lady (20.6.), srednje Rich Lady (12.7.), a najkasnije sorte Elegant Lady (5.8.) što je u skladu sa njihovim sortnim karakteristikama.

Utjecaj godine takođe je evidentan te je najranije zrenje kod sorti Maycrest, Springcrest i Spring Lady evidentirano u 2009. godini, a najkasnije u 2010. godini, što je posljedica povećanih srednjih dnevnih temperatura registrovanih u maju i početkom

juna u 2009. godini. Kod sorte Rich Lady evidentirano je najranije prosječno zrenje u 2011. godini (9.7.), obzirom da su u junu te godine evidentirane najveće vrijednosti srednjih dnevnih temperatura, a najkasnije u 2009. godini (14.7.) kada su srednje dnevne temperature u periodu koji je prethodio zrenju bile znatno manje i spuštale se do 15 °C.

Najraniji prosječni početak zrenja kod sorte Elegant Lady evidentiran je u 2009. godini (2.8.), a najkasnije u 2011. godini (8.8.), što je rezultat pada temperature u zadnjoj dekadi jula 2011. godine. Podaci o vremenu zrenja u ovom istraživanju su veoma slični onima do kojih su došli Odalović (2003), te Prekić et Odalović (2007) na području Čemovskog polja, jer se radi o sličnim klimatskim karakteristikama lokaliteta. Kod sorte Springcrest evidentiran je raniji početak zrenja za oko 20 dana u odnosu na istraživanja Bassi et Intrieri (1983) u okolini Bolonje. Prema navodima Nicotra et al. (1994) i Forgle i Scorza (1982) zabilježene su veće amplitude u vremenu zrenja kod sorti ranije epohe zrenja, nego kod sorti srednje kasne i kasne epohe zrenja u različitim agroekološkim uslovima.

### Zaključak

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da su fenologija cvjetanja i zrenja, pored genetske predispozicije sorte, u znatnoj mjeri uslovljene klimatskim faktorima lokaliteta, prije svega temperaturama. Početak cvjetanja je imao veoma mala odstupanja između sorti (2-3 dana), dok je uticaj godine bio izraženiji (do 6 dana). Fenofaza cvjetanja se u znatnoj mjeri preklapala kod svih ispitivanih sorti. Najranije cvjetanje u periodu istraživanja zabilježeno je kod sorte Springcrest, a najkasnije kod sorte Elegant Lady, dok sorta Maycrest koja najranije sazrijeva, cvjeta 2-3 dana nakon Springcresta, što je veoma značajna sortna karakteristika, jer kasnije cvjetanje utječe na smanjenje opasnosti od kasnih proljetnih mrazeva, što se direktno reflektira na rodnost.

### Literatura

- Baldini E., Scaramuzzi F. (1981). Il pesco. Reda, Roma, pp. 9-90.
- Bassi, D., Intrieri C. (1983). Rosired 3- Nuova pesco a maturazione medio-precocce. Atti della Giornata, Ferrara, 59-60.
- Breviglieri N. (1950). Peschicoltura, Reda, Roma, Italy.
- Byrne D.H. (2003): Breeding peaches and nectarines for mild-winter climate areas: state of the art and future 476 directions. In: Marra F, Sottile F (eds) Proceedings of the First Mediterranean Peach Symposium, Agrigento, Italy, p 102-109.
- Dirlwanger E., Moing A., Rothan C., Svanella L., Pronier V., Guye A., Plomion C., Monet R. (1999). Mapping QTLs controlling fruit quality in peach [*P. persica* (L.) Batsch] Theoretical and Applied Genetics 98:18-31.
- Fideghelli C. (1993). Manuale di peschicoltura, Edagricole, Bologna, Italy.
- Fleckinger J. (1945). Notations phénologiques et représentations graphiques du développement des bourgeons de Poirier Congrès de Paris de l'Association française pour l'avancement des Sciences, Paris, p 118.
- Forgle, W., Scorza, R. (1982). Sentry Peach. Hort Science, 17, 271–272.

- Glišić I., Cerović R., Milošević T., Karaklajić-Stajić Ž. (2008). Fenofaze cvetanja i klijavost polena nekih sorti breskve, *Voćarstvo*, 42, 163-164, 97-102.
- Medin A. (1998). Breskva, suvremena proizvodnja. Alfa, Zagreb.
- Miljković I. (1979). Praktično voćarstvo, Zadržna štampa, Zagreb, Hrvatska.
- Milošević T. (1996). Cvetanje i zrenje breskve kao opredeljujući činilac gajenja u određenom lokalitetu. *Jugoslovensko voćarstvo* 30. 115/116; 291-296.
- Milovankić M. (1984). Pomologija (koštičave voćke) – II izdanje. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Nicotra., A., Conte, L., Della Strada, G., Fideghelli, C., Insero, O., Liverani, A., Moser, L.(1994): Monografia di cultivar di pesco, nettarine, percoche, Roma.
- Odalović A. (2003). Biološko – proizvodne osobine novih sorti breskve u rejonu Čemovskog polja. *Jugoslovensko voćarstvo*, vol. 37, 113-121, Čačak.
- Pejkić B. (1982). Breskva, Nolit, Beograd, Srbija.
- Prekić R., Odalović A. (2007). Proučavanje osnovnih karakteristika novih sorti breskve u srednjem dijelu Crne Gore, *Savremena poljoprivreda* 56/6, N. Sad, 122-129.
- Vargas F.J., Romero M.A. (2001). Blooming time in almond progenies. *Options Méditerranéennes* 56:29-34.
- Vujančić – Varga D., Krstić M., Ognjanov V., Gašić K. (2000). Rodnost sorti bresaka najkasnije epohe sazrevanja ploda, *Letopis naučnih radova*, broj 1-2, strana 25-30.

## PHENOLOGICAL STUDY ON PEACH VARIETIES IN THE AREA OF DUBRAVE PLATEAU IN HERZEGOVINA

*Jasmina Aliman<sup>1</sup>, Ahmed Džubur<sup>1</sup>, Semina Hadžiabulić<sup>1</sup>, Jasna Hasanbegović<sup>1</sup>, Adnan Oručević<sup>1</sup>*

### Abstract

The aim of this study is to examine dynamic and energy of flowering, as well as phenophase of ripening for peach varieties Maycrest, Springerest, Spring Lady, Rich Lady and Elegant Lady in the area of Dubrave plateau in Herzegovina in 2009-2011 period. The results of research show that statistical differences does not exist in the beginning of flowering between varieties (1-3 days), there is correlation between the beginning of flowering and ripening. Climatic factors had significantly great influence on the the beginning and the duration of the flowering of peaches, and therefore in the areas with increased risk of spring frosts it is recommended to cultivate varieties with later flowering period.

**Key words:** peach, phenophase, variety, flowering, ripening

---

<sup>1</sup> Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Agromediterranski fakultet u Mostaru, Univerziteti kampus bb, Mostar, Bosna i Hercegovina (jasmina.aliman@unmo.ba)

## POSSIBILITY FOR SPINDLE AND SOLAXE TREES APPLE BREEDING

Vasilij Dzhuvinov<sup>1</sup>, Stafan Gandev<sup>1</sup>

**Abstract:** The second stage of intensification of apple industry in Europe started during the early of 1970's with Dutch 'Slender spindle' training system for high density plantations. Other systems such as 'Vertical axis', V and Y - shaped system, 'Tatura trellis', 'Solen', 'Solaxe', 'Cone' etc. were developed in different countries of the world.

Apple breeding for resistance to major diseases and for spindle and Solaxe tree architecture aims to significantly lower the total cost of fruit production. At our breeding program for resistance to scab, mildew and the aphids *Dysaphis plantaginea* Pass. and *Aphis pomi* De Geer, we selected hybrids with naturally attained spindle and Solaxe trees. In the progenies of cultivars 'Enterprise', 'Freedom', 'Aurora', 'Generos', 'Paulared', 'Prima', 'Tavria', 'Pionier' o.p. and 'Akane' ('Primrouge') × 'Krimskoe', 'Akane' × 'Florina', and 'McIntosh Wijcik' × 'Paradox', we found trees with a habit resembling the characteristics of the spindle training system. Plants with a weeping habit were selected from crosses of 'Paradox' × 'Prima' and 'Elize Rathke' × 'Florina', and between those hybrids a further set was selected which exhibited a natural Solaxe, the modern system for training and pruning in apple orchards.

**Key words:** *Malus domestica* (Borkh), training systems, breeding, spindle and Solaxe trees

### Introduction

The evolution of apple industry in different countries from 1950 to 1970, apple training and pruning have resulted in good fruit production in terms of yield and fruit quality. Tree forms used are not always appropriate to the branching and fruiting type of the cultivar. Keeping tree low in height by pruning causes a state of imbalance and rapid aging of the production zone.

There are three factors in orchard management of concern to the fruit grower:

- reduction in the time needed for pruning and harvesting;
- the rapid attainment of a commercial production;
- an annual production and better quality fruit which requires a balance between fruiting and vegetation vigor.

It is therefore of major importance to develop training concepts that optimally combine training and management systems at the orchard scale and training methods at the tree scale (pruning, bending). At both levels, an accurate knowledge of growth, branching and flowering processes within the tree canopy, i.e. tree architecture, is thus required to optimize tree manipulation adapted to the plant material (Costes et al., 2006).

Architecture breeding in fruit crops has not been given much attention, due to the established practice of training and pruning to overcome the natural habit of upright

<sup>1</sup>Fruit Growing Institute, 4004 Plovdiv, Bulgaria.

growth. This area of breeding may become more important as the cost of labor rises (Way et al., 1983).

Laurens (1999) noted that many apple breeders were involved in habit studies aimed at obtaining productive trees with regular cropping. Fideghelli et al. (2003) explained that, for centuries, orchardists have controlled the size and shape of fruit trees mainly through training and pruning. Costes et al. (2004, 2006) learned about a French breeding program where the regular bearing behavior, as well as the reduction of tree training by introducing architectural traits to control tree size and form, has been considered. Later all aspects of fruit tree architecture in relation to tree training, orchard management and fruit production have been analyzed. One of the main purposes of intensive orchards is to manage the tree shape and fruit load with minimal pruning, by taking advantage of the natural trends of the cultivar and thereby reducing the cost of this manual operation.

'SLENDER SPINDLE' is the first new training system developed by Wertheim (1978) for high-density plantings during second half of the last century and very fast has been introduced in many countries in the world. The reason for this change was the need to achieve early cropping, regular high yields and low labor requirements i.e. low costs of production. In the 1950-1977 period, the average yield from an apple orchard increased from 16 to 38 tons per hectare and the man-hours required per hectare for cultural practices (excluding picking) decreased from 550 to 175.

'VERTICAL AXIS' was developed by J-M. Lespinasse (1977, 1980). The tree is made up of a vertical trunk, along which fruiting branches are regularly distributed. The tree shape tends to be conical and tree fruiting zones exist in fruiting limb. 'Zone A' (from 0-30° from vertical) is characterized by the best light interception. 'Zone B' which is below the former between 30° and 120° from the vertical, is the prime fruiting zone, with good light distribution and moderate shoot growth. 'Zone C' underneath the first two zones, does not allow good fruit production because of the deleterious effect of within-tree shading on fruit quality. This training system aims to develop limbs in 'Zone B', which produce the best fruit quality.

'V and Y' - SHAPED SYSTEMS. V-shaped fruit trees were popularized for commercial orchards by Chalmers and van den Ende (1975) as the 'Tatura trellis'. A number of variations of the Tatura trellis were developed which include the Mini - Tatura trellis and Y-trellis (Robinson, 2000), the Mikado system (Widmer and Krebs, 1997), the Drilling (Triplet) system (Widmer and Krebs, 1997), the V-Slender spindle and the V-Super spindle. With all V systems the objective has been to improve yield by light interception, the fruit quality by light penetration to the center of the canopy. The optimum angle for fruit size was around 60° while fruit color was best on the most vertical angles and the best yield efficiency was at intermediate angles of around 60° i.e. the best balance of vegetative growth and cropping (Robinson, 2000).

'TATURA TRELLIS' is a Y-shaped system with arms of the trellis at 60° above the horizontal. This system was originally developed for peaches to increase yields and to allow mechanical harvesting, but was later adapted for apples. Each tree has 2 main scaffold arms and secondary branches are trained as a palmette. Secondary branches are trained about 45° from the leader and are attached to the wires (Chalmers and van den Ende, 1975).



'SOLEN' is a training system developed by J-M. Lespinasse during the 1980's. It is good system for cultivars from fruiting type III and IV like Golden Delicious, Gala, Granny Smith, Fuji etc. All branches are bended like weeping position (Monney and Evequoz, 2000).

'SOLAXE' is a combination between 'Solen' + 'Vertical axe'. It involved combining the bending of the central axis and the fruiting branches from the 'Solen' and developing free growing fruiting branches and removing the competing vegetative branches on this fruiting branch from the 'Vertical axis' (Lespinasse, 1986).

The main stem is attached to a support system. The best balance between vegetative and fruiting on mature Solaxe tree is obtained with 12 to 16 fruiting branches spirally arranged along the trunk (Lauri and Lespinasse, 2000).

'CONE' as a system for training and pruning has been developed by Gandev (2009), because under Bulgarian conditions the MM.106 was the main rootstock in apple orchards when the fruit growers use predominantly spur type cultivars during the 1970-1980's. Nowadays after planting apple cultivars 'Granny Smith', 'Melrose', 'Jonagold', 'Fuji', 'Florina' etc. on MM.106, faced some difficulties for control of vigor and regular yield of the cultivars, because for new orchards needs lot of investments for individual sticks on M.9 rootstock. The 'Cone' system is suitable for moderate and vigorous cultivars on MM.106 rootstock without support systems and wires.

### **Material and methods**

Seeds from open pollination were obtained from the apple scab resistant 'Prima', 'Priscilla', 'Redfree', 'Freedom', 'Dayton', and 'Enterprise' from the USA, 'Nova Easygro' and 'Moirá' from Canada, 'Florina' from France, and 'Generos' and 'Pionier' from Romania.

The open-pollinated (o.p.) seedlings originated from the low-susceptible to scab (Djouvinov and Penev, 2000) 'Paulared', 'Krimskoe' and from moderate-susceptible 'Tavria' and 'Avrora'. The seeds were collected from the columnar 'McIntosh Wijcik' and 'Telamon' and weeping 'Paradox' and 'Elise Rathke'.

The hybrids from crosses 'Akane' × 'Krimskoe', 'Akane' × 'Florina', 'McIntosh Wijcik' × 'Paradox', 'Paradox' × 'Prima', 'Elise Rathke' × 'Prima' and 'Elise Rathke' × 'Florina' were grafted on M.26 rootstock and planted in the same orchard. The open-pollinated seedlings and hybrids after planting were grown without training and pruning and without pesticide control. After the second growing season, the angles of the first three skeleton branches of each tree were measured from the base toward the vertical axis.

### **Results and discussion**

According to the studies of Lespinasse (1977), the size of apple fruits on upright branches between 0 and 30° is heterogeneous, because of the dominant tree vigor. In the range from 30 to 120°, the fruit size is relatively homogeneous. When the angle is greater than 120°, the fruit quality is poor, due to insufficient light penetration. Depending on the angle, the hybrids were separated into four groups: 0-30°, 30-45°, 45-90°, and >90° from the vertical axis.

Table 1. Frequency of distribution of progenies per angle range.

Open-pollinated apple cultivars	Number of seedlings	0-30° (%)	30-45° (%)	45-90° (%)	> 90° (%)
1. Scab-resistant					
Prima	63	23.8	28.6	47.6	0.0
Priscilla	54	37.0	27.8	35.2	0.0
Redfree	66	24.2	33.3	42.5	0.0
Dayton	47	29.8	21.3	48.9	0.0
Freedom	55	12.7	30.9	56.4	0.0
Enterprise	38	31.6	26.3	42.1	0.0
Nova Easygrow	33	24.2	45.4	30.4	0.0
Moirá	37	37.8	24.3	37.9	0.0
Fiorina	46	34.8	32.6	32.6	0.0
Generos	48	10.4	20.8	68.8	0.0
Pionier	45	22.2	26.7	51.1	0.0
2. Low-susceptible to scab					
Tavria	77	19.5	37.7	40.2	2.6
Avrora	42	16.7	28.5	54.8	0.0
Krimskoe	39	15.4	46.1	38.5	0.0
Paulared	34	20.6	26.5	52.9	0.0
3. Columnar					
McIntosh Wjicik	81	32.1	42.0	25.9	0.0
Telamon	27	33.3	40.7	26.0	0.0
4. Weeping					
Paradox	40	15.0	32.5	30.0	22.5
Elise Rathke	27	14.8	22.2	51.9	11.1

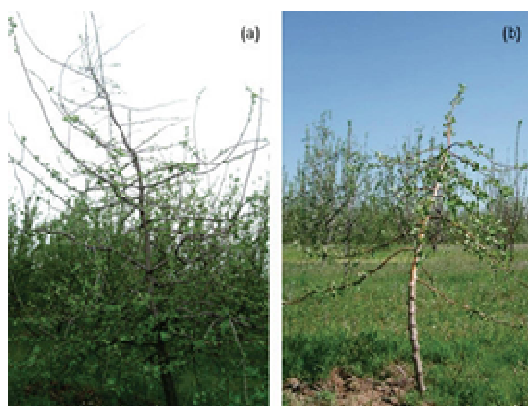


Figure 1. ‘Tavria’ o.p. Solaxe tree (a) and ‘Paradox’ × ‘Prima’ Solaxe tree (b).

From the progenies ‘Akane’ × ‘Krimskoe’ and ‘Akane’ × ‘Florina’, we received a good percentage of natural spindle trees, about 40% (Table 2). The results of ‘McIntosh Wjicik’ × ‘Paradox’ were close to the former two crosses, and a small percentage

exhibited the weeping habit. Very promising were the crossings ‘Elise Rathke’ × ‘Prima’ and ‘Elise Rathke’ × ‘Florina’, because 10-15% of the hybrids show a natural Solaxe. In the progeny of ‘Elise Rathke’ × ‘Florina’, we obtained weeping trees like the mother parent ‘Elise Rathke’, with a height of about 80 cm. We need to note that, as o.p. and as crosses with other cultivars, the progenies of weeping cultivars form trees that vary from upright to weeping.

Table 2. Frequency of distribution of progenies per angle range.

Progenies	No. of plants	0-30° (%)	30-45° (%)	45-90° (%)	> 90° (%)
Akane x Krimskoe	48	31.1	32.3	36.6	0.0
Akane x Fiorina	57	31.9	27.8	40.3	0.0
McIntosh Wijcik x Paradox	41	47.3	11.8	33.2	7.7
Paradox x Prima	54	10.9	39.3	40.7	9.1
Elise Rathke x Prima	46	14.8	33.2	34.7	17.3
Elise Rathke x Fiorina	63	23.3	34.9	30.1	11.7

### Conclusion

The results of our apple breeding program for tree architecture, natural spindle and Solaxe, appear very promising, as they combine the results of our breeding program for scab and mildew resistance (showing ‘McIntosh Wijcik’ × ‘Florina’ (Figure 2a) and showing ‘Generos’ o.p. (Figure 2b). The next step of our program is to improve the fruit quality of some natural Solaxe trees and to study the inheritance of this growth habit.

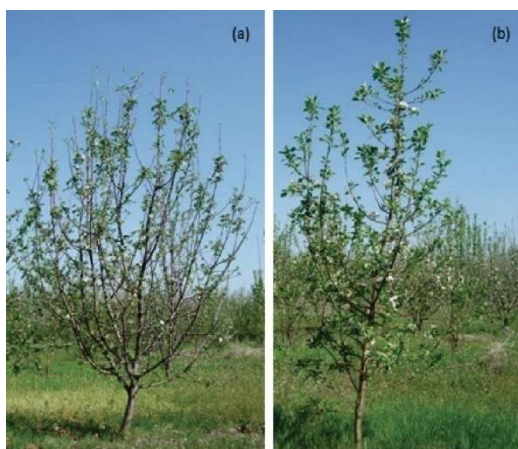


Figure 2. ‘McIntosh Wijcik’ × ‘Florina’ spindle tree (a) and ‘Generos’ o.p. spindle tree (b).

These positive results provide a direction for further breeding toward helping to reduce investment in new apple orchards as well as labor costs for bending, tying, and pruning.

### References

- Chalmers D.J., van den Ende B. (1975). The `Tatura Trellis`: A new design for high yielding orchards. *J. Agric. Victoria* 74:473-476.
- Costes E., Lauri P. E., Laurens F., Moutier N., Belouin A., Delort F., Legave J.M., Regnard J.L. (2004). Morphological and architectural traits on fruit trees which could be relevant for genetic studies: a review. *Acta Hort.*, 663, 349–356
- Costes E., Lauri P.E., Regnard J.L. (2006). Analyzing fruit tree architecture: implication for tree management and fruit production. *Hortic. Rev.*, 32:1–61.
- Djouvinov V., Penev R. (2000). Breeding for resistance to apple scab in Bulgaria. *Acta Hort.*, 525:337– 342.
- Fideghelli C., Sartori A., Grassi F. (2003). Fruit tree size and architecture. *Acta Hort.*, 622: 279– 293.
- Gandev S. (2009). Training and pruning of apple trees according to the new system `Cone`. *Acta Hort.*, 825:465-470.
- Laurens F. (1999). Review of the current apple breeding programs in the world; objectives for scion cultivar improvement. *Acta Hort.*, 484:163–170.
- Lauri P.E., Lespinasse J. M., (2000). The vertical axis and Solaxe systems in France. *Acta Hort.* 513: 287-296.
- Lespinasse J.M. (1977). La Conduite du Pommier. Type de Fructification, Incidence sur la Conduite de l'Arbre (Paris, France: INRA, UNVUFLEC), p.27–39.
- Lespinasse, J.M., (1980). La conduite du pommier-l'axe vertical la renovation des vergers (2epartie), CTIFL, Paris.
- Lespinasse J.M., Delort J.F., (1986). Apple tree management in vertical axis: appraisal after ten years of experiments. *Acta Hort.*, 160:139-155.
- Monney P., Evequoz N., (2000). Systemes de verger bas et pietons pour le pommier. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, 32(5):297-301.
- Robinson T.L. (2000). V-shaped apple planting systems. *Acta Hort.*, 513:337-347.
- Way R.D., Sanford J.C., Lakso A.N. (1983). Fruitfulness and productivity. In *Methods of Fruit Breeding*, J.N. Moore and J. Janick, eds. (West Lafayette, IN, USA: Purdue University Press), p. 353–367.
- Wertheim S.J. (1978). Pruning of Slender spindle type trees. *Acta Hort.*, 65:173-180.
- Widmer A., Krebs C. (1997). `Mikado` and `Drilling` (Triplet) – two novel training systems for sustainable high quality apple and pear production. *Acta Hort.*, 451:519-528.

## AGROBIOLOŠKA SVOJSTVA SORTE FRANKOVKA U KRAGUJEVAČKOM VINOGRJU

*Mlađan Garić<sup>1</sup>, Vera Vukosavljević<sup>2</sup>*

**Izvod:** U radu su prikazani rezultati proučavanja nekih agrobioloških svojstava sorte Frankovka u uslovima kragujevačkog vinogorja. Vinograd je podignut 2008. godine i nalazi se u fazi rastuće rodnosti. Razmak sadnje je 2.5 x 1.0 m. U periodu ispitivanja bili su povoljni agrometeorološki uslovi za rastenje i razviće vinove loze. Rezultati ispitivanja ukazuju da u kragujevačkom vinogorju postoje povoljni agroekološki uslovi za gajenje sorte Frankovka kao i za postizanje karakterističnog kvaliteta grožđa i vina.

**Ključne reči:** Frankovka, agrobiološka svojstva, prinos, kvalitet.

### Uvod

Sorta Frankovka je rejonirana za gajenje u vinogorjima Srbije. Nepoznatog je porekla. Pretpostavlja se da potiče iz Austrije. U našoj zemlji gaji se na manjim površinama, pa se retko proizvode čista sortna vina, već se kupažira sa drugim sortama (Burgundac crni, Game crni, Kaberne sovinjon, Merlo, Vranac, Prokupac i dr.). U ovom radu se prikazuju rezultati ispitivanja važnijih agrobioloških svojstava Frankovke u uslovima kragujevačkog vinogorja. Agrobiološka svojstva Frankovke proučavali su mnogi autori. O tome nalazimo podatke u radovima (Avramova 1991.), (Bešlića i sar., 2010.), (Cindrića i sar., 1992.), (Nakalamića i sar., 1998.), (Garića i sar., 2014.) i dr. autora.

### Materijal i metode rada

Vinograd je podignut 2008. godine na potesu Iličevo u neposrednoj blizini Kragujevca. Razmak sadnje iznosi 2.5 x 1.0 m, a uzgojni oblik je Gijov dvogubi visine stabla 90 cm.

U periodu ispitivanja klimatski uslovi su bili povoljni, što se vidi iz podataka prikazanih u tabeli 1.

Termički uslovi omogućavaju normalno sazrevanje grožđa Frankovke.

Tokom 2015. godine vrednosti godišnje i vegetacione temperature bile nešto niže u odnosu na 2016. godinu.

Tokom vegetacionog perioda vladala je suša 2015. godine.

Nasuprot tome u 2016. godini padavine su bile česte i obilne.

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet Priština (Lešak), Kopaonička bb, 38219 Lešak, Srbija (garicm@sbb.rs)

<sup>2</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija, (verav@kg.ac.rs)

Tabela 1. Vrednosti osnovnih klimatskih elemenata  
*Table 1. Basic climate indicator values*

Red br. No	Pokazatelj-Indicator	Godina -Year		
		2015	2016	Prosek Average
1	Srednja godišnja temperatura vazduha u °C Mean annual air temperature in °C	10.3	11.5	10.90
2	Srednja vegetaciona temperatura u °C Medium vegetation temperature in °C	16.7	18.4	17.55
3	Godišnja količina padavina u mm Annual precipitation in mm	596	700	698
4	Padavine u vegetaciji u mm/Precipitation in vegetation in mm	378	450	414

Zemljište na kome je podignut vinograd pripada gajnjači (cambisol) i odlikuje se povoljnim fizičkim i hemijskim osobinama za gajenje vinove loze.

U ovim istraživanjima praćeni su sledeći pokazatelji:

- fenološka osmatranja,
- rodnost Frankovke,
- prinos i kvalitet grožđa sorte Frankovka.

## Rezultati ispitivanja i diskusija

### Fenološka osmatranja

Početak odvijanja pojedinih fenofaza kod Frankovke u uslovima kragujevačkog vinogorja prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Fenofaze razvoja sorte frankovka  
*Table 2. Phenophases of development of the vine cultivar Frankovka*

Godina Year	Bubrenje okaca <i>Begining of bud burst</i>	Cvetanje <i>Begining of flowering</i>	Šarak <i>Veraison</i>	Puna zrelost <i>Full maturity</i>
2015	18. IV	10. VI	17. VIII	12. IX
2016	15. IV	8. VI	12. VIII	7. IX
Prosek Average	17. IV	9. VI	14. VIII	9. IX
Najranije Earliest	15. IV	8. VI	12. VIII	7. IX
Najkasnije Latest	18. IV	10. VI	17. VIII	12. IX

Bubrenje okaca se najranije odvijalo u 2016. godini (15 aprila), a najkasnije u 2015. godini (18 aprila). Cvetanje je počelo 53 dana nakon bubrenja u proseku 9. juna. Od bubrenja okaca do prve berbe grožđa protekne u proseku oko 145 dana. Početak berbe grožđa bio je najranije 7. septembra a najkasnije 12. septembra.

**Rodnost okaca i lastara**

Rodnost Frankovke može se oceniti iz podataka prikazanih u tabeli 3. Pri rezidbi na čokotu je ostavljano po 24.00 okaca , dva luka od 8 okaca i 4 kondira od 2 okca., što po m<sup>2</sup> vinograda iznosi 9.6 okaca.

Tabela 3.Osnovni pokazatelji rodnosti Frankovke  
*Table 3.Basic production parametres of the vine cultivar Frankovka*

Red br. No	Pokazatelj Indicator	Godina-Year		Prosek Average	LSD	
		2015	2016		0.05	0.01
1	Broj okaca po čokotu Number of buds per vine	24.00	24.00	24.00		
2	Broj razvijenih lastara Number of developed shoots	19.00	21.00	20.00	0.61	0.78
3	Procenat razvijenih lastara Percentage of developed shoots	79.16	87.50	83.33		
4	Broj rodnih lastara Number of fruit cane	17.00	19.00	18.00	0.71	1.07
5	Procenat rodnih lastara Percentage of fruit cane	89.47	90.47	89.97		
6	Broj grozdova po okcu Number of clusters per bud	1.08	1.16	1.12	0.04	0.07
7	Broj grozdova po razv. lastaru/ Number of clusters per bud	1.36	1.33	1.34	0.08	0.12
8	Broj grozdova po rodnom lastaru/ Number of clusters per bud gender canes	1.52	1.47	1.49	0.04	0.10
9	Broj grozdova po čokotu Number of clusters per vine	26.00	28.00	27.00	2.40	3.10
10	Masa grozda u g Cluster mass	167.00	156.00	161.50	51.46	67.70

Učešće rodnih lastara u strukturi razvijenih varirao je od 89.47 % u 2015. godini do 90.47 % u 2016. godini.

Može se konstatovati da je razvoj novih lastara i udeo rodnih lastara bio normalan u ispitivanim godinama.

Broj grozdova po ostavljenom okcu, razvijenom i rodnom lastaru varirao je u zavisnosti od vremenskih uslova i položaja okaca na lastaru.

Na osnovu broja grozdova po ostavljenom okcu, razvijenom i rodnom lastaru može da se oceni da je ispoljena dobra rodnost u ispitivanim godinama.

Razlike u broju grozdova između pojedinih godina statistički su značajne.

Masa grozda kretala se u granicama vrednosti koje za ovu sortu navode i drugi autori (Avramov1991.), (Cindrić i sar., 1992.), (Nakalamić i sar., 1998.), (Garić i sar. 2014.).

### Prinos i kvalitet grožđa

Prinos i kvalitet grožđa Frankovke u uslovima kragujevačkog vinogorja može se sagledati iz podataka u tabeli 4.

Najveći prinos grožđa po ostavljenom okcu ostvaren je u 2016. godini (179.66g). Slična pravilnost se uočava i sa prinosom grožđa po razvijenom i rodnom lastaru.

Iz ovih podataka se vidi da je produktivnost okaca Frankovke veoma dobra, pa je ostvaren i visok prinos grožđa po čokotu i hektaru.

U pogledu kretanja lastara, stepena rodnosti i prinosa grožđa po čokotu i hektaru ispoljene su značajne razlike između ispitivanih godina.

Period od VI-IX meseca u toku 2015. godine bio je izrazito suv u odnosu na 2016. godinu. Kao posledica toga tokom 2015. godine razvio se manji broj lastara po čokotu, kao i manji broj grozdova po ostavljenom okcu, pa je i prinos grožđa po čokotu i hektaru bio najmanji, ali je bio u granicama vrednosti koje za ovu sortu navode (Cindrić i sar., 1992.), (Nakalamić i sar., 1998), (Bešlić i sar., 2010.), (Garić i sar., 2014.) i dr.

Tabela 4. Osnovni elementi prinosa i kvaliteta grožđa Frankovke  
*Table 4. Basic elements of grape yield and quality of vine cultivar Frankovka*

Red. br. No	Pokazatelj Indicator	Godina-Year		Prosek Average	LSD	
		2015	2016		0.05	0.01
1	Prinos grožđa po okcu u g Vintage per bud (g)	157.75	179.66	168.70	10.11	11.70
2	Prinos grožđa po lastaru u g Vintage per spur	199.26	205.33	202.29	10.25	12.86
3	Prinos grožđa po rodnom lastaru Vintage per fruit cane	222.70	226.94	224.82	11.30	13.40
4	Prinos grožđa po čokotu u kg Vintage per vine-stock	3.786	4.312	4.049	1.27	1.89
5	Sadržaj šećera u širi u % Sugar content in most	21.70	20.50	21.10	4.02	3.56
6	Sadržaj ukupnih kiselina gl <sup>-1</sup> Total titrable acidity	7.02	6.83	6.92	0.87	0.91

Sadržaj šećera u širi bio je visok i kretao se u granicama normalnih vrednosti za sortu frankovku u uslovima kragujevačkog vinogorja.

Sadržaj ukupnih kiselina u širi bio je u zavisnosti od variranja sadržaja šećera i u proseku je iznosio 6.92 g/l.



### Zaključak

Na osnovu izvršenih ispitivanja važnijih agrobioloških svojstava sorte Frankovka u agroekološkim uslovima kragujevačkog vinogorja mogu se izvesti sledeći zaključci:

U ispitivanom periodu (2015-2016) u kragujevačkom vinogorju su vladali povoljni uslovi za normalan razvoj Frankovke.

Sorta Frankovka u kragujevačkom vinogorju započinje bubrenje okaca u proseku 17. aprila, a prva berba se u proseku obavlja 9. septembra.

Procenat razvijenih i rodnih lastara bio je visok u svim ispitivanim godinama.

Kvalitet grožđa ocenjen na osnovu sadržaja šećera i ukupnih kiselina u širi, kao i zdravstvenog stanja grožđa može se oceniti kao veoma dobar.

Na osnovu dobijenih rezultata o važnijim agrobiološkim svojstvima sorte, može se konstatovati da se Frankovka može uspešno gajiti i širiti na većim površinama u kragujevačkom vinogorju.

### Literatura

Avramov, L. (1991): Vinogradarstvo. Nolit. Beograd.

Bešlić, Z., Todić, S., Marković, N., Atanacković, Z. (2010): Uticaj intenziteta rezidbe na hemijski sastav pokožice bobice i mošta kod sorte Frankovka (*Vitis vinifera* L.). 5<sup>th</sup> Croatian & 5<sup>th</sup> International Symposium on Agriculture. Opatija, Hrvatska, 15-19. 2. Zbornik radova, 1153-1157.

Cindrić, P., Korać Nada., Medić Mira. (1992): Ispitivanje proizvodnih i tehnoloških osobina crnih vinskih sorti. VI vinogradarsko-vinarski kongres Jugoslavije, Zbornik radova str.301-317., Beograd.

Cindrić, P., Korać Nada., Kovač, V. (2000) Sorte vinove loze. Promotej. Novi Sad.

Garić, M., Vukosavljević Vera (2014): Agrobiološka svojstva sorte Frankovka u uslovima severne Kosovske Mitrovice. XIX Savetovanje o biotehnologiji. Zbornik radova. str.169-174. Čačak.

Nakalamić, A., Polak, V., Marković, N., Todić Slavica (1998): Agrobiološka svojstva sorte Frankovke u gročanskom vinogorju. Poljoprivreda 388-389, str.164-167. Beograd.

Žunić, D., Garić, M. (2017): Posebno vinogradarstvo. Beograd.

---

## AGROBIOLOGICAL PROPERTIES OF CULTIVAR FRANKOVKA IN Kragujevac Vineyard

*Mladjan Garić<sup>1</sup>, Vera Vukosavljević<sup>2</sup>*

### Abstract

This paper presents the results of the study of some agrobiological properties Frankovka variety in terms of Kragujevac vineyard. Vinograd was built in 2008 and is in the phase of increasing fertility. Planting distance is 2.5 x 1.0 m. The study period was dominated by favorable weather conditions for the growth and development of the vine. The results indicate that in Kragujevac vineyards there are favorable environmental conditions for growing varieties of Frankovka and achieve the characteristic quality of grapes and wine.

**Keywords:** Frankovka, agrobiological properties, yield, quality.

---

<sup>1</sup>University of Pristina, Faculty of Agriculture, Pristina (Lešak), Kopaonička bb, 38219 Lešak, Serbia (gari@m@sbb.rs)

<sup>2</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy, Cacak, Serbia (verav@kg.ac.rs)

## VEGETATIVNI RAST, RODNOST I KVALITET PLODA ŠLJIVE U ZAVISNOSTI OD PODLOGE

*Radmila Ilić<sup>1</sup>, Tomo Milošević<sup>2</sup>, Ivan Glišić<sup>3</sup>, Gorica Paunović<sup>4</sup>*

**Izvod:** U radu su ispitivani vegetativni rast stabla, masa ploda i sadržaj rastvorljivih suvih materija (RSM) u plodu kod tri sorte šljive kalemljene na četiri podloge: jednoj generativnoj (Džanarika) i tri vegetativne (Pixu, St. Julien A i Ferley). Rezultati su pokazali da je najveću bujnost kod sorti izazvala Džanarika, a najmanju Pihu. Masa ploda i sadržaj RSM je varirao u zavisnosti od sorte i podloge. Najveću masu ploda Čačanska lepotica i Čačanska najbolja imale su na podlozi St. Julien A, dok je kod Čačanske rane to bilo na podlozi Džanarika. Sve tri sorte su najveći sadržaj rastvorljivih suvih materija (RSM) u plodu imale na podlozi Pixy.

**Ključne reči:** šljiva, podloga, sorta, masa ploda.

### Uvod

Šljiva je najzastupljenija voćna vrsta u Srbiji. Prema podacima relevantnih institucija, Srbija se po proizvodnji ove voćne vrste u 2016. godini, nalazila na drugom mestu u Evropi, a na trećem mestu u svetu, odmah iza Kine i Rumunije sa proizvodnjom od 463 115 t (FAOSTAT, 2017). Međutim, i pored toga što se proizvodi u tako velikim količinama, sama proizvodnja je još uvek na nivou ekstenzivne i poluintenzivne. Razlozi su nizak nivo tehnologije gajenja i virus šarke šljive, kao i brojni drugi činioci, pre svega nestabilnost domaćeg i inostranog tržišta.

Danas su još uvek skromna saznanja o pozitivnim i negativnim uticajima pojedinih podloga na pojedine sorte. Ali, poznato je da podloga značajno može uticati na vegetativni rast, prinos i kvalitet plodova (Sosna, 2002). Kao podloga kod nas se najviše koristi sejanac Džanarike (*Prunus cerasifera* Ehrh.) (Paunović i sar., 2011). Nažalost, to nije najbolja podloga za šljivu, posebno tipovi i varijeteti Džanarike koji su jako bujni. Zato se u svetu pojavljuju nove vegetativne podloge koje imaju značajnu ulogu u intenziviranju zasada šljive.

Osnovni cilj ovih istraživanja je da se ispita ponašanje nekih od naših najznačajnijih sorti šljive kalemljenih na Džanarici, ali i na nekim vegetativnim podlogama koje nisu značajnije zastupljene na našim prostorima.

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (radmila.nikolic@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (tomomilosevic@kg.ac.rs);

<sup>3</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (glishoo@yahoo.com);

<sup>4</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (gorica@kg.ac.rs).

## Materijal i metode rada

Kao materijal za ispitivanje, tokom 2013. godine, korišćene su tri sorte šljive: Čačanska rana, Čačanska najbolja i Čačanska lepatica i četiri podloge: Džanarika, Pihu, St. Julien A i Ferley. Stabla Čačanske rane su se osušila na podlozi St. Julien A iz nepoznatih razloga, te zbog toga nije bilo mogućnosti da se opiše ponašanje ove sorte na datoj podlozi.

U toku ispitivanja vršena je analiza bujnosti stabla šljive, masa ploda i sadržaj rastvorljivih suvih materija u njemu. Površina poprečnog preseka debla (TCSA) je dobijena preračunavanjem vrednosti za prečnike debla dobijenih na kraju vegetacije za osam stabala kod svake sorte pojedinačno (cm<sup>2</sup>). Ispitivanje je vršeno u četiri ponavljanja. Masa ploda (g) je merena na tehničkoj vagi KERN FCB (Kern & Sohn GmbH, Belling, Germany), opseg merenja 6100 g, sa tačnošću ±0.2 g. Sadržaj rastvorljivih suvih materija (<sup>o</sup>Brih) dobijen je iz prethodno iscedenog voćnog soka korišćenjem ručnog refraktometra MT 032 ATC (Turoni & C., Forli, Italy).

Podaci su statistički obrađeni analizom varijanse (ANOVA) jednofaktorijalnog ogleda korišćenjem softverskog paketa Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Roselle, IL, USA).

## Rezultati istraživanja i diskusija

### Bujnost stabla

Rezultati dobijeni u našem ogledu pokazuju da je vegetativni rast ispitivanih sorti šljive, meren kroz površinu poprečnog preseka debla značajno varirao po podlogama (Tabela 1).

Naši podaci su generalno slični sa rezultatima do kojih su došli mnogi domaći i inostrani autori (Milosević i sar., 2009; Blažek i Pištěková, 2009).

Interesantno je da su sve tri sorte šljive ispoljile sličnu tendenciju bujnosti stabla pri kalemljenju na konkretnim podlogama. Džanarika je kao podloga usloвила najveću, može se reći i očekivanu, bujnost stabla šljive, dok je Pixy uslovio najmanje vrednosti. Kao što je poznato sejanci Džanarike (*P. cerasifera* Ehrh.) su glavna podloga za šljivu u Srbiji (Милошевић, 2002), bivšim republikama SFRJ (Miljković i sar., 2003) i mnogim zemljama Evrope (Grzyb i Sitarek, 1998). Na ovoj podlozi, sorte šljive bujno rastu, imaju raniji početak i kasniji završetak vegetacije, kasnije počinju da rađaju, stabla u zasadu nisu uniformna, a kontrola bujnosti je veoma otežana, posebno na plodnim zemljištima (Miljković i sar., 2003). Nasuprot, Pixy se odlikuje veoma dobrim kapacitetom kontrole bujnosti, tj. pokazuje tendenciju supresije ("suzbijanje") vegetativnog rasta i smatra se kržljavom podlogom za šljivu (Renaud i sar., 1990), što su potvrdili rezultati u ovom radu.

Podloge St. Julien A i Fereley (Jaspi<sup>®</sup>) su pokazale intermedijarne, ali međusobno statistički značajne razlike za vrednosti površine poprečnog preseka debla ispitivanih sorti šljive (Tabela 1). Ujedno, njihova bujnost se značajno razlikovala od bujnosti koje su usloville Džanarika i Pixy. Obzirom na to, one se mogu svrstati u kategoriju srednje bujnih podloga za šljivu, što je u skladu sa prethodnim rezultatima ostalih autora (Grzyb

i Sitarek, 2006), iako Zarrouk i sar. (2006) navode da Fereley uslovljava bujnost sličnu Džanarici.

Podaci prikazani u Tabeli 1. takođe pokazuju da postoje variranja u bujnosti stabla između sorti šljive u našem radu, što je prethodno opisano (Sosna, 2004), tako da mnogi autori ističu da ovaj deo stabla ima jače dejstvo u poređenju sa podlogom (Moreno i sar., 2001).

Tabela 1. Vegetativni rast, masa ploda i sadržaj rastvorljivih suvih materija u plodu (RSM) ispitivanih sorti šljive na različitim podlogama

*Table 1. Vegetative growth, fruit weight and content of total soluble solids (TSS) of investigated cultivars of plum grafted on different rootstocks*

Sorta <i>Cultivar</i>	Podloga <i>Rootstock</i>	PPPD* <i>TCSA (cm<sup>2</sup>)</i>	Masa ploda <i>Fruit weight (g)</i>	RSM <i>SSC (°Brix)</i>
Čačanska rana	Pixy	37.37 ± 3.92 c	44.67 ± 0.74 b	14.16 ± 0.12 a
	St. Julien A	-	-	-
	Fereley	59.15 ± 2.48 b	48.22 ± 0.80 a	13.84 ± 0.12 b
	Džanarika	65.77 ± 2.18 a	51.77 ± 1.23 a	13.68 ± 0.13 c
Čačanska leptotica	Pixy	37.10 ± 2.28 d	29.40 ± 0.44 c	16.68 ± 0.27 a
	St. Julien A	45.17 ± 2.76 c	33.52 ± 0.55 a	16.58 ± 0.25 a
	Fereley	52.06 ± 0.90 b	32.04 ± 0.74 ab	16.98 ± 0.32 a
	Džanarika	55.23 ± 1.82 a	31.45 ± 0.73 bc	15.76 ± 0.21 b
Čačanska najbolja	Pixy	46.00 ± 2.11 d	26.04 ± 0.52 c	17.13 ± 0.16 a
	St. Julien A	60.07 ± 2.49 b	33.22 ± 0.60 a	15.54 ± 0.13 c
	Fereley	53.53 ± 2.51 c	29.26 ± 0.50 b	16.34 ± 0.15 b
	Džanarika	65.05 ± 2.28 a	28.64 ± 0.47 b	17.22 ± 0.16 a

\* PPPD: Površina poprečnog preseka debla

*TCSA: Trunk-cross sectional area*

RSM: Rastvorljiva suva materija

*SSC: Soluble solids content*

Ista mala slova u koloni označavaju slučajne razlike između podloga za  $R \leq 0.05$  po LSD testu

*The same small letters at the top of the column indicate random differences between the LSD test pad for  $P \leq 0.05$ .*

## Masa ploda

Masa ploda je kvantitativna karakteristika koja određuje kvalitet, visinu prinosa, prihvatljivost od strane potrošača i namenu plodova šljive (Милошевић, 2013).

Istraživanja kojima su se bavili Renaud and Salesses (1990), Weber (1991), Loreti (1994) i neki drugi autori pokazuju da se podloga Pixy, koja bi zahvaljujući slaboj bujnosti mogla poslužiti za gajenje šljive u gustoj sadnji, napušta zato što negativno utiče na krupnoću ploda. Shodno tome, sve tri sorte su na podlozi Pixy imale najmanju masu ploda i u našem ogledu. Nasuprot nizu podataka iz literature, Sosna (2002) navodi da podloga Pixy nije uticala na smanjenje prosečne mase ploda. Najveću masu ploda kod sorti Čačanska leptotica i Čačanska najbolja izazvala je podloga St. Julien A, dok je kod Čačanske rane to bila podloga Džanarika (Tabela 1.).

Milošević i Milošević (2012) su ustanovili, da je pod uticajem podloga Džanarike i Stenlija, sorta Čačanska lepotica imala masu ploda  $35.75 \pm 1.36$  g, a Čačanska najbolja  $44.65 \pm 1.38$  g, što je znatno veća vrednost u odnosu na naše rezultate. Naime, u godini ispitivanja primećeno je prerodevanje, posebno kod Čačanske najbolje. Zato je ova sorta imala masu ploda ispod proseka koji se pominju u literaturi. Osim što masa ploda zavisi od sorte (Nergiz i Yıldız, 1997), takođe zavisi i od opterećenosti stabala rodom kao i od načina održavanja voćnjaka (Grzyb et al., 1998). Osim toga, starost stabala, uzgojni oblik, intenzitet rezidbe, klimatske prilike, stepen oplodjenja i sl. takođe mogu uticati na prosečnu masu ploda (Vitanova et al., 2007; Milošević, 2013).

U istraživanjima Świerczyńsku i Stachowiak (2009), prosečna masa ploda je zavisila samo od sorte, ali ne i od korišćene podloge. Najveću masu ploda u njihovim istraživanjima imala je sorta Čačanska rana (38.1 i 40.0 g). Ove suprotnosti između naših i rezultata drugih autora su prethodno opisane kao činjenica da podloge u manjoj meri mogu uticati na promenu nekih osobina kvaliteta ploda u poređenju sa genotipom (Castle, 1995).

### **Sadržaj rastvorljivih suvih materija**

Brojni autori navode da sadržaj rastvorljivih suvih materija (RSM) i ukupnih kiselina, kao i njihov međusobni odnos (indeks zrenja) u plodu voća, predstavljaju ključne parametre koji determinišu kvalitet, a time i prihvatljivost od strane potrošača. Generalno, sadržaj RSM u plodu se povećava sa dozrevanjem ploda i dobar je pokazatelj njegovog kvaliteta i zrelosti (Crisosto i sar., 2004).

U našem radu, kod sve tri sorte su najveći sadržaj RSM u plodu imale na podlozi Pixy, s tim da kod Čačanske lepotice nije bilo statistički značajnih između Pixy, St. Julien A i Fereley, a kod Čačanske najbolje između Pixy i Džanarike (Tabela 1).

Literaturni podaci pokazuju da ovaj parametar zavisi od niza činilaca. Rato i sar. (2008) ističu značaj podloga, što su potvrdili i rezultati u našem radu, dok Crisosto i sar. (2004) navode da je stepen zrelosti ploda važan činilac koji determiniše sadržaj RSM. S druge strane, neki autoru ističu uticaj ekoloških uslova i nege zasada na sadržaj rastvorljivih suvih materija u plodu (Nergiz i Yıldiz, 1997).

Bujne podloge, kao što je Džanarika u našem radu, utiču na manji sadržaj RSM (Daza i sar., 2008). Ovu činjenicu uočavamo i u našim rezultatima kada su u pitanju sorte Čačanska rana i Čačanska lepotica. Međutim, kod Čačanske najbolje najveći sadržaj RSM postigli su plodovi stabala i na podlozi Pixy i na Džanarici, a najmanji na St. Julien A. Potrebno je napomenuti, da je interakcija podloge i okolne sredine vrlo jaka i kompleksna, tako da se iz godine u godinu mogu javiti varijacije u sadržaju RSM u plodu šljive (Daza i sar., 2008). S druge strane, Crisosto (1994) i Usenik i sar. (2008) su zaključili da sorta ima najveći uticaj na sadržaj pomenutih materija u plodu. Brojni drugi autori su takođe ispitivali ovu osobinu ploda šljive i dobili različite rezultate. Tako na primer, Grzyb i Sitarek (2006) ističu značajan uticaj podloge St. Julien A na povećan sadržaj RSM kod sorte Dąbrowice prune. Kada uporedimo sa našim rezultatima, opet uočavamo uticaj sorte na sadržaj RSM. Naime, Čačanska najbolja je na pomenutoj podlozi u našem radu imala najmanji sadržaj RSM.

Obzirom na suprotstavljene podatke različitih autora u vezi uticaja podloga na sadržaj RSM u plodu šljive, potrebno je napomenuti da osim sorte i podloge, poboljšanje i smanjenje njihovog sadržaja je takođe u vezi sa vremenskim prilikama neposredno pred i u toku zrenja ploda, a takođe zavisi i od stepena zrelosti samog ploda (Milošević i Milošević, 2011).

### Zaključak

Na osnovu obavljenih preliminarnih ispitivanja i dobijenih rezultata mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Podloge su značajno uticale na bujnost stabla kod sve tri sorte. Najmanju bujnost je uslovlila podloga Pixy, a najveću Džanarika. Podloge Fereley i St. Julien A su pokazale intermedijarne osobine, tj. one se po bujnosti nalaze između prethodne dve podloge;
- Pixy je podloga koja se nije najbolje pokazala u našim ispitivanjima, pre svega zbog negativnog uticaja na masu ploda;
- Podloge su značajno uticale na variranje sadržaja rastvorljivih suvih materija u plodu ispitivanih sorti šljive. Veća variranja po podlogama su utvrđena kod Čačanske rane i Čačanske najbolje u poređenju sa Čačanskom lepoticom.

### Literatura

- Blažek, J., Pištěková, I. (2009): Preliminary evaluation results of new plum cultivars in a dense planting. *Horticultural Science*, 36: 45-54.
- Castle, W.S. (1995): Rootstock as a fruit quality factor in citrus and deciduous tree crops. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 23(4): 383-394.
- Crisosto, C.H. (1994): Stone fruit maturity indices: a descriptive review. *Postharvest News and Information*, 6: 65N-68N.
- Crisosto, C.H., Garner, D., Crisosto, G.M., Bowerman, E. (2004): Increasing ‘Blackamber’ plum (*Prunus salicina* L.) consumer acceptance. *Postharvest Biology and Technology*, 34: 237-244.
- Daza, A., Garcia-Galavis, P.A., Grande, M.J., Santamaria, C. (2008): Fruit quality parameters of ‘Pioneer’ Japanese plums produced on eight different rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 118: 206-211.
- FAOSTAT (2014): Dostupno na: <http://www.faostat.fao.org>
- Grzyb, Z.S., Sitarek, M. (1998): Growth and cropping of plums grafted on Pixy rootstock and planted in differentiated density. *Acta Horticulturae*, 478: 103-106.
- Grzyb, Z.S., Sitarek, M. (2006): The influence of different rootstocks on the growth, yield and fruit quality of plum tree cv ‘Dąbrowice Prune’ planted in exhausted soil. *Sodininkystė ir Daržininkystė*, 25(3): 292-295.
- Loreti, F. (1994): Attuali conoscenze sui principali portinnesti degli alberi da frutto. *Frutticoltura*, 9: 9-60.
- Милошевић, Т. (2002): Шљива-технологија гајења. Агрономски факултет, Чачак, стр. 1-167.
- Milosevic T., Glisic I., Milosevic N. (2009): Dense planting effect on the productive capacity of some plum cultivars. *Acta Horticulturae*, 825: 485-490.

- Milošević, T., Milošević, N. (2011): Quantitative analysis of the main biological and fruit quality traits of F1 plum genotypes (*Prunus domestica* L.). *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 10(2): 95-107.
- Milošević, T., Milošević, N. (2012): The physical and chemical attributes of plum influenced by rootstock. *Acta Alimentaria*, 41(3): 293-303.
- Милошевић, Н. (2013): Степен оплођења и биолошке особине нових сорти шљиве (*Prunus domestica* L.). Докторска дисертација, Пољоприврени факултет, Београд.
- Miljković, I., Čmelik, Z., Vrsaljko, A., Duralija, B. (2003): Podloge za šljivu. *Pomologia Croatica*, 9: 73-90.
- Moreno, M.A., Adrada, R., Aparicio, J., Betrán, J.A. (2001): Performance of ‘Sunburst’ sweet cherry grafted on different rootstocks. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76: 167-173.
- Nergiz, C., Yýldýz, H. (1997): Research on chemical composition on some varieties of European plums (*Prunus domestica*) adapted to the Aegean district of Turkey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(8): 2820-2823.
- Paunović, G., Milošević, T., Glišić, I. (2011): Morphometric traits of newly bred rootstock suckers in domestic and chery plum. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 10(2): 203-212.
- Rato, E.A., Agulheiro, C.A., Barroso, M.J., Riquelme, F. (2008): Soil and rootstock influence on fruit quality of plums (*Prunus domestica*). *Scientia Horticulturae*, 118(3): 218-222.
- Renaud, R., Salesses, G., Roy, M., Bonnet, A., (1990): Development and selection of new rootstocks of *Prunus domestica*. *Acta Horticulturae*, 283: 253-260.
- Sosna, I. (2002): Growth and cropping of four plum cultivars on different rootstocks in South Western Poland. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 10: 95-103.
- Sosna, I. (2004): Ocena wartości produkcyjnej kilkudziesięciu odmian śliwy na podkładce ałyczy w rejonie Wrocławia. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 3(1): 47-54.
- Świerczyński, S., Stachowiak, A. (2009): The usefulness of two rootstocks for some plum cultivars. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 17(2): 63-71.
- Usenik, V., Kastelec, D., Veberič, R., Štampar, F. (2008): Quality changes during ripening of plums (*Prunus domestica* L.). *Food Chemistry*, 111: 830-836.
- Vitanova, I., Dinkova, H., Dragojski, K., Dimkova, S. (2007): Biological characteristics of the growth and fruitfulness of the Bulgarian plum cultivar Gabrovska. *Voćarstvo*, 41: 37-40.
- Weber, A. (1991): Deutscher Steinobstbaum aus ökonomischer und ökologischer Sicht. *Obs und Garten*, 110: 245-248.
- Zarrouk, O., Gogorcena, Y., Moreno, M.A. (2006): Graft compatibility between peach cultivars and *Prunus* rootstocks. *Horticultura Science*, 41(6): 1389-1394.



## VEGETATIVE GROWTH, YIELD AND FRUIT QUALITY OF PLUM DEPENDING ON THE ROOTSTOCK

*Radmila Ilić<sup>1</sup>, Tomo Milošević<sup>2</sup>, Ivan Glišić<sup>3</sup>, Gorica Paunović<sup>4</sup>*

### Abstract

The paper examines the vegetative growth of the tree, the weight of the fruit and the content of total soluble solids (RSM) in the fruit in three cultivars of plums grafted on four rootstocks: one generative (Myrobalan seedling) and three vegetative (Pixy, St. Julien A and Ferley). The results showed that the greatest vigour of cultivars was caused by the Myrobalan seedling, and the smallest by Pixy. The weight of the fruit and the content of RSM varied depending on the cultivar and rootstock. The highest weight of the fruit at Čačanska lepotica and Čačanska najbolja was conducted on St. Julien A rootstock, while in the case of Čačanska rana, it was on Myrobalan seedling. All of three cultivars had the highest content of RSM in the fruit on Pyxi rootstock.

**Key words:** plum, rootstock, cultivar, weight of the fruit.

---

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia ([radmila.nikolic@kg.ac.rs](mailto:radmila.nikolic@kg.ac.rs));

<sup>2</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia ([tomomilosevic@kg.ac.rs](mailto:tomomilosevic@kg.ac.rs));

<sup>3</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia ([glishoo@yahoo.com](mailto:glishoo@yahoo.com));

<sup>4</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia ([gorica@kg.ac.rs](mailto:gorica@kg.ac.rs)).

## **FIZIČKO-HEMIJSKE KARAKTERISTIKE PLODA ZNAČAJNIJIH AUTOHTONIH SORTI JABUKE SA PODRUČJA MAJEVICE**

*Mirko Kulina, Mirjana Radović, Bojan Životić, Gordana Životić*

**Izvod:** Zadatak proučavanja je bio da se ispituju značajnija fizičko–hemijska svojstva plodova zastupljenijih tradicionalnih sorati jabuke sa šireg područja Majevice. Determinacijom je utvrđeno da se radilo o plodovima sorti: Petrovača, Bjeličnik, Zelenika, Bobovec, Ljepocvjetka i Šampanjka Nakon sprovedenih fizičkih i hemijskih analiza, utvrđeno je da su se sorte značajno razlikovale po istraživanim svojstvima. Morfometrijske osobine ploda pokazuju statistički veoma značajne do značajne razlike između proučavanih sorti. Najmanju masu ploda imala je sorta Petrovača, dok je najveća bila kod sorte Šampanjka. Sorta Petrovača imala je i najmanju dužinu ploda, a najveću sorta Bobovec. Najmanja širina ploda bila je takođe kod sorte Petrovača, dok je najveća visina izmjerena kod sorti Bobovec i Šampanjka. Hemijski sastav ploda je značajno varirao u zavisnosti od sorte. Plodovi najvećeg broja sorata u našim istraživanjima imali su između 14 i 16% rastvorljivih suvih materija, što ih svrstava u sorte sa srednje visokim do visokim sadržajem RSM. Sadržaj ukupnih kiselina kod ispitivanih sorti kretao se od 0,43% kod sorte Petrovača do 0,71% kod sorte Šampanjka, dok je najveći sadržaj ukupnih šećera imala sorta Petrovača. Analizirane autohtone sorte jabuke sa šireg područja Majevice mogu biti od izuzetnog značaja za integralnu i organsku proizvodnju, ali i kao početni materijal u hibridizaciji za stvaranje novih kvalitetnijih sorti otpornih na pojedine prouzrokovaoče biljnih bolesti i štetočina.

**Ključne riječi:** jabuka, autohtone sorte, fizičko-hemijske karakteristike, Majevice

### **Uvod**

Autohtone sorte jabuka rezultat su dugotrajnog procesa selekcije od strane čovjeka i prirodnih uslova, karakterističnih za područje u kome su nastale. Pod domaćim ili autohtonim sortama podrazumevaju se one sorte koje su za naše krajeve vezane od davnina, čije se porijeklo ne zna ili ako se i zna to je neizvjesno (Niketić, 1950). Po Šoškiću (1994), domaćim sortama se smatraju sve one koje vode porijeklo iz naše zemlje, ili se duže vrijeme gaje kod nas, a nepoznatog su porijekla, ali su po svojim privrednim svojstvima vrlo važne pa predstavljaju opšti nacionalni značaj.

U mnogim regionima intenzivne poljoprivredne proizvodnje stare sorte jabuka i lokalne populacije su gotovo nestale i iščezle. Bosna i Hercegovina obiluje autohtonim sortama i populacijama mnogih vrsta voćaka, zahvaljujući raznolikosti svojih edafskih, klimatskih i geomorfoloških uslova. Međutim stare tradicionalne sorte (autohtone i odomaćene) gotovo su zapostavljene, iako predstavljaju važan dio naše prirodne i kulturne baštine. S obzirom na veliku brojnost, stare sorte predstavljaju bogat izvor genetskog materijala, ali neke sorte imaju i vrlo pozitivne osobine (npr. visoku i

redovnu rodnost), što je vrlo važno sa aspekta gajenja (Mitre et al., 2009), a isto tako mogu imati značajnu ulogu u daljoj selekciji.

Velika prednost gajenja autohtonih sorti jabuke je njihova biološka raznovrsnost i dobra prilagođenost našim klimatskim i zemljišnim uslovima.

U BiH postoji veći broj tradicionalnih sorata koje se uglavnom uzgajaju na okućnicama ili u manjim voćnjacima. Većina njih karakteristična je za samo određena područja. Često iste sorte dolaze pod različitim sinonimima, te je zato važno sprovesti determinaciju plodova na osnovu važnijih pomoloških osobina i utvrditi njihova svojstva, prije svega kvalitet kako bi procijenili mogućnost njihovog gajenja.

Imajući navedeno u vidu, cilj nam je bio je da se izvrši karakterizacija i prouče važnije fizičke i hemijske osobine najzastupljenijih tradicionalnih sorti jabuke sa šireg područja Majevice.

### Materijal i metode rada

Karakterizacija i proučavanje važnijih fizičko-hemijskih osobina značajnijih autohtonih sorti jabuke sa šireg područja Majevice sprovedeno je tokom 2017. godine. Istaživanjem su bile obuhvaćene tradicionalne sorte jabuke: Petrovača, Bjeličnik, Zelenika, Bobovec, Ljepocvjetka i Šampanjka. Plodovi za pomološku karakterizaciju uzorkovani su u periodu njihove pune zrelosti, a ubrani su sa starih stabala jabuke smještenih na nekoliko lokaliteta.

Nakon determinacije, od fizičkih osobina ploda analizirani su sljedeći parametri: masa ploda (g), dužina ploda (mm), širina ploda (mm) i indeks oblika ploda (D/Š).

Prosječna masa ploda (g) određena je mjerenjem 25 plodova u tri ponavljanja, pomoću tehničke vage Mettler Toledo P1210. Dimenzije ploda (mm) određene su mjerenjem 75 plodova (25 plodova po ponavljanju) šublerom (Inox sa tačnošću  $\pm 0,05$  mm). Vrijednosti indeksa oblika ploda dobijene su računskim putem iz odnosa visine i širine ploda.

Hemijskom analizom plodova utvrđeni su sljedeći parametri:

- pH vrijednost soka ploda određena pomoću pH-metra CyberScan 510;
- sadržaj rastvorljivih suvih materija, određen binokularnim refraktometrom Carl Zeiss;
- sadržaj šećera (ukupnih i invertnih), određen metodom po Luff-Schoorl (Džamić, 1989), dok je sadržaj saharoze određen polarimetrijski.

$$\frac{250 \times 100 \times A \times 100}{5 \times 10 \times 25 \times 1000} = \% \text{ šećera}$$

- sadržaj ukupnih kiselina izraženih u jabučnoj kiselini, određen titracijom 0,1 NaOH uz prisustvo fenolftaleina kao indikatora do promene boje (pH=8,1 $\pm$ 0,2).

Dobijeni podaci za fizičke osobine ploda proučavanih sorti analizirani su pomoću statističkog programa SAS verzije (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) metodom ANOVA i LSD testom na  $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,01$  (Hadživuković, 1991).

### Rezultati istraživanja i diskusija

#### Fizičke osobine ploda

U tabeli 1. prikazane su fizičke osobine ploda proučavanih sorti jabuke sa područja Majevice.

Tabela 1. Fizičke osobine ploda proučavanih sorti jabuke sa područja Majevice  
Table 1. Physical characteristics of studied cultivars of apple from Majevice area

Sorta Cultivar	Masa ploda (g) Fruit weight (g)	Dimenzije ploda Dimensions of the fruit		Indeks oblika ploda (D/Š) Index of fruit (L/W)
		Dužina (mm) Length (mm)	Širina (mm) Width (mm)	
Petrovača	95,4 ± 11,9 <b>a</b>	44,9 ± 3,2 <b>a</b>	47,5 ± 2,1 <b>a</b>	0,95 ± 0,01
Bjeličnik	146,5 ± 8,6 <b>c</b>	68,5 ± 1,6 <b>c</b>	64,2 ± 1,9 <b>b</b>	1,07 ± 0,01
Zelenika	121,4 ± 3,0 <b>b</b>	57,4 ± 2,4 <b>b</b>	61,5 ± 3,5 <b>b</b>	0,93 ± 0,01
Bobovec	162,1 ± 9,4 <b>d</b>	71,1 ± 1,3 <b>d</b>	79,6 ± 0,6 <b>c</b>	0,89 ± 0,02
Ljepocvjetka	158,3 ± 3,5 <b>cd</b>	63,4 ± 1,5 <b>c</b>	67,1 ± 2,7 <b>b</b>	0,94 ± 0,01
Šampanjka	168,8 ± 6,5 <b>d</b>	69,1 ± 1,7 <b>c</b>	70,5 ± 0,4 <b>bc</b>	0,98 ± 0,01
Mean	142,08	62,61	65,3	/
CV	25,42	11,85	8,38	
LSD	0,05 0,01	9,824 14,046	3,964 4,521	0,478 0,692

\*\* Različita slova pokazuju da se srednje vrijednosti parametara značajno razlikuju prema LSD testu za  $P \leq 0,05$  i  $P \leq 0,01$

\*\*Different letters at average values indicate that the cultivars differ significantly in the investigated property according to the LDS test with  $P \leq 0,05$  and  $P \leq 0,01$

Analizirane sorte su u pogledu morfometrijskih osobina ploda statistički veoma značajno do značajno razlikuju. Najmanju masu ploda imala je sorta Petrovača (95,4 g), dok je najveća bila kod sorte Šampanjka (168,8 g). Statistički značajno manja masa plodova konstatovana je i kod sorte Zelenika (121,4 g). U pogledu mase ploda statistički značajne razlike nisu utvrđene između sorti Bobovec i Šampanjka.

Najmanja dužina ploda konstatovana je kod sorte Petrovača (44,9 mm), a najveća kod sorte Bobovec (71,1 mm). Najmanja širina ploda bila je takođe kod sorte Petrovača (47,5 mm), dok je najveća širina izmjerena kod sorti Bobovec i Šampanjka (79,6 i 70,5 mm). Prosječne vrijednosti dimenzija ploda bile su u korelaciji sa masom ploda.

Na osnovu dimenzija ploda izračunat je i indeks oblika ploda. Indeks oblika ploda predstavlja odnos između prosječne dužine ploda i prosječne širine ploda. Najveći indeks oblika ploda konstatovan je kod sorte Bjeličnik (1,07%), a najmanji kod sorti Bobovec, Zelenika i Ljepocvjetka (0,89; 0,93 i 0,94%).

Krupnoća ploda se smatra poligenom osobinom koju karakteriše mala do umerena vrijednost koeficijenta heritabilnosti, jer u njenom definisanju pored nasljednih faktora u značajnom stepenu učestvuju klimatski uslovi, ishrana biljaka i druge pomotehničke mjere kao što su rezidba i proređivanje plodova (Blažek i Hlušičková, 2007). Dužina i širina ploda su morfološka svojstva sorte koja u najvećoj mjeri zavise od genotipa,

odnosno sorte, a znatno manje od nivoa primjenjenih pomotehničkih mjera, opterećenja rodnom i odnosa ploda prema jedinici asimilacione površine (Mišić, 2002).

U skladu sa navedenim na masu plodova u ovom istraživanju su pored genotipa najvjerovatnije uticali agroekološki uslovi, starost stabala, zapuštene i slabo osvjetljene krošnje.

Upoređujući ove podatke sa drugim autorima, može se zaključiti da su dimenzije ploda u približnim granicama (Šebek, 2013), što ukazuje da slična masa ploda uslovljava i slične dimenzije. Pirlak et al. (2003) su prilikom proučavanja lokalnih sorti jabuke u severoistočnoj Anatoliji u Turskoj prikazali variranje težine ploda u granicama od 49,5 do 152,2 g, dok su Mratinić i Fotirić–Akšić (2012) u svojim istraživanjima u južnoj Srbiji dobili vrijednosti mase ploda u granicama od 70,0 do 193,3 g.

### *Hemijske osobine ploda*

U tabeli 2. prikazane su najvažnije hemijske osobine ploda proučavanih sorti jabuke sa područja Majevice.

Tabela 2. Hemijske osobine ploda proučavanih sorti jabuke sa područja Majevice  
Table 2. *Chemical characteristics of studied cultivars of apple from Majevisa area*

Sorta <i>Cultivar</i>	Sadržaj RSM (%) <i>The content of soluble dry matter (%)</i>	Sadržaj šećera (%) <i>Content of sugar (%)</i>			Sadržaj ukup. kiselina (%) <i>Total acid content (%)</i>	pH (0–14) <i>pH value</i>
		Ukupni <i>Total</i>	Invertni <i>Invert</i>	Saharoza <i>Saccharose</i>		
Petrovača	14,20	8,81	7,86	0,91	0,43	3,14
Bjeličnik	12,93	9,92	8,06	1,76	0,47	3,21
Zelenika	14,65	9,58	7,61	1,68	0,54	3,48
Bobovec	15,90	10,32	7,98	1,89	0,58	3,54
Ljepocvjetka	16,15	10,54	8,21	1,95	0,62	3,71
Šampanjka	15,35	9,82	7,93	1,76	0,71	3,86

Chun et al. (2005) smatraju da najvažniji parametri kvaliteta ploda: sadržaj ukupnih suvih materija, sadržaj šećera, sadržaj ukupnih kiselina, organskih kiselina, fenolnih jedinjenja i čvrstoća ploda zavise prvenstveno od sorte, ali i agroekoloških uslova područja, uslova gajenja, primjenjenih agro- i pomotehničkih mjera, kao i uslova skladištenja. Većina autora smatra da plodovi jabuke sadrže do 17% suve materije, od 6,84 do 8,04% ukupnih šećera, kao i od 0,16 do 0,56% organskih kiselina (Mratinić, 1998).

Sadržaj rastvorljivih suvih materija (RSM, %), u našim istraživanjima kretao se od 12,93% kod sorte Bjeličnik do 16,15% kod sorte Ljepocvjetka. Proučavajući fenološke i pomološke osobine autohtonih sorti jabuke u sjevernoj Crnoj Gori, Božović i sar. (2015) navode da se sadržaj rastvorljivih suvih materija u plodovima kretao od 9,6% do 15,2%. Bostan (2009) je na području Trabzona (Turska) utvrdio slične vrijednosti za sadržaj rastvorljivih suvih materija u plodovima lokalnih sorti jabuke (10,5 do 15,0%). Plodovi najvećeg broja sorti u našim istraživanjima imali su između 14 i 16% rastvorljivih suvih materija, što ih svrstava u sorte sa srednje visokim do visokim sadržajem RSM. Nešto

više vrijednosti sadržaja RSM rezultat su i povoljnih agroekoloških, prije svih klimatskih uslova u godini sprovedenih istraživanja. Dobijene vrijednosti rastvorljivih suvih materija slične su onima do kojih su u svojim proučavanjima došli Jemrić et al. (2013), što nedvosmisleno pokazuje da te sorte imaju genetsku predispoziciju za nakupljanje sadržaja rastvorljivih suvih materija, premda udio, odnosno sadržaj rastvorljivih suvih materija zavisi i od drugih faktora, kao što su agroekološki uslovi i podloga.

Sadržaj ukupnih kiselina kod ispitivanih sorti kretao se od 0,43% kod sorte Petrovača do 0,71% kod sorte Šampanjka. Kiseline daju voću kiselu ukus i usporavaju djelovanje bakterija, odnosno kvarenje. Tokom perioda dozrijevanja plodova dolazi do nakupljanja šećera i razgradnje ukupnih kiselina, zbog čega plodovi postaju ukusniji. Upravo adekvatan odnos šećera i kiselina jabukama, i uopšte voću daje skladan i osvježavajući ukus, što predstavlja važan kriterij prilikom ocjenjivanja i konzumacije plodova (Mišić, 2002).

Poređenjem merljivih i senzornih parametara kvaliteta ploda jabuke, Harker et al. (2002) su ustanovili da je visok sadržaj ukupnih kiselina najbolji pokazatelj kiselog ukusa, dok visok sadržaj rastvorljivih suvih materija pokazatelj slatkog ukusa ploda. Ravnoteža između sadržaja šećera i organskih kiselina je veoma važna u postizanju usaglašenog ukusa plodova voća (Hudina i Štampar, 2000; Bignami et al., 2003). Sorte koje imaju visoku vrijednost indeksa slasti ploda, ocjenjuju se kao previše slatke, dok sorte kod kojih je odnos sadržaja šećera i kiselina veoma nizak kao suviše kisele.

Dobijeni rezultati su vrlo slični rezultatima koje su dobili Petkovšek et al. (2007) u uslovima Slovenije, gde je sadržaj ukupnih kiselina kod sorti Goldrush, Topaz i Florina bio od 5,1 do 13,4 g/l. Isti autori navode da su sorte Topaz i Red Elstar imale visoke vrijednosti sadržaja jabučne kiseline (12,05 g/kg, odnosno 12,82 g/kg).

Udio rastvorljivih suvih materija povećava se tokom zrijevanja i čuvanja plodova, te je dobar pokazatelj udjela šećera u plodu jabuka (Hoehn et al., 2003). Sadržaj ukupnih šećera kretao se od 8,81 kod sorte Petrovača, do 10,54 kod sorte Ljepocvjetka. Invertnih šećera je bilo najmanje kod sorte Zelenika (7,61), dok je kod sorte Ljepocvjetka utvrđen najviši sadržaj istih (8,21). Sadržaj saharoze se kretao od 0,91 (Petrovača) do 1,95 (Ljepocvjetka).

Najmanja pH vrijednost soka ploda konstatovana kod sorte Petrovača (3,14), a najveća kod sorti Ljepocvjetka i Šampanjka (3,71 i 3,86).

### **Zaključak**

Na osnovu proučavanja važnijih fizičkih i hemijskih osobina najzastupljenijih autohtonih sorti jabuka sa šireg područja Majevice, možemo zaključiti sledeće:

- Morfometrijske osobine ploda pokazuju statistički veoma značajne do značajne razlike između analiziranih sorti. Najmanju masu ploda imala je sorta Petrovača, dok je najveća bila kod sorte Šampanjka;
- Najmanja dužina ploda konstatovana je kod sorte Petrovača, a najveća kod sorte Bobovec. Najmanja širina ploda bila je takođe kod sorte Petrovača, dok je najveća visina izmerena kod sorti Bobovec i Šampanjka;

- Najveći indeks oblika ploda konstantovan je kod sorte Bjeličnik, a najmanji kod sorti Bobovec, Zelenika i Ljepocvjetka;
- Hemijski sastav ploda je značajno varirao u zavisnosti od sorte;
- Najveći broj sorti iz naših istraživanjima se prema sadržaju rastvorljive suve materije može svrstati u grupu sorti sa srednje visokim do visokim sadržajem RSM. Nešto više vrijednosti sadržaja RSM;
- Najmanji sadržaj ukupnih kiselina je utvrđen kod sorte Petrovača, a najveći kod sorte Šampanjka;
- Sadržaj ukupnih šećera i saharoze je bio najniži kod sorte Petrovača, a najviši kod sorte Ljepocvjetka. Invertnih šećera je bilo najmanje kod sorte Zelenika, dok je kod sorte Ljepocvjetka utvrđen najviši sadržaj istih;
- Najmanja pH vrijednost soka ploda konstatovana kod sorte Petrovača, a najveća kod sorti Ljepocvjetka i Šampanjka.

Analizirane autohtone sorte jabuke sa šireg područja Majevice mogu biti od izuzetnog značaja za integralnu i organsku proizvodnju, ali i kao početni materijal u hibridizaciji za stvaranje novih kvalitetnijih sorti otpornih na pojedine prouzrokovane biljnih bolesti i štetočina. Lokalne populacije i stare sorte su neophodan genetički resurs za obezbeđivanje selekcionog progressa i održive globalne produkcije hrane dobrog kvaliteta i dovoljne količine za današnje i buduće potrebe čovječanstva.

### Literatura

- Bignami C., Scossa A., Vagnoni G. (2003). Evaluation of old Italian apple cultivars by means of sensory analysis. *Acta Horticulturae*. 598: 85–90.
- Blažek J., Hlušíčková I. (2007). Orchard performance and fruit quality of 50 apple cultivars grown or tested in commercial orchards of the Czech Republic. *Horticultural Science*, 34 (3): 96–106.
- Bostan S. Z. (2009). Pomological traits of local apple and pear cultivars and types grown in Trabzon province (Eastern Black sea region of Turkey). *Acta Horticulturae*. 825: 293–298.
- Božović Đ., Jaćimović V., Lazović B., Adakalić M. (2015). Fenološke i pomološke osobine autohtonih sorti jabuke u sjevernoj Crnoj Gori. *Agroznanje*, Vol. 16 (2): 163–171.
- Chun O. K., Kim D. O., Smith N., Schroeder D., Han J. T., Lee C. Y. (2005). Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 1715–1724.
- Džamić M. (1989). *Praktikum iz biohemije*. Naučna knjiga, Beograd.
- Egan H., Kirk R., Sawyer R. (1981). The Luff Schoorl method. Sugars and preserves. In: „Pearson’s chemical analysis of foods“, 8th ed., Churchill Livingstone, Edinburgh, UK, pp. 152–153.
- Harker F. R., Marsh K. B., Young H., Murray S. H., Gunson F. A. Walker S. B. (2002). Sensory interpretation of instrumental measurements 2: sweet and acid taste of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 24: 241–250.

- Hoehn E., Gasser F., Guggenbuhl B., Kunsch U. (2003). Efficacy of instrumental measurements for determination of minimum requirements of firmness, soluble solids, and acidity of varieties in comparison to consumer expectations. *Postharvest Biology and Technology*, 27: 27–37.
- Hudina M., Stampar F. (2000). Sugars and organic acids contents of European (*Pyrus communis* L.) and Asian (*Pyrus serotina* Rehd.) pear cultivars. *Acta Alimentaria*, 29: 217–230.
- Jemrić T., Skendrović Babojelić M., Fruk G., Šindrak Z. (2013). Fruit quality of nine old apple cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj–Napoca*, 41 (2): 504–509.
- Militaru M., Braniste N., Butac M. (2009). Fruit quality of some autochthonous and foreign apple cultivars grown in Romania. *Acta Horticulturae*, 825: 547–552.
- Mišić P. (2002). Specijalno oplemenjivanje voćaka. Nolit, str. 1–502.
- Mitre I., Mitre V., Ardelean M., Sestras R., Sestras A. (2009). Evaluation of old apple cultivars grown in central Transylvania, Romania. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj–Napoca*, 37 (1): 235–237.
- Mratinić E., Fotirić Akšić M. (2012). Phenotypic Diversity of Apple (*Malus* sp.) Germplasm in South Serbia. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55 (3): 349–358.
- Nenadović–Mratinić E., Milatović D., Đurović D., Milivojević J. (1998). Biološke osobine jesenjih sorti jabuke. *Zbornik radova XV savetovanja agronoma, veterinara i tehnologa*, 7 (1): 163–169.
- Niketić M. (1950). *Jabuka*. Zadružna knjiga, Beograd.
- Petkovšek M. M., Štampar F., Veberič R. (2007). Parameters of inner quality of the apple scab resistant and susceptible apple cultivars (*Malus domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae* 114 (1): 37–44.
- Petkovšek M. M., Štampar F., Veberič R. (2007). Parameters of inner quality of the apple scab resistant and susceptible apple cultivars (*Malus domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae* 114 (1): 37–44.
- Pirlak L., Guleryuz M., Aslantas R. A., Esitken A. (2003). Promising native summer apple (*Malus domestica*) cultivars from north-eastern Anatolia, Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 31: 311–314.
- Šebek G. (2013). Autochthonous cultivars of apple from the area of the upper Polimlje. *Agriculture and Forestry*, 59 (3): 67–74.
- Šoškić, M. (1994). *Oplemenjivanje voćaka i vinove loze*. Papirus, Beograd.
- Tagliavini M., Marangoni B. (2002). Major nutritional issues in deciduous fruit orchards of Northern Italy. *HortTechnology*, 12 (1): 26–31.
- Krgović Lj. (1990). *Važnije pomološke i tehnološke osobine ploda sorti jabuke gajenih u Polimlju*. Jugoslovensko voćarstvo 94, Čačak.
- Hadživuković S. (1991). *Statistički metodi*. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.



## PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS THE MORE SIGNIFICANT AUTOCHTHONOUS CULTIVARS OF APPLE FROM MAJEVICA AREA

*Mirko Kulina, Mirjana Radović, Bojan Životić, Gordana Životić*

**Abstract:** The task of the study was to examine the more significant physical-chemical properties of the fruits of the autochthonous cultivars of apple from Majeвица area. Determination found that it was the fruit of next cultivars: Petrovaca, Bjelcnik, Zelenika, Bobovec, Ljepocvjetka i Sampanjka. Physical and chemical analyzes have determined that the cultivars of apple differed significantly according to the investigated properties. The morphometric characteristics of fruit show statistically significant difference between the studied cultivars. Cultivar of Petrovaca had the lowest weight of fruit, while cultivar of Sampanjka had the highest weight of fruit. Cultivar of Petrovaca had the lowest length of fruit, while cultivar of Bobovec had the highest length of fruit. Cultivar of Petrovaca had the lowest width of fruit, while cultivars of Bobovec and Šampanjka had the highest width of fruit. The chemical composition of the fruit varied considerably depending on the cultivar, location and numerous abiotic factors, such as ecological conditions and agrochemical properties of the soil. The fruits of the largest number of cultivars in our research had between 14 and 16% of soluble dry matter, which are cultivars of medium to high content of soluble dry matter. The total acid content in the cultivars was from 0.43% in cultivar of Petrovaca to 0.71% in cultivar of Sampanjka, while the cultivar of Petrovaca had the highest content of total sugars. The analyzed autochthonous cultivars of apple from the Majeвица area can be of great importance for integral and organic production, but also as a hybridization starting material for the production of new, better cultivar resistant to certain pathogens of plant diseases and pests.

**Key words:** apple, autochthonous cultivar, physical-chemical characteristics, Majeвица area.

## POMOLOŠKE I PROIZVODNE OSOBINE NEKIH NOVIJIH SORTI ŠLJIVE

*Nebojša Milošević, Ivana Glišić, Milena Đorđević, Milan Lukić<sup>1</sup>*

**Izvod:** U sortimentu šljive u Srbiji dominiraju stare, authtone sorte, dobro poznata sorta 'Stanley' i sorte stvorene u Institutu za voćarstvo, Čačak, pre svih 'Čačanska leptotica', 'Čačanska rodna', 'Čačanska rana' i 'Čačanska najbolja'. Da bi se zadovoljili različiti zahtevi tržišta i postigli što bolji rezultati u savremenoj proizvodnji šljive, neophodno je, između ostalog, introdukovati nove sorte. Pre uvođenja u proizvodnju, ove sorte zahtevaju značajno ispitivanje u ekološkim uslovima regiona u koji se introdukuju. Cilj ovog rada je bio da se ispituju najznačajnije pomološke i proizvodne osobine šest introdukovanih sorti šljive: 'Hanita', 'Jojo', 'Jubileum', 'Presenta', 'Tegera' i 'Valor'. Ispitivane su najznačajnije fenološke (fenofaza cvetanja i sazrevanja plodova) i morfometrijske osobine (masa i dimenzije ploda, masa koštice i randman mezokarpa ploda), kao i bujnost (površina poprečnog preseka debla) i rodnost (prinos po stablu i koeficijent rodnosti). Fenofaza cvetanja je kod svih ispitivanih sorti trajala tokom druge dekade aprila u obe ispitivane godine, pri čemu je obilnost cvetanja ocenjena kao veoma dobra. Najveća masa, visina, širina i debljina ploda su utvrđeni kod sorte 'Valor', dok su najveća masa koštice i bujnost stabla utvrđeni kod sorte 'Jubileum'. Najveći randman ploda imale su sorte 'Jojo', 'Tegera' i 'Valor'. Sorte 'Presenta' i 'Jojo' su imale najveći prinos po stablu, dok je sorta 'Jojo' imala i najveći koeficijent rodnosti.

**Ključne reči:** šljiva, introdukovane sorte, fenološke i pomološke osobine, prinos.

### Uvod

Evropska šljiva (*Prunus domestica* L.) je jedna od najznačajnijih vrsta voćaka koje se gaje u Evropi sa ukupnom proizvodnjom od 2 808 152 t (FAOSTAT, 2018). U Republici Srbiji, šljiva se gaji na oko 425 585 ha, sa prosečnom proizvodnjom od oko 507 987 t (2010-2014), što je svrstava na drugo mesto posle Narodne Republike Kine (FAOSTAT, 2018). Generalno, proizvodnju šljive u Republici Srbiji karakterišu ekstenzivna tehnologija gajenja sa minimalnom primenom agrotehničkih i pomotehničkih mera (što se u značajnoj meri odražava na kvalitet ploda i prinos), problemi uzrokovani virusom šrake šljive, kao i velika raznolikost sorti (Nenadović-Mratinić et al., 2007; Milošević et al., 2012; Milošević et al., 2013). Kao rezultat svega toga, prosečan prinos po stablu iznosi svega 5,9 kg (Milošević et al., 2017). Sve veći zahtevi tržišta svežih plodova ukazuju na neophodnost introdukcije novih sorti tolerantnih na virus šarke šljive sa krupnim kvalitetnim plodovima (Čmelik et al., 2007). Nove, kvalitetne sorte u kombinaciji sa odgovarajućom tehnologijom gajenja mogu biti osnova savremene proizvodnje šljive. Kao veoma važan faktor uspešnog gajenja, neophodno je da sorte koje su nastale u različitim delovima sveta moraju biti

<sup>1</sup>Institut za voćarstvo, Čačak, Kralja Petra I br. 9, Čačak, Srbija (mnebojsa@ftn.kg.ac.rs)

prilagođene lokalnim ekološkim uslovima. Stoga, ispitivanje introdukovanih sorti predstavlja veoma bitan preduslov osavremenjavanja proizvodnje šljive.

Cilj ovog rada je bio da se ispituju najznačajnije fenološke osobine (fenofaza cvetanja i sazrevanja plodova), morfometrijske (masa i dimenzije ploda, masa koštice i randman mezokarpa ploda), kao i bujnost (površina poprečnog preseka debla) i rodnost (prinos po stablu i koeficijent rodnosti) šest introdukovanih sorti šljive: 'Hanita', 'Jojo', 'Jubileum', 'Presenta', 'Tegera' i 'Valor' u ekološkim uslovima čačanskog kraja kao značajnog regiona proizvodnje šljive u Republici Srbiji.

### Materijal i metode rada

*Biljni materijal.* U toku 2015. i 2016. godine, ispitivano je šest introdukovanih sorti šljive ('Hanita', 'Jojo', 'Jubileum', 'Presenta', 'Tegera' i 'Valor') kalemljenih na vegetativnu podlogu 'St. Julian A'.

*Objekat.* Ispitivanja su obavljena u eksperimentalnom zasadu šljive na objektu Preljinsko brdo Instituta za voćarstvo, Čačak. Zasad je podignut u proleće 2005. godine sa standardnim jednogodišnjim sadnicama šljive zasađenim na rastojanje  $4 \times 1,5$  m. Sadnja je obavljena po slučajnom blok sistemu, pri čemu je svaka sorta bila zastupljena sa po pet stabala u dva ponavljanja. Uzgojni oblik je vretenasti žbun. U zasadu su primenjivane standardne mere nege u skladu sa zahtevima šljive kao vrste voćaka, izuzev navodnjavanja.

*Agroekološki uslovi.* Čačak sa okolinom se odlikuje umerenokontinentalnom klimom. Prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda prosečna godišnja temperatura je  $11,6^{\circ}\text{C}$ , prosečna temperatura za period vegetacije (april–oktobar)  $17,6^{\circ}\text{C}$ , prosečna godišnja suma padavina  $578,9$  mm, a prosečna suma padavina za period vegetacije  $347,3$  mm. Zemljište na kom je zasnovan zasad pripada tipu gajnjače (USDA Soil Taxonomy, 1999).

*Fenološke osobine.* Fenofaze cvetanja su ispitivane u skladu sa preporučenom metodologijom od strane međunarodne radne grupe za polinaciju (Wertheim, 1996). Beležen je datum početka cvetanja (otvoreno 10% cvetova), punog cvetanja (otvoreno 80% cvetova) i precvetavanja (otplao preko 90% kruničnih listića). Obilnost cvetanja je izražena ocenama 0, 1, 2, 3, 4 ili 5 (nije bilo cvetova, slab, rđav, dobar, vrlo dobar i odličan). Plodovi su ubrani kada su dostigli optimalnu boju i najbolji kvalitet za upotrebu u svežem stanju (Funt, 1998). Fenofaza cvetanja i vreme sazrevanja plodova su predstavljeni kao broj dana od početka godine pri čemu je za prvi dan uzet 1. januar.

*Bujnost.* Bujnost je predstavljena preko površine poprečnog preseka debla i određivana je na kraju svake vegetacije. Na 10 cm iznad mesta kalemljenja meren je prečnik debla (R) uz pomoć kljunastog merila (Inox 1/20 mm, sa tačnošću  $\pm 0,01$  mm) i putem obrasca  $(R/2)^2\pi$  je računata površina poprečnog preseka debla.

*Rodnost.* Ispitivanje rodnosti je vršeno putem određivanja prinosa po stablu (kg) i koeficijenta rodnosti ( $\text{kg cm}^{-2}$ ). Prinos po stablu je meren uz pomoć elektronske vage ACS System Electronic Scale (Zhejiang, China). Koeficijent rodnosti je izračunat kao količnik prinosa po stablu i površine poprečnog preseka debla.

*Statistička obrada podataka.* Dobijeni rezultati su statistički analizirani upotrebom Fišerovog modela analize varijanse (ANOVA) dvofaktorijskog ogleada za prag

značajnosti  $P \leq 0,05$ . U slučaju kada je F test bio značajan testiranje razlika aritmetičkih sredina je obavljeno testom najmanje značajnih razlika (LSD test) za prag značajnosti  $P \leq 0,05$ . U radu su prikazane prosečne vrednosti ispitivanih parametara za proučavane genotipove dobijene tokom dvogodišnjih ispitivanja, kao i standardna greška aritmetičke sredine.

### Rezultati istraživanja i diskusija

U tabeli 1 su prikazani početak, puno i kraj cvetanja, obilnost cvetanja i vreme sazrevanja ploda šest ispitivanih sorti šljive. Sve ispitivane sorte su imale slično vreme cvetanja tokom druge dekade aprila u obe ispitivane godine. Najranije cvetanje je utvrđeno kod sorte ‘Jojo’, a najpoznije kod sorti ‘Jubileum’ i ‘Tegera’ sa ralikom od svega 3 dana. Puno cvetanje je nastupilo za prosečno 3–4 dana, a kraj cvetanja za 9–10 dana u zavisnosti od sorte. Obilnost cvetanja kod svih sorti je ocenjena kao vrlo dobra u obe godine ispitivanja. Do sličnih rezultata prilikom ispitivanja fenofaze cvetanja istih sorti došli su i Milošević et al. (2012) u uslovima Srbije, Vitanova et al. (2007) u uslovima Bugarske i Koskela et al. (2010) u uslovima Holandije, dok su Blažek i Pištěková (2009) utvrdili nešto kasnije cvetanje u uslovima Češke što je verovatno imalo veze sa nešto hladnijim klimatom u toj zemlji. Među ispitivanim sortama, rano vreme sazrevanja ploda je utvrđeno kod sorte ‘Tegera’, srednje pozno kod sorti ‘Jubileum’ i ‘Hanita’, pozno kod sorti ‘Jojo’ i ‘Valor’, odnosno veoma pozno kod sorte ‘Presenta’. Sorte koje sazrevaju rano, kao što je u našem radu bio slučaj sa sortom ‘Tegera’ imaju kraći period sazrevanja ploda u odnosu na sorte koje sazrevaju kasnije u toku septembra (‘Jojo’ i ‘Presenta’). Sorta ‘Jubileum’ je sazrevala u periodu kada je tržište svežih plodova šljive dobro snabdeveno pa je mogućnost plasmana smanjena, naročito ako se ima u vidu da sorte sa ljubičastom bojom pokožice imaju slabiju potražnju. S druge strane, za plodovima sorti koje sazrevaju pozno u septembru zbog nedostatka plodova drugih kvalitetnih sorti potražnja može biti značajno veća.

Tabela 1. Fenofaza cvetanja i sazrevanja plodova ispitivanih sorti šljive  
*Table 1. Flowering and ripening phenophase of studied plum cultivars*

	Vreme cvetanja <i>Blooming time</i>			Obilnost cvetanja <i>Abundance of flowering</i>	Vreme sazrevanja <i>Ripening time</i>	
	Početak <i>Onset</i>	Puno <i>Full</i>	Kraj <i>End</i>			
‘Hanita’	100	104	109	4	229	17.08.
‘Jojo’	99	103	109	4	245	2.09.
‘Jubileum’	101	104	110	4	227	15.08.
‘Presenta’	100	104	109	4	257	14.09.
‘Tegera’	101	105	110	4	202	21.07.
‘Valor’	100	104	109	4	231	4.09.

\*vreme cvetanja i sazrevanja ploda je predstavljeno kao broj dana od početka godine

Podaci u tabeli 2 pokazuju da su se vrednosti površine poprečnog preseka debla koji je pokazatelj bujnosti, prinosa po stablu i indeksa rodnosti značajno razlikovale kod ispitivanih sorti šljive. Najveću površinu poprečnog preseka debla je imala sorta

‘Jubileum’, dok su sorte ‘Hanita’ i ‘Jojo’ imale najmanje vrednosti ovog parametra. Sorta ‘Jojo’ je uz sortu ‘Presenta’ imala najveći prinos po stablu ( $22.56 \pm 0.37$  kg;  $22.94 \pm 0.32$  kg, resp.) što je u kombinaciji sa smanjenom bujnošću uzrokovalo da ova sorta ima najveći koeficijent rodnosti ( $0.60 \pm 0.02$  kg cm<sup>-2</sup>). S druge strane, sorta ‘Jubileum’ je zbog nešto veće bujnosti i osrednjeg prinosa imala najmanji koeficijent rodnosti ( $0.33 \pm 0.01$  kg cm<sup>-2</sup>). Bujnost sorte zavisi od sorte (Nenadović-Mratinić et al., 2007), podloge (Grzyb i Sitarek, 2006; Stefanova et al., 2010), kao i od uzgojnog oblika, visine prinosa, starosti i stanja zasada (Vitanova et al., 2007). Mere nege zasada i uslovi sredine mogu takođe uticati na bujnost stabala šljive (Blažek i Pišteková, 2009). Slično našim rezultatima, Stefanova et al. (2008) i Blažek i Pišteková (2009) su utvrdili da su sorte ‘Hanita’, ‘Jojo’, ‘Tegera’ i ‘Valor’ ispoljile umerenu bujnost, dok su rezultati do kojih su došli Grzyb i Sitarek (2006) pokazali da su sorte šljive kalemljene na podlozi ‘St. Julian A’ bile značajno manje bujnosti u odnosu kada je kalemljene obavljeno na sejanac džanarike ili podlogu ‘Fereley’. Rezultati koji se odnose na prinos (Tabela 2) ukazuju da su najveći potencijal rodnosti ispoljile sorte ‘Jojo’, ‘Presenta’ i ‘Hanita’. Kada su ove sorte u pitanju, do sličnih rezultata su došli i Blažek i Pišteková (2009), odnosno Stefanova et al. (2008), dok su Gravite i Kaufmane (2017) utvrdile sličan prinos po stablu kod sorte ‘Tegera’. U radovima istih autora, sorte ‘Hanita’ i ‘Jojo’ su imale najveći koeficijent rodnosti.

Tabela 2. Bujnost staba, prinos po stablu i indeks rodnosti ispitivanih sorti šljive  
 Table 2. Tree vigor, yield per tree and yield efficiency of studied plum cultivars

	PPPD (mm <sup>2</sup> ) TCSA (mm <sup>2</sup> )	Prinos po stablu (kg) Yield per tree (kg)	Koeficijent rodnosti (kg/cm <sup>2</sup> ) Yield efficiency(kg/cm <sup>2</sup> )
‘Hanita’	37.86±1.47 d	20.89±0.41 b	0.56±0.02 b
‘Jojo’	37.73±0.98 d	22.56±0.37 a	0.60±0.02 a
‘Jubileum’	60.20±1.28 a	19.89±0.40 c	0.33±0.01 d
‘Presenta’	52.45±2.74 b	22.94±0.32 a	0.45±0.02 c
‘Tegera’	45.04±1.93 c	18.94±0.39 d	0.43±0.02 c
‘Valor’	39.37±1.48 d	17.03±0.34 e	0.44±0.02 c

PPPD – površina poprečnog preseka debla; TCSA – Trunk cross sectional area

Različita mala slova u kolonama označavaju značajne razlike za  $P \leq 0,05$  primenom LSD testa.

The different lower-case letters assigned to columns show significant differences for  $P \leq 0.05$  after applying LSD test.

Masa ploda je jedna od najznačajnijih kvantitativnih osobina koja istovremeno utiče i na prinos, kvalitativne karakteristike ploda i prihvatljivost od strane potrošača (Chrisosto et al., 2004). Masa ploda se značajno razlikovala i varirala u opsegu od  $29.46 \pm 0.86$  g do  $47.00 \pm 0.99$  g (Tabela 3). Sorte ‘Valor’ ( $47.00 \pm 0.99$  g) i ‘Jubileum’ ( $45.91 \pm 0.87$  g) su imale značajno veću masu ploda od ostalih sorti. S druge strane sorta ‘Presenta’ ( $29.46 \pm 0.86$  g) je imala najmanju masu ploda. Masa ploda, pored genotipa (Nergiz and Yıldız, 1997) takođe zavisi i od prinosa i primenjenih mera nege u zasadu (Grzyb i Sitarek, 2006) što potvrđuju i naši rezultati. Takođe, rezultati dobijeni u ovom radu ukazuju na veću masu ploda kod sorte ‘Hanita’, a manju kod sorte ‘Valor’ u odnosu na rezultate koje su dobili Blažek i Pišteková (2009) u uslovima Češke, odnosno nešto manju masu ploda sorti ‘Hanita’ i ‘Jojo’ u uslovima Nemačke (Hartmann i

Neumüller, 2006). Ove razlike su verovatno posledica različitih pedoklimatskih činilaca i/ili različitih mera nege primenjenih u zasadima. Najmanju masu koštice su imale sorte ‘Jojo’ (1.49±0.02 g) i ‘Presenta’ (1.54±0.02 g), a najveću sorta ‘Jubileum’ (2.25±0.03 g) (Tabela 3). Odnos između mezokarpa i koštice predstavlja randman mezokarpa ploda i poželjno je da bude što veći (Nenadović-Mratinić et al., 2007). U našem radu najveći randman mezokarpa ploda je utvrđen kod sorti ‘Jojo’, ‘Valor’ i ‘Tegera’ (95.82±0.16%, 95.70±0.10%, 95.55±0.24%, resp.), a najmanji kod sorte ‘Hanita’ (94.57±0.27%).

Tabela 3. Masa ploda i koštice i randman mezokarpa ploda ispitivanih sorti šljive  
*Table 3. Fruit and stone weight and flesh percentage of studied plum cultivars*

	Masa ploda (g) <i>Fruit weight (g)</i>	Masa koštice (g) <i>Stone weight (g)</i>	Randman ploda (%) <i>Flesh percentage (%)</i>
‘Hanita’	33.65±0.93 b	1.85±0.06 c	94.57±0.27 c
‘Jojo’	34.95±1.82 b	1.49±0.02 d	95.82±0.16 a
‘Jubileum’	45.91±0.87 a	2.25±0.03 a	95.07±0.12 b
‘Presenta’	29.46±0.86 c	1.54±0.02 d	94.70±0.16 bc
‘Tegera’	33.63±0.16 b	1.51±0.05 d	95.55±0.24 a
‘Valor’	47.00±0.99 a	1.99±0.02 b	95.70±0.10 a

Različita mala slova u kolonama označavaju značajne razlike za  $P \leq 0,05$  primenom LSD testa.

*The different lower-case letters assigned to columns show significant differences for  $P \leq 0.05$  after applying LSD test.*

Značaj dimenzija ploda ogleda se u njihovoj upotrebi prilikom opisivanja oblika ploda koji je neophodan u pomološkim istraživanjima za različite svrhe, kao što je na primer opis sorti i njihovo uvođenje u različite registre i deskriptore (Beyer et al., 2002). U našem radu, najveće vrednosti visine, širine i debljine ploda utvrđene su kod sorte ‘Valor’ (50.12±0.23 mm, 45.47±0.31mm, 41.75±0.29, resp.) (Tabela 4). S druge strane, najmanja visina (42.98±0.13 mm), odnosno širina i debljina (33.79±0.41 mm, 33.44±0.47 mm, resp.) su utvrđene kod sorti ‘Tegera’, odnosno ‘Presenta’ (Tabela 4). Dobijeni rezultati su u velikoj meri u saglasnosti sa rezultatima koje navode Blažek i Pištěková (2009) u uslovima Češke, dok u uslovima Hrvatske Halapija-Kazija et al. (2009) navode nešto više vrednosti ovih parametara.

Tabela 4. Visina, širina i debljina ploda ispitivanih sorti šljive  
*Table 4. Fruit height, width and thickness of studied plum cultivars*

	Visina ploda (mm) <i>Fruit height (mm)</i>	Širina ploda (mm) <i>Fruit width (mm)</i>	Debljina ploda (mm) <i>Fruit thickness (mm)</i>
‘Hanita’	43.85±1.11 c	35.29±0.58 c	34.30±0.28 cd
‘Jojo’	43.18±0.83 c	34.96±0.66 c	35.66±0.76 b
‘Jubileum’	46.52±0.62 b	44.71±0.51 a	41.80±0.49 a
‘Presenta’	45.28±0.44 bc	33.79±0.41 d	33.44±0.47 d
‘Tegera’	42.98±0.13 c	36.76±0.61 b	35.02±0.53 bc
‘Valor’	50.12±0.23 a	45.47±0.31 a	41.75±0.29 a

Različita mala slova u kolonama označavaju značajne razlike za  $P \leq 0,05$  primenom LSD testa.

*The different lower-case letters assigned to columns show significant differences for  $P \leq 0.05$  after applying LSD test.*

### Zaključak

Ispitivane introdukovane sorte šljive su u 2015. i 2016. godini cvetale tokom druge dekade aprila pri čemu je obilnost cvetanja kod svih sorti ocenjena kao vrlo dobra. Sorta 'Tegera' je ranog, a sorte 'Jojo', 'Presenta' i 'Valor' veoma poznog vremena sazrevanja ploda pa sa tog aspekta mogu biti veoma interesantne za gajenje u našim uslovima jer u tom periodu nema plodova kvalitetnih sorti šljive. Sve ispitivane sorte osim sorti 'Jubileum' i 'Presenta' su ispoljile umerenu bujnost stabla. Kod svih ispitivanih sorti je utvrđen zadovoljavajući prinos po stablu, pri čemu se posebno izdvajaju sorte 'Jojo' i 'Presenta'. Najveću masu i dimenzije ploda imala je sorta 'Valor'. Sve ispitivane sorte zahtevaju dodatna ispitivanja u pogledu kvaliteta ploda, otpornosti na najznačajnije bolesti i štetočine, kao i ponašanja u odgovarajućim sistemima gajenja sa ciljem preporuke za uvođenje u proizvodnju. Nove sorte u kombinaciji sa odgovarajućom tehnologijom gajenja mogu predstavljati osnovu unapređenja proizvodnje šljive u Srbiji.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu su deo projekta TR-31064: „Stvaranje i očuvanje genetičkog potencijala kontinentalnih vrsta voćaka“, koji je finansiran sredstvima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### Literatura

- Beyer M., Hahn R., Peschel S., Harz M., Knoche A. (2002). Analyzing fruit shape in sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Scientia Horticulturae*, 96, 139–150.
- Blažek J., Pištěková I. (2009). Preliminary evaluation results of new plum cultivars in a dense planting. *Horticultural Science*, 36, 45–54.
- Crisosto C.H., Garner D., Crisosto G.M., Bowerman E. (2004). Increasing 'Blackamber' plum (*Prunus salicina* Lindley) consumer acceptance. *Postharvest Biology and Technology* 34, 237–244.
- Čmelik Z., Družić J., Duralija B., Dugalić, K. (2007). Growth and cropping of plum trees Felsina, Top and Elena. *Voćarstvo*, 42, 141–146.
- FAOSTAT. (2018). Available at <http://www.faostat.fao>.
- Funt R.C. (1998). Plums: A guide to selection and use. Ohio State University, Extension Fact Sheet, pp. 1–2.
- Gravite I., Kaufmane E. (2017). Evaluation of German Plum Selections in Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*, 71(3), 166–172.
- Grzyb S.Z., Sitarek M. (2006). The influence of different rootstocks on the tree growth, yield and fruit quality of plum tree 'Dabrowice Prune' planted in exhausted soil. *Sodinkistè ir Daržininkistè*, 25, 292–295.
- Halapija-Kazija D., Jelačić T., Vujević P. (2009). Introdukcija novih sorata šljive - preliminarni rezultati. 44. Hrvatski i 4. Međunarodni simpozij agronoma - Voćarstvo, vinogradarstvo i vinarstvo, Zbornik radova, str. 827–831.

- Hartmann W., Neumüller M. (2006). Breeding for resistance: breeding for Plum pox virus resistant plums (*Prunus domestica* L.) in Germany. EPPO Bulletin, 36, 332–336.
- Koskela E., Kemp H., van Dieren M.C.A. (2010). Flowering and pollination studies with European plum (*Prunus domestica* L.) cultivars. Acta Horticulturae, 874, 193–202.
- Milošević N., Mratinić E., Glišić S.I., Milošević T. (2012). Precocity, yield and postharvest physical and chemical properties of plums resistant to sharka grown in Serbian conditions. Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus, 11, 23–33.
- Milošević T., Milošević N., Glišić I. (2013). Agronomic properties and nutritional status of plum trees (*Prunus domestica* L.) influenced by different cultivars. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 13, 706–714.
- Milošević N., Glišić I., Paunović A.S., Jevremović D., Milošević T., Glišić I. (2017): Savremena proizvodnja šljive. Zbornik apstrakata savetovanja „Savremena proizvodnja voća“, Banja Koviljača, 51 (197-198), 15–17.
- Neneadović-Mratinić E., Nikićević N., Milatović D., Đurović D. (2007). Pogodnost autohtonih sorti šljive (*Prunus instititia* L.) za proizvodnju rakije. Voćarstvo 41 (160), 159–164.
- Nergiz C., Yıldız H. (1997). Research on chemical composition of some varieties of European plums (*Prunus domestica*) adapted to the Aegean district of Turkey. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45, 2820–2823.
- Stefanova B., Dinkova H., Dragoyski K. (2008). Plum cultivar Hanita in the Troyan conditions. Universitatea din Craiova, Seria: Biologie, Horticultură, Tehnologie prelucrării produselor agricole, Ingineria mediului, 13, 165–168.
- Stefanova B., Dragoyski K., Dinkova H., Djouvinov V. (2010). The plum cultivar 'Jojo' grown under the conditions of the central Balkan mountains in Bulgaria. Acta Horticulturae, 874, 281-288.
- USDA Soil Taxonomy - A basic system of soil classification for making and Interpreting soil surveys, 2<sup>nd</sup> Ed. 1999. Available at: [ftp://ftp-fc.scegov.usda.gov/NSSC/Soil\\_Taxonomy/tax.pdf](ftp://ftp-fc.scegov.usda.gov/NSSC/Soil_Taxonomy/tax.pdf), Natural Resources Conservation Service, n. 436, 1–871. Accessed 25 January 2018.
- Vitanova I., Dinkova H., Dragoyski K., Dimkova S. (2007). Biological characteristics of the growth and fruitfulness of the Bulgarian plum cultivar Gabrovska. Journal of Pomology, 41, 37–40.
- Wertheim S.J. (1996). Methods for cross pollination and flowering assessment and their interpretation. Acta Horticulturae, 423, 237–241.



## POMOLOGICAL AND PRODUCTIVE TRAITS OF SOME NEW PLUM CULTIVARS

*Nebojša Milošević, Ivana Glišić, Milena Đorđević, Milan Lukić*

### Abstract

Plum assortment in Serbia is dominated by old autochthonous cultivars, well-known cultivar ‘Stanley’ and cultivars named and released in Fruit Research Institute, Čačak such as: ‘Čačanska leptotica’, ‘Čačanska rodna’, ‘Čačanska rana’ and ‘Čačanska najbolja’. In order to fulfill different demands of fresh fruit market and achieve better results in modern plum production, it is necessary, among other things, to introduce new cultivars. Before introduction of new cultivars in orchards, significant evaluation of these cultivars in environmental conditions of region they are being introduced is required. The main objective of this study was to evaluate the most important pomological and productive traits of six introduced plum cultivars: ‘Hanita’, ‘Jojo’, ‘Jubileum’, ‘Presenta’, ‘Tegera’ and ‘Valor’. The most important phenological (flowering and ripening time), and morphometric traits (fruit and stone weight, fruit dimensions and flesh percentage), as well as tree vigour (trunk cross section area) and cropping potential (yield per tree and yield efficiency) were evaluated. Flowering phenophase in all examined cultivars lasted during the second decade of April, whereby flowering abundance was estimated as very good. The largest fruit weight, and fruit dimensions (height, width and thickness) were determined in ‘Valor’, whereas the largest stone weight and tree vigour were determined in ‘Jubileum’. The largest flesh percentage was found in cultivars ‘Jojo’, ‘Tegera’ and ‘Valor’. Cultivars ‘Presenta’ and ‘Jojo’ had largest yield per tree, while ‘Jojo’ had the highest yield efficiency.

**Key words:** plum, introduced cultivars, phenological and pomological properties, yield.

---

<sup>1</sup>Fruit Research Institute, Čačak, Kralja Petra I N° 9, Čačak, Republic of Serbia (mnebojsa@ftn.kg.ac.rs)

## ПРИНОС И КВАЛИТЕТ ПЛОДА НОВИЈИХ ДОМАЊИХ И ИНОСТРАНИХ СОРТИ КАЈСИЈЕ (*Prunus armeniaca* L.)

Томо Милошевић<sup>1</sup>, Небојша Милошевић<sup>2</sup>, Иван Глишић<sup>1</sup>

**Извод:** У раду су приказани резултати који се односе на фенологију цветања и зрења плода, иницијалну родност, принос и квалитет плода 18 новијих сорти кајсије – две домаће и 16 иностраних поређених са ‘Мађарском најбољом’ (контрола) у другој години по садњи у еколошким условима Чачка. Испитиване особине су биле варијабилног карактера и сортно зависне. Иако је вегетациона 2017. година била климатски веома неповољна, остварена је различита бујност али и значајна родност већине сорти у другој години по садњи, највећа у cvs. ‘Farclo’, ‘Betinka’ и ‘Roxana’. Највећу масу плода имале су cvs. ‘Roxana’ и ‘Wonder Cot’, а најмању ‘Fardao’ и ‘Betinka’. Плодови cvs. ‘Kecs-psar’, ‘Candela’ и ‘Farclo’ су били најбогатији у садржају растворљиве суве материје (PCM), док су најсиромашнији били плодови cv. ‘Precoce de Tynthe’.

**Кључне речи:** бујност стабла, маса плода, продуктивност, сорте кајсије, растворљива сува материја

### Увод

Кајсија (*P. armeniaca* L.) је дуговечно дрво (живи 100 и више година) отпорно на ниске температуре у физиолошком мировању и сушу у току вегетације. Изворно је domestikована у Кини (3.000 година п.н.е.), а данас је има на свим континентима осим на Антарктику. Археолошки споменици потврђују да су њени плодови коришћени у исхрани у древној Арменији по чему је и добила латинско име. Одатле је пренета у Европу “путем свиле”, најпре у стару Грчку, око 60. године п.н.е. Занимљиво је да је тзв. “Нови Свет” упознао ову врсту захваљујући Француским истраживачима око 1700. године који су донели њено семе у заливски део источних САД као и Шпанским мисионарима у раном XVIII веку који су је из Европе пренели у Калифорнију, а делом и у долину реке Мисисипи. Данас се највише гаји у Медитеранском подручју и централној Азији. Светска производња је варијабилна из године у годину, али ипак растућег карактера. У 2016. години произведено је 3.881.204 t са 568.014 ha (FAOSTAT, 2018), највише у Азији, а затим у Европи и Африци. Пет “топ” земаља, највећих светских произвођача плодова кајсије наведене године су Турска (730.000 t), Узбекистан (662.123 t), Иран (306.105 t), Алжир (256.771 t) и Италија (237.021 t). Ипак, посматрајући вишегодишње просеке, Турска је највећи светски произвођач.

Српска производња плодова кајсије је много више променљива из године у годину и много мања у односу на поменуће земље. Кретала се у нивоу од 13.400 t

<sup>1</sup>Катедра за воћарство и виноградарство, Агрономски факултет у Чачку, Универзитет у Крагујевцу, Цара Душана 34, 32000 Чачак, Србија (tomomilosevic@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>Одсек за помологију и oplemeњивање воћака, Институт за воћарство, Чачак, Краља Петра I/9, 32000 Чачак, Србија.

у 2002. преко 40.754 t у 2004. до 23.902 t у 2016. години (FAOSTAT, 2018). Узроци варирања производње кајсије у Србији су бројни и слични онима који изазивају проблеме у континенталном делу Европе (Milošević et al., 2010). Међутим, према бројним научним и стручним мишљењима, заједно са трешњом, требало би у наредном периоду да заузме значајније место у Српском воћарству. Примера ради, трешња је извозно оријентисана врста воћа у последњој деценији, док се за кајсију то не може рећи. Један од разлога је и чињеница да се у нашој земљи гаје сорте на челу са 'Мађарском најбољом' и генотипови слични њој, док је заступљеност сорти које могу да "трпе" разне манипулативне радње – берба, паковање, транспорт, добра способност складиштења и чувања (shelf life) јако мала и шаролика, недовољна да се задовоље високи критеријуми извоза. Изналажење и одабир таквих сорти је тежак посао кога компликује чињеница да је кајсија тзв. климактерично воће, односно њени плодови бурно сазревају на стаблу и после бербе се брзо мењају што се повезује са емисијом етилена.

После општине Гроцка у којој се кајсија гаји на 1949 ha, област око Чачка је на другом месту у Србији по површини - 549 ha (Кесеровић и Магазин, 2014). Са наведене површине убере се између 4000 и 4500 t плодова кајсије што је, поређења ради, укупна производња у Чешкој Републици. Међутим, сортимент у чачанским засадима кајсије који би задовољио критеријуме стоног воћа за свежу потрошњу и евентуални извоз није задовољавајући.

Обзиром на то, основни циљ овог рада се састоји у упознавању понашања 17 иностраних и две домаће сорте кајсије у погледу времена цветања, бујности стабла, продуктивности и квалитету плода у другој години по садњи гајених у еколошким условима Чачка.

### Материјал и методе рада

Оглед је постављен у селу Прислоница (43°57'07" сгш; 20°26'10" игд, 320 m изнад мора), недалеко од Чачка, а обухватио је праћење времена цветања и зрења плода, раст стабла, продуктивност и неке спољашње и унутрашње особине плода. Засад је подигнут почетком марта 2015. године једногодишњим добро развијеним садницама 19 сорти кајсије са размаком 5.5 m између редова и 3.0 m између садница у реду. Висина дебла је између 80 и 90 cm од површине земље. Узгојни облик је ваза са 3-4 рамене гране. Током године, осим наводњавања, примењиване су рутинске мере неге засада. Летња резидба је доминантна.

Подлога је сејанац Цанарике на коју су калемљене сорте од којих је 'Мађарска најбоља' ('Magyar Kajszi') коришћена као контрола. Тестиране сорте су: 'Aurora' (Италија), 'Kech-psar' (локална сорта из централне Азије), 'Farclo' и 'Fardao' (Marie-France BOIS, France), 'Goldrich' (син.: 'Sungiant') (USDA and Washington State University, Prosser, Washington, USA), 'Spring Blush<sup>®</sup>' и 'Tsunami<sup>®</sup>' (Escande EARL, France), 'Bergeron' (Saint-Cyr-au-Mont-d'Or, France), 'Wonder Cot' (COT International, France), 'Adriana', 'Candela', 'Betinka' и селекција 'Зерделије' (Horticultural Faculty in Lednice, Czech Republic), 'Orange Red' (син.: 'Barth<sup>®</sup>') (Rutgers University, The State University of New Jersey, USA), 'Roxana' (Авганистан), 'Precocoe de Tyrinthe' (Грчка), 'Новосадска касноцветна' и 'Чачанско

злато' (Србија). Свака сорта у засаду је заступљена са по 3 стабла, где је свако појединачно стабло било истовремено и понављање.

Веgetативни раст (бујност стабла) је праћен од садње (2015) до краја 2017. године, а принос и квалитет плода у 2017. (друга година по садњи). Од фенолошких особина праћено је време (датум) цветања (почетак, пуно, крај) и сазревања плодова по протоколу описаном у нашем претходном раду о кајсији (Milošević et al., 2010). Бујност стабла је праћена од момента садње до краја 2017. године преко површине попречног пресека дебла (ПППД,  $\text{cm}^2$ ) на 30  $\text{cm}$  од површине земље. Принос по стаблу и маса плода су утврђени мерењем на дигиталној ваги ACS (Zhejiang, China), односно MAULsteel 5000 G (Jakob Maul GmbH, Bad König, Germany). За мерење масе плода коришћено је по 20 плодова са сваког стабла ( $n = 60$ ). Коefицијент родности је израчунат као количник између приноса по стаблу и ПППД ( $\text{kg cm}^{-2}$ ). Рандман мезокарпа (%) је израчунат као однос између масе коштице (подаци нису приказани) и укупне масе плода. Садржај РСМ у соку плода ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) је утврђен помоћу ручног рефрактометра Zeiss (Karl Zeiss, Jena, Germany).

Добијени подаци су обрађени једносмерном анализом варијансе (ANOVA). Када је  $F$  тест био значајан, поређење средина је обављено помоћу теста најмање значајних разлике (LSD) за  $P \leq 0.05$ . Такође, израчуната је средња грешка средње вредности (SE). Подаци су обрађени уз помоћ софтверског пакета Microsoft Office Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

## Резултати истраживања и дискусија

### Фенолошке особине

Због кратког физиолошког мировања кајсија може да цвета веома рано. По правилу, рано цветање кајсије представља велики ризик због честе појаве пролећних мразева у нашим условима (Milošević et al., 2010). Почетак цветања се везује за повећање температуре од краја мировања па све до краја марта. Температуре између 7 и 9 $^{\circ}\text{C}$  после завршетка дубоког зимског мировања одређују почетак цветања (Vachun, 1974).

У нашем огледу почетак цветања је био између 17 и 21.03 (Табела 1) што је у складу са генотипским специфичностима описаним у ранијим радовима (Egea et al., 2004; Milatović i sar., 2012). Шест сорти ('Goldrich', 'Candela', 'Adriana', 'Wonder Cot', 'Aurora' и 'Precoce de Tyrinthe') су имале ранији, 6 сорти је имало истовремени ('Kecs-psar', 'Farclo', 'Betinka', 'Spring Blush', 'Tsunami' и 'Bergeron') (20.03), док је 6 сорти имало каснији почетак цветања ('Зерделија', 'Fardao', 'Чачанско злато', 'Orange Red', 'Новосадска касноцветна' и 'Roxana') (21.03) од контроле ('Мађарска најбоља') која је почела да цвета 20.03. Најпре су почела да цветају стабла *cv.* 'Wonder Cot' (17.03), затим 'Precoce de Tyrinthe' (18.03), 'Aurora', 'Adriana', 'Candela' и 'Goldrich' (19.03). Milatović i sar. (2012) наводе да је у периоду од 2009-2012. године, просечан почетак цветања 12 сорти кајсије у београдском подручју био између 26 и 29.03. У њиховом раду, *cv.* 'Aurora' је такође имала веома рани почетак цветања, а 'Мађарска најбоља'

познији. Сличне податке за поменути сорту и *cv.* ‘Precoce de Tyrinthe’ наводе Bahar and Son (2017). ‘Orange Red’ је условима Мурсије (Шпанија) имао сличан почетак цветања као стабла *cv.* ‘Bergeron’ (Egea et al., 2004) што су потврдили резултати у нашем раду. Пуно цветање је наступило 2-4 дана после почетка цветања, по правилу најпре у сорти које су имале ранији почетак цветања, али код *cv.* ‘Wonder Cot’ то није случај, јер се пуно цветање поклопило са сортама каснијег почетка цветања (Табела 1). Генерално, све сорте, осим ‘Чачанског злата’ и ‘Новосадске касноцветне’ су имале раније или истовремено пуно цветање у односу на контролу, док су 4 сорте (‘Farclo’, ‘Новосадске касноцветна’, ‘Зерделија’ и ‘Fardao’) имале за 3-4 дана каснији завршетак цветања при поређењу са ‘Мађарском најбољом’. У принципу, за праксу су пожељније сорте дужег периода цветања због успешнијег и квалитетнијег опрашивања, посебно за самобесплодне кајсије као што су ‘Kecs-psar’, ‘Goldrich’, ‘Tsunami’ и ‘Spring Blush’. Сличне резултате у погледу цветања за сорте кајсије из Чешке наводе Milatović i sar. (2013).

Табела 1. Цветање и сазревање плодова испитиваних сорти кајсије  
*Table 1. Flowering and fruit maturity of evaluated apricot cultivars*

Сорта <i>Cultivar</i>	Цветање - <i>Flowering</i>			Датум зрења <i>Ripening date</i>
	Почетак <i>Beginning</i>	Пуно <i>Full</i>	Крај <i>End</i>	
Goldrich	19.03	21.03	26.03	4.07
Зерделија	21.03	23.03	30.03	26.06
Fardao	21.03	23.03	30.03	18.08
Kecs-psar	20.03	22.03	27.03	6.09
Candela	19.03	21.03	25.03	24.06
Adriana	19.03	21.03	25.03	10.07
Farclo	20.03	23.03	29.03	10.09
Betinka	20.03	22.03	27.03	3.07
Чачанско злато	21.03	24.03	27.03	7.07
Spring Blush	20.03	22.03	27.03	13.06
Wonder Cot	17.03	21.03	24.03	6.06
Orange Red	21.03	23.03	26.03	24.06
Tsunami	20.03	22.03	26.03	5.06
Н. касноцветна	21.03	24.03	29.03	7.07
Bergeron	20.03	22.03	26.03	16.07
Aurora	19.03	21.03	25.03	4.06
Roxana	21.03	23.03	27.03	14.07
P. de Tyrinthe	18.03	20.03	24.03	18.06
М. најбоља	20.03	23.03	26.03	10.07

Плодови контролне сорте су почели да зру 10.07 (Табела 1). Плодови 10 сорти су имали раније зрење од ‘Мађарске најбоље’, док је једино ‘Adriana’ имало исто време зрења плода. Преосталих 7 сорти се одликовало каснијим временом зрења плода. Најраније су сазрели плодови *cv.* ‘Aurora’ (4.06), ‘Tsunami’ (5.06), ‘Wonder Cot’ (6.06), ‘Spring Blush’ (13.06), ‘Precoce de Tyrinthe’ (18.06), ‘Candela’

и 'Orange Red' (24.06) и 'Зерделија' (26.06). Веома касно зрење у односу на контролу и остале сорте је регистровано у cvs. 'Fardao' (18.08), 'Kecs-psar' (6.09) и 'Farclo' (10.09). У условима Пловдива (Бугарска), плодови cvs. 'Aurora' и 'Мађарска најбоља' почињу просечно да зру 18.06 и 4.07 (Bozhkova et al., 2013), док Bahar and Son (2017) наводе да су плодови cvs. 'Aurora' и 'Precocoe de Tyrinthe' пристigli за бербу 12.05, односно 19.05 у условима јужне Турске уз Медитеранско море. Плодови cv. 'Orange Red' у условима Мурсије (Шпанија) почињу да зру крајем маја или 2-3 недеље пре cv. 'Bergeron' (Egea et al., 2004) што је слично нашим резултатима, али само у погледу разлике у времену зрења плода. Ови аутори такође наводе да 'Orange Red' понекад има особину да плодови на истом стаблу неравномерно зру истог датума, вероватно због недостатка прилагођености на Медитеранске услове. Иначе, један од родитеља ове сорте је иранска сорта 'Lasgerdi Mashhad' прилагођена централно-азијским условима средине (примедба аутора). Milatović i sar. (2013) наводе да је разлика у времену зрења плода између cvs. 'Betinka' и 'Candela' у подручју Београда око 3 дана. Међутим, у нашем раду, редослед зрења плода ових сорти је сличан, али разлика износи 9 дана. Пошто је ова особина строго генетски контролисана, услови средине и мере неге могу је до неких граница пореметити, посебно у младих стабала због израженог тзв. генотипског пластицизма што је објашњено у бројним радовима о адаптивности кајсије на различите услове средине (Ayanoglu et al., 1995).

### **Бујност стабла, принос и квалитет плода**

Разлике између сорти у погледу бујности стабла у другој години по садњи су биле статистички значајне (Табела 2). Неочекивано, 'Мађарска најбоља' је имала најкржљавије стабло од свих сорти или 4.7 пута мање у односу на cv. 'Adriana' која је имала нејинтензивнији вегетативни раст. Слично cv. 'Adriana', бујност је уочена и код cv. 'Kecs-psar', док су за нијансу мању бујност, али статистички значајну, имале cvs. 'Farclo', 'Tsunami' и 'Goldrich'. Насупрот, осим код контроле, слаб и међусобно сличан капацитет вегетативног раста је био код cvs. 'Roxana', 'Precocoe de Tyrinthe' и 'Bergeron'. Сличне тенденције у погледу бујности стабла у раним фазама раста код cv. 'Roxana' утврђене су у нашем ранијем раду (Milošević et al., 2013). С друге стране, Milatović i sar. (2013, 2017) су утврдили да су cvs. 'Betinka' и 'Candela' имале сличну бујност стабла, али у 6 и 7. години по садњи, вероватно због истог географског порекла (Krška et al., 2015, 2016). Међутим, то није случај у нашем раду, јер је 'Betinka' имала значајно мању бујност у односу на cv. 'Candela'. Вероватно су прилагођавање на услове земљишта и климе као и старост стабла главни узрочници поменутих разлика (Ayanoglu et al., 1995).

Кајсија почиње да рађа у другој или трећој години по садњи што су потврдили резултати у овом и нашим ранијим радовима на кајсији (Milošević et al., 2013). Cvs. 'Farclo' и 'Betinka' су имале сличан и значајно већи почетни принос по стаблу у односу на контролу који је уједно био много већи у односу на резултате до којих су дошли Milatović i sar. (2012, 2013) за поједине исте сорте. Bahar and Son (2017) наводе за нијансу веће вредности приноса по стаблу за cv. 'Aurora', али

неупоредиво веће за ‘Precose de Tyrinthe’ у односу на наше у условима Медитеранског дела Турске. У условима Мурсије (Шпанија), почетни принос св. ‘Orange Red’ је остварен тек у трећој години по садњи и био је већи него у нашем раду (Egea et al., 2004).

Табела 2. Вегетативни раст, принос и квалитет плода сорти кајсије  
Table 2. Vegetative growth, yield and fruit quality of apricot cultivars

Сорта Cultivar	Испитиване особине – Features evaluated					
	ПППД* TCSA (cm <sup>2</sup> )	Принос по стаблу Yield per tree (kg)	Коефицијент родности Yield efficiency (kg cm <sup>-2</sup> )	Маса плода Fruit weight (g)	Рандман мезокарпа Flesh rate (%)	PCM** SSC (°Brix)
Goldrich	91.7 ± 11.6 cd	0.9 ± 0.0 ef	0.014 ± 0.00 hi	47.3 ± 1.2 a	91.8 ± 0.4 ij	18.4 ± 0.3 e
Зерделија	65.1 ± 2.9 fg	2.0 ± 0.0 bc	0.032 ± 0.00 cd	24.9 ± 0.8 gh	91.5 ± 0.6 jk	20.1 ± 0.2 d
Fardao	63.3 ± 4.4 g	2.1 ± 0.1 b	0.036 ± 0.00 c	41.8 ± 1.9 bc	92.5 ± 0.5 g-j	24.4 ± 0.2 b
Kecs-psar	123.4 ± 6.9 ab	1.3 ± 0.1 de	0.011 ± 0.00 ij	22.9 ± 0.6 h	89.4 ± 0.6 l	25.9 ± 0.2 a
Candela	84.0 ± 5.3 e	2.1 ± 0.1 b	0.030 ± 0.00 cde	40.6 ± 0.9 c	92.1 ± 0.3 hij	25.5 ± 0.3 ab
Adriana	130.0 ± 6.5 a	0.4 ± 0.0 gh	0.003 ± 0.00 k	33.7 ± 1.2 ef	90.1 ± 0.5 kl	22.6 ± 0.3 c
Farlo	113.6 ± 4.9 b	3.1 ± 0.2 a	0.028 ± 0.00 def	34.1 ± 0.9 def	93.9 ± 0.6 def	25.1 ± 0.5 ab
Betinka	61.1 ± 3.2 g	2.7 ± 0.2 a	0.047 ± 0.01 b	22.7 ± 1.0 h	86.1 ± 0.2 m	20.9 ± 0.6 d
Чачанско злато	75.0 ± 6.6 ef	0.7 ± 0.0 fg	0.011 ± 0.00 ij	29.4 ± 1.2 fg	91.2 ± 0.5 jk	16.6 ± 0.3 g
Spring Blush	41.3 ± 3.5 h	0.4 ± 0.0 gh	0.011 ± 0.00 ij	40.0 ± 0.3 cd	95.8 ± 0.2 bc	16.2 ± 0.2 g
Wonder Cot	66.5 ± 0.9 fg	0.7 ± 0.1 fg	0.011 ± 0.00 ij	49.3 ± 1.2 a	97.9 ± 0.1 a	16.6 ± 0.4 g
Orange Red	84.8 ± 4.9 de	1.4 ± 0.1 d	0.018 ± 0.00 ghi	46.6 ± 1.2 ab	93.0 ± 0.4 f-i	16.9 ± 0.4 fg
Tsunami	97.9 ± 6.0 c	1.6 ± 0.1 cd	0.018 ± 0.00 ghi	39.2 ± 1.4 cd	97.9 ± 0.2 a	16.1 ± 0.3 g
Н. касноцветна	74.2 ± 1.8 ef	1.8 ± 0.1 bcd	0.024 ± 0.00 efg	49.2 ± 1.6 a	95.1 ± 0.3 bcd	20.0 ± 0.5 d
Bergeron	46.8 ± 2.4 h	0.2 ± 0.0 h	0.005 ± 0.00 jk	41.8 ± 1.9 bc	93.7 ± 0.6 efg	21.2 ± 0.7 d
Aurora	68.4 ± 0.7 fg	1.4 ± 0.1 d	0.021 ± 0.00 fgh	36.8 ± 1.1 cde	96.3 ± 0.1 b	19.5 ± 0.3 e
Roxana	38.7 ± 4.3 h	2.8 ± 0.2 a	0.093 ± 0.02 a	49.6 ± 2.3 a	93.3 ± 0.4 fgh	18.2 ± 0.6 ef
P. de Tyrinthe	41.6 ± 1.9 h	1.9 ± 0.2 bc	0.047 ± 0.01 b	38.1 ± 1.5 cde	94.8 ± 0.3 cde	12.5 ± 0.2 h
Hungarian Best	27.3 ± 2.4 i	2.2 ± 0.2 b	0.087 ± 0.01 a	38.8 ± 0.7 cd	91.0 ± 0.3 k	21.1 ± 0.5 d

\*ПППД: површина попречног пресека дебла

\*TCSA: trunk-cross sectional area

\*\*PCM: растворљива сува материја

\*\*SSC: soluble solids content

Иста мала слова у колони означавају случајне разлике између средина по LSD тесту за  $P \leq 0.05$   
Same small letter(s) in column indicate non significant differences between means by LSD test at  $P \leq 0.05$

Најмањи и исти почетни принос је утврђен код cvs. ‘Adriana’ и ‘Spring Blush’, које су имале бујнија стабла у односу на остале сорте.

Коефицијент родности у нашем раду је био највећи у cvs. ‘Roxana’ и ‘Мађарска најбоља’, а најмањи код cv. ‘Adriana’, што је у уској корелацији са бујношћу стабла – већа бујност стабла, праћена осредњим или ниским приносом резултира мањим коефицијентом родности и обрнуто (Strikic et al., 2007; Milošević et al., 2013).

Маса плода је главна квантитативна особина сорте. Подаци приказани у Табели 2 показују да постоје значајне разлике између сорти кајсије. У односу на контролу, 10 сорти је имало већу или мању масу, а 8 сорти је имало мање-више сличне вредности као ‘Мађарска најбоља’. Највећа, уједно и слична, маса плода је утврђена код cvs. ‘Roxana’, ‘Wonder Cot’, ‘Новосадска касноцветна’ и ‘Goldrich’, а најмања и слична код cvs. ‘Kecs-psar’ и ‘Betinka’ што је супротно резултатима које наводе

Krška et al. (2006) и Milatović i sar. (2013) за сорте из Чешке Републике. Нешто веће вредности масе плода за cvs. 'Auroga' и 'Precose de Tyrinthe' наводе Bahar and Son (2017), док Caliskan et al. (2012) наводе готово исте вредности за cv. 'Auroga' и нешто веће за cvs. 'Roxana' и 'Precose de Tyrinthe'. Нешто веће вредности у односу на наше за cvs. 'Auroga' и 'Мађарска најбоља' наводе Bozhkova et al. (2013) и Piagnini et al. (2013), док Egea et al. (2004) наводе мање вредности масе плода за 'Orange Red' на подлози GF31 на којој је остварен већи принос и много мање вредности на подлози Manicot на којој је остварен већи принос. Често, постоји велика сагласност између високог приноса и мале масе плода и обрнуто. Генерално, велики утицај на масу плода има географско подручје у којем се гаје одређене сорте настале у другим областима света (Piagnini et al., 2013).

У нашем огледу добијене су скромне вредности масе плода у великом броју случајева. Напомињемо да је од почетка јула 2017. године наступио веома изражен сушни период са екстремно високим дневним и ноћним температурама који је трајао до средине августа (подаци нису приказани). Пошто је засад без обезбеђеног наводњавања, а није било падавина, трећа фаза раста и развитка плода, тј. фаза када плод интензивно расте и добија коначне сортне особине, укључујући масу, није обављена на ваљан начин што је објашњење за углавном ниске вредности масе плода.

У погледу рандмна мезокарпа, утврђене су значајне разлике између сорти кајсије укључујући контролу која је имала ниже вредности од 71% испитиваних сорти (Табела 2). Највеће и сличне вредности рандмана су биле код cvs. 'Wonder Cot' и 'Tsunami', а најмање код cv. 'Betinka'. Caliskan et al. (2012) наводе мање вредности рандмана за поједине исте сорте, док Milatović i sar. (2013, 2017) истичу у основи сличне вредности као у нашем раду. Генерално, код потрошача, али и у прерађивачкој индустрији, пожељне су сорте са већим рандманом јестивог дела плода (Milošević et al., 2013).

Садржај РСМ је веома важан параметар унутрашњег квалитета плода узимајући у обзир чињеницу да их између 20 и 70% чине шећери (Milošević et al., 2013). У нашем огледу вредности РСМ су значајно варирале између сорти (Табела 2). Код 4 сорте ('Bergeron', 'Новосадска касноцветна', 'Betinka' и 'Зерделија') је био сличан са контролом, а код 14 различит. 'Fardao', 'Kecs-psar', 'Candela', 'Adriana' и 'Farclo' су имали значајно већи садржај РСМ од контроле, док су преостале сорте имале значајно нижи. Највеће вредности су утврђене код cvs. 'Kecs-psar', 'Candela' и 'Farclo' између којих није било значајних разлика, док је најмања вредност утврђена код cv. 'Precose de Tyrinthe'. Milatović i sar. (2012) су утврдили да је плод cv. 'Auroga' имао за 3.7°Вгix мање РСМ од 'Мађарске најбоље' у Београдском подручју, док је у условима Пловдива (Бугарска) плод cv. 'Auroga' био за нијансу богатији садржајем РСМ у односу на 'Мађарску најбољу' (Bozhkova et al., 2013). Bahar and Son (2017) су у Медитеранском делу Турске (Silifke, Mersin) утврдили да је плод cv. 'Auroga' имао знатно већи садржај РСМ од плода cv. 'Precose de Tyrinthe' што су потврдили резултати у нашем раду, док су Caliskan et al. (2012) у сличним условима, али нешто северније (Mut, Mersin, Турска) утврдили много нижи садржај РСМ код cvs. 'Auroga', 'Roxana' и 'Precose de Tyrinthe' у односу на наше резултате. Овакви подаци иду у прилог познатој



чињеници да је накупљање РСМ веома сложене природе, јер иако је јака генетичка особина сорте, у значајној мери на њу могу утицати температуре ваздуха 7-10 дана пред зрење плода, његов степен зрелости као и положај у крошњи, подлога, мере неге засада, а посебно исхрана и наводњавање (Milošević et al., 2013). Генерално, у нашем раду је у већини случајева запажен већи садржај РСМ, посебно у сорти чије је зрење плода наступило после почетка јула, у односу на сопствене и податке из доступне литературе. То се објашњава веома топлим и сушним периодом у лето 2017. године када је накупљање суве материје, наравно и РСМ, било веома интензивно.

### Закључак

Осамнаест домаћих и иностраних сорти кајсије новијег датума у поређењу са контролом ‘Мађарска најбоља’ је испољило варијабилност у погледу времена цветања и зрења плода. Бујност стабла је такође варијирала од сорте до сорте, док је иницијална родност у већини случајева као и маса плода и садржај растворљиве суве материје у плоду била задовољавајућа. Потребна су додатна испитивања у наредним годинама како би се добили прецизнији резултати, тиме и слободније препоруке за евентуално гајење у сличним еколошким условима.

### Захвалница

Истраживања у овом раду део су пројекта ТР 31064 који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

### Литература

- Ayanoglu H., Kaska N., Yildiz A. (1995). Studies on the adaptation of early apricot varieties in the Mediterranean Region. In: Proceedings of 2<sup>nd</sup> Turkish National Horticultural Plant Congress, 3<sup>rd</sup> - 5<sup>th</sup> October, Adana, pp. 144–148.
- Bahar A., Son L. (2017). Yield and Quality Characteristics of Several Table Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Cultivars in the Silifke/Mersin Ecological. Journal of the American Pomological Society, 71(2):97–102.
- Bozhkova V., Rankova Z., Milusheva S. (2013). Performance of Four Apricot Cultivars in the Regional “Fruit Farm Development Project”. Acta Horticulturae, 981:105–110. doi: 10.17660/ActaHortic.2013.981.11
- Caliskan O., Bayazit S., Sumbul A. (2012). Fruit Quality and Phytochemical Attributes of Some Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Cultivars as Affected by Genotypes and Seasons. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 40(2):284–294. doi: 10.15835/nbha4028044
- Egea J., Ruiz D., Martínez-Gómez P. (2004). Influence of rootstock on the productive behaviour of ‘Orange Red’ apricot under Mediterranean conditions. Fruits, 59(5):367–373. doi: 10.1051/fruits:2004035
- FAOSTAT (2018). Доступно на: <http://www.fao.org>

- Кесеровић З., Магазин Н. (2014). Воћарство Србије – Стање и перспективе. Доступно на: <http://media.popispoljoprivrede.stat.rs/2014/Dokumenta/Radovi/>
- Кршка В., Ваћун З., Неčas Т., Одрáсек, I. (2015). New Sharka resistant apricots at the Horticultural Faculty in Lednice. *Acta Horticulturae*, 1063:105–110. doi: 10.17660/ActaHortic.2015.1063.14
- Кршка В., Ваћун З. (2016) Apricot Breeding at the Faculty of Horticulture in Lednice. *Agronomy*, 6(28):1–8. doi: 10.3390/agronomy6020027
- Milatović D., Đurović D, Zec G. (2012). Proučavanje introdukovanih ranih sorti kajsije u beogradskom podunavlju. *Voćarstvo*, 46(179–180):113–119.
- Milatović D., Đurović D, Zec G. (2013). Fenološke osobine, rodnost i kvalitet ploda novih Čeških sorti kajsije na području Beograda. *Journal of Agricultural Sciences*, 58(3):167–176. doi: 10.2298/JAS1303167M
- Milatović P.D., Đurović B.D., Zec N.G. (2017). Rodnost srednjekasnih sorti kajsije u Beogradskom području. *Journal of Agricultural Sciences*, 62(3):241–249. doi: 10.2298/JAS1703241M
- Milošević T., Milošević N., Glišić I., Krška B. (2010). Characteristics of promising apricot (*Prunus armeniaca* L.) genetic resources in Central Serbia based on blossoming period and fruit quality. *Horticultural Science*, 37(2):46–55.
- Milošević T., Milošević N., Glišić I. (2013). Tree growth, yield, fruit quality attributes and leaf nutrient content of ‘Roxana’ apricot as influenced by natural zeolite, organic and inorganic fertilisers. *Scientia Horticulturae*, 156:131–139. doi: 10.1016/j.scienta.2013.04.002
- Piagnini M.C., Castellari L., Sgarbi P., Bassi D. (2013). Fruit quality evaluation of diverse apricot cultivars. *Aspects of Applied Biology*, 119:139–144.
- Strikić F., Radunić M., Rosin J. (2007) Apricot growth and productivity in high density orchard. *Acta Horticulturae*, 732:495–500. doi: 10.17660/ActaHortic.2007.732.75
- Vaћun Z. (1974). Zjištenje vegetaћniho prahu a naroků na sumu aktivnich teplot u meruňkovych odrůd (Detection of threshold and the growing demands on the sum of active temperatures for apricot varieties). *Acta Universitatis Agriculturae*, 24: 683–688.

## YIELD AND FRUIT QUALITY OF NEWLY-BREED DOMESTIC AND FOREIGN APRICOT CULTIVARS (*Prunus armeniaca* L.)

*Tomo Milošević<sup>1</sup>, Nebojša Milošević<sup>2</sup>, Ivan Glišić<sup>1</sup>*

### Abstract

The work presents results related to the phenology of flowering and fruit maturity, initial bearing, yield and fruit quality of 18 newly-bred apricot cultivars - two domestic and 16 foreign ones compared to the ‘Hungarian Best’ (control) in the second year after planting in ecological conditions of Čačak. All the traits examined were with variable features and cultivar dependent. Although the vegetation of the year 2017 was very climatic unfavorable, a good initial bearing was observed, but also the important yield of most cultivars in the second year after planting; the highest was in cvs. ‘Farclo’, ‘Betinka’ and ‘Roxana’. The highest fruit weight had cvs. ‘Roxana’ and ‘Wonder Cot’ and the smallest ‘Fardao’ and ‘Betinka’, respectively. Fruits of cvs. ‘Kecs-psar’, ‘Candela’ and ‘Farclo’ were the richest in the soluble solids content, while the poorest were in the fruits of cv. ‘Precoce de Tyrinthe’.

**Key words:** tree vigour, fruit weight, productivity, apricot cultivars, soluble solids content

---

<sup>1</sup>Department of Fruit Growing and Viticulture, Faculty of Agronomy in Čačak, University of Kragujevac, Cara Dušana 34, 32000 Čačak, Republic of Serbia (tomomilosevic@kg.ac.rs)

<sup>2</sup>Department of Pomology and Fruit Breeding, Fruit Research Institute, Čačak, Kralja Petra 1/9, 32000 Čačak, Republic of Serbia

## CONTENT OF ESSENTIAL AND TOXIC ELEMENTS IN FRUIT OF RASPBERRY CULTIVAR 'MEEKER'

Jelena Popović-Dorđević<sup>1a\*</sup>, Stefan Jevremović<sup>1b</sup>, Ilija Brčeski<sup>2</sup>,  
Mihailo Nikolić<sup>1b</sup>

**Abstract:** Raspberries are one of the most important export products from Serbia. In order to evaluate the fruit quality of raspberry cultivar 'Meeker', in this study, contents of essential and toxic elements were analysed by means of inductively coupled plasma–optical emission spectrometry (ICP–OES). The most abundant essential elements in the fruit were K, Ca and Mg (2019.86, 310.28 and 275.37 mg kg<sup>-1</sup>, respectively). To assess the safety of dietary intake of elements through the consumption of 'Meeker' fruits, the estimated weekly intake (EWI) for Al, Cu, Mn, Ni, Pb and Zn was calculated and compared with the provisional tolerable weekly intake (PTWI). EWI for Ni (0.033) was on the upper limit value.

**Key words:** raspberry fruit, 'Meeker', essential elements, toxic elements, ICP–OES analysis

### Introduction

Raspberry (*Rubus idaeus* L.) was known among the ancient Greeks and Romans as a wild plant. Its fruits were collected in forests and used as food and as cure. Nowadays, raspberry is among the most important berry fruits grown worldwide and one of the most important export products from Serbia (Nikolić and Milivojević, 2015). Raspberries are an excellent natural source of active ingredients with antioxidant properties that have beneficial effects on human health (Dragišić Maksimović et al., 2017).

In Serbia, cultivation of raspberry began at the end of the 19<sup>th</sup> century. Initially it was planted as an ornamental plant, whilst commodity production started after World War I. Raspberry was produced primarily for the needs of the local market. The two most widespread varieties were 'Marlboreau' ('Valjevka') and 'Trnavska' ('Jelička'). The introduction of new varieties with large fruits and high fertility ('Willamette', 'Gradina', 'Malling Exploit', 'Meeker') has improved the raspberry production in Serbia (Nikolić and Milivojević, 2015).

'Meeker' was created in the United States, by crossing varieties 'Willamette' and 'Cuthbert' and its production started in 1967. In Serbia it was introduced in 1994 after which it began to spread rapidly. 'Meeker' is classified as economically important raspberry variety (besides 'Willamette', 'Tulameen' and 'Glen Ample' varieties). It has

---

<sup>1a</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Department of Chemistry and Biochemistry, Nemanjina 6, 11080 Belgrade, Serbia \*([jelenadij@agrif.bg.ac.rs](mailto:jelenadij@agrif.bg.ac.rs))

<sup>1b</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Department of Fruit Science, Nemanjina 6, 11080 Belgrade, Serbia

<sup>2</sup>University of Belgrade, Faculty of Chemistry, Studentski trg 12-16, 11000 Belgrade, Serbia.

a large (~4 g), and uniform fruit of bright red colour, suitable for table use, freezing and making jams (Nikolić and Milivojević, 2015).

Mineral nutrients are basic for the proper functioning of every living organism. Their essential daily quantities are small, especially when compared with nutrients such as carbohydrates and lipids. Dietary minerals comprise essential and essential trace elements. Essential elements (Ca, K, Fe, Mg, Na, Zn) are those that could be found in the body in small quantities (mg per kilogram) (Zand et al., 2015). Essential trace elements (B, Co, Cu, Cr, I, Mn, Mo, Se), however, are required in milligram and sub-milligram quantities and their presence in human diet allows normal physiological functions. (Zand et al., 2015; Pizzorno, 2015). The non-essential elements (Al, As, Ba, Cd, Hg, Ni, Pb, Sb) are food contaminants with cumulative properties and are thus considered potentially dangerous (toxic) for the consumer (Alegria-Torán et al., 2015). Given the public concern about food safety, it has become necessary to monitor the quality of different types to ensure the benefits of its consumption.

Bearing this in mind, the main goals of this study were to evaluate the quality of ‘Meeker’ fruit by analysing the content of essential and toxic elements, and to estimate the weekly intakes of toxic and potentially toxic elements through its consumption.

### Material and methods

The present study was conducted on raspberry fruits of ‘Meeker’ variety grown at commercial plantation in Igrište village (43° 11’ N latitude and 21° 08’ E longitude, at an altitude of 938 m). The village is situated on the administrative border with Kosovo and belongs to the municipality of Kuršumlija, Southern Serbia (Figure 1).

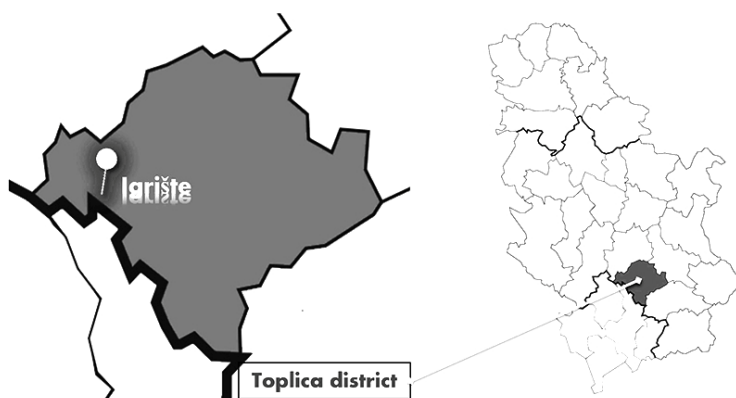


Figure 1. Geographical position of Igrište village within Toplica district

*Slika 1. Geografski položaj sela Igrište u Topličkom okrugu*

Raspberry was planted in a row system (Figure 2) on the ranker soil type developed on flysch sediments. Rows were oriented north-south and the distance between rows and seedlings was  $2.8 \times 0.25$  m, respectively. Two different parent materials were

mapped on the geological map on location Igriste; sandstones and conglomerates are the dominant unit, whereas aleurolites, sandstones and marls are also found.

Fruit samples (Figure 2) were collected at the beginning of July 2016. The composite sample was made of ~500 g harvested fruits, and it was prepared for inductively coupled plasma–optical emission spectrometry (ICP–OES) analysis as previously described by Popović–Dordević et al. (2017). Fruits were analysed for the content of twenty-two elements using ICP–OES Spectroblue, SPECTRO Analytical Instruments GmbH, Germany equipped with Smart Spectro Analyzer software for data processing. US EPA Method 200.7 was applied (U.S. Environmental Protection Agency, 1994). Chemicals were acquired from Merck (Darmstadt, Germany) with maximum purity. High purity de-ionised water was used.

The weekly intake of Al, Cu, Mn, Ni, Pb and Zn through ‘Meeker’ berry consumption was calculated according to literature and expressed as estimated weekly intake (EWI) (Vlahović et al., 2005; Popović–Dordević et al., 2017).



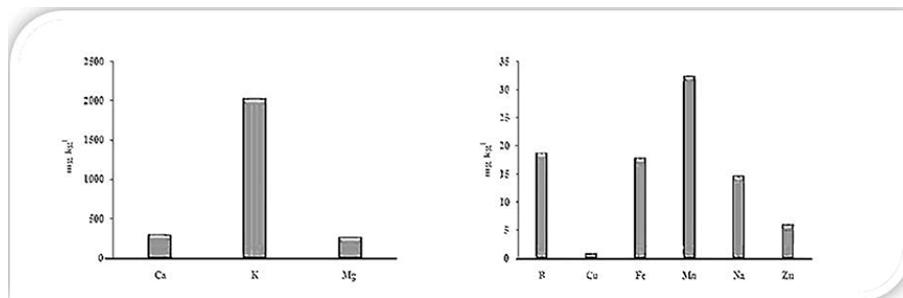
Figure 2. Raspberry orchard and fruits of ‘Meeker’ variety  
 Slika 2. Zasad maline i plodovi sorte Miker

### Results and discussion

The chemical composition of the plants in general reflects the elemental composition of the land on which they are grown, and their relationships are affected by different factors. In general, plants easily adopt elements that are present in the soil in dissolved forms, in ionic or helical and complex forms (Kabata-Pendias, 2011). Most of biogenic elements that are necessary for the proper nutrition of raspberry are deposited in the fruits and the leaves. Among them, K is the most important element in the fruit (Nikolić and Milivojević, 2015).

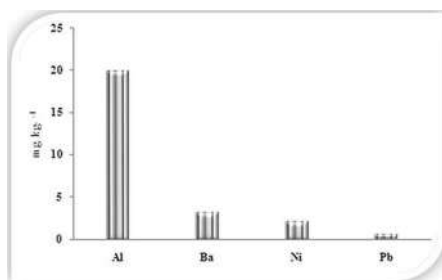
The contents of Al, As, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Tl and Zn and were analysed in the fruit of ‘Meeker’ variety. Among these elements, concentrations of As, Bi, Cd, Co, Cr, Li, Mo, Sb and Tl were below the limit of detection (LOD). The obtained results are shown in Graphs 1 and 2.

The most abundant essential elements in fruit were K, Ca and Mg with the average concentrations of 2019.86, 310.28 and 275.37 mg kg<sup>-1</sup>, respectively.



Graph 1. Mineral composition of ‘Meeker’ fruit  
*Graf. 1. Mineralni sastav ploda maline Miker*

The other essential elements were measured in lower concentrations from 1.00 mg kg<sup>-1</sup> (Cu) to 32.42 mg kg<sup>-1</sup> (Mn) (Graph. 1). It should be emphasized that the concentration of essential and non-essential elements depends on soil characteristics, plant physiology, water composition for irrigation, as well as the composition of fertilizers and plant protection products used in plantations (Niro et al., 2017).



Graph 2. Content of toxic elements in ‘Meeker’ fruit  
*Graf. 2. Sadržaj toksičnih elemenata u plodu maline Miker*

This study revealed that Al (19.88 mg kg<sup>-1</sup>), Ba (3.10 mg kg<sup>-1</sup>), Ni (2.05 mg kg<sup>-1</sup>) and Pb (0.50 mg kg<sup>-1</sup>) were present in the fruit of the examined variety (Graph. 2). According to the national Regulations, the maximum allowed concentration (MAC) for Pb in fresh berries is proposed to be 1.0 mg kg<sup>-1</sup>, meaning that the obtained result was within the MAC (Official Gazette, 2010/2011).

It is important to evaluate weekly intake (EWI) of toxic elements through food consumption, as these elements accumulated in fruits and vegetables, especially in their edible parts and consumed by humans could cause a range of health problems. On the other side, excessive intake of some essential elements such as Cr, Cu, Fe, Mn, Mo and Se could result in their toxicity (Goldhaber, 2003). Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI) was established by JECFA and generally refers to the safety factor approach for establishing acceptable or tolerable intakes of substances that demonstrate thresholds of toxicity, and is used by international scientific committees such as JECFA and national regulatory agencies (Herrman and Younes, 1999).

Table 1. Estimated weekly intake (EWI) of elements for ‘Meeker’ fruits  
 Tabela 1. Procenjeni nedeljni unos (PNU) elemenata za plod maline Miker

	Al	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
<b>EWI*</b>	0.320	0.016	0.532	0.033	0.008	0.100
<b>PTWI**</b>	2	0.5	1 <sup>§</sup>	0.035	0.025	0.42

EWI\* / PTWI\* (mg kg<sup>-1</sup> BW) –mg per kg of body weight; 1<sup>§</sup> – no PTWI data for Mn

EWI was calculated for Al, Cu, Mn, Ni, Pb and Zn, based on average daily consumption of fruits in Serbia (0.172 kg) and compared to PTWI for these elements, Table 1. Estimated weekly intakes of Al, Cu, Ni, Pb and Zn through consumption of ‘Meeker’ fruits were within the acceptable PTWI values set by JECFA. It was worth noticing that the weekly intake for Ni was on the upper limit value for this element.

### Conclusion

Among twenty-two studied elements As, Bi, Cd, Co, Cr, Li, Mo, Sb and Tl were below the limit of detection. The obtained results indicated that ‘Meeker’ fruits were a good source of essential elements (K>Ca>Mg>Fe>Na). The estimated weekly intake for Ni was on the upper limit of acceptable PTWI value. So, monitoring and the evaluation of exposure to toxic elements through consumption of raspberries are advisable.

### Acknowledgment

This work was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia (Grant No. 46009). The authors are thankful to D. Popović-Beogračić for help in the design and graphic processing of images.

### References

- Alegria-Torán A., Barberá-Sáez R., Cilla-Tatay A. (2015). Bioavailability of minerals in foods. In: Handbook of mineral elements in food, de la Guardia M., Garrigues S. (eds.), 41–68. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Dragišić Maksimović, J.J., Poledica M.M., Radivojević D.D., Milivojević J.M. (2017). Enzymatic profile of ‘Willamette’ raspberry leaf and fruit affected by prohexadione-Ca and young canes removal treatments. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 65: 5034–5040.
- Goldhaber S.B. (2003). Trace element risk assessment: essentiality vs. toxicity. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 38: 232–242.
- Herrman J.L., Younes M. (1999). Background to the ADI/TDI/PTWI. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 30 (2): S109–113.
- Kabata-Pendias A. (2011). Trace elements in soils and plants, (4<sup>th</sup> ed.), New York, USA: CRC Press.
- Nikolić M.D., Milivojević J.M. (2015). Jagodaste voćke - tehnologija gajenja, Beograd, Republika Srbija: Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.



- Niro S., Fratianni A., Panfili G., Falasca L., Cinquanta L., Rizvi Alam M. D. (2017) Nutritional evaluation of fresh and dried goji berries cultivated in Italy. *Italian Journal of Food Science*, 29: 398–408.
- Official Gazette of the Republic of Serbia, No. 25/2010, No. 28/2011. (2011). Pravilnik o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija, hemioterapeutika, anabolika i drugih supstancija koje se mogu nalaziti u namirnicama.
- Pizzorno L. (2015). Nothing Boring About Boron. *Integrative Medicine*, 14: 35–48.
- U.S. Environmental Protection Agency: Method 200.7. (1994). Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry, Revision 4.4.
- Popovic–Dordevic J., Bokan N., Dramićanin A., Brćeski I., Kostic A. (2017): Content and weekly intake of essential and toxic elements in Serbian vegetables. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 18(3): 889–898.
- Vlahović B., Radojević V., Raljić D. (2005). Promene u potrošnji voća u Srbiji i Crnoj Gori. *Ekonomika poljoprivrede*, 1: 61–70.
- Zand N., Christides T., Loughrill E. (2015). Dietary intake of minerals. In: *Handbook of mineral elements in food*, de la Guardia M., Garrigues S. (eds.), 41–68. Chichester, UK: John Wiley & Sons.

## SADRŽAJ ESENCIJALNIH I TOKSIČNIH ELEMENATA U PLODU MALINE SORTE MIKER

*Jelena Popović-Dorđević<sup>1a\*</sup>, Stefan Jevremović<sup>1b</sup>, Ilija Brćeski<sup>2</sup>,  
Mihailo Nikolić<sup>1b</sup>*

### Izvod

Maline su jedan od najvažnijih izvoznih proizvoda iz Srbije. U ovom radu analiziran je sadržaj esencijalnih i toksičnih elemenata primenom induktivno spregnute plazme sa optičkom emisionom spektrometrijom (eng. *ICP-OES*), kako bi se procenio kvalitet plodova maline sorte Meeker. Najzastupljeniji esencijalni elementi u plodu bili su K, Ca i Mg (2019,86, 310,28 i 275,37 mg kg<sup>-1</sup>, respektivno). Da bi se procenila dijetetska bezbednost unosa elemenata konzumiranjem maline Meeker, procenjen je nedeljni unos (PNU) za Al, Cu, Mn, Ni, Pb i Zn i upoređen je sa tolerantnim nedeljnim unosom (TNU). Procenjeni nedeljni unos (PNU) za Ni (0,033) bio je na gornjoj graničnoj vrednosti.

**Ključne reči:** plod maline, Miker, esencijalni elementi, toksični elementi, ICP-OES analiza

<sup>1a</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Katedra za hemiju i biohemiju, Nemanjina 6, 11080 Beograd, Srbija \*[jelenadi@agrif.bg.ac.rs](mailto:jelenadi@agrif.bg.ac.rs)

<sup>1b</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Katedra za voćarstvo, Nemanjina 6, 11080 Beograd, Srbija

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, 11000 Beograd, Srbija

## **UTICAJ SORTE I NAČINA PROREĐIVANJA PLODOVA NA PRINOS I KRUPNOĆU JABUKE (*Malus domestica* Borkh.)**

*Boris Rilak<sup>1</sup>, Ivan Glišić<sup>2</sup>, Tomo Milošević<sup>2</sup>, Gorica Paunović<sup>2</sup>*

**Izvod:** Cilj istraživanja je bio da se u uslovima Čačka, primenom preparata za proređivanje plodova: amid naftil – sirćetne kiseline (NAD), naftil–1–sirćetna kiselina (NAA), benziladenin (BA) i ručnog proređivanja, na tri sorte jabuke: Red Chief, Golden Reinders i Gloster ispita njihov način delovanja na prinos po stablu (kg), prinos po jedinici površine ( $t\ ha^{-1}$ ) i na masu ploda (g). Rezultati su pokazali da su razlike u pogledu sva tri parametra između ispitivanih sorti bile značajne a značajne su bile i razlike između primenjenih tretmana. Najbolji rezultati su postignuti u varijanti sa ručnim proređivanjem plodova ali i sa najvećim utroškom radne snage, a nakon ručnogproređivanja najbolji rezultat je postignut tretmanom sa BA.

**Ključne reči:** jabuke, proređivanje plodova, prinos, masa ploda

### **Uvod**

Ukupna godišnja proizvodnja jabuke u svetu iznosi oko 80.820.000 t. U našoj zemlji pod jabukom je oko 23.737 ha sa proizvodnjom od oko 328.369 t. Po površinama, jabuka u Srbiji zauzima drugo mesto, odmah iza šljive, a u Evropi 12.

Odlična snabdevenost tržišta sa najraznovrsnijim voćem traži od proizvođača jabuke da tržištu ponude plodove sa visokim spoljašnjim i unutrašnjim kvalitetom (O'Rourke, 2003). Takvi plodovi jabuke mogu se proizvesti jedino tehnologijom koja omogućava optimiziranje broja plodova po stablu (Baab i Lafer, 2005). Jedna od tih mera je hemijsko proređivanje plodova i u kombinaciji sa ručnim proređivanjem može dati optimalna opterećenja stabla plodovima (Zadravec i Donik, 2009). U grupu auksina, između ostalih, spadaju preparati na bazi NAD i NAA i primenjuju se od kraja cvetanja do veličine plodova od 8 mm, a u grupu citokinina preparat na bazi BA i primenjuje se kada su plodovi veličine između 8 i 16 mm (Widmer i Stadler, 2007). Ručno proređivanje plodova je mera koja se obavlja nakon juskog opadanja i praćena je visokim troškovima uzrokovanim velikim brojem radnih sati potrebnim za sprovođenje, naročito kod bujnih kombinacija sorta-podloga (Reyes et al., 2008). Hemijskim i ručnim proređivanjem postiže se da na stablu ostane samo onoliko plodova koliko se može razviti u prvoklasne plodove, a uz to i omogući biljci da obavi normalno diferenciranje cvetnih pupoljaka za rod u narednoj godini.

Osnovni cilj je bio da se primenom preparata za proređivanje plodova i metode ručnog proređivanja na tri sorte jabuke, ispita njihov način delovanja na osobine prinosa i masu ploda jabuke u odnosu na kontrolnu varijantu. Značaj rezultata bi, generalno posmatrano, u skromnoj meri mogao doprineti unapređenju gajenja jabuke.

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (boris.rilak90@gmail.com);

<sup>2</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija.

## Materijal i metode rada

Eksperimentalna proučavanja obavljena su u proizvodno-oglednom zasadu jabuke na objektu Donja Trepča, u vlasništvu Instituta za voćarstvo u Čačku. Zasad se nalazi na oko 6 km istočno od Čačka, na nadmorskoj visini od oko 233 m, 43° 89' 40" SGŠ i 20° 43' 42" IGD. Parcela je ravna, bez nagiba. Voćnjak je podignut 2006. godine. Zasad je višesortni, na različitim podlogama i sa različitim razmacima sadnje. Uzgojni oblik je vitko vreteno. Tokom ispitivanja primenjivane su rutinske mere nege zasada.

Kao materijal za ispitivanje korišćene su tri sorte jabuke i to: Red Chief, Gloster i Golden Reinders. Sorta Red Chief je kalemljena na podlozi M 26 i sađena sa razmakom sadnje 4 m između redova i 0,75 m u redu što odgovara gustini od 3.300 stabala ha<sup>-1</sup>. Preostale dve sorte (Golden Reinders i Gloster) su kalemljene na podlozi M 9 i sađene sa razmakom sadnje 4 m između redova i 1 m u redu, što čini ukupno 2.500 stabala ha<sup>-1</sup>. Preparati primenjeni u cilju proređivanja plodova su na bazi veštački sintetisanih biljnih hormona (regulatora rasta). NAD i NAA su sintetički auksini, dok je BA sintetički citokinin. Takođe, vršeno je i ručno proređivanje plodova.

Proučavanja su obavljena u toku 2016. godine i obuhvatila sledeće radne operacije: tretmani sa različitim preparatima za proređivanje plodova (NAD, NAA i BA), ručno proređivanje plodova, merenje prinosa i merenje mase ploda. Tretman sa NAD obavljen je 21. aprila, prečnik centralnog ploda kod ispitivanih sorti bio je 5 do 6 mm, preparat primenjen u koncentraciji od 1 kg ha<sup>-1</sup> tj. 10g na 10L vode. Tretman sa NAA obavljen je 28. aprila, prečnik centralnog ploda kod ispitivanih sorti bio je oko 9 do 10 mm a preparat je primenjen u koncentraciji od 1,3 do 1,5 mL na 10L vode. Tretman sa BA obavljen je 6. maja, prečnik ploda kod svih sorti bio je oko 12 mm, preparat je primenjen u koncentraciji od 15 mL na 10L vode. Ručno proređivanja plodova obavljeno je 16. juna a prečnik centralnog ploda kod ispitivanih sorti kretao se od 34 mm do 38 mm. Prinos ispitivanih sorti po stablu (kg) i po jedinici površine (kg ha<sup>-1</sup>) je obavljen merenjem pri berbi, 15. i 16. septembra. Merenje mase ploda (g) obavljeno je 19. septembra u laboratoriji Agronomskog fakulteta u Čačku. Ogljed je postavljen u 4 ponavljanja sa po 5 stabala u okviru ponavljanja.

Dobijeni podaci su statistički obrađeni primenom Fišerovog modela analize varijanse (MANOVA) dvofaktorijalnog ogleada, primenom F testa za  $P \leq 0,05$ , model  $3 \times 5$ . U slučajevima kada je F test bio značajan, testiranje razlika aritmetičkih sredina i njihovog interakcijskog efekta je obavljeno testom najmanje značajnih razlika (LSD test) za prag značajnosti  $P \leq 0,05$ .

## Rezultati istraživanja i diskusija

Rezultati rada koji se odnose na prinos plodova jabuke po stablu i po jedinici površine u zavisnosti od sorte i načina proređivanja plodova prikazani su u Tabeli 1.

Tabela 1. Prinos plodova jabuke po stablu i jedinici površine u zavisnosti od sorte i načina proređivanja plodova  
 Table 1. Yield of apple fruit per tree and unit of area depending on variety and method of dressing of fruits

Параметар <i>Parameter</i>	(kg stablo <sup>-1</sup> )	Prinos <i>Yield</i> (t ha <sup>-1</sup> )
<b>Сорта (A)</b> <i>Variety</i>		
Red Chief	33,38±1,13 a	111,18±3,77 a
Golden Reinders	25,24±1,04 b	63,09±2,60 b
Gloster	22,70±1,29 c	56,81±3,18 c
<b>Начин проређивања плодова (B)</b> <i>Method of fruiting</i>		
NAD	30,34±0,34 b	84,73±1,09 b
NAA	27,88±0,41 c	80,08±1,24 c
BA	25,95±0,10 d	74,24±0,32 d
Ручно проређивање <i>Manual screening</i>	19,23±0,20 e	55,07±0,61 e
Контрола <i>Control</i>	32,13±0,26 a	91,00±0,77 a
<b>MANOVA (F test)</b>		
A	*	*
B	*	*
A × B	*	*

Različita mala slova u koloni pokazuju značajne razlike između srednjih vrednosti za  $P \leq 0.05$  po LSD testu; zvezda (\*) označava značajne razlike po F testu; nz – nije značajno; NAD – amid naftil-sirćetne kiseline; NAA – naftil-1-sirćetna kiselina; BA – benziladenin;

Analizom varijanse utvrđen je značajan uticaj osnovnih faktora varijabiliteta kao i interakcijskog efekta sorte i načina proređivanja plodova na prinos jabuke po stablu.

Najveći prinos ostvarila je sorta Red Chief (33,38±1,13 kg stablo<sup>-1</sup>), sorta Golden Delicious je imala manji prinos (25,24±1,04 kg stablo<sup>-1</sup>), a najmanji prinos ostvarila je sorta Gloster (22,70±1,29 kg stablo<sup>-1</sup>). U pogledu načina proređivanja plodova najveći prinos po stablu ostvaren je u kontrolnoj varijanti (32,13±0,26 kg stablo<sup>-1</sup>). Nešto manji prinos ostvaren je kod tretmana sa NAD (30,34±0,34 kg stablo<sup>-1</sup>), još manji sa NAA (27,88±0,41 kg stablo<sup>-1</sup>), a onda sledi prinos kod tretmana sa BA (25,95±0,10 kg stablo<sup>-1</sup>). Najmanji prinos plodova ostvaren je kod ručnog proređivanja (19,23±0,20 kg stablo<sup>-1</sup>). Interakcijski efekat sorte i načina proređivanja za  $R \leq 0,05$  se značajno odrazio na visinu prinosa po stablu jabuke u našim istraživanjima.

Prinos plodova je jedan od najvažniji ciljeva intenzivne voćarske proizvodnje, zbog čega se rano stupanje u rod, redovna i optimalna rodnost svrstavaju među najznačajnije osobine nekog genotipa. Ispitujući uticaj nekih preparata na prinos plodova po stablu

kod sorte Golden Delicious, Reyes et al. (2008) su ustanovili da su tretmani sa NAA (K-salt) i 6-BA dali najveće prinose dok je kod sorte Red Chief najveći prinos pokazao tretman sa NAA (Fruitone N). Stopar et al. (2007) su došli do rezultata da je najveći uticaj na prinos plodova po stablu imala kombinacija dva preparata, NAA 10 ppm + BA 100 ppm. Odnos između ručnog i hemijskog proređivanja plodova kod sorte Golden Delicious pokazao je da u pogledu prinosa plodova po stablu nije bilo značajnih razlika (Jemrić i sar. 2005). Elfving i Cline (1993) ističu da razlike nisu bile značajne u odnosu na kontrolu, ispitujući uticaj različitih koncentracija BA i NAA na prinos po stablu. Za razliku od navedenih rezultata, u našem slučaju došlo je do značajnih razlika u pogledu visine prinosa sa različitim načinom proređivanja plodova, a to potvrđuju i ispitivanja Wismer et al. (1995) koji su ustanovili da je efekat hemijskih sredstava BA i NAA uticao na proređivanje plodova jabuke i da je uslovio manji prinos po stablu u odnosu na kontrolnu varijantu.

Rezultati su pokazali da su i sorta i način proređivanja kao i njihova interakcija statistički značajno uticali na prinos plodova jabuke po jedinici površine.

Sorta Red Chief je dala najveći prinos ( $111,18 \pm 3,77$  t ha<sup>-1</sup>), značajno manji ostvaren je kod sorte Golden Delicious ( $63,09 \pm 2,60$  t ha<sup>-1</sup>), a najmanji je postignut kod sorte Gloster ( $56,81 \pm 3,18$  t ha<sup>-1</sup>). Uzimajući u obzir način proređivanja plodova najveći prinos po jedinici površine ostvaren je u kontrolnoj varijanti ( $91,00 \pm 0,77$  t ha<sup>-1</sup>). Manji prinos postignut je kod tretmana sa NAD ( $84,73 \pm 1,09$  t ha<sup>-1</sup>), zatim sledi prinos kod tretmana sa NAA ( $80,08 \pm 1,24$  t ha<sup>-1</sup>), a još manji je ostvaren kod tretmana sa BA ( $74,24 \pm 0,32$  t ha<sup>-1</sup>). Najmanja vrednost prinosa po jedinici površine ostvarena je kod ručnog proređivanja plodova ( $55,07 \pm 0,61$  t ha<sup>-1</sup>). Takođe, interakcijski efekat sorte i načina proređivanja imao je značajan uticaj.

Rodnost voćaka, a samim tim i krajnji prinos plodova po jedinici površine, ima najveći biološki i privredni značaj i kontrolisana je brojnim faktorima biološke i ekološke prirode. Uspeh u savremenom voćarstvu se zasniva na dobrom poznavanju ovih faktora i sprovođenju mera koje će pojačati uticaj pozitivnih, a umanjiti ili eliminisati uticaj negativnih faktora. Bukovac et al. (2000) navode da tretmani sa NAA i BA kod sorte Gloster nisu doveli do značajnog efekta na prinos po hektaru, dok je u našem slučaju efekta bilo i razlike su bile značajne u odnosu na kontrolu. Sa druge strane, Bergh (1992) je ispitujući uticaj ručnog proređivanja na prinos plodova po hektaru kod sorte Golden Delicious došao do rezultata da je došlo do značajnih razlika u toku svih sedam godina koliko je ispitivanje vršeno. Do sličnih rezultata došli su i Wismer et al., (1995); Stopar et al., (2007) kao i Bukovac i Sabbatini (2008).

Rezultati koji se odnose na uticaj sorte i načina proređivanja plodova na masu ploda jabuke dati su u Tabeli 2.

Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da su oba izvora varijabilnosti kao i njihova interakcija značajno uticali na masu ploda jabuke.

Najveću masu ploda imala je sorta Gloster ( $233,67 \pm 9,01$ g). Sorta Red Chief je imala manju ( $200,35 \pm 7,01$ g) a Golden Reinders najmanju ( $179,90 \pm 5,57$ g). U pogledu načina proređivanja plodova, najveća masa je ostvarena kod ručnog proređivanja plodova ( $251,48 \pm 6,92$ g), a zatim kod tretmana sa BA ( $216,14 \pm 5,47$ g). Razlike između navedenih vrednosti su značajne. Kod tretmana sa NAA i NAD razlike u masi ploda nisu bile statistički značajne ( $196,00 \pm 7,00$ g i  $187,54 \pm 8,59$ g). Najmanja vrednost mase

ploda ostvarena je u kontrolnoj varijanti, iznosila je  $172,03 \pm 6,06$ g i statistički se značajno razlikovala od ostalih vrednosti. Interakcijski efekat sorte i načina proređivanja na masu ploda jabuke bio je značajan.

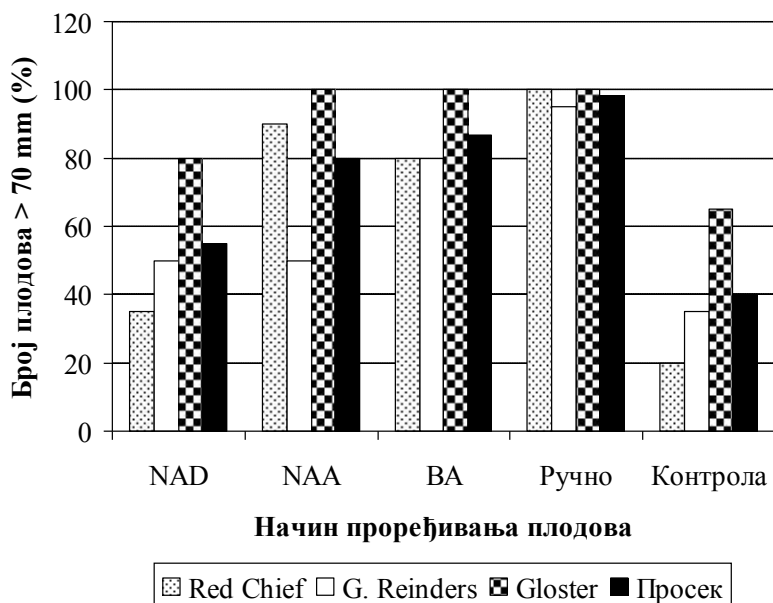
Tabela 2. Masa ploda jabuke u zavisnosti od sorte i načina proređivanja plodova  
 Table 2. Apples weight of the apple depending on the variety and method of fruiting

Параметар <i>Parameter</i>	Маса плода (g) <i>Fruit weight</i>
Сорта (A) <i>Variety</i>	
Red Chief	200,35±7,01 b
Golden Reinders	179,90±5,57 c
Gloster	233,67±9,01 a
Начин проређивања плодова (B) <i>Method of fruiting</i>	
NAD	187,54±8,59 c
NAA	196,00±7,00 c
BA	216,14±5,47 b
Ручно проређивање <i>Manual screening</i>	251,48±6,92 a
Контрола <i>Control</i>	172,03±6,06 d
MANOVA ( <i>F</i> test)	
A	*
B	*
A × B	*

Različita mala slova u koloni pokazuju značajne razlike između srednjih vrednosti za  $P \leq 0.05$  po LSD testu; zvezda (\*) označava značajne razlike po F testu; nz – nije značajno; NAD – amid naftil-sirćetne kiseline; NAA – naftil-1-sirćetna kiselina; BA – benziladenin;

Masa ploda plemenitih sorti jabuke kreće se od 70 do 500 g, od čega je jestivi deo 98% (Mišić 1994). Mišić (2004) ističe da su plodovi Golden Delicious srednje krupni do krupni (120 – 200 g.) a Glostera krupni do vrlo krupni (180 – 250 g). Prema rezultatima Elfving i Cline (1993), tretiranjem različitim koncentracijama BA i NAA, razlike u masi ploda bile su značajne u odnosu na kontrolu. Do sličnih rezultata došao je i Stopar (2002), sa tom razlikom da je veća koncentracija BA imala uticaja na veću masu ploda, a obrnuto kod NAA gde je veća koncentracija uslovlila manju masu ploda. Takođe, Milošević i sar. (2014) navode da je Progerbalin LG® (giberelinska kiselina + BA) značajno uticao na povećanje mase ploda kod ispitivanih sorti jabuke. Poredeći naše rezultate sa rezultatima ostalih autora, može se konstatovati da nije bilo nekih većih odstupanja u pogledu uticaja različitih preparata na masu ploda kod jabuke.

Učešće plodova jabuke sa prečnikom >70 mm u zavisnosti od sorte i načina proređivanja plodova prikazano je u Grafikonu 1.



Graf. 1. Učešće plodova jabuke sa prečnikom >70 mm u zavisnosti od sorte i načina proređivanja

Graph. 1. The participation of apple fruits with a diameter of > 70 mm depending on the variety and method of dressing

Rezultati proučavanja su pokazali da je prosečno najveći procenat plodova sa prečnikom većim od 70 mm postignut kod ručnog proređivanja plodova (98,33%). Kod sorti Red Chief i Gloster procenat ovih plodova je bio 100% a kod sorte Golden Reinders 95%. Kod tretmana sa BA prosečno je bilo 86,67 % plodova većih od 70 mm, kod tretmana sa NAA 80%, kod tretmana sa NAD 55%, a prosečno najmanji procenat plodova sa prečnikom većim od 70 mm postignut je u kontrolnoj varijanti i iznosio je 40%.

### Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata prikazanih u radu mogu se doneti sledeći zaključci:

Najveći prinos po stablu i jedinici površine nakon primenjenih načina proređivanja plodova ostvaren je kod sorte Red Chief, zatim kod Golden Reinders, a najmanji kod sorte Gloster. Što se tiče uticaja različitih načina proređivanja plodova na prinos po stablu i jedinici površine, najveći prinos je zabeležen u kontrolnoj varijanti u kojoj plodovi nisu proređivani, zatim ako je proređivanje vršeno sa NAD, potom sa NAA, pa BA, dok je najmanji prinos registrovan u varijanti ručnog proređivanja plodova.

Najveća masa ploda je bila kod sorte Gloster, zatim kod Red Chief, dok je najmanja masa ploda bila kod Golden Reinders. Posmatrano u odnosu na način proređivanja

plodova, najveća masa je bila u varijanti ručnog proređivanja, zatim u varijanti proređivanja sa BA, onda kod NAA i NAD između kojih nije bilo značajnih razlika, dok su u kontrolnoj varijanti bili najsitniji plodovi.

Učešće plodova čiji je prečnik veći od 70 mm bilo je najveće u varijanti ručnog proređivanja, zatim kod proređivanja sa BA, onda u varijanti sa NAD, pa sa NAA, a najmanje u kontrolnoj varijanti.

Generalno, najbolji rezultati su postignuti u varijanti sa ručnim proređivanjem plodova ali i sa značajnim utroškom radne snage. Posle ručnog, najbolji rezultat je postignut sa BA primenjenim kada je prečnik centralnog ploda kod sve tri ispitivane sorte bio 12 mm.

### Literatura

- Baab, G., Lafer G. (2005): Kernobst, Oesterreichischen Agrarverlag, Leopoldsdorf.
- Bergh, O. (1992): Cumulative effect to time of hand thinning on fruit size of Golden Delicious and Granny Smith apples. *South Africa Journal Plant Soil*, 9: 64–67.
- Bukovac, J.M., Sabbatini, P. (2008): Characterizing the Interaction between NAA and BA on apple fruit abscission and development. *Horticultural Science*, 43 (6): 1794–1801.
- Bukovac, M.J., Schroeder, M., Noga, G. (2000): Effects of fruit thinning sprays of NAA and BA on cropping 'Elstar' and 'Gloster' apples. *Acta Horticulturae*, 514: 91–98.
- Elfving, D.C., Cline, R.A. (1993): Benzyladenine and other chemicals for thinning 'Empire' apple trees, *Journal American Social Horticultural Science*, 118 (5): 593–598.
- Jemrić, T., Pavičić, N., Blašković, D., Krapac, M., Pavičić, D. (2005): The effect of hand and chemical fruit thinning on 'Golden Delicious cl. B' apple fruit quality. *Agricultural Conspecific Science*, 193 (3): 193–198.
- Milošević, N., Milošević, T., Lukić, M. (2014): Impact of Progerbalin LG<sup>®</sup> on the apple fruit physical attributes. *Plant Growth Regulation*, 72 (2): 105–112.
- Mišić, P. (1994): *Jabuka*. Nolit. Beograd; 446–448.
- Mišić, P. D. (2004): *Jabuka*, Nolit. Beograd.
- O'Rourke, D. (2003): Major trends in U.S. and world apple markets. *Compact Fruit Tree*, 36 (3): 74–78.
- Reyes, B.D., Chacón, A.R., Campos, A.R.M., Prieto, V.M.G. (2008): Apple fruit chemical thinning in Chihuahua, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31 (3): 243–250.
- Stopar, M. (2002): Thinning of 'Gala' and 'Golden Delicious' apples with BA, NAA and their combinations. *Central European Agriculture*, 3 (1): 2–6.
- Stopar, M., Schlauer, B., Ambrožič Turk, B. (2007): Thinning 'Golden Delicious' apples using single or combining application of Ethephon, NAA or BA. *Central European Agriculture*, 8 (2): 141–146.
- Widmer, A., Stadler, W., (2007): *Aktuelles zur Behangsregulierung: Wirkstoffe und Strategien*. *Obst und Weinbau*. 6: 14–17.



- Wismer, P.T., Proctor, J.T.A., Elfving, D.C. (1995): Benzyladenine affect cell division and cell size during apple fruit thinning. Journal American Social Horticultural Science, 120 (5): 802–807.
- Zadravec, D., Donik, B. (2009): Regulisanje rodnosti sorti jabuke rezidbom I proredjivanjem plodova. Zbornik radova II Savetovanja Inovacije u voćarstvu, Beograd:71–78.

**THE INFLUENCE OF VARIETY AND THE METHOD OF  
CONDITIONING FRUIT ON YARD AND GROWING OF APPLE  
(*Malus domestica* Borkh.)**

*Boris Rilak<sup>1</sup>, Ivan Glišić<sup>2</sup>, Tomo Milošević<sup>2</sup>, Gorica Paunović<sup>2</sup>*

**Abstract**

The aim of the research was to use in the conditions of Cacak, using a preparation for fruiting: naphthyl acetic acid amide (NAD), naphthyl-1 ac acetic acid (NAA), benzyladenine (BA) and manual thinning, on three varieties of apples: Red Chief , Golden Reinders and Gloster examine their method of yield per tree (kg), yield per unit area (t ha<sup>1</sup>) and fruit mass (g). The results showed that the differences in terms of all three parameters among the tested varieties were significant and the differences between the applied treatments were also significant. The best results are achieved in variants with manual fruiting, but also with the highest labor costs, and after manual treatment with BA.

**Key words:** apples, fruiting, yield, fruit weight

---

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia (boris.rilak90@gmail.com);

<sup>2</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia

## BIOLOŠKO-PROIZVODNE OSOBINE SORTE JAGODE ‘LEATITIA’ NA PODRUČJU ČAČKA

*Jelena Tomić<sup>1</sup>, Marijana Pešaković, Žaklina Karaklajić-Stajić, Rade Miletić,  
Svetlana M. Paunović, Mira Milinković*

**Izvod:** U radu su prikazani rezultati ispitivanja vegetativnog, generativnog potencijala, fenoloških osobina i kvaliteta ploda perspektivne sorte jagode ‘Leatitia’ u periodu 2016–2017. godine. U drugoj eksperimentalnoj godini, utvrđene su značajno više vrednosti svih ispitivanih parametara vegetativnog, generativnog potencijala, produktivnosti i mase ploda. Visoke vrednosti čvrstine ploda utvrđene su u obe godine istraživanja, dok su značajno veći fenolni sadržaj i antioksidativni kapacitet registrovani u plodovima jagode u drugoj godini nakon sadnje. Širenje sorte jagode ‘Leatitia’ u proizvodnoj praksi može se preporučiti prevashodno zbog kasnog vremena zrenja, visoke rodnosti i veoma kvalitetnog ploda.

**Ključne reči:** jagoda, produktivnost, vreme zrenja, kvalitet ploda.

### Uvod

Baštenska jagoda (*Fragaria ananassa* Duch.) je veoma cenjena vrsta roda *Fragaria*, koja po obimu proizvodnje u svetskim razmerama predstavlja najznačajniju jagodastu vrstu voćaka. Ukupna svetska proizvodnja jagode u 2016. godini iznosila je 9.118.336 t, a površine pod zasadima 401.862 ha (faostat3.fao.org). Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku za 2016. godinu, ukupne površine pod zasadima jagode u Srbiji iznose 5.806 ha, a ukupni prinosi 22.938 t. Iz napred navedenih podataka proizilazi da su prosečni prinosi po jedinici površine veoma niski.

Jedan od bitnih činilaca visokointenzivne proizvodnje jagode jeste inoviranje sortimenta, odnosno introdukcija novih, perspektivnih sorti različitog vremena zrenja sa ciljem što boljeg i ravnomernijeg snabdevanja tržišta (Milivojević, 2012). Sortiment jagode u zasadima u Srbiji je dosta heterogen, pri čemu se posebno u grupi stonih (konzumnih) sorti uočava prilična dinamika tokom poslednje decenije. U zasadima jagode u našoj zemlji najviše su zastupljene sorte jagode poreklom iz Italije među kojima važno mesto zauzima perspektivna sorta jagode ‘Leatitia’ koja je stvorena u okviru CIV (Centro Italiano Vivaisti, Ferrara) oplemenjivačkog programa. Stoga, cilj ovog rada je da se ispita uticaj godine proučavanja na vegetativni i generativni potencijal, fenološke osobine, fizičke i hemijske osobine ploda nove sorte jagode ‘Leatitia’, kako bi se na osnovu dobijenih rezultata mogla dati preporuka za njeno intenzivnije širenje u proizvodnoj praksi.

---

<sup>1</sup>Institut za voćarstvo, Čačak, Kralja Petra I 9, Čačak, Republika Srbija (jtomic@institut-cacak.org);

## Materijal i metode rada

Istraživanje je obavljeno u eksperimentalnom zasadu jagode sorte ‘Leatitia’ Instituta za voćarstvo u Čačku u periodu 2016–2017. godina. Eksperimentalni zasad se nalazi u centru Čačka, u kotlini Zapadne Morave, sa geografskim koordinatama 43°54' severne geografske širine i 20°21' istočne geografske dužine, na nadmorskoj visini od 242 m. Klima na teritoriji Opštine Čačak pripada umereno-kontinentalnom tipu. Odlikuje se toplim letima i hladnim zimama. Srednja godišnja temperatura vazduha je 10,5°C, a srednja godišnja količina padavina je 904,5 mm. Zemljište oglednog zasada pripada aluvijalnom tipu, dobro je obezbeđeno najvažnijim biogenim elementima (0,20% N<sub>TOT</sub>, 22,95 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i 27,00 mg K<sub>2</sub>O·100 g<sup>-1</sup>v.s.z.), sadrži 51,9% ukupnog peska i 48,1% praha i gline u površinskom sloju, što se može smatrati optimalnim za uspešno gajenje jagode.

Sadnja frigo sadnica obavljena je u avgustu 2015. godine u formi dvorednih pantljika na gredicama prekrivenim crnom polietilenskom folijom. Primenjeno rastojanje sadnje je 30 × 30 cm. Tokom izvođenja ogleda u zasadu su sprovedene standardne agro- i pomo-tehničke mere, uz navodnjavanje i đubrenje korišćenjem sistema ‘kap po kap’.

Tokom dvogodišnjeg perioda ispitivanja praćeni su parametri vegetativnog potencijala (visina bokora, broj krunica u bokoru i broj listova u rozeti), generativnog potencijala (broj rodni stabljika po bokoru, broj cvetova po bokoru i prinos po bokoru), fenološke osobine (početak, kraj i trajanje fenofaza cvetanja i zrenja), fizičke (masa, dimenzije, indeks oblika, čvrstina) i hemijske osobine ploda jagode (sadržaj rastvorljive suve materije (RSM), sadržaj ukupnih fenola (UF) i antioksidativni kapacitet ploda (AK)).

Ispitivanje parametara vegetativnog i generativnog potencijala obavljena su standardnim morfometrijskim metodama i prebrojavanjem. Prinos po bokoru određen je merenjem mase ubranih plodova u svakoj berbi i sumiranjem prinosa iz svih berbi, i izražen je u g.

Masa ploda je određena merenjem na analitičkoj vagi ‘Mettler’, preciznosti ± 0,01 g. Vrednost indeksa oblika ploda dobijena je računskim putem, utvrđivanjem odnosa dužine i širine ploda, koje su izmerene digitalnim pomičnim merilom (Carl Roth, Germany) tačnosti ± 0,05 mm. Čvrstina ploda određena je penetrometrom, a vrednosti su izražene u N.

Sadržaj rastvorljive suve materije određen je pomoću digitalnog refraktometra (Pocket PAL-1, Atago, Japan) i vrednosti su izražene u %. Sadržaj ukupnih fenola u plodu jagode određen je spektrofotometrijski, modifikovanom Folin-Ciocalteu metodom (Singleton i sar., 1999; Liu i sar., 2002). Rezultati su izraženi u mg ekvivalenta galne kiseline na 100 g sveže mase ploda (mg eqGA100 g<sup>-1</sup> sv. m. plo.). Antioksidativni kapacitet ploda jagode određen je ABTS testom prema Re i sar. (1999). Ukupna antioksidativna aktivnost ispitivanih uzoraka je izračunata kao količina Trolox ekvivalenta na 100 g sveže mase ploda (mmol Trolox eq 100 g<sup>-1</sup> sv. m. plo.).

### Rezultati istraživanja i diskusija

Jedan od osnovnih preduslova formiranja visokog prinosa kod jagode jeste dobijanje što bolje razvijenosti bokora, uz održavanje ravnoteže između vegetativnog i generativnog porasta. Najsnažniji uticaj na vegetativni rast jagode, pored faktora spoljne sredine, kao što su fotoperiod, temperatura, proizvodna sposobnost zemljišta i dr., ima i genotip (Galletta i Bringham, 1990). U prvoj eksperimentalnoj godini, kod jagode sorte 'Leatitia' utvrđene su značajno niže vrednosti svih ispitivanih parametara vegetativnog potencijala (visine bokora, broja krunica u bokoru, broja listova u rozeti) u odnosu na drugu eksperimentalnu godinu (Tabela 1), što je u skladu sa činjenicom da najveći porast i rodnost jagoda postiže u drugoj i trećoj godini nakon sadnje (Nikolić i Milivojević, 2015). Takođe, značajno više vrednosti parametara generativnog potencijala zabeležene su u drugoj godini nakon sadnje, što se kasnije pozitivno odrazilo na produktivnost jagode sorte 'Leatitia' u pomenutoj godini. Prinos po bokoru u drugoj godini bio je pet puta veći u odnosu na prvu godinu istraživanja (Tabela 2). Postojanje razlika u prinosu po godinama ispitivanja može se objasniti različitim meteorološkim uslovima, odnosno većom količinom padavina tokom fenofaza cvetanja i zrenja ploda u 2016. godini u odnosu na višegodišnji prosek, što je prouzrokovalo pojavu truleži ploda jagode i značajno umanjilo rod u pomenutoj godini.

Tabela 1. Vegetativni potencijal jagode sorte 'Leatitia'  
*Table 1. Vegetative potential of the strawberry cultivar 'Leatitia'*

	Visina bokora (cm) <i>Rosette height (cm)</i>	Broj krunica u bokoru <i>Number of crowns per plant</i>	Broj listova u rozeti <i>Number of leaves per rosette</i>
2016.	18.7±0.4 b	2.0±0.2 b	10.5±0.2 b
2017.	21.5±0.4 a	7.3±1.6 a	55.0±0.6 a

Vrednosti u kolonama označene različitim slovima ukazuju na statistički značajne razlike na nivou  $p \leq 0,05$  (LSD test).

Tabela 2. Generativni potencijal jagode sorte 'Leatitia'  
*Table 2. Generative potential of the strawberry cultivar 'Leatitia'*

	Broj rodni stabljika u bokoru <i>Number of fruiting stalks per plant</i>	Broj cvetova u bokoru <i>Number of flowers per plant</i>	Prinos po bokoru (g) <i>Yield per plant (g)</i>
2016.	1.6±0.1 b	11.5±8.7 b	196.4±21.0 b
2017.	10.2±0.4 a	73.7±6.2 a	1012.7±83.4 a

Vrednosti u kolonama označene različitim slovima ukazuju na statistički značajne razlike na nivou  $p \leq 0,05$  (LSD test).

Fenofaza cvetanja je bitan činilac rodosti jagode. To je veoma osetljiva fenofaza, jer pod uticajem poznih prolećnih mrazeva mogu da stradaju otvoreni cvetovi, posebno primarne serije, koji daju prvi rod visoke komercijalne vrednosti. Pozni prolećni mrazevi koji su se javili u vreme cvetanja i zametanja plodova u 2017. godini, uslovlili su imrzavanje 35,7% tek zametnutih plodova sorte jagode 'Leatitia' (podaci nisu prikazani).

Početak, tok i dužina cvetanja zavise od osobina sorte, geografske širine, nadmorske visine, ekspozicije, primenjene agrotehnike i klimatskih uslova koji

vladaju pre i za vreme cvetanja (Nikolić i Milivojević, 2015). Izračunavanjem prosečnih vrednosti za dvogodišnji period ispitivanja može se konstatovati da fenofaza cvetanja sorte ‘Leatitia’ na području Čačka počinje u drugoj dekadi aprila (12.04.) i traje u proseku 42 dana (Tabela 3). Na osnovu prosečnih vrednosti datuma početka fenofaze zrenja plodova u 2016. i 2017. godini, može se konstatovati da sorta ‘Leatitia’ počinje zrenje krajem maja, a završava sredinom juna, dok je prosečno trajanje fenofaze zrenja 17 dana. Proučavajući vreme cvetanja i zrenja sedam novih jednorodnih selekcija jagode, Milivojević i sar. (2015) su registrovali identičnu dužinu trajanja zrenja (17 dana) kod sorte ‘Leatitia’ na području Beograda.

Tabela 2. Fenološke osobine jagode sorte ‘Leatitia’  
*Table 2. Phenological properties of the strawberry cultivar ‘Leatitia’*

		Početak <i>Beginning</i>	Kraj <i>End</i>	Trajanje <i>Duration</i>
2016.	Cvetanje	13.04.	23.05.	40
2017.	<i>Flowering</i>	11.04.	24.05.	43
Prosek <i>Average</i>		12.04.	24.05.	42
2016.	Zrenje	01.06.	18.06.	17
2017.	<i>Ripening</i>	25.05.	11.06.	16
Prosek <i>Average</i>		29.05.	15.06.	17

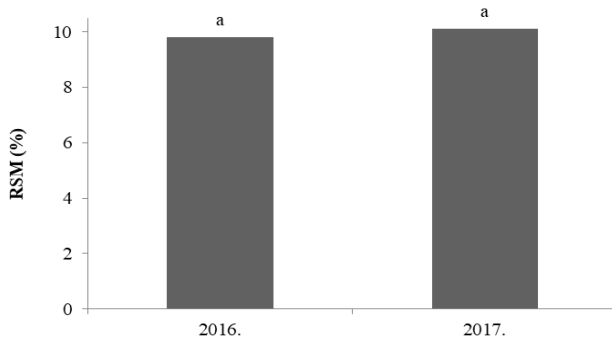
Fizička svojstva ploda predstavljaju važan pokazatelj njihovog kvaliteta, a masa ploda je jedna od najvažnijih pomoloških osobina viokoproduktivnih sorti jagode. Pošto je masa ploda i jedna od vrlo bitnih komponenti prinosa, kod ocenjivanja novih sorti posebna pažnja se posvećuje krupnoći ploda, što je značajno i sa stanovišta povećanja efikasnosti ručne berbe i plasmana plodova u svežem stanju. Dobijeni rezultati mase ploda jagode u ovom radu ukazuju na variranje vrednosti po godinama ispitivanja, pa se može zapaziti da je značajno viša vrednost mase ploda evidentirana u 2017. godini (21,5 g) u poređenju sa 2016. godinom (17,3 g). Ispitivanjem fizičkih osobina ploda novih selekcija jagode Milivojević i sar. (2015) su registrovali znatno veću masu ploda kod sorte ‘Leatitia’ u prvoj godini nakon sadnje (32,4 g) u odnosu na vrednosti dobijene u ovom istraživanju, što se može objasniti značajno većim vegetativnim potencijalom bokora u ovom istraživanju. Ostale ispitivane fizičke osobine ploda, dimenzije, indeks oblika i čvrstina nisu značajno varirale pod uticajem godine ispitivanja. Međutim, važno je istaći da je sorta ‘Leatitia’ u obe eksperimentalne godine imala visoke vrednosti čvrstine ploda, što je veoma važna osobina sa aspekta čuvanja i transportabilnosti plodova. Proučavanjem fizičkih osobina ploda jedne privredno značajne (‘Clery’) i jedne perspektivne (‘Garda’) sorte jagode, Tomić i sar. (2017) su utvrdili značajan uticaj genotipa na čvrstinu ploda jagode. Kod sorte ‘Clery’ čvrstina ploda bila je 10, 6 N a kod sorte ‘Garda’ 15,1 N.

Tabela 3. Fizičke osobine ploda jagode sorte ‘Leatitia’  
 Table 3. Physical traits of the strawberry cultivar ‘Leatitia’

	Masa ploda (g) <i>Fruit weight(g)</i>	Dužina ploda (mm) <i>Fruit length (mm)</i>	Širina ploda (mm) <i>Fruit width (mm)</i>	Indeks oblika ploda <i>Shape index</i>	Čvrstina ploda (N) <i>Firmness (N)</i>
2016.	17.3±0.7 b	35.7±1.1 a	32.4±0.9 a	1.1±0.1 a	22.0±3.8 a
2017.	21.5±0.3 a	37.7±2.2 a	30.5±3.8 a	1.2±0.1 a	20.4±1.7 a

Vrednosti u kolonama označene različitim slovnim oznakama ukazuju na statistički značajne razlike na nivou  $p \leq 0,05$  (LSD test).

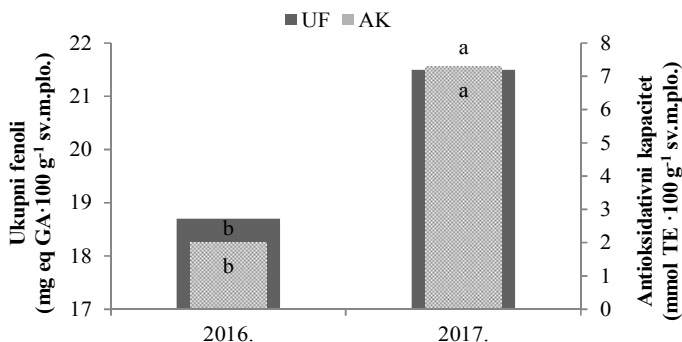
Prihvatljivost plodova jagode od strane potrošača u velikoj meri zavisi od ukusa ploda, koji je u tesnoj vezi sa sadržajem rastvorljivih suvih materija (Tulipani i sar., 2008). Milivojević i sar. (2015) su proučavajući sorte/nove selekcije jagode različitog vremena zrenja ustanovili značajno variranje u pogledu sadržaja rastvorljivih suvih materija među ispitivanim sortama u svim epohama zrenja osim sorti vrlo ranog vremena zrenja, gde nije zabeležena značajna razlika. Sadržaj rastvorljive suve materije kod pozne sorte jagode ‘Leatitia’ bio je 7,92%. Isti autori navode da kvantitativno variranje u sadržaju rastvorljivih suvih materija uočeno između ispitivanih sorti može biti uslovljeno genetskom osnovom, stepenom zrelosti ploda, klimatskim i drugim faktorima. U našem istraživanju, sadržaj rastvorljive suve materije nije značajno varirao među godinama ispitivanja (Grafikon 1). Prosečne vrednosti sadržaja rastvorljive suve materije u plodu jagode sorte ‘Leatitia’ kretale su se od 9,8% u 2016. godini do 10,1% u 2017. godini.



Grafikon 1. Sadržaj rastvorljive suve materije kod sorte jagode ‘Leatitia’  
 Figure 1. Soluble solid content of the strawberry cultivar ‘Leatitia’

Brojna istraživanja ukazuju na prisustvo visokih koncentracija bioaktivnih supstanci u plodovima jagode (Manach i sar., 2004; Seerem, 2009) i povezanosti svakodnevnog konzumiranja voća i ljudskog zdravlja. Najveći benefit za ljudsko zdravlje pripisuje se fenolnim jedinjenjima i vitaminu C, zbog svojih antioksidativnih, antikancerogenih, antimutagenih, antimikrobnih, antiinflamatornih i neuroprotektivnih karakteristika (Nile i Park, 2014). Pored toga, fenolne komponente u jagodastom voću imaju mnogo različitih bioloških funkcija, uključujući ulogu u rastu, razvoju i zaštiti biljaka (Nile i

Park, 2014). Oni imaju ulogu u pigmentaciji, poseduju antimikrobne i antifungalne funkcije, pružaju zaštitu od insekata i ultraljubičastog zračenja, vrše helatizaciju toksičnih teških metala i odbranu od slobodnih radikala nastalih u procesu fotosinteze (Beer i sar., 2004; Parry i sar., 2005). Značajno viši sadržaj ukupnih fenola, kao i značajno viši antioksidativni kapacitet ploda registrovan je u drugoj godini istraživanja. Razlika u ukupnom fenolnom sadržaju i antioksidativnom kapacitetu među godinama istraživanja može se objasniti činjenicom da je hemijska analiza plodova jagode u drugoj godini istraživanja vršena neposredno nakon berbe, za razliku od analiza u prvoj eksperimentalnoj godini koje su vršene na zamrznutim plodovima, šest meseci nakon berbe. Uprkos tome što se proces zamrzavanja negativno odrazio na fenole i njihov antioksidativni efekat u prvoj godini istraživanja, Zhao (2007) navodi da se zamrzavanje smatra najmanje destruktivnim postupkom konzerviranja fenolnih jedinjenja kod jagodastih voćaka, i preporučuje se kao predtretman za dobijanje drugih proizvoda od jagodastog voća.



Grafikon 2. Sadržaj ukupnih fenola i antioksidativni kapacitet ploda jagode sorte ‘Leatitia’

Figure 2. Total phenols and antioxidant capacity of the strawberry cultivar ‘Leatitia’

### Zaključak

Imajući u vidu visoku produktivnost u drugoj godini nakon sadnje, kvalitet ploda a posebno čvrstinu, sorta jagode ‘Leatitia’ može se preporučiti za intenzivnije širenje u proizvodnoj praksi. Pozno vreme zrenja ukazuje na to da se intenzivnijem širenjem ove sorte u proizvodnji može značajno uticati na produžetak potrošnje jagode u svežem stanju, naročito imajući u vidu veoma visok sadržaj fenolnih jedinjenja u svežim plodovima i njihov pozitivan efekat na ljudsko zdravlje.

## Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta TR-31093, pod nazivom „Uticaj sorte i uslova gajenja na sadržaj bioaktivnih komponenti jagodastog i koštičavog voća i dobijanje biološki vrednih proizvoda poboljšanim i novim tehnologijama“ koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## Literatura

- Beer C., Myers R.A., Sorenson J.H., Bucci L.R. (2004). Comprehensive comparison of the antioxidant activity of fruits and vegetables based on typical serving sizes from common methods. *Current Topics in Nutraceutical Research*, 2: 227–250.
- FAO. 2013. Food Agriculture and Organization. <http://faostat3.fao.org/>
- Galletta G.J., Bringhurst R. (1990). Strawberry management. In: *Small fruit crop management*. Galletta G.J., Himelrick D.G. (eds.), Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Liu M., Li X.Q., Weber C., Lee C.Y., Brown J., Liu R.H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 2926–2930.
- Manach C., Scalbert A., Morand C., Jimenez L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79: 727–747.
- Milivojević J. (2012). Novi aspekti proizvodnje i savremeni sortiment jagode. *Biljni lekar*, XL (2-3): 5–14.
- Milivojević J., Radivojević D., Nikolić M. (2015). Proizvodna svojstva i kvalitet ploda sorti i novih selekcija jagode introdukovanih iz Italije. *Zbornik radova sa 5. Savetovanja „Inovacije u voćarstvu“*, tema „Savremena proizvodnja jagode“, 65–75.
- Nile S.H., Park S.W. (2014). Edible berries: Bioactive components and their effect on human health. *Nutrition*, 30: 134–144.
- Nikolić M., Milivojević J. (2015). Jagodaste voćke – Tehnologija gajenja. Poljoprivredni fakultet, Beograd
- Parry M., Rosenzweig C., Livermore M. (2005). Climate change, global food supply and risk of hunger. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 360: 2125–2138.
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26: 1231–1237.
- Seerem N.P. (2009). Bioactive polyphenols from foods and dietary supplements: challenges and opportunity. In: *Herbs: Challenges in Chemistry and Biology*. Ho C.T., Wang M., Sang S. (eds.), 5308–5312. New York, USA, Oxford University Press.
- Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymology*, 299: 152–178.



- Tomić J., Pešaković M., Karaklajić-Stajić Ž., Miletić R., Paunović M.S., Milinković M. (2017). Effect of cultivar and cultivation system on production characteristics and fruit quality of early ripening strawberry cultivars. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 20 (5): 186–196.
- Tulipani S., Mezzetti B., Capocasa F., Bompadre S., Beekwilder J., Ric de Vos C.H., Capanoglu E., Bovy A., Battino M. (2008). Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 696–704
- Zhao Y. (2007). *Berry fruit. Value-added products for health promotion*. CRS Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, Florida, USA.

## **BIOLOGICAL AND PRODUCTION CHARACTERISTICS OF THE STRAWBERRY CULTIVAR ‘LEATITIA’ IN THE AREA OF ČAČAK**

*Jelena Tomić<sup>1</sup>, Marijana Pešaković, Žaklina Karaklajić-Stajić, Rade Miletić, Svetlana M. Paunović, Mira Milinković*

### **Abstract**

The paper presents results of the research of vegetative and generative potential, phenological properties and fruit quality of the promising strawberry cultivar ‘Leatitia’ in the 2016–2017 period. Significantly higher values of all tested parameters of vegetative, generative potential, productivity and fruit mass were determined in the second experimental year. High firmness values were determined in both years of the research, while significantly higher phenolics content and antioxidative capacity were registered in the fruits the second year after planting. Spread of the strawberry cultivar ‘Leatitia’ in production practices can be recommended primarily because of the late ripening, high productivity and very high quality of fruits.

**Key words:** strawberry, productivity, ripening time, fruit quality

---

<sup>1</sup>Fruit Research Institute, Čačak, Kralja Petra 19, Čačak, Republic of Serbia (jtomic@institut-cacak.org);

## SEKTORIJALNA OTPORNOST ŠLJIVE PREMA VIRUSU ŠARKE ŠLJIVE

*Mališa Tošić*

**Izvod:** Sektorijalna otpornost šljive prema virusu šarke šljive (VŠŠ) ispoljava se u delu krune stabala šljive obolelih od šarke. U tom delu krune VŠŠ nije prisutan niti se na tom delu biljke ispoljavaju simptomi oboljenja (šarke). Ta otpornost je nađena kod tri genotipa šljive i to kod Čačanske rodne, Stanley-a i Crvene ranke. Sektorijalna otpornost je dokazana i preneta dvojnim kalemljenjem. Na iste podloge od džanarike (*Prunus cerasifera* Ehrh.) nanošena su po dva pupoljka: jedan od njih je nosio sektorijalnu otpornost a drugi VŠŠ. Oba izrasla lastara su zdrava. Od tri ispitivana genotipa šljive sektorijalna otpornost je najizraženija kod Crvene ranke, sledi sorta Stenley a najslabija sektorijalna otpornost je nađena kod sorte Čačanska rodna.

**Ključne reči:** šljiva, virus šarke šljive, sektorijalna otpornost.

### Pregled dosadašnjih istraživanja sektorijalne otpornosti

Posle prvih opisa virusnih oboljenja biljaka i izdvajanje fitopatogenih virusa kao posebnih prouzrokovaca biljnih bolesti krajem 19. veka (Mayer, 1886, Ivanovski, 1892, Beijerinck, 1898, loc. cit. Šutić, 1980) pa sve do kraja treće decenije 20. veka bilo je sveopšte prihvaćeno uverenje da se biljne viroze karakterišu opštom, odnosno sistemičnom zarazom obolelog biljnog organizma i svake njegove ćelije (Šutić, 1980). Kasnija istraživanja, međutim, pokazala su da postoje brojna odstupanja od opšteproglšenih i napred navedenih načela. Prvo je opisana lokalna zaraza biljaka fitopatogenim virusima (Holmes, 1929, loc. cit. Walkey, 1985). Dalja proučavanja su pokazala da fitopatogeni virusi nisu prisutni u meristemskim ćelijama vrhova vegetativnih kupa viroznih biljaka (Limasset et Cornuet, 1949. loc. cit. Šutić, 1980.). Odsustvo virusa u meristemskim ćelijama viroznih biljaka omogućilo je razvoj postupka dobijanja bezvirusnih biljaka kulturom meristema (Morel et Martin, 1955, loc. cit. Šutić, 1980). Nepprisustvo virusa u meristemskim – tvornim ćelijama povezano je i sa retkim prenošenjem ovih patogena semenom obolelih biljaka (Šutić, 1980).

Krajem 20. veka, odnosno čitav vek po otkrivanju fitopatogenih virusa i viroze biljaka, da neki od biljnih virusa i pri tzv. sestemičnoj (opštoj) zarazi, nisu prisutni u svim delovima obolelih biljaka. Tako je kod biljaka paprike sorte Niška šipka zaraženim jednim posebnim sojem virusa mozaika duvana (VMD) prisustvo virusa dokazano u korenu, stablu, peteljka ploda i u plodu, ali ne i u listu (Šutić i dr., 1978). Na stablu i plodovima obolelih biljaka Niške šipke ispoljavala se nekroza a na lišću samo uvelost. Ubrzo potom otkriven je i drugi slučaj nepotpune sistemčnosti VMD, takođe, kod zaraženih biljaka paprike (Tošić i dr., 1979.). Kod obolelih biljaka paprike sorte Šorok

---

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet u Zemunu, Nemanjina 6, 11080 Zemun, Srbija (tosmal36@eunet.rs)

šari, Austrijska kapija i Kalifornijsko čudo, a koje su bile zaražene jednim posebnim sojem VMD, ispoljavala se nekrotična pegavost na donjem lišću. To donje lišće sa simptomima nekrotične pegavosti masovno je otpadalo posle vrelih letnjih dana. Obbolele biljke zaostajale su u porastu i rodnost im je bila veoma umanjena. Veći broj tih biljaka paprike sa navedenim simptomima oboljenja presađeno je u veće saksije i preneto u hladnije uslove u kojima temperatura nije prelazila 25°C. Kod većine presađenih biljaka paprike donje lišće je otpalo a biljke su nastavile da rastu i da formiraju plodove. Samo se na vrlo malom broju presađenih biljaka paprike pojavila sistemična zaraza tipa mozaika. Navedena dva slučaja bila su povod da se opiše parcijalna, odnosno delimična sistemičnost VMD kod paprike (Tošić, 1982). Dakle, opisani primeri viroza paprike su pripisani delimičnoj sistemičnosti virusa.

Najnovija istraživanja su pokazala da se nepotpuna sistemičnost virusa javlja i kod stabala šljiva zaraženih virusom šarke šljive (VŠŠ) (Vulić i dr., 2011). Ta nepotpuna sistemičnost VŠŠ u stablima šljive indentifikovana je kao sektorijalna otpornost šljive prema VŠŠ. Da je u pitanju otpornost dokazano je kalemljenjem prenošenjem te otpornosti i na podlogu i na kalem. Primenjen je metod dvostrukog kalemljenja. Na istu podlogu nanose se dva pupoljka, jedan nosilac VŠŠ a drugi nosilac sektorijalne otpornosti šljive prema VŠŠ. Taj drugi pupoljak je uzet sa grane koja je ispoljavala sektorijalnu otpornost prema VŠŠ. Oba izrasla lastara su zdrava. Tako je dokazano da se sektorijalna otpornost šljive prema VŠŠ prenosi kalemljenjem i da pripada tzv. vegetativnoj otpornosti (Vulić i dr., 2013). Vegetativnu otpornost je otkrio i opisao Šutić (1965).

Sektorijalna otpornost šljive prema VŠŠ pruža šansu za kontrolu jedne od najznačajnijih i najštetnijih virusnih bolesti gajenih biljaka, uopšte. Na kraju, razjašnjavanje prirode sektorijalne otpornosti doprineće i boljem upoznavanju međuodnosa biljaka i fitopatogenih virusa.

### Literatura

- Šutić, D. (1965). Vegetative effect of some plants on the curing of plum infected with sarka (*Plum pox virus*). *Zaštita bilja*, 85-88: 347-359.
- Šutić, D. (1980). Biljni virusi. Nolit, Beograd.
- Šutić, D., Tošić, M., Pešić, Z. (1978). Virus mozaika duvana prouzrokovao nekroze paprike. *Zaštita bilja*, 146: 309-315.
- Tošić, M. (1982). Tobacco mosaic virus partially systemic in *Capsicum annum*. *Acta Horticulturae*, 127: 79-82.
- Tošić, M., Ivanović, M., Mitrović, G., Krsmanović, Ž., Kojić, Z. (1979). Prilog poznavanju viroza paprike u našoj zemlji. *Zaštita bilja*, 150: 335-343.
- Vulić, T., Nikolić, D., Oparnica, Č., Đorđević, B., Kuzmanović, S., Starović, M., Đinović, I., Nikolić, N., Tošić, M. (2011). Sektorijalna otpornost šljive na šarku (virus šarke šljive). *Zaštita bilja*, 275: 5-15.
- Vulić, T., Oparnica, Č., Đorđević, B., Kuzmanović, S., Starović, M., Ford, R.E., Tošić, M. (2013): Plum sectorial resistance to plum pox virus is graft transmissible. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 48(2): 219-225.
- Walkey, D.G.A. (1985). *Applied plant virology*. John Wiley & Sons, NY.

## PLUM SECTORIAL RESISTANCE TO PLUM POX VIRUS

*Mališa Tošić*

### Abstract

Plum sectorial resistance to *Plum pox virus* (PPV) is manifested in the part of a crown of a plum tree which is infected by PPV. There is no presence of PPV or symptoms of disease (sharka) in that part of the crown of a plum tree. This type of resistance was found in three plum cvs. Čačanska Rodna, Stanley and Crvena Ranka. Sectorial resistance was successfully transmitted and proven by double grafting. Two buds were grafted to the same rootstock of the Myrobalan (*Prunus cerasifera* Ehrh.). One bud was a carrier of the PPV and the other was a carrier of the resistance to the PPV. Both of the buds developed healthy shoots. Among the three examined plum cvs. the best results were obtained with cv. Crvena ranka, followed by cv. Stanley. The weakest sectorial resistance showed to be in cv. Čačanska rodna.

**Key words:** Plum, *Plum Pox Virus*, Sectorial resistance

---

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture in Belgrade-Zemun, Nemanjina 6, 11080 Zemun, Serbia (tosmal36@eunet.rs)

## IN VITRO RAZMNOŽAVANJE NOVIH VEGETATIVNIH PODLOGA ZA ŠLJIVU

Tatjana Vujović<sup>1</sup>, Durđina Ružić<sup>1</sup>, Tatjana Marjanović<sup>1</sup>

**Izvod:** Vegetativne podloge za šljivu Docera, Dospina i St. Julien A su umnožavane *in vitro* pet uzastopnih supkultura na medijumu konstantnog sastava u cilju ispitivanja uticaja sukcesivnog supkultivisanja na parametre multiplikacije. Kod podloga Docera i Dospina uočeno je značajno povećanje indeksa multiplikacije i dužine osovinskih izdanaka u 3. supkulturi, posle čega njihova vrednost postepeno opada do 5. supkulture, ali i dalje ostaje značajno veća u odnosu na prve dve supkulture. Suprotno, kod podloge St. Julien A uočeno je trend pada indeksa multiplikacije od 1. ka 3. supkulturi, posle čega njegova vrednost ponovo raste i ostaje na nivou 1. supkulture. Dužina osovinskih izdanaka se tokom supkultivisanja menjala na isti način kao kod podloga Docera i Dospina. Najveći kapacitet ožiljavanja *in vitro* utvrđen je kod podloge Docera (91,7%), a najniži kod St. Julien A (44,4%).

**Ključne reči:** Docera, Dospina, St. Julien A, *in vitro*, mikropropagacija

### Uvod

Podloge za kalemljenje se tradicionalno razmnožavaju vegetativnim metodama (dugotrajan proces sa visokim udelom manuelnog rada), ili generativnim putem koji ne garantuje uniformnost sadnog materijala. Primena mikropropagacije u razmnožavanju podloga za kalemljenje započeta je 70-tih godina XX veka i u narednih 20 godina razvijen je veliki broj protokola za razmnožavanje podloga za različite sorte kontinentalnih vrsta voćaka (Vujović, 2012.).

Kod podloga za šljivu ova metoda je uspešno primenjena kod različitih klonova džanarike (*Prunus cerasifera* Ehrh.) kao što su podloge Mr.S serije (Fortuna i sar., 1996.), Myrobalan 29C (Shabani i sar., 2015.), Dzanka 4 (Nacheva i sar., 2002.), ali i vegetativnih podloga, Jaspi (Vujović i sar., 2012; Mahajan i sar., 2017.) i St. Julien A (Garoosi i sar., 2017.). Većina navedenih istraživanja je bila fokusirana na ispitivanje uticaja vrste i koncentracije biljnih regulatora raste (plant growth regulator – PGR) na multiplikaciju i ožiljavanje, dok je uticaj broja supkultura na regenerativnu sposobnost izdanaka *in vitro* znatno manje razmatran (Vujović i sar., 2012.). Generalno posmatrano, uticaj supkultivisanja na kapacitet za multiplikaciju *in vitro* značajno varira u zavisnosti od genotipa. Smanjenje indeksa multiplikacije tokom dugotrajnog gajenja i supkultivisanja na medijumima nepromenjenog PGR sastava uočeno je kod ananasa (Hamad i Taha, 2008.), ali i vegetativnih podloga za *Prunus*-e (Vujović i sar., 2012.). Međutim momenat pada kapaciteta za multiplikaciju značajno zavisi od uslova u kulturi *in vitro* (PGR sastav medijuma, dužine supkulture i dr.). Nasuprot ovome, Debnath (2004.) je kod maline (*Rubus pubescens* Raf.) uočio povećanje indeksa multiplikacije, dužine i broja listova tokom prve tri supkulture, posle čega se vrednost ovih parametara nije značajno menjala.

Polazeći od činjenice da je osnovna svrha mikropropagacije postizanje i održavanje visokih indeksa multiplikacije tokom *in vitro* gajenja, cilj ovih istraživanja je bio

<sup>1</sup>Institut za voćarstvo, Kralja Petra I br. 9, Čačak, Srbija (tvujovic@institut-cacak.org).

utvrđivanje uticaja uzastopnog supkultivisanja na kapacitet za multiplikaciju različitih podloga za šljivu gajenih na medijumu konstantnog PGR sastava.

### Materijal i metode rada

U eksperimentima su korišćene tri vegetativne podloge za šljivu. Docera 6 (*P. domestica* × *P. cerasifera*) i Dospina 235 (*P. domestica* × *P. spinosa*) pripadaju serijama podloga koje su stvorene kao rezultat oplemenjivačkog programa sprovedenog na Technische Universität München-Weihenstephan sa ciljem stvaranja podloga sa hipersenzitivnom rezistencijom na *Plum pox virus* (Neumüller i sar., 2013.). St. Julien A pripada trnošljvi (*P. insititia*), odlikuje se srednjom bujnošću, dobrom kompatibilnošću ne samo sa šljivom već i sa breskvom, nektarinom i kajsijom. Veoma često je korišćena podloga u Evropi, naročito u Engleskoj i Nemačkoj.

Grančice odabranih podloga su uzimane sa stabala u polju u fazi početka vegetacije (kraj marta) i držane u laboratorijskim uslovima, na sobnoj temperaturi. Vegetativni pupoljci su skidani sa grančica počev od petog dana po unošenju u laboratorijske uslove pa u narednih sedam dana. Isprani su u protočnoj vodi (1,5–2 h), zatim u 70% etanolu (1'), 10% varikini (10') i 3 puta u sterilnoj vodi. Eksplantati veličine 0,3–0,8 cm su izolovani pod stereomikroskopom i postavljeni na MS medijumu (Murashige i Skoog, 1962.) sa 2 mg l<sup>-1</sup> N6-benzil-adenina (BA), 0,5 mg l<sup>-1</sup> indol-3-buterne kiseline (IBA) i 0,1 mg l<sup>-1</sup> giberelne kiseline (GA<sub>3</sub>). Praćeni su sledeći parametri: procenat eksplantata koji je inicirao rozetu, kontaminiran i nekrotirao, i broj iniciranih lisnih rozeta po eksplantatu. U fazi multiplikacije, u svim supkulturama i za sve genotipove, korišćen je MS medijum sa BA 1, IBA 0,1 i GA<sub>3</sub> 0,1 mg l<sup>-1</sup>, 30 g l<sup>-1</sup> saharoze i 7 g l<sup>-1</sup> agara, pH 5,7. Praćeni su sledeći parametri: indeks multiplikacije, dužina osovinskog i bočnih izdanaka. Supkultura je trajala 28 dana.

U fazi ožiljavanja je korišćen MS medijum sa mineralnim solima smanjenim na ½, 1 mg l<sup>-1</sup> IBA i 0,1 mg l<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>. Supkultura je trajala 28 dana i praćeni su: procenat ožiljavanja, prosečan broj i dužina korenova i dužina ožiljenih biljaka.

Kulture su gajene u klimatizovanoj prostoriji sa kontrolisanom temperaturom (23 ± 1 °C), fotoperiodom (16/8 h, svetlost/mrak) i intenzitetom svetlosti (8,83 Wm<sup>-2</sup>).

Dobijeni rezultati su obrađeni statistički, analizom varijanse (ANOVA) i Dankanovim testom višestrukih intervala, za p < 0,05.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Na osnovu dobijenih rezultata može se konstatovati da upotrebljena procedura površinske sterilizacije nije dala zadovoljavajuće rezultate u odnosu na procenat kontaminiranih kultura koji se kretao u intervalu 40,0–58,6% (Tabela 1). Na visok procenat kontaminacije kod pupoljaka uzimanih sa biljaka iz polja je verovatno najveći uticaj imao jači intenzitet površinske kontaminacije biljnog materijala. Prema Hartman i Kester-u (1983.) matične biljke sa kojih se uzimaju početni eksplantati je potrebno držati u kontrolisanim uslovima staklare, sa maksimalno smanjenom vlažnošću vazduha, ili čak izbegavanjem zalivanja biljaka i do tri nedelje pre uzimanja eksplantata. Pored kontaminacije, uočen je i relativno visok procenat nekroze (20,0–35,2%), tako da je procenat eksplantata koji je formirao rozetu varirao u opsegu od 12,2% do 40,0%. Međutim, broj i kvalitet iniciranih lisnih rozeta bio je zadovoljavajući za sve genotipove (Tabela 1, Slika 1).

Tabela 1. Uspostavljanje aseptične kulture vegetativnih podloga za šljivu

Table 1. Establishment of aseptic culture of plum rootstocks

Genotip <i>Genotype</i>	Procenat kontaminacije	Procenat nekroze	Indukcija rozete <i>Rosette initiation</i>	Br. indukovanih rozeta
Docera	40,0 b	20,0 b	40,0 a	4,67 a
Dospina	45,9 b	35,2 a	18,9 b	2,00 c
St. Julien A	58,6 a	29,3 ab	12,2 b	3,00 b

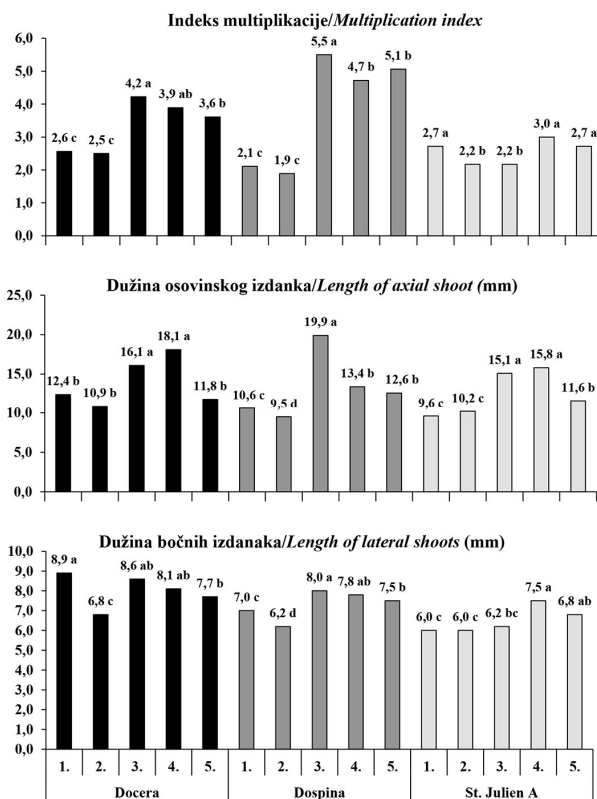


Slika 1. Inicijacija rozete: a) Docera; b) Dospina; c) St. Julien A

Figure 1. Rosette initiation: a) Docera; b) Dospina; c) St. Julien A

Posle uspostavljanja aseptične kulture izdanci ispitivanih podloga su tokom pet uzastopnih supkultura multiplicirani na medijumu konstantnog sastava. Na osnovu praćenja promene regenerativne sposobnosti izdanaka utvrđeno je značajno povećanje indeksa multiplikacije i dužine osovinskih izdanaka kod podloga Docera (4,2 i 18,1 mm) i Dospina (5,5 i 19,9 mm) u trećoj supkulturi, posle čega njihova vrednost postepeno opada do pete supkulture (3,6 i 11,8 mm – Docera; 5,1 i 12,6 mm – Dospina), ali i dalje ostaje značajno veća u odnosu na prve dve supkulture (Graf. 1). Norton i Norton (1986.) su ispitujući uticaj supkultivisanja na multiplikaciju kod 6 ukrasnih vrsta i sorata familije *Rosaceae* utvrdili da posle nekoliko prvih supkultura, tokom kojih je zabeležen rast, dolazi do postepenog smanjenja indeksa multiplikacije, ali i dužine izdanaka i veličine listova i to nezavisno od koncentracije BA u medijumu za multiplikaciju. Prema ovim autorima smanjenje indeksa multiplikacije može biti rezultat epigenetičkih promena koje nastaju kao odgovor na permanentno prisustvo i kumulativno nakupljanje biljnih regulatora rastenja (najverovatnije citokinina), kao i inhibitornog efekta rezidua koje nastaju njihovim metabolizmom, ili smanjene dostupnosti nekih mineralnih komponenata i saharoze u medijumu za multiplikaciju. Mogući uzrok ove pojave je i nedostatak varijabilnosti faktora spoljašnje sredine u *in vitro* uslovima (fotoperiod, temperatura), koji bi imitirali sezonske promene *in vivo*. Suprotno, kod podloge St. Julien A uočen je trend pada indeksa multiplikacije od prve (2,7) ka trećoj supkulturi (2,2), posle čega njegova vrednost ponovo raste i ostaje na nivou prve supkulture (Graf. 1). Međutim, dužina osovinskih izdanaka se tokom supkultivisanja menjala na isti način kao kod podloga Docera i Dospina. Gubitak regenerativnog kapaciteta u prvim supkulturama za čak 50% je uočen i kod ananasa (Hamad i Taha, 2008.). Kod ovog genotipa je utvrđeno da je smanjenje indeksa multiplikacije tokom prve tri supkulture prevashodno determinisano dužinom i da se može prevazići produženjem vremena trajanja jedne supkulture sa 30 na 75 dana, čime se omogućava formiranje većeg broja začetaka aksilarnih pupoljaka koji će u sledećoj supkulturi dati multiplikaciju.

Dužina bočnih izdanaka kod podloga Dospina i St. Julien A se takođe postepeno povećavala od prve ka petoj supkulturi, dok je kod podloge Docera uočeno smanjenje vrednosti ovog parametra sa supkultivisanjem (Graf. 1). Međutim tokom celog perioda umnožavanja *in vitro*, izdanci su bili normalne morfologije, dobro razvijenog habitusa i sa širokim, tamnozelenim listovima (Slika 2a-c).



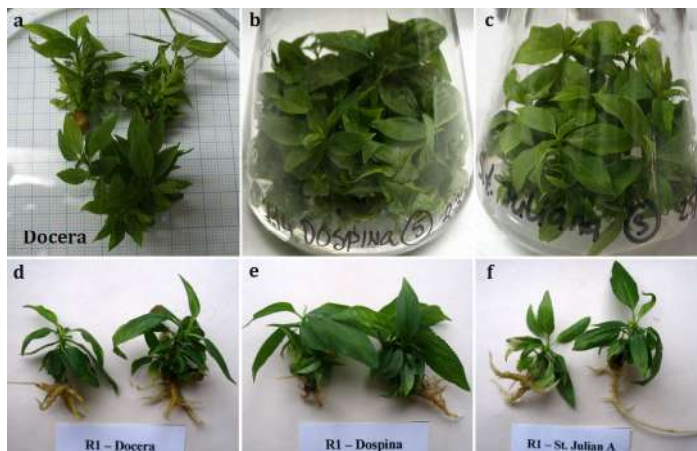
Graf. 1. Uticaj supkultivisanja na parametre multiplikacije vegetativnih podloga za šljivu  
 Graph. 1. Effect of subculturing on multiplication parameters of plum rootstocks

Tabela 2. Parametri ožiljavanja vegetativnih pologa za šljivu  
 Table 2. Parameters of rooting in plum rootstocks

Genotip Genotype	Procenat ožiljavanja Rate of rooting (%)	Broj korenova No. of roots	Dužina korenova Root length (mm)	Dužina izdanaka Shoots height (mm)
Docera	91,7 a	3,9 a	12,3 b	12,9 ab
Dospina	51,9 b	2,4 b	11,4 b	16,0 a
St. Julien A	44,4 c	1,8 c	15,8 a	10,9 b

Kapacitet za ožiljavanje izdanaka *in vitro* zavisi od velikog broja faktora kao što su: starost eksplantata, dužina subkultivisanja, koncentracija i vrsta citokina, odnos koncentracije citokinin/auksin u medijumu za multiplikaciju, kao i količina citokina u tkivima usvojena tokom faze multiplikacije. U našim eksperimentima, uzimajući u obzir sve proučene parametre, najveći kapacitet za rizogenezu utvrđen je kod podloge Docera, a najniži kod podloge St. Julien A (Tabela 2, Slika 2 d-f). Stoga je kod podloge Dospina i St. Julien A potrebno izvršiti dodatnu optimizaciju ove faze testiranjem drugih vrsta auksina u cilju postizanja većih procenata ožiljavanja.





Slika 2. Izdanci vegetativnih podloga za šljivu u fazi multiplikacije i ožiljavanja: Docera (a, d); Dospina (b,e); St. Julien A (c, f)

Figure 2. Shoots of plum rootstocks in multiplication and rooting stages: Docera (a, d); Dospina (b,e); St. Julien A (c, f)

### Zaključak

Prikazani protokol za razmnožavanje vegetativnih podloge za šljivu, uz neznatna usavršavanja faze multiplikacije i ožiljavanja, uvođenjem novih regulatora rastenja i/ili variranjem njihove koncentracije tokom supkultivisanja, može naći praktičnu primenu u komercijalnoj mikropropagaciji.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekata TR-31064 finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja RS.

### Literatura

- Debnath S.C. (2004). Clonal propagation of dwarf raspberry (*Rubus pubescens* Raf.) through *in vitro* axillary shoot proliferation. *Plant Growth Regulation*, 43, 179–186.
- Fortuna F., Citernes A.S., Morini S., Vitagliano C., Giovannetti M. (1996). Influence of arbuscular mycorrhizae and phosphate fertilization on shoot apical growth of micropropagated apple and plum rootstocks. *Tree Physiology*, 16, 757–763.
- Garoosi G., Nezami E., Ostadsharif O. (2018). Effects of some anti-auxins on micropropagation and growth parameters and IAA-oxidase activity in Saint Julien A rootstock. *Journal of Plant Process and Function*, 6 (19), 303–310.
- Hartman H.T., Kester D.E. (1983). *Plant propagation, principles and practices*. Prentice-Hall INC, Engelwood Cliffs, New Jersey, USA, 545–552.
- Hamad A.M., Taha R.M. (2008). Effect of sequential subcultures on *in vitro* proliferation capacity and shoot formation pattern of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) over different incubation periods. *Scientia Horticulturae*, 117, 329–334.

- Mahajan S., Sharma N., Kaur R., Kumar S., Kumar K. (2017). *In vitro* propagation and analysis of genetic stability of *in vitro* propagated plants of Jaspí - A clonal rootstock of *Prunus*. *Advances in Research*, 12 (5), 1–12.
- Murashige T., Skoog F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15, 473–497.
- Nacheva L., Ivanova K., Manolov P., Zlatev Z. (2002). Possibilities for application of photoautotrophy in micropropagation of Dzhanka 4 (*Prunus cerasifera* Ehrh.) rootstock. *Acta Horticulturae*, 577, 199–205.
- Neumüller M., Mühlberger L., Siegler H., Hartmann W., Treutter D. (2013). New rootstocks with resistance to *Plum pox virus* for *Prunus domestica* and other stone fruit species: the ‘Docera’ and ‘Dospina’ rootstock series. *Acta Horticulturae*, 985, 155–165.
- Norton M.E., Norton C.R. (1986). Change in shoot proliferation with repeated *in vitro* subculture of shoots of woody species of *Rosaceae*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 5(3): 187–197.
- Shabani Z., Maghadam E.G., Abedi B., Tehranifar A. (2015). The effect of plant growth regulators and their concentration *in vitro* on mass propagation of Myrobalan 29C rootstock. *Journal of Horticulture and Forestry*, 7 (3), 57–64.
- Vujović T., Ružić Đ., Cerović R. (2012). *In vitro* shoot multiplication as influenced by repeated subculturing of shoots of contemporary fruit rootstocks. *Horticultural Science (Prague)*, 39 (3), 101–107.

## IN VITRO PROPAGATION OF CONTEMPORARY VEGETATIVE ROOTSTOCKS FOR PLUM

Tatjana Vujović<sup>1</sup>, Durđina Ružić<sup>1</sup>, Tatjana Marjanović<sup>1</sup>

### Abstract

To determine the effect of successive subculturing on multiplication capacity of shoots, vegetative rootstocks for plum Docera, Dospina and St. Julien A were repeatedly subcultured for 5 subcultures on medium of unchanged composition. As for Docera and Dospina, significant increase in multiplication index and length of axial shoots was observed in the 3. subculture, whereupon their values gradually decreased to the 5. subculture, but remained considerably higher in comparison with the values in the first two subcultures. Contrary, in St. Julien A shoot multiplication declined over the first three subcultures, then increased and remained at the level of the 1. subculture. Length of axial shoots was changed in the same way as for Docera and Dospina. The highest capacity for *in vitro* rooting was observed in Docera (91.7%), while the lowest was in St. Julien A (44.4%).

**Key words:** Docera, Dospina, St. Julien A, *in vitro*, micropropagation

---

<sup>1</sup>Fruit Research Institute, Kralja Petra I no. 9, Čačak, Serbia (tvujovic@institut-cacak.org).

## FITOTOKSIČNI EFEKTI SOLI NATRIJUMA NA KLIJAVOST I PORAST KLICE TRITIKALEA

*Gorica Đelić<sup>1</sup>, Marina Topuzović<sup>2</sup>, Milica Novaković<sup>3</sup>, Snežana Branković<sup>4</sup>, Milena Đurić<sup>5</sup>*

**Izvod:** Limitirajući faktor za povećanje poljoprivredne proizvodnje za brojne biljne vrste je salinitet zemljišta, odnosno povećana koncentracija lako rastvorljivih soli u zemljištu, naročito natrijumovih. Cilj proučavanja bio je da se utvrdi efekat stresa soli natrijuma (NaCl, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) na klijanje i rast klijanaca tritikalea sorte Vojvoda i Smaragd, kako bi se odredio stepen tolerantnosti ovih sorti na ispitivane soli. Rezultati pokazuju obrnutu korelaciju između korišćenih koncentracija soli i procenta klijavosti i rasta korenka i hipokotila. Na osnovu toksičnog efekta na procenat klijavosti, energiju klijavosti, dužinu korenka i hipokotila semena triikalea sorte Vojvoda i sorte Smaragd najjači toksični efekat ima Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a najslabiji NaCl. Sorta Smaragd osetljivija je na prisustvo soli natrijuma u odnosu na sortu Vojvoda .

**Gljučne reči:** tritikale, sorte, klijavost, porast klice, soli natrijuma

### Uvod

Visoke koncentracije solubilnih soli u zoni korena remete apsorpciju esencijalnih jona (Tester and Devenport, 2003). a svojim visokim osmotskim pritiskom ograničavaju uzimanje vode korenovim sistemom što inhibira rast biljke. Zbog toga, biolozi, fiziolozi, genetičari proučavaju biljne odgovore na stres izazvan prisustvom soli i njihovi rezultati služe kao kriterijumi za selekciju tolerantnih biljnih vrsta na soli. Tolerantnost na sušu je primarna prednost jarog tritikalea u odnosu na druge jare žitarice. Potrebe tritikalea za azotom su nešto manje od ostalih kultura što čini tritikale veoma primamljivim u organskoj poljoprivredi. Semena tritikalea su izuzetno osetljiva na CdSO<sub>4</sub> jer Cd inhibira klijavost i rast klice tritikalea čak pri niskim koncentracijama (Brezoczki & Filip 2017). Atak et al (2006) su utvrdili da se sadržaj jona Na i Cl u semenu tritikalea koje je klijalo u prisustvu NaCl povećava dok se sadržaj jona K smanjuje a da je smanjenje klijavosti izazvano zbog viška Na jona a ne zbog osmotskog sresa. Kaydan D.,& Yagmur M. (2008) tvrde da % klijavosti i razvoj klice tritikalea u prisustvu NaCl zavisi od veličine semena. Tretiranje semena tritikalea slabim rastvorom salicilne kiseline pozitivno utiče na parametre rasta kao što su procent klijanja, brzina klijanja, dužine snimanja i dužine korena u prisustvu NaCl (Ghodrat et al. 2013). Semena tritikalea ozime sorte KG 20 su ne tolerantna na prisustvo soli NaCl, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, jer i u najslabijim koncentracijama ove soli imaju toksični efekat na klijavost i razvoj klijanca (Mladenović, 2014).

---

<sup>1,2,3,4</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet Kragujevac, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Srbija ([gdelic@kg.ac.rs](mailto:gdelic@kg.ac.rs));

<sup>5</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet, Čačak, cara Dušana 34, Čačak, Srbija.

Sorta Karma-2000, je tolerantnija na prisustvo NaCl u odnosu na sorte Presto i Tatľćak-97 (Atak et al. 2006).

### Materijal i metode rada

Eksperiment je sproveden u laboratoriji Instituta za biologiju i ekologiju, Prirodno-matematićkog fakulteta, Univerziteta u Kragujevcu. Efekat toksićnosti soli na klijanje semena tritikalea jarih sorti Smaragd i Vojvoda, ispitivan je korišćenjem rastvora soli: NaCl, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, koncentracija 0,02 mol/dm<sup>3</sup>; 0,04 mol/dm<sup>3</sup>; 0,08 mol/dm<sup>3</sup>; 0,16 mol/dm<sup>3</sup>; 0,32 mol/dm<sup>3</sup>, 0,64 mol/dm<sup>3</sup>. Semena su dobijena iz skladišta Instituta za strna Źita u Kragujevcu. Eksperiment je uzveden tako Źto je za jednu so korišćeno po 6 sterilnih petri kutija, na ćijem dnu je Whatman No.1 filter papir. U svaku petri kutiju je stavljeno po 50 semena i 5 ml rastvora soli odrećene koncentracije Sedma petri kutija je predstavljala kontrolu, odnosno korišćeno je 5 ml destilovane vode. Sve petri kutije za vreme eksperimenta drŹane su u termostatu na temperaturi od +22 °C. Na svakih 24 sata od postavljanja eksperimenta, vršeno je brojanje klijalih semena, da bi poslednjeg – sedmog dana eksperimenta, merena duŹina korenka i hipokotila svakog klijalog semena. Na osnovu broja klijalih semena, tj. procenta klijavosti, energije klijanja, duŹine korenka i klice, raćena je analiza uticaja soli na proces klijanja.

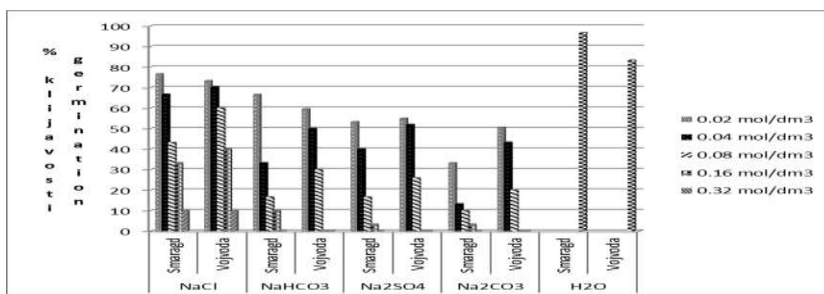
Energija klijavosti je raćunata po obrascu: 
$$\frac{\sum(n \times p)}{\sum m}$$

gde je: *n* - vreme klijanja (prvi dan, drugi dan...); *p* - broj klijalih semena; *m* - ukupan broj klijalih semena (Komljenović & Todorović, 1998).

### Rezultati istraŹivanja i diskusija

Rezultati eksperimenta pokazali su da je klijavost semena tritikalea sorte Smaragd u kontroli 96,7% (Grafikon 1). Seme sorte Smaragd imaju veću klijavost (Grafikon 1) od sorte Vojvoda i to za 13,4%. Na klijanje semena sorte Vojvoda i sorte Smaragd najslabiji toksićni efekat ima NaCl. U rastvoru koncentracije 0,02 mol/dm<sup>3</sup>, procenat klijavosti sorte Smaragd je 76,6 %, Źto je za 20,1 % manje u odnosu na kontrolu, a sorte Vojvoda je 73,3% Źto je za 10% manje u odnosu na kontrolu. Źto je koncentracija jaća, to je i toksićni efekat veći a manifestuje se smanjenjem procenta klijavosti. NaCl ima manji toksićan efekat u odnosu na ostale korišćene soli. U koncentraciji 0,02 mol/dm<sup>3</sup> % klijalih semena sorte Smaragd u rastvoru NaCl je za 10 % veći nego u rastvoru NaHCO<sub>3</sub>; za 23,3 % veći nego u rastvoru Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a ćak za 43,3 % veći u odnosu na rastvor Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. U koncentraciji 0,02 mol/dm<sup>3</sup> % klijalih semena sorte Vojvoda u rastvoru NaCl je za 13,7 % veći nego u rastvoru NaHCO<sub>3</sub>; za 18,3 % veći nego u rastvoru Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a ćak za 22,7% veći u odnosu na rastvor Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Slabiji toksićni efekat NaCl moŹe se videti i na osnovu subletalne koncentracije koja je za NaCl 0,32 mol/dm<sup>3</sup> kod obe sorte. Rastvor soli NaHCO<sub>3</sub> ima jaći toksićni efekat na klijanje semena obe ispitivane sorte u odnosu na rastvor soli NaCl a slabiji u odnosu na soli Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Koncentracija 0,32 mol/dm<sup>3</sup> rastvora NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ima letalno dejstvo na semena sorte Smaragd, dok semena sorte Vojvoda ne klijjaju u

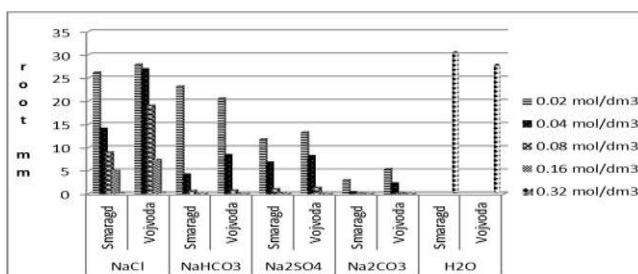
rastvorima  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  i  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  koncentracije  $0,16 \text{ mol/dm}^3$ . Tolerantnost biljaka na soli natrijuma je različita. Changyou et al. (2012) su pokazali da se na osnovu efekata koji imaju na halofitu *Chloris virgata* ove soli mogu poredati u niz:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{NaCl} > \text{Na}_2\text{SO}_4$ , odnosno i u ovom slučaju so  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ima najjači toksični efekat. Francois et al. (1989) su istraživali efekat saliniteta na prinos, kvalitet, vegetativni rast i klijavost raži i zaključali da dolazi do smanjenja prinosa, zbog manje težine klasa i pojedinačnih semena, a ne broja klasova.



Graf. 1. Uporedni pregled procenta klijalih semena tritikalea jarih sorti Smaragd i Vojvoda u različitim koncentracijama rastvora soli

Graph.1. Comparative analysis of the percentage germinated *Triticale* varieties of *Smaragd* and *Vojvoda* in different salts

Seme sorte Smaragd slabije klija u rastvorima soli  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  i  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  a samim tim i osjetljivija u odnosu na semena sorte Vojvoda. Na osnovu utvrđenog smanjenja procenta klijavosti semena obe sorte sve ispitivane soli možemo da poredamo u niz:  $\text{NaCl} < \text{Na}_2\text{SO}_4 < \text{NaHCO}_3 < \text{Na}_2\text{CO}_3$ . Ovakav redosled ukazuje da rastvor soli  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ima najjači inhibitorni efekat na klijavost semena sorte Smaragd i sorte Vojvoda.

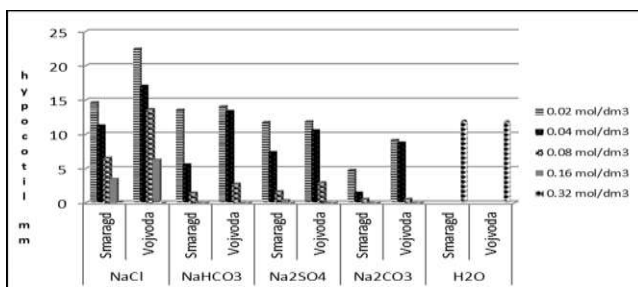


Graf. 2. Uporedni pregled dužine korenka (mm) tritikalea jarih sorti Smaragd i Vojvoda u različitim koncentracijama rastvora soli

Graph. 2. Comparative analysis of radicle length (mm) *Triticale* varieties of *Smaragd* and *Vojvoda* varieties of salts

Rastvori  $\text{NaCl}$  pokazuju toksični efekat i u odnosu na porast korenka klice obe sorte tritikalea (Grafikon 2). Najmanji toksičan efekat ima rastvor koncentracije  $0,02$

mol/dm<sup>3</sup> u kome je korenak sorte Smaragd za 14,7 % manji od kontrole, a sorte Vojvoda za 0,3% u odnosu na kontrolu. Ovo bi ujedno bila jedina koncentracija na koju je seme u izvesnom stepenu tolerantno.



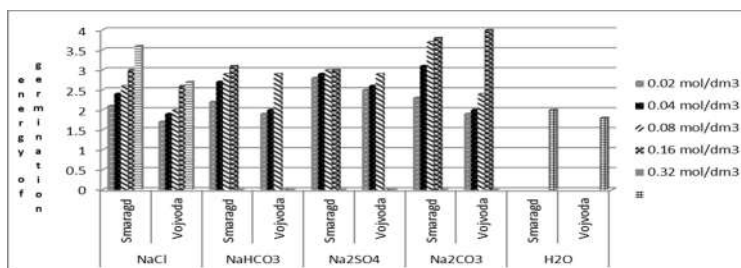
Graf. 3. Usporedni pregled dužine hipokotila (mm) tritikalea jarih sorti Smaragd i Vojvoda u različitim koncentracijama rastvora soli

Graph. 3. Comparative analysis of hypocotyl length (mm) Triticale varieties of Smaragd and Vojvoda varieties of salts

Rastvor NaCl koncentracije 0,04 mol/dm<sup>3</sup> dovodi do smanjenja klijavosti sorte Smaragd za 20 % u odnosu na kontrolu i do smanjenja dužine korenka za 54,1 %. To ukazuje da je za sagledavanje toksičnog delovanja ove soli bolji parametar dužina razvijenog korenka nego procenat klijalih semena. NaHCO<sub>3</sub> ima izuzetno jak inhibitorni uticaj na porast korenka obe sorte u svim korišćenim koncentracijama. Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ima jači toksični efekat na dužinu korenka obe sorte u odnosu na rastvor NaCl i NaHCO<sub>3</sub>. Rezultati su pokazali da je dužina korenka sorte Smaragd u koncentraciji 0,02 mol/dm<sup>3</sup> rastvora Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kraća za 50,8 % u odnosu na rastvor NaHCO<sub>3</sub>, a u odnosu na rastvor NaCl, kraća je za 55 %. Korenak sorte Vojvoda u koncentraciji 0,02 mol/dm<sup>3</sup> rastvora Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kraći je za 35,4 % u odnosu na rastvor NaHCO<sub>3</sub>, a u odnosu na rastvor NaCl, kraći je za 51,6 %. Rastvor Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ima najjači toksični efekat u odnosu na ostale ispitivane rastvore na dužinu korenka klice sorte Smaragd i sorte Vojvoda. Stres izazvan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> inhibira rast snažnije, u odnosu na NaHCO<sub>3</sub>, zbog velikih gubitka energije u vezi sa isključivanjem i neutralizacijom Na<sup>+</sup> jona, sintezom organskih anjona, sintezom prolina u citoplazmi, smanjenim kapacitetom fotosinteze i povećanoj propustljivost membrane (Zhan-Wu et al., 2012).

Toksično delovanje svih ispitivanih koncentracija NaCl na rast klice ogleda se u narušenom odnosu između korenka i hipokotila. Ovaj odnos je u kontroli 1: 2,5, (sorta Smaragd) odnosno 1: 2,3, (sorta Vojvoda). U rastvoru NaCl koncentracije 0,08 mol/dm<sup>3</sup> odnos je 1:1,4 kod obe sorte. Međutim, u rastvoru NaHCO<sub>3</sub> u koncentraciji 0,08 mol/dm<sup>3</sup> hipokotil sorte Smaragd je dva puta duži od korenka, a kod sorte Vojvoda hipokotil je 3,3 puta duži od korenka. Još jači toksični efekat izaziva rastvor Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> svih koncentracija. Na osnovu inhibirajućeg efekta na rast hipokotila (Grafikon 3) ispitivane soli možemo poredati u sledeći niz po jačini uticaja: NaCl < Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> < NaHCO<sub>3</sub> < Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. I u slučaju dejstva ispitivanih soli na porast hipokotila Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ima najjači a NaCl najslabiji efekat.

Energija klijavosti u kontroli kod sorte Smaragd je 2, kod sorte Vojvoda je 1.6, a u rastvorima soli NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaHCO<sub>3</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> kreće se od 2.1-3.7 (sorta Smaragd) i 1,7-4 kod sorte Vojvoda. Međutim kod sorte Smaragd (Grafikon 4) jači je toksični efekat, što ukazuje da je i na osnovu ovog parametra sorta Smaragd osetljivija na prisustvo soli u odnosu na sortu Vojvoda.



Graf. 4. Uporedni pregled energije klijavosti semena tritikalea jarih sorti Smaragd i Vojvoda u različitim koncentracijama rastvorila soli

Graph. 4. Comparative analysis of germination energy of Triticale varieties of Smaragd and Vojvoda varieties of salts

### Zaključak

Na osnovu toksičnog efekta na procenat klijavosti, energiju klijavosti, dužinu korenka i hipokotila semena tritikalea sorte Vojvoda i sorte Smaragd ispitivane soli možemo poredati u niz: NaCl < Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> < NaHCO<sub>3</sub> < Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Najslabiji efekat na sva analizirana svojstva ima rastvor NaCl a najjači Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Sa povećanjem koncentracija soli natrijuma značajno su se smanjivali svi praćeni parametri razvoja i rasta klice obe sorte tritikalea. Seme sorte Smaragd slabije klija i klica ima manji porast u rastvorima soli NaCl, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, jer ima niži stepen tolerantnosti na ove soli u odnosu na seme sorte Vojvoda.

### Literatura

- Changyou L., Xiaoping W., Huan W., Futai N. (2012). Decheng Shi Comparative investigation of single salts stresses and their mixtures on Eragrostioid (*Chloris virgata*) to demonstrate the relaxation effect of mixed anions. *AJCS* 6(5):839-845.
- Komljenovic I., Todorovic V. (1998). Opšte ratarstvo-praktikum. Poljoprivredni fakultet, Banja Luka.
- Tester M., Davenport R. (2003). Na<sup>+</sup> tolerant and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. *Annals of Botany*, 91: 503-527.
- Zhan-Wu G., Zhang J., Liu Z, Qing-Tao X., Xiu-Jun L., Chun-Sheng M., (2012). Comparative effects of two alkali stresses, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and NaHCO<sub>3</sub> on cell ionic balance, osmotic adjustment, pH, photosynthetic pigments and growth in oat (*Avena sativa* L.). *Australian journal of crop science*, *AJCS* 6(6):995-1003.

- Kaydan D., Mehmet Yagmur M. (2008). Germination, seedling growth and relative water content of shoot in different seed sizes of triticale under osmotic stress of water and NaCl. African Journal of Biotechnology Vol. 7 (16), pp. 2862-2868.
- Ghodrat V., Javad Roustae M., Zare N. (2013). Improving germination and growth of Triticale (X Triticosecale Wittmack) by priming with Salicylic acid (SA) under saline conditions International Journal of Agriculture and Crop Sciences. /5-16/1832-1835.
- Atak M., Kaya MD., Kaya G., IKILI Y., Yaşar C. (2006) Effects of NaCl on the Germination, Seedling Growth and Water Uptake of Triticale. Turk J Agric For. 30, 39-47.
- Mladenović Ž. (2014) Efekti stresa soli natrijuma na klijanje semena i rast klijanca ozime sorte *Triticale* KG-20<sup>cc</sup>. Završni rad, PMF, Univerzitet u Kragujevcu
- Brezoczki VM., Filip G M. (2017). The heavy metal ions (Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Cd<sup>+</sup>) toxic compounds influence on triticale plants growth IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 200 012025.

## PHYTOTOXIC EFFECTS OF SODIUM SALTS ON GERMINATION AND GROWTH TRITICALE GERMS

*Gorica Delić<sup>1</sup>, Marina Topuzović<sup>2</sup>, Milica Novaković<sup>3</sup>, Snežana Branković<sup>4</sup>, Milena Đurić<sup>5</sup>*

### Abstract

The limiting factor for increasing agricultural production for numerous crops is land salinity. The aim of the study was to determine stress effect of sodium salt (NaCl, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) on germination and growth triticale varieties – Vojvoda and Smaragd variety, in order to determine degree of tolerance of these varieties on the examined salts. Based on the toxic effect on percentage of germination, germination energy, root length and hypocotyl of the triticale Vojvoda variety and Smaragd variety, the most toxic effect has Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and the weakest toxic effect has NaCl. The Smaragd variety is more susceptible to the presence of sodium salts in relation to the Vojvoda variety.

**Key words:** triticale, varieties, germination, growth of germs, sodium salts

---

<sup>1,2,3,4</sup>University of Kragujevac, Faculty of Science Kragujevac, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Serbia (gdjelic@kg.ac.rs);

<sup>5</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia



## UTICAJ NAVODNJAVANJA NA INTENZITET POJAVE *VENTURIA INAEQUALIS* KOD JABUKE

Miroljub Aksić<sup>1</sup>, Gordana Šekularac<sup>2</sup>, Nebojša Gudžić<sup>1</sup>, Slaviša Gudžić<sup>1</sup>,  
Jasmina Knežević<sup>1</sup>, Dragan Grčak<sup>1</sup>, Milosav Grčak<sup>1</sup>

**Izvod:** Najveći intenzitet napada *V. Inaequalis* na lišću jabuke zabeležen je na kontrolnoj varijanti bez primene fungicida. Na kontrolnoj varijanti sa predzalivnom vlažnošću zemljišta 80% od PVK procenat zaraze bio je 26% i postepeno opadao ka kontrolnoj varijanti bez navodnjavanja (20%). Najmanji intenzitet zaraze je bio na kontrolnoj varijanti bez navodnjavanja (0,6%), gde je obavljen tretman sa fungicidom Score. Najveći procenat intenziteta napada *V. Inaequalis* na plodu jabuke bio je na varijanti bez hemijske zaštite (6,2%), gde je održavana predzalivna vlažnost zemljišta 80% od PVK. Na svim varijantama sa hemijskom zaštitom u uslovima navodnjavanja ostvaren je nizak intenzitet napada *V. Inaequalis* (0,1-0,5%).

**Gljučne reči:** navodnjavanje, jabuka, *Venturia Inaequalis*

### Uvod

U našoj zemlji navodnjavanje voćaka treba da je obavezno, jer je suša redovna pojava u letnjem periodu i često ostavlja ozbiljne posledice na umanjenje prinosa i pogoršava kvalitet plodova. Za naše agroekološke uslove se procenjuje da su godišnje potrebe voćnjaka za vodom 600-800 mm u zavisnosti od sorte, kao i od primenjene biotehnologije, prvenstveno uzgojnog oblika (Bošnjak, 1999.). Dubina zemljišta koju treba navodnjavati zavisi od dubine korenovog sistema i od faze razvoja biljke. Najveća masa bujnih podloga korena je u sloju 10-100 cm. Kod krzljivih podloga koren prodire pliće, a najveća masa se nalazi u sloju 10-60 cm (Fereses i Goldhamer 1990.). Dubina navodnjavanja za jabuku iznosi 0,40-0,55 m. U praksi se navodnjavanje najčešće koristi prema kritičnim periodima u odnosu na vodu, a to su: posle precvetavanja, 20-25 dana posle janskog opadanja plodova i 15-20 dana pre berbe plodova zimskih sorti (Mišić, 2004.). Za jedno zalivanje potrebno je 45 do 55 mm vode. Održavanjem vlažnosti zemljišta na 70-80% PVK u periodu najvećih potreba za vodom, a kasnije smanjenjem te vlažnosti na 65% PVK postižu se vrlo dobri rezultati (Gvozdenović i Dulić, 1981.).

Voda fitopatogena (kiša, navodnjavanje, prskanja) je veoma važna za širenje brojnih fitopatogena, kao i za *V. Inaequalis* (Boydready i Mundt, 1997.). Čadava pegavost lista i krastavost plodova jabuke, javlja se tamo gde su češće padavine i visoka relativna vlažnost vazduha, zato navodnjavanje treba da traje najviše 12 sati i to u noćnim terminima, kada su temperature vazduha niže (REPCO, 2007.).

<sup>1</sup>Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet u Lešku, Kopaonička bb, Lešak, Srbija (miroljub.aksic@pr.ac.rs);

<sup>2</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija.

### Materijal i metode rada

Ogled za ispitivanje efikasnosti fungicida u suzbijanju čađave pegavosti lišća i krastavosti plodova jabuke u uslovima navodnjavanja, obavljen je 2011. godine, u K.O. Kostadinovac – opština Merošina (Niški okrug), tip zemljišta gajnjača. Na oglednom polju se nalazi jabuka sorte Zlatni Delišes. Starost zasada je 12 godina, sistem gajenja je poboljšana piramidalna kruna. Sorte su kalemljene na srednje bujnoj podlozi MM 106, sklop biljaka je 1250 stabala ha<sup>-1</sup>, odnosno razmak u redu je 2 m, a između redova je 4 m, bez naslona. Nadmorska visina na kojoj se nalazi ova parcela je 300 m. Blag je nagib terena od 3°, jugozapadne ekspozicije. Ogled je postavljen po slučajnom blok sistemu u četiri ponavljanja. Ukupan broj ispitivanih stabala je 80. Zaštita od patogena obavljena je tokom aprila i maja meseca atomizerom u kasnim popodnevним časovima po tihom i mirnom vremenu, uz utrošak vode 800 l ha<sup>-1</sup>. U zasadu je obavljena redovna agrotehnika tokom vegetacije.

Predzalivna vlažnost zemljišta određena je merenjem vlažnosti zemljišta termogravimetrijskom metodom, a na ogledu je bilo tri varijante sa predzalivnom vlažnošću 60%, 70% i 80% od PVK. Navodnjavanje je obavljeno sistemom kap po kap.

Fungicidi kojima je tretirana jabuka za zaštitu od *V. Inaequalis* su: Score – 250 EC (Difenokonazol) 0,2 l ha<sup>-1</sup>, Chorus – 75 WG (Ciprodinil) 0,2 kg ha<sup>-1</sup>, Bravo – 720 SC (Hlorotalonil) 2 l ha<sup>-1</sup>. Tretiranja su obavljena u toku perioda ostvarivanja primarnih infekcija askosporama gljive *V. Inaequalis* i intenzivnog porasta mladara. Ova tri fungicida su primenjivana preventivno, u intervalu 7-10 dana.

Datum tretiranja: April mesec (01, 08, 18, 25); Maj mesec (02, 09, 16, 23, 30).

Ocena intenziteta napada *V. Inaequalis* određen je na lišću i plodovima. Intenzitet zaraze na lišću ocenjen je tako što se na svakom stablu uzelo po 5 grana sa raznih strana stabla jabuke. Tom prilikom svako stablo smatra se kao jedan uzorak ili ponavljanje. Broj pregledanih listova ili plodova zavisi od jačine zaraze i rodности stabla i obično se uzima 5 × 50 listova ili plodova. U slučaju manjeg broja plodova zaraza se odrađuje na zatečenom broju plodova (Stojanović i sar., 1971.).

Za ocenu intenziteta zaraze lišća koristila se sledeća skala:

- 0 ---- lišće nije zaraženo;
- 1 ---- lišće sa jednom pegom;
- 2 ---- lišće sa 2-5 pega;
- 3 ---- lišće sa 6-10 pega;
- 4 ---- lišće sa 11-20 pega ( polovina lista prekrivena pegama );
- 5 ---- lišće sa više od 20 pega (veći deo lista prekriven pegama ).

Kod ocene zaraze plodova korišćena je sledeća skala:

- 0 ---- plod nije zaražen;
- 1 ---- plod sa nekoliko pega;
- 2 ---- plod potpuno zaražen;

Procenat zaraženog lišća i plodova obračunat je po formuli Townsend i Heuberger-a:

$$P = \frac{\sum(n \cdot v)}{K \cdot N} \cdot 100$$

P – procenat zaraženog lišća ili plodova,

n – broj lišća u svakoj kategoriji,

v – brojna vrednost kategorije,  
 K – vrednost najveće kategorije,  
 N – ukupan broj pregledanog lišća ili plodova.  
 Vreme ocene efekta: List - 07.06.2011; Plod - 08.06.2011.

Efikasnost fungicida je izračunavana po formuli Abbott-a koja glasi:

$$E = (C - T) / C \times 100$$

E – efikasnost ispitivanog fungicida,  
 C – broj obolelih listova i plodova na netretiranoj varijanti,  
 T – broj obolelih listova i plodova na tretiranoj varijanti.

### Rezultati istraživanja i diskusija

U Nišavskom okrugu čađava krastavost plodova i lisna pegavost se redovno javljaju na jabuci u različitom intenzitetu, u zavisnosti od klimatskih faktora. Prvi simptomi bolesti zabeleženi su na čašičnim listićima, cvetnoj loži i peteljci cveta. Oni su u vidu tamnozelenih somotastih pega. Međutim, prve primarne zaraze na lišću javile su se u poslednjoj dekadi aprila meseca, da bi nakon toga došlo i do pojave prvih sekundarnih infekcija krajem maja meseca.

Sorta jabuke Zlatni Delišes je slabije otpornosti, a intenzitet napada *V. Inaequalis* jače izražen. Gajenje otpornih sorti smanjuje troškove, olakšava rad u voćnjaku i povećava konkurentnost (Beber, 2006.). Intenzitet zaraze na lišću sorte Zlatni Delišes prikazan je u tabeli 1.

Tabela. 1. Intenzitet napada *V. Inaequalis* na lišću jabuke u zavisnosti od predzalivne vlažnosti zemljišta (%)

Table 1. Intensity of the attack of *V. Inaequalis* on the leaves of apples, depending on pre-irrigation soil moisture (%)

Fungicid <i>Fungicide</i>	Predzalivna vlažnost / <i>Pre-irrigation moisture</i>			
	80% PVK / <i>FWC</i>	70% PVK/	60% PVK/ <i>FWC</i>	Kontrola/ <i>Control</i>
Chorus	2,3	1,9	1,2	1,0
Score	1,8	1,4	0,8	0,6
Bravo	2,6	2,3	1,6	1,4
Kontrola/ <i>Control</i>	26,0	24,0	21,0	20,0

Najveći intenzitet napada *V. Inaequalis* zabeležen je na kontrolnoj varijanti bez primene fungicida. Na varijanti sa predzalivnom vlažnošću zemljišta 80% od PVK procenat zaraze bio je najviši (26%), dok je na kontroli bez navodnjavanja bio najmanji (20%). U uslovima bez navodnjavanja, na varijanti sa fungicidom SCORE intenzitet zaraze bio je najmanji (0,6%). Na varijantama gde su primenjeni fungicidi sa predzalivnim vlažnostima zemljišta 80, 70 i 60% od PVK, intenzitet zaraze lišća je opadao sa smanjenjem sadržaja vlage u zemljištu.

U tabeli 2. prikazan je intenzitet napada *V. Inaequalis* na plodu jabuke sorte Zlatni Delišes. Najveći procenat intenziteta napada ovog patogena, bio je na varijanti bez hemijske zaštite (6,2%) gde je održavana predzalivna vlažnost zemljišta 80% od PVK. Pojava simptoma čađave pegavosti na plodu nije bilo na kontrolnoj varijanti bez navodnjavanja uz primenu fungicida SCORE. Na svim varijantama sa hemijskom zaštitom u uslovima navodnjavanja ostvaren je nizak intenzitet napada *V. Inaequalis* (0,1-0,5%).

Tabela 2. Intenzitet napada *V. Inaequalis* na plodu jabuke u zavisnosti od predzalivne vlažnosti zemljišta (%)  
 Table 2. Intensity of the attack of *V. Inaequalis* on the fruit of apples, depending on pre-irrigation soil moisture (%)

Fungicid <i>Fungicide</i>	Predzalivna vlažnost / <i>Pre-irrigation moisture</i>			
	80% PVK / <i>FWC</i>	70% PVK/ <i>FWC</i>	60% PVK/ <i>FWC</i>	Kontrola/ <i>Control</i>
Chorus	0,4	0,3	0,2	0,1
Score	0,3	0,2	0,1	0
Bravo	0,5	0,4	0,3	0,2
Kontrola/ <i>Control</i>	6,2	5,1	4,0	3,0

Na ekonomski značaj *V. Inaequalis* ukazuje i činjenica da se čitav plan hemijske zaštite jabuke uglavnom usklađuje prema programu za suzbijanje čađave krastavosti (Balaž i Petrina, 2003.).

Najveću efikasnost u suzbijanju *V. Inaequalis* na lišću jabuke imao je fungicid SCORE u periodu istraživanja, i to na kontroli bez navodnjavanja, sa 97% efikasnosti (tabela 3). Visoku efikasnost (94,16-96,19%) ovaj preparat je pokazao i na tretmanima sa predzalivnom vlažnošću zemljišta 60, 70 i 80% od PVK. Na kontroli bez navodnjavanja CHORUS je ispoljio takođe visoku efikasnost (95%) u suzbijanju gljive *V. Inaequalis*. Ovaj fungicid visoku efikasnost je postgao i na varijantama sa predzalivnom vlažnošću 60, 70 i 80% od PVK.

Jedan od velikih problema u hemijskoj zaštiti jabuke nastao je nakon pojave rezistentnosti *V. Inaequalis* na veći broj fungicida sa kurativnim delovanjem. Ekonomski gubici u SAD, nastali neočekivanom pojavom rezistentnosti, povećani su dramatično tokom poslednjih 10 godina (Köller i sar., 2007.).

Tabela 3. Efikasnost fungicida u suzbijanju *V. Inaequalis* na lišću jabuke u zavisnosti od predzalivne vlažnosti zemljišta (%)  
 Table 3. Efficacy of fungicides in the control of apple *V. Inaequalis* on the leaves, depending on the pre-irrigation of soil moisture (%)

Fungicid <i>Fungicide</i>	Predzalivna vlažnost / <i>Pre-irrigation moisture</i>			
	80% PVK / <i>FWC</i>	70% PVK/ <i>FWC</i>	60% PVK/ <i>FWC</i>	Kontrola/ <i>Control</i>
Chorus	91,15	92,08	94,28	95,00
Score	96,07	94,16	96,19	97,00
Bravo	90,00	90,41	92,38	93,00

Fungicid BRAVO je ispoljio najnižu efikasnost na kontroli bez navodnjavanja (93%) u odnosu na preostala dva preparata. Na varijantama navodnjavanja, BRAVO je, takođe, pokazao niži stepen efikasnosti (90,00-92,38%) u odnosu na preostala dva fungicida. Procenat efikasnosti se kretao kod fungicida SCORE od 96,07 do 97%, kod fungicida CHORUS u granicama od 91,15 do 95% i kod fungicida BRAVO od 90 do 93%. Efikasnost fungicida je blago opadala na varijantama sa većim sadržajem vlage u zemljištu. Najefikasniji fungicid u suzbijanju čađave krastavosti ploda jabuke bio je SCORE na kontroli bez navodnjavanja sa 100% efikasnosti (tab. 4). Visoku efikasnost (95,16%-97,50%) je pokazao i na tretmanima sa predzalivnom vlažnošću zemljišta 60, 70 i 80% od PVK.

Tabela 4. Efikasnost fungicida u suzbijanju *V. Inaequalis* na plodu jabuke u zavisnosti od predzalivne vlažnosti zemljišta (%)

Table 4. Efficacy of fungicides in controlling *V. Inaequalis* on apple fruits according to the pre-irrigation of soil moisture (%)

Fungicid <i>Fungicide</i>	Predzalivna vlažnost / <i>Pre-irrigation moisture</i>			
	80% PVK / <i>FWC</i>	70% PVK / <i>FWC</i>	60% PVK / <i>FWC</i>	Kontrola / <i>Control</i>
Chorus	93,58	94,11	95,00	96,66
Score	95,16	96,07	97,50	100
Bravo	91,93	92,15	92,50	93,33

CHORUS je takođe ispoljio visok stepen efikasnosti (96,66%) u suzbijanju *V. Inaequalis* na kontroli bez navodnjavanja. Ovaj fungicid je pokazao visoku efikasnost (93,58-95,00%) na svim varijantama navodnjavanja. Prilikom suzbijanja čadave krastavosti plodova jabuke fungicid BRAVO je ispoljio najnižu efikasnost, kako na kontroli bez navodnjavanja (93,33%), tako i na svim zalivnim varijantama 60, 70 i 80% od PVK (91,93-92,50%). Procenat efikasnosti fungicida u suzbijanju *V. Inaequalis* se kretao kod fungicida SCORE od 95,16 do 100%, kod fungicida CHORUS u granicama od 93,58 do 96,66% i fungicid BRAVO od 91,93 do 93,33%.

### Zaključak

Na osnovu rezultata istraživanja na pojavu i intenzitet napada *V. Inaequalis*, efikasnosti fungicida u zavisnosti od predzalivne vlažnosti zemljišta, mogu se izvesti sledeći zaključci:

Najveći intenzitet napada *V. Inaequalis* na lišću sorte Zlatni Delišeš zabeležen je na kontrolnoj varijanti bez primene fungicida. Na varijanti sa predzalivnom vlažnošću zemljišta 80% od PVK procenat zaraze bio je 26% i postepeno opadao ka kontrolnoj varijanti bez navodnjavanja (20%). Najveći procenat intenziteta napada *V. Inaequalis* na plodu sorte Zlatni Delišeš bio je na varijanti bez hemijske zaštite (6,2%), gde je održavana predzalivna vlažnost zemljišta 80% od PVK. Na svim varijantama sa hemijskom zaštitom u uslovima navodnjavanja ostvaren je nizak intenzitet napada *V. Inaequalis* (0,1-0,5%). Efikasnost preparata u suzbijanju *V. Inaequalis* na lišću sorte Zlatni Delišeš se kretala kod fungicida SCORE od 96,07 do 97%, kod fungicida CHORUS u granicama od 91,15 do 95% i kod fungicida BRAVO od 90 do 93%. Na varijantama sa većim sadržajem vlage u zemljištu efikasnost fungicida je blago opadala. Efikasnost preparata u suzbijanju *V. Inaequalis* na plodovima se kretala kod fungicida SCORE od 95,16 do 100%, kod fungicida CHORUS u granicama od 93,58 do 96,66% i kod fungicida BRAVO od 91,93 do 93,33%.

Primenom racionalnog zalivnog režima moguće je sa hemijskom zaštitom efikasno kontrolisati intenzitet pojave *V. Inaequalis* na lišću i plodu jabuke.

### Literatura

- Balaž J., Petrina R. (2003). Krastavost jabuke, ekonomski najštetnija bolest jabuke. Bilten 1, Društvo voćara Vojvodine.
- Beber M. (2009). Osobine sorti jabuke otpornih prema čadavoj krastavosti. Zbornik radova II Savetovanja „Inovacije u voćarstvu“, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 129-137.

- Bošnjak Đ. (1999). Navodnjavanje poljoprivrednih useva, Novi Sad.
- Boudreau M.A., Mundt C.C. (1997). Ecological approaches to disease control. In: Environmentally Safe Approaches to Crop Disease Control, Rechcigl N.A., Rechcigl J.E. (eds.), 33–62. Boca Raton, Florida: CRC press.
- Fereres E., Goldhamer D.A. (1990). Deciduous fruit and nut trees. In: Irrigation of agricultural crops, Agronomy 30, Stewart B.A., Nielsen D.R., (eds.), 987–1017. Madison, WI: ASA, CSSA, SSSA.
- Gvozdenović D., Dulić K. (1981). Gusta sadnja jabuka, Nolit, Beograd.
- Köller W., Parker D., Turechek W., Rosenberger D., Wilcox W., Carroll J., Anello A., Reissig, H. (2005). Fungicide resistance of apple scab: Status quo and management options. *New York Fruit Quarterly*, 13(1): 9–17.
- Mišić P. (2004). Jabuka, Nolit. Beograd.
- REPCO (2007). Replacement of Copper Fungicides in Organic Production of Grapevine and Apple in Europe. Publishable Final Activity Report.
- Stojanović D., Kostić B., Dimitrijević B., Ostojić N., Mitić N., Bogavac M., Tomašević B., Grujučić G., Ručić A. (1971). Priručnik o metodama utvrđivanja prisustva, ocene intenziteta pojave i izračunavanja gubitaka od biljnih bolesti i štetočina, Beograd.

## THE EFFECT OF IRRIGATION ON THE OCCURRENCE AND INTENSITY OF *VENTURIA INAEQUALIS* OF APPLE

Miroljub Aksić<sup>1</sup>, Gordana Šekularac<sup>2</sup>, Nebojša Gudžić<sup>1</sup>, Slaviša Gudžić<sup>1</sup>,  
Jasmina Knežević<sup>1</sup>, Dragan Grčak<sup>1</sup>, Milosav Grčak<sup>1</sup>

### Abstract

The highest intensity of *V. Inaequalis* attack on apple leaf was noted in the control variant without application of fungicide. In the variant with pre-irrigation soil moisture, 80% of PVK was 26% and gradually decreased to control irrigation without irrigation (20%). The lowest infestation intensity was on the control variant without irrigation (0.6%), where treatment with the fungicide Score was performed. The largest percentage of the intensity of attack by *V. Inaequalis* on apple fruit was on the variant without chemical protection (6.2%), where pre-irrigation soil moisture was maintained at 80% of PVK. In all variants with chemical protection in irrigation conditions there was a low intensity of attack by *V. Inaequalis* (0.1-0.5%).

**Key words:** irrigation, apple, *Venturia Inaequalis*

<sup>1</sup>University of Pristina, Faculty of Agriculture Lešak, Kopaonička bb, Lešak, Serbia (miroljub.aksic@pr.ac.rs)

<sup>2</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia.

## KARAKTERISTIKE KRVNIH ČELIJA *Sabanejewia balcanica* (Cobitidae) IZ NEKIH TEKUĆICA SLIVNOG PODRUČJA RIJEKE SAVE

*Alen Bajrić<sup>1</sup>, Avdul Adrović<sup>1</sup>, Edina Hajdarević<sup>1</sup>, Isat Skenderović<sup>1</sup>,  
Eldar Tanović<sup>2</sup>, Goran Marković<sup>3</sup>*

**Izvod:** Ovo istraživanje obuhvatilo je analizu morfoloških karakteristika krvnih čelija, kao i diferencijalnu krvnu sliku balkanskog zlatnog vijuna (*Sabanejewia balcanica*) sa osam lokaliteta slivnog područja rijeke Save. Analizirano je 39 krvnih razmaza jedinki prikupljenih iz rijeke Turije, Gostelje, Oskove, Brke, Suturlije, Suhe, Tinje i Trebačke. Preparati su bojeni metodom po *Pappenheim*-u i mikroskopirani pod imerzionim objektivom. Hematološke karakteristike ove vrste su nedovoljno proučene, tako da sprovedeno istraživanje može poslužiti kao osnova za dalja i kompleksnija hematološka istraživanja. Istraživana vrsta je u mnogim zemljama opisana kao osjetljiva ili ugrožena vrsta. Zbog toga je potrebno je utvrditi i sačuvati njena prirodna staništa i upoznati njihove ekološke karakteristike čiji efekti se svakako mogu konstatovati proučavanjem njihovog hematološkog statusa.

**Gljučne reči:** *Sabanejewia*, krv, čelija, leukociti, Sava

### Uvod

Hematološke karakteristike riba predstavljaju važan parametar u proučavanju njihovih fizioloških osobina (Hrubec i sar., 2001; Ivanc i Miljanović, 2003). Ovi parametri stoje u uskoj povezanosti sa uslovima životne sredine koji na njih ostavljaju veliki uticaj (Gabriel i sar., 2004). Iz navedenog razloga hematološki karakteri se koriste za praćenje odgovora riba na stres, te za utvrđivanje njihovog zdravstvenog stanja u nepovoljnim uslovima životne sredine.

Balkanski zlatni vijun (*Sabanejewia balcanica*) je vrsta iz familije Cobitidae koja nastanjuje gornje do srednje dijelove manjih tekućica, sa kamenitim i šljunkovitim dnom (Kottelat and Freyhof, 2007). Ova vrsta je zaštićena Bernskom konvencijom i Evropskom direktivom o zaštiti staništa. U projektu izrade crvene liste faune Bosne i Hercegovine konstatovano je da je *Sabanejewia balcanica* osjetljiva vrsta (VU) ali i da nema dovoljno podataka o populacionim karakteristikama ove vrste da bi se odredio stepen njene ugroženosti. O njenim hematološkim karakteristikama vrlo malo se zna. Pregledom dostupnih literaturnih podataka nije utvrđen niti jedan rad koji se bavi hematologijom ispitivane vrste. Cilj ovog rada je upoznavanje sa osnovnim morfološkim oblicima krvnih čelija ove vrste i procentualnom zastupljenošću pojedinih formi leukocita sa osam različitih lokaliteta slivnog područja rijeke Save.

<sup>1</sup>Univerzitet u Tuzli, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitetska 4, 75000 Tuzla, BiH (alen.bajric@untz.ba);

<sup>2</sup>JP Elektroprivreda BiH d.d. Sarajevo, ZD Rudnici „Kreka“ d.o.o. Tuzla, Pogon rekultivacija Šićki Brod, Mije Keroševića Guje br. 1, 75000 Tuzla, BiH.

<sup>3</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak Srbija.

## Materijal i metode rada

Za potrebe istraživanja napravljeni su krvni razmazi 39 jedinki izlovljenih iz 8 različitih tekućica slivnog područja rijeke Save: Turija, Gostelja, Oskova, Brka, Suturlija, Suha, Tinja i Trebačka (Slika 1).



Slika 1. Karta sjevernog dijela Bosne i Hercegovine sa istraživanim lokalitetima (Google maps)

Figure 2. Map of north Bosnia and Hercegovina with sampling localities (Google maps)

Jedinke su prikupljene elektroribolovom. Obzirom da je riječ o ribama malih dimenzija, zapremina krvi u njihovom tijelu je izuzetno mala, uzimanje krvi je izvršeno punkcijom srca skraćenim iglama promjera 0,8 mm. Napravljeni razmazi krvi bojeni su metodom po *Pappenheimu*. Identifikacija pojedinih formi leukocita, i krvnih ćelija uopšteno utvrđena je mikroskopiranjem pod imerzionim objektivom. Nakon uzimanja krvi, jedinke su uspavane korištenjem anestetika MS-222 te pohranjene u 4 % formaldehidu. Statistička obrada dobijenih podataka urađena je primjenom softvera Microsoft Office Excel 2007 i Statistica 10.

## Rezultati istraživanja i diskusija

Najbrojnije ćelije u krvnom razmazu balkanskog zlatnog vijuna su eritrociti. Najčešće su elipsoidnog oblika, sa jasno izraženim jedrom čiji oblik prati oblik stanice. Citoplazma eritrocita pokazuje eozinofilnu obojenost (Slika 2). Osim zrelih eritrocita, na preparatima su se uočavale i njihove razvojne forme.

Trombociti su dosta mali i pokazuju različite forme i oblike, tako da ih ima vretenastih, okruglih, ovalnih ili u obliku kapi. Njihova citoplazma skoro da je bezbojna, a samo jedro izgleda dosta homogeno (Slika 3). Trombociti balkanskog zlatnog vijuna izgledom mogu da podsjećaju na limfocite približnih veličina tako da se



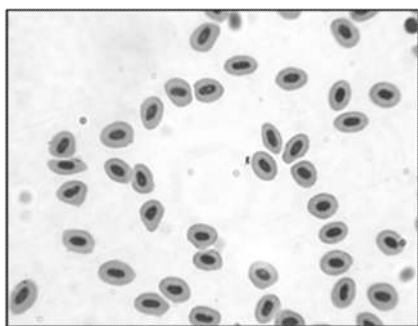
vrlo često mogu napraviti greške u utvrđivanju leukocitne formule, a kao najbolji način razlikovanja je bazofilno obojena citoplazma limfocita.

Limfociti mogu da budu različitih veličina, pri čemu najveći dio ćelije zauzima ovalno jedro (Slika 4). Citoplazma je smještena uz sam rub ćelije i izrazito bazofilna. Veličina i oblik leukocita zavisi od stepena njihove aktivacije i razvoja.

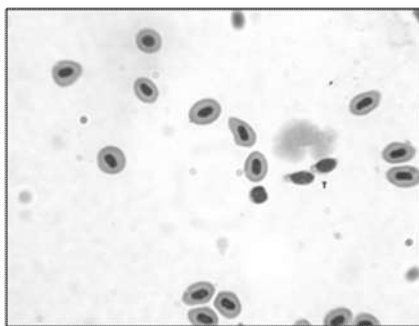
Monociti balkanskog zlatnog vijuna su najkrupniji leukociti u krvnom razmazu. Jedro može biti okruglo, ovalno ili lobularno. Citoplazma je obilna, bazofilno obojena i najčešće ispunjena brojnim vakuolama (Slika 5).

Neutrofilni granulociti zastupljeni su sa dvije forme, sa nesegmentiranom ili segmentiranom jezgrom (Slika 6 i 7). Njihova citoplazma slabo je obojena i u njoj postoje granulacije koje nemaju afinitet prema bojama. Nesegmentirani neutrofilni granulociti ove vrste imaju ovalno do okruglo jedro, pa se u literaturi još nazivaju i kao okrugli neutrofili (*eng. round*). Segmentirani neutrofilni granulociti imaju segmentirano jedro, čija segmentacija može da bude različita.

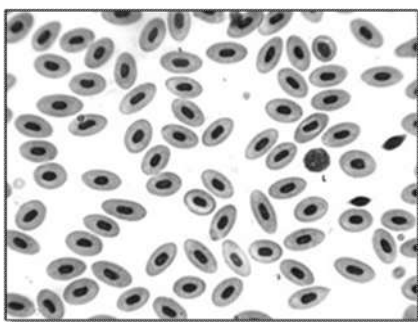
Bazofilni granulociti karakteristični su po prisustvu bazofilnih granula u citoplazmi, koje najčešće prekrivaju kompletno jedro tako da je teško utvrditi njegov oblik (Slika 8). Eozinofilne granulocite nismo utvrdili u analiziranim krvnim razmazima.



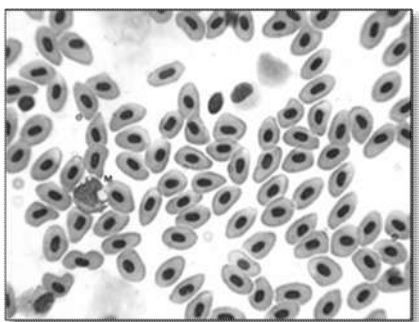
Slika 2. Eritrociti  
*Figure 2. Erythrocytes*



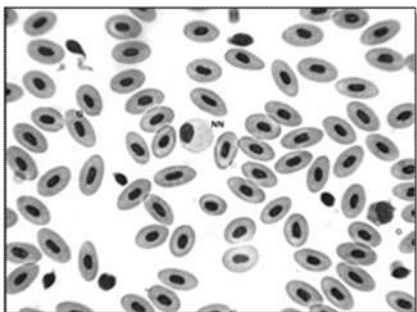
Slika 3. Trombociti  
*Figure 3 Trombocytes*



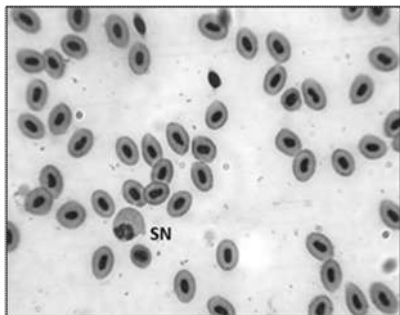
Slika 4. Limfocit  
*Figure 4. Lymphocyte*



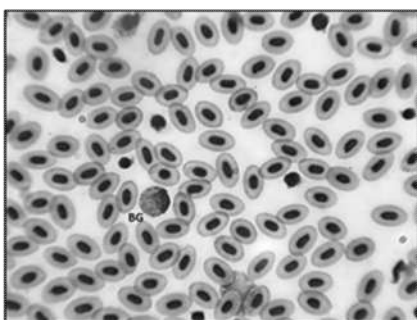
Slika 5. Monocit  
*Figure 5. Monocyte*



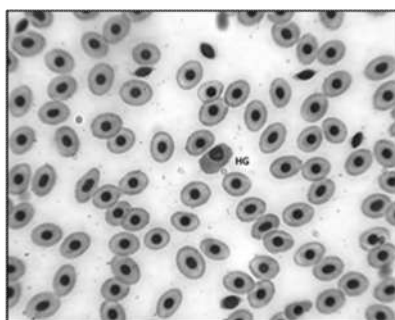
Slika 6. Nesegmentirani neutrofil  
Figure 6. Unsegmented neutrophils



Slika 7. Segmentirani neutrofil  
Figure 7. Segmented neutrophil



Slika 8. Bazofilni granulocit  
Figure 8. Basophilic granulocyte



Slika 9. Heterofil  
Figure 9. Heterophil

Najveću zastupljenost u leukocitnoj formuli analiziranih jedinki imali su limfociti (53,96 %), zatim slijede nesegmentirani neutrofil (30,15 %), monociti (8,26 %), segmentirani neutrofil (4,77 %), heterofili (2,24%) i bazofilni granulociti (0,47 %), dok eozinofilne granulocite nismo konstatovali. Njihova zastupljenost po lokalitetima odnosno populacijama predstavljena je tabelarno (Tabela 1).

Analiza varijanse (ANOVA) je pokazala da za najveći broj leukocita ne postoje statistički značne razlike između analiziranih populacija ( $P > 0,05$ ). Statistički značajne razlike utvrđene su u broju nesegmentiranih neutrofila ( $F_{7,31}=2,98$   $P < 0,05$ ) i limfocita ( $F_{7,31}=2,54$   $P < 0,05$ ).

Literaturne podatke o hematološkim istraživanjima *Sabanejewia balcanica* nismo pronašli, što ukazuje na značaj dobijenih rezultata ali i na problematiku daljih proučavanja ove vrste. Na različite vrijednosti diferencijalne krvne slike kod riba utiču različiti abiotički i biotički faktori. Ovdje prvenstveno mislimo na fkarakteristike i kvalitet vode. Različite vrijednosti diferencijalne krvne slike mogu da imaju individualan karakter jer zavise od zdravstvenog stanja organizma.

Tabela 1. Leukocitna formula populacija *Sabanejewia balcanica*  
 Table 1. *Leucocytes of population Sabanejewia balcanica*

Leukocit/Lok. <i>Leucocytes/Loc.</i>	Turija	Gostelja	Oskova	Brka	Suturlija	Suha	Tinja	Trebačka
Seg. neutrofil <i>Seg. neutrophiles</i>	5,4	7,8	8,1	2	4	7,3	2	1,6
Neseg. neutrofil <i>Unseg. neutrophiles</i>	23,4	40	36,3	19,2	12	29	43	38,3
Heterofil <i>Heterophiles</i>	1,6	2	3,5	2,5	1,3	1,1	2,4	3
Eozinofil <i>Eozinophiles</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Bazofil <i>Bazophiles</i>	0,6	0,8	0,5	0,3	0	0,8	0,2	0,8
Monocit <i>Monocytes</i>	7,4	6,3	7,1	8,8	13,3	11,3	7,2	4,5
Limfocit <i>Lymphocytes</i>	61,6	43	44,3	67	69,3	50,3	45	51,5
Ukupno: <i>Total:</i>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Kod sedam populacija utvrđen je povišen broj neutrofila u odnosu na literaturne podatke o njihovoj zastupljenosti kod riba u normalnim uslovima života (Bogut i sar., 2006.). Visoke vrijednosti neutrofila u krvi riba ukazuju na neku bakterijsku infekciju, odnosno bolesno stanje. Obzirom da nema literaturnih podataka o hematologiji istraživane vrste nije bilo moguće uporediti naše rezultate. Potrebno je provesti detaljnija hematološka istraživanja po sezonama, uz praćenje više ekoloških faktora.

Leukocitna formula *Silurus glanis* pokazala je da su limfociti činili najveći dio leukocita, zatim neutrofil i monociti. Od granulocita dominantni su bili neutrofil, rjeđi su bili bazofili dok eozinofilnih granulocita nije bilo nikako (Docan i sar., 2015).

Hematološka istraživanja vršena su i na vrsti *Leucaspilus delineatus* (Homatovska i sar., 2002), gdje je konstatovano da su od agranulocita bili najbrojniji limfociti (20,9 %), a od granulocita štapićasti neutrofil. U navedenom istraživanju ukazano je i na procentualnu zastupljenost pojedinih razvojnih stadija leukocita, pri čemu su od njihovih konačnih formi najmanju zastupljenost imali bazofili (0,77 %).

Modrá i sar. (1998) istraživali su procentualnu zastupljenost leukocita u krvi četiri ekonomski važne vrste (*Cyprinus carpio*, *Tinca tinca*, *Silurus glanis* i *Onorhynchus mykiss*) i četiri indikatorske vrste (*Abramis brama*, *Perca fluviatilis*, *Leuciscus cephalus*, *Salmo trutta m.fario*) u nezagađenim uslovima i periodu vegetacijske sezone. Utvrđen je visok procenat limfocita i to najviše kod grgeča (99,1 %), monociti su bili sporadični i najzastupljeniji kod soma (1,42 %). Visoke vrijednosti granulocitnih limfocita utvrđene su kod kalifornijske i jezerske pastrmke, od kojih su bili najdominantniji neutrofil.

Istraživanje hematoloških karakteristika deverike iz hidroakumulacije Modrac ukazuje takođe da su limfociti bili najviše zastupljeni u njihovoj diferencijalnoj krvnoj

slici (70,49 %), zatim slijede nesegmentirani neutrofilni (12,68 %), heterofili (9,16 %), monociti (5,15 %), segmentirani neutrofilni (2,12 %), eozonofilni granulociti (0,33 %) te bazofilni granulociti (0,04 %) (Hajdarević, 2011).

Diferencijalna krvna slika kod jedinki *Stizostedion lucioperca* i *Perca fluviatilis* iz rijeke Tise, pokazala je da su najzastupljeniji neutrofilni granulociti, zatim limfociti, monociti, segmentirani neutrofilni te pseudoeozinofili (Ivanc i sar., 1994).

### Zaključak

Provedenim istraživanjem populacija *Sabanejewia balcaanica* su prvi put je u Bosni i Hercegovini ali i na širem području proučavana hematološke karakteristike ove ugrožene vrste. Na ovaj način je ukazano na osnovne morfološke oblike krvnih ćelija, kao i na diferencijalnu krvnu sliku unutar koje su bili najzastupljeniji limfociti, zatim neutrofilni granulociti, monociti i bazofili.

### Literatura

- Bogut I., Novoselić D., Pavličević J. (2006). Biologija riba. Sveučilište J. J. Strossmajera Osijek, Sveučilište u Mostaru.
- Docan A., Cristea V., Dediu L., Grecu L. (2015). Studies Of European Catfish (*Silurus Glanis L.*) Leukocytes Reaction In The Condition Of Rearing In "Flow-Through" Aquaculture systems. *Lucrări Științifice - vol. 53, Seria Zootehnie.*
- Gabriel U. U., Ezeri G. N. O., Opabunmi O. O. (2004). Influence of sex, source, health status and acclimation on the haematology of *Clarias gariepinus* (Burch, 1822). *African Journal of Biotechnology* 3:463–467.
- Hajdarević E. (2011). Hematološke karakteristike deverike *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) iz hidroakumulacije modrac u sezonskom aspektu. Doktorska disertacija. Univerzitet u Sarajevu. Prirodno-matematički fakultet. Sarajevo.
- Homatovska A., Wojtaszek J., Adamowicz A. (2002). Haematological Indices And Circulating Blood Picture In The Sunbleak, *Leucaspis Delineatus* (Heckel, 1843). *Zoologica Poloniae*, 47(3-4), 57-68.
- Hrubec T. C., Smith S. A., Robertson J. L. (2001): Age related in haematology and chemistry values of hybrid striped bass *chrysops Morone saxatilis*. *Veterinary Clinical Pathology*, 30(1),8–15.
- Ivanc A., Miljanović, B. (2003). Hidroakumulacije, Multidisciplinarni pristup održivom razvoju. Monografija, Prirodno-matematički fakultet Novi Sad, Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i životne sredine, Zavod za zaštitu zdravlja "Timok" Zaječar, JVP "Vode Srbije", JVP "Vode Vojvodine." Novi Sad.
- Ivanc A., Maletin S., Djukić N., Miljanović B. (1994). Ecophysiological interpretation of hematology of different Percidae species in the river Tisza. *Tiscia*, 28,53-56.
- Kottelat M., Freyhof J. (2007). Handbook of European Freshwater Fishes. Kottelat. Cornol, Switzerland. Freyhof. Berlin, Germany.
- Modrá H., Svobodová Z., Kolářová J. (1998). Comparison Of Differential Leukocyte Counts In Fish Of Economic And Indicator Importance. *Acta Vet. Brno*,67, 215-226.

**THE CHARACTERISTICS OF THE BLOOD CELLS OF *Sabanejewia balcanica* (Cobitidae) FROM SOME RIVERS IN THE WATER CATCHMENT AREA OF THE RIVER SAVA**

*Alen Bajrić<sup>1</sup>, Avdul Adrović<sup>1</sup>, Edina Hajdarević<sup>1</sup>, Isat Skenderović<sup>1</sup>, Eldar Tanović<sup>2</sup>, Goran Marković<sup>3</sup>*

**Abstract**

The research deals with the analysis of the morphological characteristics of the blood cells and the differential leucocytes count in the Balkan spined loach (*Sabanejewia balcanica*) from eight locations of the Sava River. In the study, 39 blood smears of individuals collected from the Turija, Gostelja, Oskova, Brka, Suturlija, Suha, Tinja and Trebačka Rivers were analyzed. The blood smears were stained by the Pappenheim method and were analyzed at the magnification 100x. The information on the hematological characteristics of this species is scarce. Thus, this research will serve as a basis for further and more complicated hematological researches. Taking into account the fact that in many countries the investigated species is described as a sensitive or endangered species, it is necessary to establish and preserve its natural habitats and to know their ecological characteristics whose effects can be determined by studying their hematological status.

**Key words:** *Sabanejewia*, blood, cells, leucocytes, Sava

---

<sup>1</sup>University of Tuzla, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Univerzitetska 4., 75000 Tuzla, Bosnia and Herzegovina (alen.bajric@untz.ba)

<sup>2</sup>JP Elektroprivreda BiH d.d. Sarajevo, ZD Rudnici „Kreka“ d.o.o. Pogon Rekultivacija Šiški Brod, Mije Keroševića Guje br.1, 75000 Tuzla, Bosnia and Herzegovina

<sup>3</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia

## **PROCES RAFINISANJA BIOMASE SA SUPERKRITIČNOM VODOM**

*Sabina Begić<sup>1</sup>, Vladan Mičić<sup>2</sup>, Darko Manjenčić<sup>3</sup>*

**Izvod:** Bioindustrija zasnovana na obnovljivim sirovinama i energiji je u stalnom razvoju i doprinosi decentralizaciji proizvodnje. Ona predstavlja alternativu dosadašnjim centralizovanim petrohemijskim postrojenjima. U novije vreme konverzija različitih organskih supstanci uključujući otpad, mulj i biomasu u biogoriva i biohemikalije privlači sve veću pažnju istraživača. Superkritična voda se sve više u procesima koristi kao rastvarač i reakcioni medijum čime se omogućava selektivnost procesa i značajno skraćuje vremena trajanja reakcije. Skraćanjem vremena reakcije omogućava se lakši izbor procesne opreme u decentralizovanim postrojenjima za preradu biomase. Hidrotermalni procesi koji koriste subkritičnu i superkritičnu vodu kao procesni medijum se sve više posmatraju kao obećavajuća tehnologija za konverziju organskih supstanci u biogoriva i biohemikalije. U ovom radu daje se kratak pregled hidrotermalnih procesa i mogućnosti njihovog korišćenja za konverziju organskog otpada i biomase u gorivo i hemikalije.

**Ključne reči:** biomasa, superkritična voda, energija, biohemikalije, hidrotermalni proces.

### **Uvod**

Petrohemijska industrija je bila pokretač brzog ekonomskog razvoja dvadesetog veka. Za razliku od petrohemijske industrije koja je centralizovana, bioindustrija je decentralizovana i zasniva se na obnovljivim sirovinama i energiji (Cantero D., et al., 2015). Jedna od mogućnosti implementacije bioindustrije je korišćenje vode kao rastvarača, koja poslednjih godina dobija na intenzitetu, jer je voda jeftin, bezbedan i ekološki podesan rastvarač. Ona se može koristiti kao rastvarač u procesima hemijske sinteze, razgradnje opasnog otpada i tretmana biomase. Subkritična i superkritična voda mogu značajno doprineti razvoju decentralizovane bioindustrije (Knez Ž., et al., 2016).

Superkritična voda je privukla pažnju istraživača kao reakciona sredina za proces reforminga otpada i sporednih produkata i kao takva postala veoma atraktivna sa ekološke tačke gledišta. Koristi se za konvertovanje veoma vlažne biomase i tečnosti u cilju dobijanja gasova ili biohemikalija. Otpadne materije iz različitih industrija mogu da se koriste za dobijanje visoko vrednih produkata čime se rešava problem njihovog odlaganja. Reforming sa sub i superkritičnom vodom često nazvan hidrotermalni reforming se zasniva na sposobnosti sub i superkritične vode da oksidiše organska

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Tuzli, Tehnološki fakultet Tuzla, Univerzitetska 8, Tuzla, Bosna I Hercegovina, (sabina.begic@untz.ba);

<sup>2</sup>Univerzitet Istočno Sarajevo, Tehnološki fakultet, Karakaj 34a, Zvornik, Bosna I Hercegovina (micicvladan@yahoo.com);

<sup>3</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Bulevar Cara Lazara 1, Novi Sad, Srbija, (manjend@gmail.com);

jedinjenja što dovodi do stvaranja bio-ulja, tečnosti manje molekulske mase i gasova. Produkti dobijeni hidrotermalnim reformingom mogu biti dalje korišćeni kao sirovine ili kao nosioci energije unapređujući tako ukupnu ekonomsku efikasnost industrijskog bioprocesa (Guo S., et al., 2012).

Procesi koji koriste superkritične fluide zahtevaju manje energije i ekološki su podesniji u poređenju sa tradicionalnim procesima koji koriste organske rastvarače. Prednosti superkritičnih fluida se ogledaju u njihovim fizičkim i hemijskim osobinama koje dopuštaju procese pri nižim temperaturama i eliminišu potrošnju energije prilikom separacije rastvarača. Industrijska primena superkritičnih fluida često može biti skuplja od konvencionalnih metoda zbog specifičnih zahteva za opremom i bezbedonosnih mera. Korišćenjem ovog postupka mogu se dobiti produkti sa osobinama koje traže potrošači, dok je uticaj na okruženje manji nego u slučaju tradicionalnih tehnologija. Ovaj rad se fokusira na konverziju otpada iz biomase i organskog otpada u goriva i hemikalije korišćenjem reforming procesa sa vodom visokog pritiska kao podesne alternative tradicionalnim procesnim metodama (pirolizi, sagorevanju, reformingu parom, termohemijskoj konverziji, digestiji, kompostingu).

### **Proces hidrotermalnog reforminga**

Obećavajuće tehnologije za konverziju biomase u biogorivo i biohemikalije su hidrotermalni procesi koji koriste subkritičnu i superkritičnu vodu kao procesni medijum. Generalno, hidrotermalni procesi mogu biti podeljeni u četiri glavna procesa zavisno od tipa produkta: hidrotermalna karbonizacija, reforming u vodenoj fazi, hidrotermalna likvefakcija i hidrotermalna gasifikacija. Važna prednost hidrotermalnog reforminga u odnosu na druge procesne metode je mogućnost korišćenja vlažne supstance bez prethodnog sušenja. Tokom tretmana biomase sa sub i superkritičnom vodom brojne reakcije se mogu odigravati paralelno u sistemu kao što su: hidroliza, dehidratacija, dekarboksilacija, aromatizacija, kondenzacija, depolimerizacija/polimerizacija, hidrogenacija, izomerizacija.

### **Hidrotermalni reforming otpada i sporednih produkata**

Glicerol je glavni sporedni proizvod industrijske proizvodnje biodizela pa povećanje proizvodnje biodizela vodi stalnom povećanju količine sirovog glicerola. Zbog toga nalaženje visoko vrednih proizvoda koji se dobijaju iz sirovog glicerola postaje aktivna tema za mnoge istraživače.

Tokom hidrotermalnog reforminga glicerola mogu se dobiti tečna jedinjenja male molekulske mase i permanentni gasovi. Izlazni proizvodi reakcije dosta zavise od procesnih uslova kao što su temperatura, pritisak, kao i od prisustva katalizatora. U najvećem broju raspoloživih studija produkti hidrotermalnog reforminga glicerola sadrže uglavnom akrolein i acetaldehid kao tečna jedinjenja, a gasna smeša se sastoji uglavnom od  $H_2$ ,  $CO_2$  i  $CO$ . Rezultati pokazuju da konverzija glicerola u superkritičnoj vodi raste sa temperaturom i vremenom reakcije, viša je za razblažene napojne rastvore (Müller J., Vogel F., 2012).

Različiti katalizatori su korišćeni da bi se poboljšala konverzija glicerola i smanjile zahtevane temperature. Soli metala, kiseline i baze su korišćene kao homogeni katalizatori. Za soli metala ( $\text{NaHSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ) i kiselinu ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dokazano je da su efikasni u poboljšanju konverzije glicerola i formiranju akroleina (Watanable M., et al., 2007). Dodavanje alkalnih katalizatora značajno povećava prinose  $\text{H}_2$  i  $\text{CO}_2$ , a smanjuje prinos CO.

Jedan od najvećih izazova povezan sa reformingom biomase superkričnom vodom je formiranje naslaga ugljenika koji može uzrokovati isključivanje reaktora ili deaktivaciju katalizatora. Formiranje ugljenika može biti sprečeno sa višim radnim temperaturama, kraćim vremenom zadržavanja, niskom napojnom koncentracijom i sa korišćenjem katalizatora (Xu X., et al. 1996).

Reakcioni uslovi hidrotermalnog reforminga glicerola zavise od željenih produkata reakcije. Niske temperature, visoki pritisci, koncentrovani napojni rastvori i kiseli katalizatori pogoduju stvaranju tečnih produkata sa akroleinom kao glavnim jedinjenjem. Za gasifikaciju, visoke temperature, niski pritisci, razblaženi napojni rastvori i alkalni ili metalni katalizatori se preferiraju.

Otpadni mulj koji se dobija tokom tretmana otpadne vode i njegovo odlaganje predstavljaju veliki ekološki problem. On može predstavljati ekološku i zdravstvenu opasnost zbog visokog sadržaja organskih jedinjenja biološke prirode i prisustva teških metala, pa je njegovo korišćenje za kompostiranje ograničeno. Najbolji način odlaganja otpadnog mulja je njegovo korišćenje za proizvodnju vodonika hidrotermalnim reformingom. Gasifikacija otpadnog mulja hidrotermalnim reformingom je ekstenzivno istraživana tokom poslednjih godina. Tokom hidrotermalnog reforminga otpadnog mulja dobijaju se tečni produkti (fenol, bio-ulja) i gasoviti produkti ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  i  $\text{NH}_3$ ). Povećanjem temperature i vremena zadržavanja, kao i smanjenjem koncentracije sirovina pospešuje se gasifikacija, dok dodatak katalizatora [Ni, alkalije] povećava prinos vodonika. Kompleksan sastav otpadnog mulja takođe utiče na izlazne produkte hidrotermalnog reforminga. Količina gasovitih i tečnih produkata raste sa povećanjem sadržaja organske materije u početnom materijalu, dok sadržaj neorganskih materija ipH vrednost mulja utiče na dobijanje vodonika. Formiranje čađi dokaz je promena tokom hidro-termalnog reforminga otpadnog mulja i njegovakoličina zavisi od procesnih parametara i sadržaja vode u mulju. Formiranje čađi može se minimizirati sa visokim temperatura, korišćenjem razblaženih napojnih rastvora i katalizatora.

Konverzija biomase u toplotu, biogoriva i biohemikalije privlači odskora posebnu pažnju, uglavnom zbog ekoloških i društveno-ekonomskih problema koji su vezani za korišćenje fosilnih goriva. Glavni ekološki problem koji se odnosi na korišćenje fosilnih goriva za dobijanje energije i sintezu različitih hemikalija odnosi se na proizvodnju ugljendioksida. U poslednje dve decenije katalitička proizvodnja vodonika iz vlažne biomase i organskih jedinjenja pomoću sub i superkrične vode dobila je sve značajniju pažnju. Tokom obrade drveta, poljoprivrednih kultura i hrane velika količina otpada se proizvodi i on se može dalje koristiti u hidrotermalnom reforminguza dobijanje permanentnih gasova i bio ulja (Azadi P., Farnood R. 2011).

Glavne komponente otpada koji nastaje od poljoprivrednih kultura i hrane su celuloza, hemiceluloza, skrob, lignin, ulja, masti i proteini i one se superkričnom



vodoprevode u visoko vredne produkte čime se eliminišu problemi povezani sa njihovim odlaganjem.

Hemijskatransformacija celuloze u različite hemikalije je izučavana i ona je jako zavisna od procesnih uslova temperature, pritiska, vremena zadržavanja i prisustva katalizatora. Celuloza u sub ili superkritičnoj vodi depolimerizuje se u oligosaharide koji dalje hidrolizuju do glukoze.

Hemiceluloze su heterogeni polimeri pentoza (ksiloze i arabinoze) i heksoza (manoza, glukoza i galaktoza) koji se zamenjuju sa kiselinama iz šećera. Hemiceluloza je važna sirovina koja se prevodi u biogoriva i druge produkte. Lako hidrolizuje u vodi do sastojaka šećera na povećanim temperaturama koji mogu dalje da hidrolizuju i konvertuju do jedinjenja kao što su slabe karboksilne kiseline (sukcin kiselina, fumarik, glukarik kiselina), poliolli (ksilitol, arabitol i sorbitol), furfural ili lakton.

Lignin je mrežasti aromatični biopolimer koji se u biljkama nalazi u različitom sastavu, različitim molekulskim masama i količini. Razgradnja lignina u subkritičnoj vodi je teža nego drugih komponenti biomase, zbog prisustva jakih etarskih veza (C-O-C) i ugljenik – ugljenik veza (C-C veza).

Hidroliza estera masnih kiselina u subkritičnoj vodi pri različitim temperaturama istraživana je od brojnih istraživača (Kocsisová, T. et al. 2006). Dobijeni rezultati pokazuju da su se dobijale slobodne masne kiseline sa visokim prinosom pri čemu su se reakcije odigravale tokom kratkog vremena. Takođe je zabeleženo da se delimična promena u *cis* i *trans* konfiguraciji i delimična dimerizacija nezasićenih slobodnih masnih kiselina dešava tokom hidrotermalnog tretmana.

Hemijske reakcije pri hidrotermalnoj konverziji biomase su kompleksne, konverzioni mehanizam zavisi od procesnih parametara i još nije potpuno objašnjen. Kompleksni sastav nekih otpada od biomase može predstavljati značajan problem kod hidrotermalnog reforminga zbog velike količine formirane čađi ili formiranja viskoznih ulja koja mogu uzrokovati ne mogućnost korišćenja procesne opreme. Ovi problemi se mogu prevazići korišćenjem visokog masenog odnosa voda – biomasa, višim temperaturama ili prisustvom podesnog katalizatora (npr. metalni katalizatori, aktivni ugljenik, oksidi).

Superkritična voda se najviše koristi kao oksidujuće sredstvo za organske otpade. Specifične osobine superkritične vode proučavane su za razgradnju opasnih bioloških otpada u medicini i farmaciji (Zou D., et al. 2013). Otpad, tečni ili čvrsti može se oksidisati u manje opasna ili čak korisna jedinjenja, koja mogu dalje biti korišćena ili bezbedno odlagana. Ekološke koristi takve metode i njena efikasnost ukazuju da je hidrotermalni reforming obećavajuće sredstvo sa velikim potencijalom opsega primene.

### Zaključak

Usled nužnosti poštovanja zakonske legislative i društvene odgovornosti, industrije se danas sve više okreću razvoju ekološki i ekonomski povoljnijih procesa. Saglasno novo postavljanim kriterijumima, hemijski procesi moraju zahtevati što manju potrošnju energije, izvoditi se u što manjem broju koraka, koristiti obnovljive sirovine, bezbedne i ekološki prihvatljive rastvarače.

Konvencionalni organski rastvarači su potencijalni ekološki zagađivači i zbog toga istraživanje se orijentira prema procesima bez rastvarača ili rastvaračima sa manjim ekološkim uticajem kao što je superkritična voda. Superkritični fluidi kao ”zeleni rastvarači” nude mogućnost dobijanja novih produkata sa specijalnim karakteristikama ili projektovanje novih procesa koji su ekološki prihvatljivi i podesni. Ovo predstavlja veliki izazov za hemijske inženjere u budućnosti.

Superkritični fluidi imaju veliki potencijal i zbog toga veliku primenu. Prihvatanje superkritične tehnologije kao alternative konvencionalnim tehnologijama raste i reflektuje se u stalnom povećanju broja industrijskih postrojenja visokog pritiska koja imaju različitu primenu. Zbog toga unapređenja u polju tehnologija visokog pritiska su otvorila nove puteve za supstance i produkte dobijene sa jeftinim i ekološki prihvatljivim metodama.

Superkritična voda kao reakcioni medijum ima nekoliko prednosti u odnosu na tradicionalne metode enzimske i kisele hidrolize kao i pirolizu. Hidroliza i proces gasifikacije u superkritičnoj vodi ne zahtevaju visoku potrošnju energije radi isparavanja vode što se zahteva u tradicionalnim metodama.

Tehnologija hidrotermalnog referminga otpada i sporednih produkata ispunjava sve gore navedene kriterijume. Izlazne hemikalije i proizvedeni gasovi mogu biti dalje korišćeni kao reaktanti u različitim hemijskim procesima, ili kao nosioci energije poput bioulja, vodonika ili metana. Istraživanje u ovom polju mogu predstavljati prvi korak ka prekidi oslanjanja na fosilna goriva i korišćenju otpada i sporednih produkata kao sirovina hemijske industrije ili energetskog izvora.

### Literatura

- Cantero D., Bermejo M., Cocero M. J. (2015). Reaction engineering for process intensification of supercritical water biomass refining. *The Journal of Supercritical fluids*. Vol. 96: 21–35.
- Knez Ž., Markočić E., Hrnčić M., Ravber M., Škerget M. (2016). High pressure water reforming of biomass for energy and chemicals. *The Journal of Supercritical fluids*. Vol. 96 :46–52.
- Guo S., Guo L., Cao C., Yin J., Lu Y., Zhang X. (2012). Hydrogen production from glycerol by supercritical water gasification in a continuous flow tubular reactor. *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol. 37: 5559–5568.
- Müller J., Vogel F. (2012). Tar and coke formation during hydrothermal processing of glycerol and glucose. Influence of temperature, residence time and feed concentration, *Journal of Supercritical Fluids*. Vol. 70: 126–136.
- Watanabe, M., Iida T., Aizawa Y., Aida T.M., Inomata H. (2007). Acrolein synthesis from glycerol in hot compressed water. *Bioresource Technology*. Vol. 98: 1285–1290.
- Xu X., Matsumura Y., Stenberg J., Antal M. J. (1996). Carbon-catalyzed gasification of organic feedstocks in supercritical water. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. Vol. 35: 2522–2530.

- Azadi P., Farnood R. (2011). Review of heterogeneous catalysts for sub and supercritical water gasification of biomass and wastes. *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol 36: 9529–9541.
- Kocsisová, T., Juhasz J., Cvengros J. (2006). Hydrolysis of fatty acid esters in subcritical water. *European Journal of Lipid Science and Technology*. Vol 108: 652–658.
- Zou D., Chi Y., Fu C., Dong J., Wang F., Ni M. (2013). Co-destruction of organic pollutants in municipal solid waste leachate and dioxins in fly ash under supercritical water using H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> as oxidant. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 248-249: 177–184.

## PROCESS OF SUPERCRITICAL WATER BIOMASS REFINING

*Sabina Begić<sup>1</sup>, Vladan Mičić<sup>2</sup>, Darko Manjenčić<sup>3</sup>*

### Abstract

Biobased industries, based on renewable sources and energy are still in development to supporting a decentralized production that can be alternative to the well – supported centralized petrochemical production plants. In recent time conversion of different organic substances, including wastes, sludge, biomass to biofuels and biobased chemicals has attracted a lot of researcher attention. Supercritical water is emerging as a solvent and reaction medium capable of providing selective processes while significantly reducing the reaction time, leading to the possibility of developing compact equipment for the use in biomass decentralized production plants. Hydrothermal processes that use sub or supercritical water as processing media are considered as promising technologies for the conversion of organic substances into biofuels and biobased chemicals. In this paper a short review of the hydrothermal processes and potentials of their use for the conversion of organic wastes and biomass into fuels and chemicals is given.

**Key words:** biomass, supercritical water, energy, biochemicals, hydrothermal process

---

<sup>1</sup>University of Tuzla, Faculty of Tuzla, Univerzitetska 8, Tuzla, Bosnia and Herzegovina, (sabina.begic@untz.ba);

<sup>2</sup>University of East Sarajevo, Faculty of Technology, Karakaj 34a, Zvornik, Bosnia and Herzegovina (micicvladan@yahoo.com);

<sup>3</sup>University of Novi Sad, Faculty of Technology Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1, Novi Sad, Serbia, (manjend@gmail.com);

## BIOAKUMULACIJA I TRANSLOKACIJA METALA U VRSTI *ALYSSUM MARKGRAFII* O. E. SCHULZ

*Snežana Branković<sup>1</sup>, Gorica Đelić<sup>1</sup>, Zoran Simić<sup>1</sup>, Radmila Glišić<sup>1</sup>, Vera Đekić<sup>2</sup>,  
Marina Topuzović<sup>1</sup>, Filip Grbović<sup>1</sup>, Milica Novaković<sup>1</sup>*

**Izvod:** Cilj ovog rada bio je da se odrede koncentracije nekih metala (Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Ni, Cr) u zemljištu i vrsti *Alyssum markgrafii* O. E. Schulz na lokalitetu u podnožju planine Goč. Koncentracije Ni i Cr u istraživanom zemljištu prelazile su propisane maksimalno dozvoljene koncentracije, granične vrednosti, kao i remedijacione vrednosti ovih metala u zemljištu, saglasno uredbi i pravilniku Republike Srbije. Listovi vrste *A. markgrafii* akumulirali su najviše Mg, Mn, Fe, Ni i Cr. Stablo ove vrste je sadržalo najviše Zn, a cvast najviše Ca. Utvrđeni su veliki sadržaji Ni, Cr i Fe u biljnim tkivima vrste *A. markgrafii*. Pokazana je i dobra translokacija Ca i Zn od podzemnih ka nadzemnim organima vrste *A. markgrafii*, kao i da se ona može smatrati pogodnom za fitoekstrakciju ispitivanih metala.

**Gljučne reči:** metali, zemljište, bioakumulacija, translokacija.

### Uvod

Zagađenje životne sredine (zemljište, voda, vazduh) predstavlja globalni problem. Poslednjih decenija smo svedoci sve prisutnijeg zagađenja zemljišta različitim polutantima, posebno teškim metalima. Poreklo teških metala u zemljištu može biti geohemijsko i antropogeno. U toku procesa pedogeneze dolazi do raspadanja stena, tako da se mineralni sastav zemljišta neposredno nasleđuje iz materinske stene ili se formira transformacijom minerala u njemu. Hemijski sastav zemljišta odgovara geološkoj podlozi od koje zemljište nastaje. Različiti elementi se iz matičnog supstrata oslobađaju najčešće putem hidratacije, hidrolize, rastvaranja, oksidacije, redukcije, a zatim se koncentrišu u površinskim ili dubljim slojevima zemljišta, što zavisi od njihove sposobnosti da se vežu za glinu, hidratizane okside ili organsku materiju.

Biljke su na specifična svojstva zemljišta prilagođene svojim morfo-anatomskim, biohemijsko-fiziološkim osobinama, kao i svojim opštim habitusom. Sposobnost biljka da akumuliraju polutante, teške metale, i da ih skladište u svojim organima se može koristiti za monitoring zagađenja zemljišta i utvrđivanje njihovog sadržaja. Biljne vrste koje imaju veliku sposobnost akumulacije i translokacije metala od korena do nadzemnih organa biljke mogu biti korisne u uklanjanju metala iz zemljišta i primenjene u fitoremedijaciji kontaminiranih zemljišta

Cilj ovog rada bio je da se odredi sadržaj 7 metala u zemljištu i vrsti *Alyssum markgrafii* O. E. Schulz., kao i da se pokaže sposobnost bioakumulacije i translokacije ispitivanih metala ove vrste i ukaže na mogućnost njene primene u fitoremedijaciji.

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet Kragujevac, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Srbija (pavsnez@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>Centar za strna žita, Save Kovačevića 31, Kragujevac, Srbija.

## Materijal i metode rada

Biljni materijal je prikupljan po povoljnim vremenskim uslovima, a uzorkovani su koren, stablo, list i cela biljaka *Abyssum markgrafii* O. E. Schulz na lokalitetu selo Kamenica u podnožju planine Goč. Identifikacija biljnog materijala je rađena pomoću odgovarajućeg pribora u laboratoriji Instituta za biologiju i ekologiju Prirodno-matematičkog fakulteta u Kragujevcu, uz pomoć standardnih ključeva za determinaciju biljaka: Jávorka and Csapody (Javorka and Csapody, 1979.), Flora Republike Srbije (Josifović, 1991.) i Flora Evrope (Tutin, 1964.).

Uzorci zemljišta od 2 kg, sa dubine do 10 cm, su prvo sušeni na vazduhu do vazdušno-suvog stanja, pri čemu su iz zemljišta odstranjeni delovi stena i krupne frakcije. Srednja proba zemljišta je zatim prosejavana na sitima promera 2 mm, a manji uzorci težine 10 g su ponovo prosejavani. Posle sušenja biljnih uzoraka i uzoraka zemljišta (u sušnici Binder/Ed15053, 24h na temperaturi od 105°C), određena masa pripremljenog materijala (3 g zemljišta i 2 g biljnog materijala) je merena na analitičkoj vagi, nakon čega je sprovedena standardna procedura za pripremanje uzoraka za hemijsku analizu (Wei et al., 2005.).

U zemljištu i biljnim uzorcima (koren, stablo, list, cela biljka), određivane su koncentracije Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Ni i Cr, a njihovo očitavanje rađeno je u Institutu za hemiju na Prirodno-matematičkom fakultetu u Kragujevcu, korišćenjem atomskog apsorpcionog spektrofotometra (Perkin Elmer 3300). Svaki uzorak je očitavan u pet ponavljanja. Određivane su srednja vrednost, standardna devijacija, bioakumulacioni faktor (BF), translokacioni faktor (TF) kao i faktor obogaćivanja (EF, *engl.* enrichment factor). Bioakumulacioni faktor je indeks sposobnosti biljke da akumulira određeni metal u odnosu na njegovu koncentraciju u supstratu (Ghosh and Singh, 2005), i računa se kao odnos koncentracije metala u korenu i njegove koncentracije u zemljištu. Translokacioni faktor (odnos mobilizacije) se koristi za procenu relative translokacije metala od podzemnih organa (krenova) ka nadzemnim organima i izračunava se kao odnos koncentracije metala u nadzemnom organu i njegove koncentracije u korenu (Gupta et al., 2008). Faktor obogaćivanja se računa kao odnos koncentracije metala u nadzemnim organima biljke i njegove koncentracije u zemljištu (Branquinho et al, 2007). Takođe, određivan je i biološki apsorpcioni koeficijent (AK) kao odnos sadržaja metala u celoj biljci i njegovog sadržaja u zemljištu (Kabata-Pendias, 2011.). Koncentracije metala u biljnom materijalu i zemljištu izražene su u mg kg<sup>-1</sup> suve materije.

## Rezultati istraživanja i diskusija

Srednje vrednosti koncentracija ispitivanih elemenata u zemljištu gradirane su u sledećem poretku: Mg>Fe>Ca>Ni>Cr>Mn>Zn i kretale su se u rasponu od 23,12 mg Zn kg<sup>-1</sup> do 59603,59 mg Mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 1). Dobijeni rezultati pokazuju da su koncentracije Ni i Cr u istraživanom zemljištu prelazile propisane maksimalno dozvoljene koncentracije, granične i remedijacione vrednosti ovih metala u zemljištu saglasno uredbi i pravilniku Republike Srbije (Službeni glasnik RS, br. 18/97; Službeni glasnik RS, br. 88/2010, prilog 3). Takođe, koncentracija Ni je bila iznad granične vrednosti za dati metal u zemljištu prema Direktivi Evropske unije (Directive 86/278/EEC).

Tabela 1. Sadržaj ispitivanih metala [mg kg<sup>-1</sup>] u zemljištu  
 Table 1. The content of investigated metals [mg kg<sup>-1</sup>] in the soil

Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Ni	Cr
1109,08 ±6,1	59603,59 ±312,0	288,86 ±6,4	35709,91 ±320,9	23,12 ±0,2	<b>931,49</b> ±23,7	<b>485,24</b> ±10,7

<sup>1</sup>srednja vrednost (n=5) ± standardna devijacija [mg kg<sup>-1</sup>]

Sadržaj ispitivanih metala u proučavanoj vrsti *A. markgrafii* bio je različit i zavisio je od biljnog organa i vrste metala (Tabela 2). Generalni poredak srednjih vrednosti koncentracija ispitivanih metala u proučavanoj biljci je: Ca>Mg>Fe>Ni>Cr>Mn>Zn. Dobijeni rezultati pokazuju da je list vrste *A. markgrafii* akumulirao najviše Mg, Mn, Fe, Ni i Cr. Stablo ove vrste je sadržalo najviše Zn, dok je cvast sadržala najviše Ca.

Tabela 2. Sadržaj ispitivanih metala [mg kg<sup>-1</sup>] u vrsti *A. markgrafii*  
 Table 2. The content of investigated metals [mg kg<sup>-1</sup>] in species *A. markgrafii*

	koren <i>root</i>	stablo <i>stem</i>	list <i>leaf</i>	cvast <i>inflorescence</i>	cela biljka <i>whole plant</i>
<b>Ca</b>	4925,00±26,44	10630,50±453,67	15726,67±393,56	<b>22030±543,08</b>	10427,39±455,1
<b>Mg</b>	2633,50±30,99	2876,50±83,83	<b>18335,33±499,60</b>	14359,67±278,77	7948,44±756,3
<b>Mn</b>	48,50±0,63	21,18±0,65	<b>146,13±1,10</b>	85,27±0,64	71,94±55,20
<b>Fe</b>	481,33±9,56	173,00±4,94	<b>6827,50±41,13</b>	2277,00±25,63	3092,50±285,8
<b>Zn</b>	27,55±0,40	<b>33,05±0,40</b>	26,25±0,85	9,33±0,37	28,95±0,3
<b>Ni</b>	92,67±0,75	121,33±1,22	<b>355,70±1,54</b>	285,28±1,15	189,90±12,1
<b>Cr</b>	55,40±0,63	27,97±0,48	<b>171,53±0,87</b>	68,72±0,88	84,97±6,4

<sup>1</sup>srednja vrednost (n=5) ± standardna devijacija [mg kg<sup>-1</sup>]

Prema nekim izvorima sadržaj Ca kod biljaka ne prelazi 0,8%, dok se sadržaj Mg kreće 2,67-8,14%, što je u saglasnosti sa rezultatima ove studije. Za potpunu metaboličku funkciju biljaka Mn je potreban u koncentracijama do 20 mg kg<sup>-1</sup>, a kod većine biljaka utvrđen je normalni sadržaj Mn u granicama 20-300 mg kg<sup>-1</sup> (Kastori, 1993). Takođe, literaturni podaci navode različite toksične vrednosti koncentracija Fe za biljke (40-500 mg kg<sup>-1</sup>, 5-200 mg kg<sup>-1</sup>) (Markert, 1992). Prema Hooda-u (2011), koncentracije Fe u biljnim tkivima se kreću do 50 mg kg<sup>-1</sup>, dok su suficitarne vrednosti u opsegu 50-500 mg kg<sup>-1</sup>. Rezultati ove studije ukazuju na povećan sadržaj Fe u proučavanim organima biljke. Prema Brunetti-u (2009) normalan sadržaj Zn u biljkama je 15-150 mg kg<sup>-1</sup>, dok je maksimalna vrednost Zn u biljnim tkivima 150-200 mg kg<sup>-1</sup>. Dobijeni rezultati ukazuju da su sadržaji Mn i Zn u svim proučavanim organima vrste *A. markgrafii* bili u nivou normalnih vrednosti prema navedenim literaturnim izvorima. Prosečan sadržaj Ni u biljkama u Srbiji iznosi od 0,1-5,0 mg kg<sup>-1</sup>, dok je toksična vrednost Ni procenjena na 10-100 mg kg<sup>-1</sup> suve materije (Kastori, 1993.). Svi proučavani organi vrste *A. markgrafii* (osim korena) pokazali su veći sadržaj Ni u svojim tkivima od toksične vrednosti prema gore navedenoj literaturi. Takođe, prema nekim navodima normalne koncentracije Cr u biljnim tkivima su 0,2-1 mg kg<sup>-1</sup> (Nagajyot, 2010), dok je prag toksičnosti Cr 5-30 mg kg<sup>-1</sup> (Alloway, 1990). Dobijeni rezultati ukazuju da je sadržaj Cr u svim organima vrste *A. markgrafii* bio veći od njegovog prosečnog sadržaja u

biljkama, kao i da je njegov sadržaj u korenu, listovima i cvastima ove vrste prevazilazio prag toksičnosti. Visoki sadržaji Ni, Cr i Fe u biljnim tkivima vrste *A. markgrafii* je u vezi sa njihovim povećanim sadržajem u serpentinitskoj geološkoj podlozi i zemljištu nastalom na ovakom tipu geološke podloge.

Dobijeni rezultati ukazuju da su svi proučavani organi vrste *A. markgrafii* imali veći sadržaj Ca u odnosu na ispitivano zemljište, kao i da su korenovi, stabla i listovi ove vrste imali veći sadržaj Zn u odnosu na zemljište (Tabela 3).

Tabela 3. Bioakumulacioni faktor (BF) i faktori obogaćivanja (EF)  
 Table 3. Bioaccumulation factor (BF) and enrichment factor (EF)

<i>A. markgrafii</i>				
	<i>BF</i>	<i>EFstablo</i> <i>EFstem</i>	<i>EFlist</i> <i>EFleaf</i>	<i>EFcvast</i> <i>EFinflorescence</i>
<b>Ca</b>	<b>4,44</b>	<b>9,58</b>	<b>14,18</b>	<b>19,86</b>
<b>Mg</b>	0,04	0,05	0,31	0,24
<b>Mn</b>	0,17	0,07	0,51	0,30
<b>Fe</b>	0,01	0	0,19	0,06
<b>Zn</b>	<b>1,19</b>	<b>1,43</b>	<b>1,14</b>	0,40
<b>Ni</b>	0,10	0,13	0,38	0,31
<b>Cr</b>	0,11	0,06	0,35	0,14

Prema dobijenim rezultatima stablo vrste *A. markgrafii* bolje akumulira Ca, Mg, Zn i Ni od korena, dok listovi i cvasti imaju bolju akumulaciju gotovo svih ispitivanih metala (osim Zn) u odnosu na koren (Tabela 4). Apsorpcioni koeficijent veći od 1 kod vrste *A. markgrafii* pokazan je za Ca i Zn.

Tabela 4. Translokacioni faktori (TF) i apsorpcioni koeficijent (AK)  
 Table 4. Translocation factors (TF) and absorption coefficient (AC)

<i>A. markgrafii</i>				
	<i>TFstablo</i> <i>TFstem</i>	<i>TFlist</i> <i>TFleaf</i>	<i>TFcvast</i> <i>TFinflorescence</i>	<i>AK</i> <i>AC</i>
<b>Ca</b>	<b>2,16</b>	<b>3,19</b>	<b>4,47</b>	<b>9,40</b>
<b>Mg</b>	<b>1,09</b>	<b>6,96</b>	<b>5,45</b>	0,13
<b>Mn</b>	0,44	<b>3,01</b>	<b>1,76</b>	0,25
<b>Fe</b>	0,36	<b>14,18</b>	<b>4,73</b>	0,09
<b>Zn</b>	<b>1,20</b>	0,95	0,34	<b>1,25</b>
<b>Ni</b>	<b>1,31</b>	<b>3,84</b>	<b>3,08</b>	0,20
<b>Cr</b>	0,50	<b>3,10</b>	<b>1,24</b>	0,18

Primenom bioakumulacionog faktora može se proceniti biljna sposobnost da akumulira metale iz zemljišta, dok se sposobnost biljaka da translocira metale od korena ka nadzemnim organima može utvrditi translokacionim factorom. Factor obogaćivanja daje procenu translokacije metala od korena ka nadzemnim organima. Sva tri biološka faktora, kao i apsorpcioni koeficijent se mogu primeniti u proceni potencijala biljne vrste za njenu primenu u fitoremedijaciji. Rezultati ove studije su pokazali da vrsta *A. markgrafii* ima  $BF > 1$  za Ca i

Zn. Takođe, različiti organi proučavane vrste imaju  $TF > 1$  za ispitivane metale, tako da se vrsta *A. markgrafii* može smatrati pogodnom za fitoekstrakciju ovih metala.

Obogaćivanje biljaka nekim polutantom se javlja kada zagađivač koji uzima biljka nije brzo degradiran; što rezultira njegovom akumulacijom u biljci. Specifičnu sposobnost biljke da apsorbira jone metala iz zemljišta i transportuje ih u nadzemne organe pokazuje  $EF > 1$ . Rezultati ove studije su pokazali  $EF > 1$  za Ca za sve proučavane organe, kao i EF stabla i lista proučavane vrste za Zn, što ukazuje na translokaciju ovih metala od korena ka nadzemnim organima. Biološki apsorpcioni koeficijent metala se koristi da bi se odredila količina metala usvojena od strane biljaka iz zemljišta, a njegova velika vrednost kod pojedinih vrsta biljka ukazuje na mogućnost njihove primene u fitoekstrakciji. Na osnovu dobijenih rezultata vrsta *A. markgrafii* se može primeniti u fitoekstrakciji Zn iz zagađenih zemljišta.

### Zaključak

Koncentracije Ni i Cr u istraživanom zemljištu prelazile su propisane maksimalno dozvoljene koncentracije, granične i remedijacione vrednosti ovih metala u zemljištu prema regulativi Republike Srbije. Utvrđeni su veliki sadržaji Ni, Cr i Fe u biljnim tkivima vrste *A. markgrafii*. Takođe, ustanovljeno je da stablo vrste *A. markgrafii* bolje akumulira Ca, Mg, Zn i Ni od korena, dok listovi i cvasti imaju bolju akumulaciju gotovo svih ispitivanih metala (osim Zn) u odnosu na koren. Pokazana je i dobra translokacija Ca i Zn od podzemnih ka nadzemnim organima vrste *A. markgrafii*, kao i da se ona može smatrati pogodnom za fitoekstrakciju ispitivanih metala.

### Literatura

- Alloway B.J. (1990). Heavy metals in soil. Blackie and Son Ltd, London, pp: 1-339.
- Branquinho C., Serrano H.C., Pinto M.J., Martins-Loucao M.A. (2007). Revisiting the plant hyperaccumulation criteria to rare plants and earth abundant elements. Environ. Pollut. 146, 437–443.
- Brunetti G., Soler-Rovira P., Farrag K., Senesi N. (2009). Tolerance and accumulation of heavy metals by wild plant species grown in contaminated soils in Apulia region, Southern Italy. Plant Soil, 318, 285-298.
- EU Directive 86/278/EEC (1986). Directive 86/278/EEC on the protection of the environment and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. Off. J. Eur. Comm. L181/6.
- Ghosh M., Singh S. P. (2005). A comparative study of cadmium phytoextraction by accumulator and weed species. Environ. Pollut., 133, 365–371.
- Gupta S., Nayek S., Saha R. N., Satpati S. (2008). Assessment of heavy metal accumulation in macrophyte, agricultural soil and crop plants adjacent to discharge zone of sponge iron factory. Environ. Geol., 55, 731–739.
- Hooda S. P. (2010). Trace elements in soil. Kingston University London, A. John Wiley and Sons Ltd Blackwell Publishing, London.
- Javorka S., Csapody V. (1979). Iconographia Florae partium Austro-Orientalis Europae Centralis. Academiai kido, Budampest.
- Josifović M. (1970). Flora of Serbia I. SAAS, Beograd, 286-31.



- Kabata-Pendias A. (2011). Trace Elements in Soil and Plants (4th Eds.). Boca Raton, CRC press, Washington, D.C.
- Kastori R. (1993). Teški metali i pesticidi u zemljištu Vojvodine. Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Markert B. (1992). Presence and significance of naturally occurring chemical elements of the periodic system in the plant organism and consequences for future investigations on inorganic environmental chemistry in ecosystems. *Vegetatio*, 103, 1-30.
- Nagajyoti P. C, Lee K. D. (2010). Sreekanth TVM Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environ Chem Lett*, 8, 199–216.
- Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja. Službeni glasnik RS, br. 18/97.
- Tutin T. G. (1964-1980). *Flora Europaea*. In: Tutin T. G., Heywood V. H., Burges N. A., Valentine D. H., Walters S. M., Webb D. A. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa. Službeni glasnik RS, br. 88/2010, prilog 3.
- Wei Sh., Zhou Q., Wang X. (2005). Identification of weed plants excluding the uptake of heavy metals. *Environ. Inter.*, 31, 829-834.

## **BIOACCUMULATION AND TRANSLOCATION OF METALS IN SPECIES *ALYSSUM MARKGRAFII* O. E. SCHULZ**

*Snežana Branković<sup>1</sup>, Gorica Đelić<sup>2</sup>, Zoran Simić<sup>3</sup>, Radmila Glišić<sup>4</sup>, Vera Đekić<sup>5</sup>, Marina Topuzović<sup>6</sup>, Filip Grbović<sup>7</sup>, Milica Novaković<sup>8</sup>*

### **Abstract**

The aim of this study was to determine the concentrations of 7 metals (Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Ni, Cr) in the soil and selected plant species *Alyssum markgrafii* O. E. Schulz in one serpentinite sites in the foothills of the mountain Goc. The concentrations of Ni and Cr in the investigated soil were above the maximum allowable concentration of substances in the soil, also above limit and remediation values for a given metals in the soil, according to regulation of Republic of Serbia. The great contents of Ni, Cr and Fe in plant tissues of species *A. markgrafii* were determined. Good translocation of Ca and Zn from under-ground to above-ground organs of species *A. markgrafii* has also been shown, and it can be considered suitable for the phytoextraction of investigated metals.

**Key words:** metals, soil, bioaccumulation, translocation.

---

<sup>1,2,3,4,6</sup>University of Kragujevac, Faculty of Science Kragujevac, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Serbia (pavsnez@kg.ac.rs)

<sup>5</sup>Center for Small Grains, Save Kovačevića 31, Kragujevac, Serbia.

## POSTUPCI RECIKLIRANJA OTPADNIH GUMENIH PROIZVODA ZA DOBIJANJE ELASTOMERNIH HIBRIDNIH MATERIJALA

*Jaroslava Budinski-Simendić<sup>1</sup>, Vojislav Jovanović<sup>2</sup>, Slaviša Jovanović<sup>3</sup>,  
Gordana Marković<sup>4</sup>, Dejan Kojić<sup>1</sup>, Jelena Pavličević<sup>1</sup>,  
Nevena Vukić<sup>1</sup>, Milena Marinović-Cincović<sup>5</sup>*

**Izvod:** Dobijanje sirovina na osnovu otpadnih gumenih proizvoda predstavlja voma značajan ekološki zadatak. Cilj ovog aplikativnog rada je bio da se sintetišu hibridni elastomerni materijali na osnovu sumporom umrežene ter-blende prirodnog kaučuka, polibutadienskog kaučuka i stiren-butadienskog kaučuka, aktivnog nano-punila i mlevene otpadne gume (REP). Određena su mehanička svojstva dobijenih materijala pre i posle starenja u funkciji sadržaja recikliranog gumenog praha. Ustanovljeno je da se prekidna čvrstoća sintetisanih hibridnih materijala smanjuje sa porastom sadržaja recikliranog elastomernog praha.

**Ključne reči:** guma, reciklirani gumeni prah; hibridni materijali; elastomerni kompoziti

### Uvod

Elastomerni hibridni materijali i nano-kompoziti predstavljaju veliki naučni i industrijski izazov. Elastomer (guma) nastaje u procesu umrežavanja, tokom kojeg se prekursori mreža (najčešće makromolekuli kaučuka) spajaju vezama u prostorno umreženu 3D strukturu fleksibilnih anaca. Sposobnost velikih povratnih deformacija su svojstva elastomera koja omogućavaju njegovu upotrebu u specifičnim uslovima eksploatacije. Elastomerni materijali sa novim kombinacijama svojstava ispunjavaju zahteve razvoja u širem tehničko-tehnološkom smislu, te je za rešavanje tih izazova neophodan multidisciplinarni pristup uz nauku o materijalima, tj. poznavanje svih aspekata procesiranja višekomponentnih i višefaznih sistema. Umreženi polimerni materijali su veoma značajni u građevinarstvu, farmaceutskoj industriji, industriji aviona, biomedicinskih materijala, premaza, smola, elektronici itd. Industrijska istraživanja ukazuju da je moguće projektovati željena svojstva elastomera (visok odnos čvrstoće i fleksibilnosti) pri čemu se projektuje željena arhitektura polimerne mreže preko hemijskih ili fizičkih čvorova (Slika 1). Recikliranje otpadnih gumenih proizvoda zahteva specijalne postupke, jer su oni napravljeni od materijala koji su polimerne mreže sa trajnim čvorovima te ne mogu da se reprocesiraju kao termoplastični materijali (Adhikari i sar. 2000). Korišćenje otpadnog gumenog praha je veoma atraktivan ekološki zadatak (Myhre i sar., 2002). Otpadni pneumatici su specifična vrsta gumenog

<sup>1</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Bulevar cara Lazara 1, Novi Sad, Srbija (jarkamer@gmail.com);

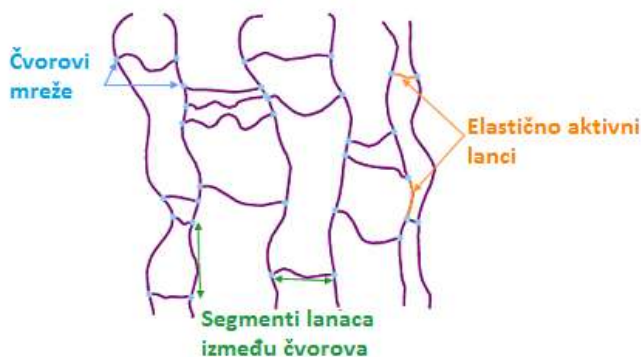
<sup>2</sup>Univerzitet u Prištini, Prirodno-matematički fakultet, Ive Lole Ribara 29, Kosovska Mitrovica, Srbija;

<sup>3</sup>Mitas d.o.o, Industrijska bb, Ruma, Srbija;

<sup>4</sup>Tigar A.D., Nikole Pašića 213, Pirot, Srbija;

<sup>5</sup>Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke Vinča, Mike Petrovića Alasa 12-14, Beograd, Srbija;

otpada. Materijal dobijen reciklažom pneumatika se sve češće upotrebljava kao vredna sirovina te se njegovom upotrebom doprinosi dostizanju održivog razvoja. Nedavna istraživanja su doprinela pronalaženju novih proizvoda koji se dobijaju od recikliranih pneumatika. Studija ekotoksičnosti nije pokazala toksičnost pneumatika. Istraživanja potvrđuju povećan sadržaj teških metala, pre svega, u kiseloj sredini.



Slika 1. Šematski prikaz polimerne mreže  
 Figure 1. The structure of polymer network

Dalji rizik potiče od spaljivanja pneumatika na slobodnim površinama, gde dolazi do oslobađanja oksida ugljenika i poliaromatičnih ugljovodonika. Nekontrolisanim spaljivanjem pneumatika može doći do zagađenja vazduha i izdvajanja ulja koja mogu zagađati zemljište, površinske i podzemne vode. Pri nekontrolisanom spaljivanju u okolini nastaje gust dim, koji može da sadrži polutante štetne po ljudsko zdravlje, uključujući policiklične aromatične ugljovodonike, benzen, stiren, fenole i butadien. Kod kriogene reciklaže pneumatiki se drobe u drobilici do veličine oko 50 mm i transportuju do rashladnog tunela gde se hlade tečnim azotom. U mlinu čekićaru, određene materije se smanjuju na frakcije veličine od 0,4 mm do 0,6 mm. Na izlazu iz mlina se odstranjuju čelik, tekstil i čestice prašine. Potom se granulat suši i vrši se separacija prema veličini zrna. Zatim sledi sekundarno drobljenje i skladištenje. U postupku mehaničkog recikliranja pneumatiki se drobe na ulazu u postrojenje. Pneumatici oslobođeni čeličnih niti unose se u drobilicu sa ozubljenim valjcima. Na izlazu se pomoću jakog magneta izdvajaju čelični komadići. Sledeća operacija je drobljenje nastalog materijala na željenu veličinu. Glavni produkt mehaničke prerade je gumeni granulat raznih frakcija, gumeni prah, isečena čelična žica i sečeni tekstil. Značajna primena praha otpadne gume (REP) je da se dodaje u termoplastične materijale i tako se dobijaju termoplastični elastomerni hibridni materijali (Batea i sar. 2009). Međutim adhezija između otpadnog gumenog praha i polimerne matrice je obično veoma slaba usled umrežene strukture REP (Marković i sar. 2017). Da bi se prevazišao taj problem proizvode se termoplastični elastomeri dodavanjem REP u postojeće recepture. Kod recikliranja gumenog otpada elastomer može da se razmreži ili da se parcijalno razmreži da bi se ostvarila molekulska zapletenost između REP i

polimerne matrice. Reciklirana guma može da se koristi kao punilo za dobijanje hibridnih materijala kao elastomerni prah ili kao parcijalno razmreženi elastomer. Raskidanje se definiše kao razaranje veza ugljenik-ugljenik u osnovnim lancima polimerne mreže i ima za cilj da se smanji molekulska masa. Razmrežavanje (devulkanizacija) je raskidanje veza sumpor-sumpor kao i ugljenik-sumpor da bi se razorila trodimenzionalna struktura. Reciklirana guma predstavlja prihvatljivu sirovinu za dobijanje elastomerni materijala. Cilj ovog rada je bio da se sintetišu elastomerni hibridni materijali na osnovu sumporom umreženih ter-blendi kaučuka punjenih recikliranim gumenim prahom i nano-česticama čađi.

### Materijali i metode rada

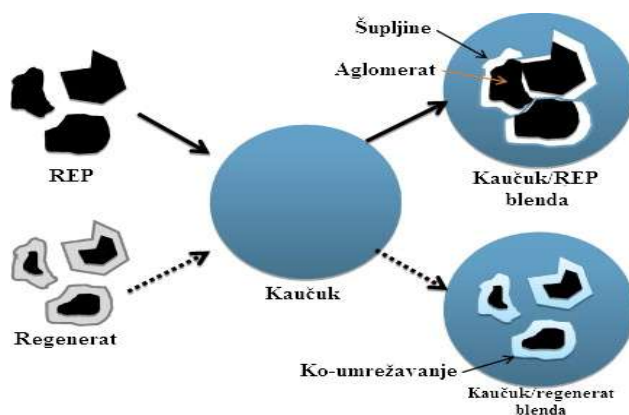
Sintetisano je nekoliko tipova hibridnih elastomernih materija na osnovu tri prekursora mreža (prirodni kaučuk, stiren-butadienski kaučuk i polibutadienski kaučuk (NR/BR/SBR, 40/40/20 phr), nano-čestica čađi i recikliranog elastomernog praha (REP). Na Slici 2 je prikazan postupak dobijanje lateksa prirodnog kaučuka (*cis*-poliizoprena) iz biljke *Hevea Brasiliensis*. Kao punioci su korišćene aktivne nanočestice čađi (tip N330) i reciklirani elastomerni prah. Umrežavanje je ostvareno upotrebom sumpora u hidrauličnoj presi na 160° C. Vulkanizacione karakteristike su određene na reometru sa oscilujućim diskom prema standard ASTM D-2084. Određeni su optimalno vreme umrežavanja ( $t_{c90}$ ) i indeks brzine umrežavanja (CRI). Uzorci debljine 0,12 mm su korišćeni za ispitivanje tvrdoće prema standard ASTM D 2240. Merenja su izvedena prema standardu pomoću durometra tipa 306L. Deo dobijenih uzoraka je izložen termičkom starenju u toku 168h na 100°C u termostataranoj komori.



Slika 2. Dobijanje lateksa prirodnog kaučuka iz biljke *Hevea Brasiliensis*.  
Figure 2. The natural rubber latex obtaination from plant *Hevea Brasiliensis*.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Dobijanje sirovina na osnovu otpadnih elastomernih proizvoda predstavlja voma značajan ekološki zadatak. U cilju postizanja najboljeg odnosa cene, preradljivosti i fizičkih svojstava proizvoda, elastomerni materijali na osnovu više vrsta prekursora mreža su industrijski značajni materijali, a pogotovu ako se u sirovinskom sastavu nalazi i prah reciklirane gume. Na Slici 3 prikazana je mikrostrura hibridnog materijala u slučaju kada sadrži reciklirani elastomerni prah (REP) ili parcijalno razmreženi elastomer (regenerat). U našem radu sintetisani su materijali na osnovu tri prekursora mreža (prirodni kaučuk, polibutadienski kaučuk; stiren-butadienski kaučuk), aktivnog punila čađi i REP. Polibutadien se dobija polimerizacijom butadiene u rastvoru i ne sadrži nitrozamine ili substance koji bi mogli postati izvor nitrozamina (to je ekološki značajno). Dobijene karakteristike materijala date su u Tabeli 1.

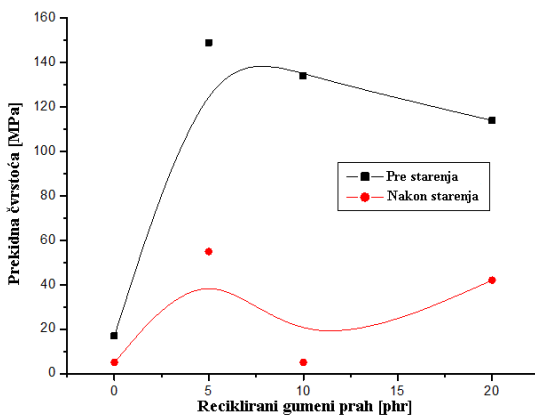


Slika 3. Prikaz različite mikrostrure hibridnog materijala u slučaju kada se dodaje reciklirani mleveni elastomer (REP) ili parcijalno razmreženi (Ramarad i sar. 2015)  
 Figure 3. The structure of elastomeric hybrid materials prepared either with recycled elastomer powder (REP) or partly devulcanized elastomer (Ramarad i sar. 2015)

Tabela 1. Vulkanizaciona karakteristika CRI, gustina i tvrdoća hibridnih materijala na osnovu NR/BR/SBR, aktivnog punila čađi i recikliranog gumenog praha.  
 Table 1. Curing characeristic CRI, density and hardnees value of hybrid materials based on NR/BR/SBR, active filler carbon black and recycled elastomer powder.

Uzorak Sample	REP (phr)	Aktivno punilo Active filler (phr)	CRI (min <sup>-1</sup> )	Gustina Density (g/cm <sup>3</sup> )	Tvrdoća Hardnees (°S)
1	0	60	303.03	81	63
2	5	55	294.12	67	61
3	10	50	312.50	69	59
4	20	40	434.78	79	55

Dodavanje recikliranog gumenog praha menja vulkanizacione karakteristike umrežavajućeg sistema. Porast količine REP u hibridnim materijalima povećao je indeks brzine umrežavanja. Ustanovljeno je da se gustina uzoraka povećava dodatkom elastomernog praha jer se menja mikrostrura hibridnog materijala. Na Slici 4. je prikazan uticaj sadržaja REP na prekidnu čvrstoću elastomera na osnovu ter-blende (NR/BR/SBR) i nano-čestica čađi pre i posle starenja. Uočava se da uzorci NR/BR/SBR/REP pokazuju nižu vrednost prekidne čvrstoće u poređenju sa elastomerom bez recikliranog gumenog praha.



Slika 4. Uticaj sadržaja REP na prekidnu čvrstoću elastomernih materijala na osnovu ter-blende (NR/BR/SBR) i nano-čestica čađi pre i posle starenja.

Figure 4. The effect of REP content on tensile strength of elastomeric materials based on ter-blend (NR/BR/SBR) and carbon black before and after ageing.

### Zaključak

U našim istraživanjima ustanovljeno je da se kod sintetisanih hibridnih materijala porastom količine REP povećava indeks brzine umrežavanja. Uzorci NR/BR/SBR/REP pokazuju nižu vrednost prekidne čvrstoće u poređenju sa elastomerom bez recikliranog gumenog praha. U dobijenim materijalima ukupan sadržaj nano-čestica čađi i REP je 60phr stoga se kod razumevanja promene svojstava mora imati na umu da porast REP znači smanjenje količine aktivnog punila samim tim se smanjuje ojačanje te i prekidna čvrstoća. Na osobine elastomernih materijala na osnovu ter-blendi kaučuka utiče kompatibilnost odabranih prekursora mreža kao i homogena raspodela dodatnih aktivnih i neaktivnih punila. Kao što se očekivalo posle starenja u termostatiranoj komori prekidne čvrstoća dobijenih materijala se drastično smanjila.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekata III45022 i III45020 koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## Literatura

- Myhre M., Mac Killop D., (2002). Rubber recycling. *Rubber Chemistry and Technology*, 75(3) 429-474.
- Adhikari, B., Maiti S., (2000). Reclamation and recycling of waste rubber. *Progress in polymer science*, 25(7) 909-948.
- Batea D., Zattera J., Oliveira M., Oliveira P., (2009). The use of styrene-butadiene rubber waste as potential filler in nitrile rubber: order of addition and size of waste particles. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 26(1) 23-31.
- Marković G., Marinović-Cincović M., Jovanović V., Kojić D., Vukić N., Samaržija-Jovanović S., Budinski-Simendić J. (2017). The properties of composites based on NR/CSM rubber blend and waste rubber powder. *Glasnik hemičara, tehnologa i ekologa Republike Srpske*, 13, 1-5.
- Ramarad S., Khalid M. , Ratnam C., Luqman Chuah A., Rashmi W., (2015). Waste tire rubber in polymer blends: A review on the evolution, properties and future. *Progress in Materials Science*, 72, 100-140.

## RECYCLING METHODS OF WASTE RUBBER PRODUCTS FOR PREPARATION OF ELASTOMER HYBRID MATERIALS

*Jaroslava Budinski-Simendić<sup>1</sup>, Vojislav Jovanović<sup>2</sup>, Slaviša Jovanović<sup>3</sup>,  
Gordana Marković<sup>4</sup>, Dejan Kojić<sup>1</sup>, Jelena Pavličević<sup>1</sup>,  
Nevena Vukić<sup>1</sup>, Milena Marinović-Cincović<sup>5</sup>*

### Abstract

Preparation of elastomeric materials based on recycled elastomer powder is huge ecological task. The goal of this applicative work was to synthesize hybrid materials based on sulfur cured ternary blends of polyisoprene rubber, polybutadiene rubber, and styrene-butadiene rubber filled with carbon black nano-particles and waste rubber powder (REP). Properties and ageing of prepared materials were assessed as a function of REP content. The stress-strain experiments were measured before and after the aging. It was assessed that the tensile strength of obtained materials decreased as the content of recycled rubber increased.

**Key words:** rubber; recycled elastomeric powder; hybrid materials; elastomeric composites;

<sup>1</sup>University of Novi Sad, Faculty of Technology, Bulevar cara Lazara 1, Novi Sad, ([jarkamer@gmail.com](mailto:jarkamer@gmail.com));

<sup>2</sup>University of Priština, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Ive Lole Ribara 29, Kosovska Mitrovica, Serbia;

<sup>3</sup>Mitas d.o.o, Industrijska bb, Ruma, Serbia;

<sup>4</sup>Tigar A.D., Nikole Pašića 213, Pirot, Serbia;

<sup>5</sup>University of Belgrade, Institute of Nuclear Science Vinča, Mike Petrovića Alasa 12-14, Belgrade, Serbia;

## PRIMENA NOVIH SORBENASA U D- $\mu$ -SPE TEHNICI PRIPREME UZORAKA ZA GC – MS ANALIZU PAU U VODI

*Slobodan A. Ćirić<sup>1</sup>, Vesna P. Stankov Jovanović<sup>1</sup>, Violeta D. Mitić<sup>1</sup>,  
Marija D. Ilić<sup>1</sup>, Snežana Č. Jovanović<sup>1</sup>, Gordana S. Stojanović<sup>1</sup>*

**Izvod:** Cilj istraživanja ovog rada je primena novih sorbenasa u disperzivnoj mikroekstrakciji čvrstom fazom (D- $\mu$ -SPE) kao tehnikom pripreme uzoraka vode za analizu 16 prioriternih PAU gasnom hromatografijom sa masenom spektrometrijom (GC-MS). D- $\mu$ -SPE se pokazala kao efikasna i ekonomična tehnika pripreme uzoraka vode pri čemu se troši mala količina rastvarača za ekstrakciju i koristi jeftin pribor za pripremu uzoraka koja traje 7 minuta (uključujući pripreme standardnih rastvora i odmeravanje sorbenasa). Niske vrednosti granice detekcije i kvantifikacije, prihvatljive vrednosti tačnosti i preciznosti predloženu metodu analize 16 prioriternih PAU kvalifikuje za rutinsku analizu vode.

**Cljučne reči:** GC-MS, D- $\mu$ -SPE, sorbens, PAU

### Uvod

Policiklični aromatični ugljovodonici (PAU) predstavljaju veliku grupu organskih jedinjenja sa dva ili više kondenzovanih benzenovih prstenova. Obično sadrže samo atome ugljenika i vodonika, ali atomi ugljenika se mogu lako supstituisati u benzenovim prstenovima atomima azota, sumpora ili kiseonika i formirati heterociklična aromatična jedinjenja (ASTDR, 1995). PAU se mogu podeliti na lake (sadrže do 4 prstena) i teške (sadrže više od 4 prstenova). Zajedničko za sve PAU je toksičnost i dugačak period degradacije u životnoj sredini, te se mogu svrstati u perzistentne organske zagađujuće supstance (WHO, 1998).

Glavni izvor PAU u životnoj sredini je nepotpuno sagorevanje organske materije. Kao posledica urbanizacije i industrijalizacije zastupljenost ovih jedinjenja u svim segmentima životne sredine je u neprekidnom porastu. Imajući u vidu rizik po zdravlje zbog izloženosti PAU, potrebno je pratiti njihove količine u životnoj sredini

Postupci pripreme uzoraka za analizu PAU predstavljaju najvažniji korak u analizi. Pri analizi PAU u vodi, primenjuju se različite ekstrakcione tehnike: ekstrakcija tečno – tečno (LLE), ekstrakcija čvrstom fazom (SPE) i mikroekstrakcione tehnike kao što su disperzivna tečno - tečno mikroekstrakcija (DLLME) i mikroekstrakcija čvrstom fazom (SPME) (Mahgoub, 2016). Nakon pripreme uzoraka, PAU se najčešće kvantifikuju gasnom hromatografijom sa masenom spektrometrijom (GC-MS), superkritičnom fluidnom hromatografijom (SFC), tečnom hromatografijom visokih performansi (HPLC) i kapilarnom elektroforezom (CE) (Gowin, 2006)

Cilj istraživanja ovog rada je primena novih sorbenasa u disperzivnoj mikroekstrakciji čvrstom fazom (dispersive micro solid phase extraction, D- $\mu$ -SPE). D-

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Nišu, Prirodno – matematički fakultet, Višegradska 33, Niš, Srbija.  
([slobodanciric@yahoo.com](mailto:slobodanciric@yahoo.com))



$\mu$ -SPE je tehnika slična disperzivnoj ekstrakciji čvrstom fazom (dSPE). Kod dSPE se analiti najpre ekstrahuju pogodnim rastvaračem nekom od konvencionalnih tehnika ekstrakcije pa se zatim ekstrakti podvrgavaju procesu prečišćavanja dSPE tehnikom koja se bazira na upotrebi sorbenasa koji ciljano reaguju sa interferencama dok analit ostaje u rastvoru. Metodologija D- $\mu$ -SPE bazira se na upotrebi odgovarajućih sorbenasa koji ciljano vezuju analite, koji se kasnije desorbuju sa sorbensa odgovarajućim rastvaračem, ili smešom rastvarača (Gálan – Cano i sar., 2011). Disperzija sorbensa dovodi do povećanja aktivne površine sorbensa njegovim dispergovanjem u zapremini analiziranog uzorka. Analiti koji su se vezali za sorbens se mogu analizirati direktno sa površine nekom spektroskopskom tehnikom (Acludia – Leoni sar., 2009), ili se mogu desorbovati sa sorbensa odgovarajućim rastvaračem i kasnije analizirati odgovarajućom analitičkom metodom (Tsai i sar., 2009).

Kod D- $\mu$ -SPE najčešće upotrebljavani sorbensi su tzv. mikro i nano sorbensi dok su u upotrebi polimeri na bazi silika - gela i organskih polimera. Ovaj rad je prvi u kome se primenjuje hemijski - termički modifikovan klinoptilolit kao sorbens u D- $\mu$ -SPE tehnici pripreme uzoraka vode za analizu PAU gasnom hromatografijom sa masenom spektrometrijom.

### Materijal i metode rada

U ovom radu korišćeni su heksan i acetonitril (HPLC čistoće), Sigma Aldrich, PAU miksa u acetonitrilu ukupne koncentracije  $16 \mu\text{g ml}^{-1}$ , unutrašnji standardi (perilen  $d_{12}$ , fenantren  $d_{10}$  i acenaften  $d_{10}$ ), i surogat standardi (2-hlorfenol-3,4,5,6-d4, 2,4,6-tribromofenol, 2-fluorobifenol), Supelco, Bellefonte, Pennsylvania.

Svi standardni i radni rastvori čuvaju se na  $4^\circ\text{C}$  u bočicama od tamnog stakla sa teflonskim zatvaračima. Rastvor miksa unutrašnjih standarda pripremljen je u dihlormetanu u koncentraciji  $30 \mu\text{g ml}^{-1}$ . Rastvor surogat standarda pripremljen je u acetonitrilu u koncentraciji  $30 \mu\text{g ml}^{-1}$ .

Serijski standardni rastvori pripremljeni su razblaživanjem od 0 – 200 (0, 1,875, 3,75, 18,75, 37,5, 75, 112,5, 150 i 187,5  $\mu\text{l}$ ) PAU miksa koncentracije  $16 \mu\text{g ml}^{-1}$  i razblaživanje do 200  $\mu\text{l}$  heksanom. Svaki standardni rastvor sadrži i po 100  $\mu\text{l}$  unutrašnjeg i 100  $\mu\text{l}$  surogat standarda. Svi eksperimenti su urađeni u tri ponavljanja.

Model uzorci vode spajkovani su u tri koncentracije, gde je ukupna koncentracija PAU bila 0,5, 1,5 i  $3 \mu\text{g L}^{-1}$ . Slepe probe pripremljene su na isti način ali bez dodavanja PAU miksa.

Sorbens je pripremljen tako što se zeolitni materijal (veliĉine ĉestica 0.063–0.1 mm) koji sadrži preko 90 % klinoptilolita, najpre ispere dejonizovanom vodom da bi se uklonile neĉistoće koje se rastvaraju u vodi, zatim se suši na temperaturi od  $120^\circ\text{C}$ , potom se 5 g klinoptilolita tretira sa 500 mL  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  hlorovodoniĉnom kiselinom u vremenu od 30 minuta uz konstantno mešanje na sobnoj temperaturi. Nakon ĉega se sorbens cedi i ispira do negativne reakcije na hloride. Nakon ispiranja, sorbens se termiĉki tretira 3 h na temperaturama 120 (M1), 300 (M2), 400 (M3), 500 (M4), 600 (M5), i  $700^\circ\text{C}$  (M6).

Kao tehnika pripreme uzoraka u ovom radu primenjena je D- $\mu$ -SPE gde se kao ekstraktant koristio heksan a kao disperzer acetonitril / voda (1:4 v/v). Postupak se

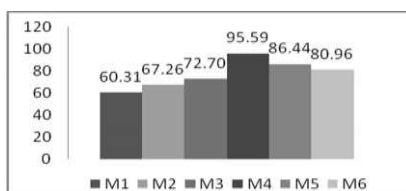
sastojao u odmeravanju 400 µl spajkovane vode (koja sadrži PAU u 3 koncentracije 0,5, 1,5 i 3 µg l<sup>-1</sup>, i surogat standardni miks u koncentraciji od 0,75 µg l<sup>-1</sup>) i prebacuje u mikroeprovete koje sadrže testirane sorbense (460 mg). Nakon mućkanja (1 min) i centrifugiranja na centrifugi sa 6000 RPM (5 min), uklanja se voda i dodaje se 500 µl ekstraktanta i 100 µl disperzera. Nakon mućkanja (5 min) i centrifugiranja na 6000 RPM (15 min) ekstrakti (400 µL) se prebacuju u GC vijale, dodaje se 200 µl unutrašnjeg standardnog miksa za kvantifikaciju. Ekstrakti pripremljeni na ovakav način analiziraju se gasnohromatografskom metodom sa masenom spektrometrijom na aparatu Triple Quadrupole GC/MS system – Agilent 7000 Series

### Rezultati istraživanja i diskusija

Postupak pripreme uzoraka predstavlja najteži, ujedno i najbitniji postupak pri analizi. Od efikasnosti načina pripreme uzoraka zavise dobijeni rezultati. U cilju validacije novog pristupa za analizu PAU u vodi, testirane su hemijsko-termičke modifikacije klinoptilolita D-µ-SPE tehnikom praćene GC - MS analizom, pri čemu su utvrđeni tačnost, preciznost, granica detekcije i granica kvantifikacije metode.

Na osnovu jednačine prave, izračunate su koncentracije svakog PAU u model uzorcima vode, a na osnovu izračunatih koncentracija i vrednosti eksperimentalnih koncentracija određena je tačnost metode izražena kao efikasnost u procentima (grafik 1 i grafik 2).

Grafički prikazana srednja vrednost efikasnosti (ekstrakcioni prinos ili “recovery” vrednost) za testirane sorbense, pokazuje da se sa povećavanjem temperature žarenja povećava vrednost efikasnosti, i za hemijski modifikovan klinoptilolit koji je žaren na 500 °C vrednost efikasnosti je nabolja, nakon čega se sa daljim povećavanjem temperature vrednost efikasnosti smanjuje.

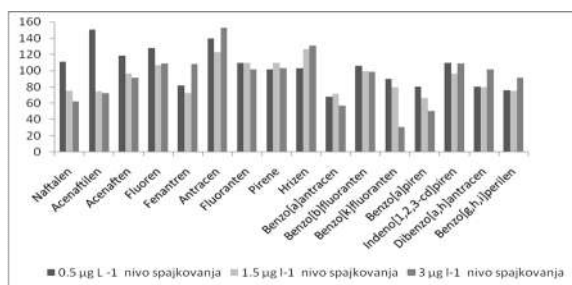


Grafik 1. Srednja vrednost tačnosti metode (efikasnost u %) primenom testiranih sorbenasa (M1-M6)

*Graphic 1. Mean value of accuracy of the method (recovery %) for tested sorbents (M1-M6)*

Na grafiku 2 je prikazana efikasnost određivanja svakog od 16 prioriternih PAU primenom hemijski (0.01 mol l<sup>-1</sup> hlorovodoničnom kiselinom) i termički (na temperaturi od 500 °C) tretiranog klinoptilolita koji je korišćen u D-µ-SPE tehnici pripreme uzoraka vode za GC - MS analizu. Prihvatljive vrednosti efikasnosti su od 50 – 120 %. Svih 16 prioriternih PAU za sva tri nivoa spajkovanja nalaze se u opsegu prihvatljivih vrednosti,

osim acenaftilena koji za nivo spajkovanja od  $0,5 \mu\text{g l}^{-1}$  ima vrednost efikasnosti 158,70 % i fluorena koji za nivo spajkovanja od  $0,5 \mu\text{g l}^{-1}$  ima vrednost efikasnosti 128,17 %.



Grafik 2. Tačnost metode (efikasnost, %) za modifikaciju M4

Graphic 2. Accuracy of the method expressed as a recovery (%) for M4 sorbent modification

Preciznost metode određena je analizom jednog uzorka istog dana jednim instrumentom pod istim uslovima (Stankov - Jovanovic i sar., 2017) i izražena je kao relativna standardna devijacija (%). Relativna standardna devijacija je u opsegu od 0,901 % za naftalen do 6,209 % za acenaftilen što predloženu metodu odlikuje dobrom preciznošću. Najniža koncentracija analita koja se može detektovati u uzorku, ali ne i kvantitativno odrediti, naziva se granicom detekcije (LOD). Vrednosti granice detekcije predložene metode analize je u opsegu od  $0,019 \mu\text{g l}^{-1}$  za naftalen do  $0,769 \mu\text{g l}^{-1}$  za krizen. Granica kvantifikacije naziva i limitom kvantifikacije (LOQ) i definiše se kao najmanja količina analita u uzorku koja se može kvantitativno odrediti sa prihvatljivom preciznošću i tačnošću. Vrednosti granice kvantifikacije variraju od  $0,058 \mu\text{g l}^{-1}$  za naftalen do  $3,822 \mu\text{g l}^{-1}$  za benzo[k]fluoranten.

Tabela 2. Analitički parametri predložene metode: retenciono vreme, t; masa praćenog jona, linearnost (jednačina prave), granica detekcije (LOD), granica kvantifikacije (LOQ), preciznost (RSD)

Table 2. Analytical parameters of the proposed method: retention time, t, mass of the monitored ion, linearity, limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ), precision (RSD)

	t (min)	m/z	Jednačina prave	Korelacioni koeficijent	LOD $\mu\text{g L}^{-1}$	LOQ $\mu\text{g L}^{-1}$	RSD (%)
Naftalen	11.23	128	$y=12.28*x$	0,982	0.019	0.058	0.901
Acenaftilen	16.99	152	$y=7.21*x$	0,980	0.291	0.883	6.209
Acenaften	17.7	152	$y=8.88*x$	0,989	0.105	0.319	3.449
Fluoren	19.63	165	$y=7.32*x$	0,984	0.191	0.580	4.821
Fenantren	23.21	178	$y=4.49*x$	0,999	0.208	0.629	4.714
Antracen	23.23	178	$y=2.55*x$	0,980	0.548	1.661	4.933

Fluoranten	27.77	202	$y=1.19*x$	0,993	0.782	2.371	3.722
Piren	28.57	202	$y=2.06*x$	0,993	0.227	0.688	1.992
Krizen	33.24	228	$y=0.91*x$	0,998	0.769	2.331	2.967
Benzo[a]antracen	33.38	228	$y=2.13*x$	0,987	0.328	0.995	4.285
Benzo[b]fluoranten	37.14	252	$y=1.43*x$	0,984	0.164	0.496	0.949
Benzo[k]fluoranten	37.22	252	$y=0.74*x$	0,981	1.261	3.822	4.562
Benzo[a]piren	38.16	252	$y=5.95*x$	0,986	0.157	0.475	4.794
Indeno[1,2,3-cd]piren	41.65	276	$y=1.04*x$	0,999	0.672	2.036	2.773
Dibenzo[a,h]antracen	41.77	278	$y=1.28*x$	0,990	0.727	2.203	4.794
Benzo[g,h,i]perilen	42.46	276	$y=1.83*x$	0,999	0.383	1.160	3.822

### Zaključak

Povećavanje zagađivanja životne sredine policikličnim aromatičnim ugljovodonicima, njihovo zadržavanje i transformacija u životnoj sredini kao potencijalni rizik po zdravlje živih bića dovodi do traganja za novim načinima analize policikličnih aromatičnih ugljovodonika. Novi pristupi analize trebalo bi da prevazilaze nedostatke koje imaju konvencionalni pristupi, a koji se tiču ekonomičnosti i vremena trajanja analize. Ovaj rad predstavlja inovativnu primenu hemijsko-termički modifikovanog klinoptilolita u disperzivnoj mikroekstrakciji čvrstom fazom pri analizi 16 prioriternih policikličnih aromatičnih ugljovodonika gasnom hromatografijom sa masenom spektrometrijom. Disperzivna mikroekstrakcija čvrstom fazom pokazala se kao efikasna tehnika pripreme uzoraka vode pri čemu se troši mala količina smeše rastvarača za ekstrakciju. Ovu tehniku pripreme uzoraka karakteriše ekonomičnost i u smislu upotrebe jeftinog pribora za proces pripreme uzoraka koja traje 7 minuta. Predložena analitička metoda se zbog svojih analitičkih karakteristika (niske vrednosti granice detekcije i granice kvantifikacije, prihvatljivih vrednosti tačnosti i preciznosti) kao i zbog smanjenih troškova i vremena analize može primenjivati u rutinskoj analizi vode.

### Napomena

Ovo istraživanje sprovedeno je u okviru projekata Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja (evidencioni brojevi projekata: 172047, 172051).

### Literatura

- Audrey E. McGowin. (2006). Chromatographic Analysis of the Environment, ed. Leo Nollet. (3rd edn ) 555-616. FL. CRC Press, Boca Raton.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). (1995). Polycyclic aromatic hydrocarbons. US Department of Health and Human Services, Public Health Service. Atlanta, GA. <http://www.atdsr.cdc.gov/toxpro.les/phs69>

- Hiba Abdalla Mahgoub. (2016). Extraction Techniques for Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Water Samples. International Journal of Science and Research (IJSR). Volumen (1): 268-272. doi:10.21275/v5i1.nov152648
- Galán-Cano, Francisco, Rafael Lucena, Soledad Cárdenas, and Miguel Valcárcel. (2011). Direct coupling of dispersive micro-solid phase extraction and thermal desorption for sensitive gas chromatographic analysis. Analytical Methods. Volumen (4) 991-995. doi:10.1039/c1ay05033h
- WHO / IPCS (World Health Organization - International Programme on Chemical Safety). Environmental Health Criteria 202, 1998. Selected non – heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbon. Geneva. [www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc202.htm](http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc202.htm)
- M. C. Alcudia-Leon., R. Lucena., S. Cardenas and M. Valc arcel. (2009). Analytical Chemistry. Volumen (81): 1184–1190.
- W. H. Tsai., T. C. Huang., J. J. Huang., Y. H. Hsue and H. Y. Chuang.( 2009) Journal of . Chromatography. Volumen (1216): 2263–2269.
- V. Stankov Jovanović., V. Mitić., S. Ćirić., M. Ilić., J. Nikolic., M. Dimitrijević i G. Stojanović. (2017). Optimized Ultrasonic Extraction for the Determination of Polyaromatic Hydrocarbons by Gas Chromatography - Mass Spectrometry, Analytical Letters. Volumen (50:15): 2491-2504. DOI: 10.1080/00032719.2017.1293677

## APPLICATION OF NOVEL SORBENTS IN D- $\mu$ -SPE SAMPLE PREPARATION FOR GC-MS ANALYSIS OF PAHS IN WATER

*Slobodan A. Ćirić<sup>1</sup>, Vesna P. Stankov Jovanović<sup>1</sup>, Violeta D. Mitić<sup>1</sup>,  
Marija D. Ilić<sup>1</sup>, Snežana Č. Jovanović<sup>1</sup>, Gordana S. Stojanov*

**Abstract:** The aim of this paper is application of novel sorbents in dispersive micro solid phase extraction (D- $\mu$ -SPE) as a technique for sample preparation of water, for the analysis of 16 PAHs by gass chromatography - mass spectrometry (GC-MS). D- $\mu$ -SPE proved to be an effective technique consuming a small amount of the solvent for the analysis. D- $\mu$ -SPE is characterized by its rapidity (7 minutes per sample including all preparation of standard solutions and measuring of sorbents) and cheapness as well. Low values of the detection limit and limit of quantification, acceptable accuracy and precision values propose this method for routine water analysis for the determination of PAHs.

**Keywords:** GC-MS, D- $\mu$ -SPE, sorbents, PAHs

---

<sup>1</sup>University of Nis, Faculty of Science and mathematics, Visegradska 33, Nis, Serbia ([slobodanciric@yahoo.com](mailto:slobodanciric@yahoo.com))

## INTEGRISANO SPREČAVANJE ZAGAĐENJA ŽIVOTNE SREDINE (IPPC), ENERGETIKA I ENERGETSKA EFIKASNOST

*Novica Staletović<sup>1</sup>, Drago Cvijanović<sup>2</sup>, Svetlana Vukotić<sup>3</sup>*

**Izvod:** U radu smo pokazali značaj dobijanja integrisane dozvole i funkcionalnu vezu sa posedovanjem sertifikata QMS, EMS, OHSAS i EnMS. Usaglašenost sa međunarodno priznatim standardima ISO 9001: 2015, ISO 14001: 2015, OHSAS 18001: 2008 i SRPS ISO 50001 samim tim postaje neminovnost. Ukoliko se to postavi u kontekst sa upravljanjem promenama u životnoj sredini, upravljanjem značajnim aspektima životne sredine, upravljanjem rizicima po životnu sredinu i zdravljem ljudi i energetskim faktorima, onda se potencira efikasnost i efektivnost koja omogućava poslovnim sistemima i organizacijama, da primenjuju i dostignu koncept održivog razvoja.

**Ključne reči:** integrisana dozvola, sertifikati, međunarodno priznati standardi, sprečavanje zagađenja životne sredine

### Uvod

U nacionalnoj i međunarodnoj tržišnoj utakmici kredibilitet postaje sve značajniji, a ponegde i presudni faktor poslovnog uspeha. Shodno tome, postizanje i održavanje kredibiliteta u svim oblastima poslovanja povezano je sa određenim normama, pravilima i standardima, pa samim tim i u oblasti zaštite životne sredine.

Zahtevi, odnosno zadaci, koji se danas postavljaju pred privredne subjekte sektora poljoprivrede, energetike i rudarstva, i dr., mogu se svrstati u više grupa: ekonomika, kvalitet proizvoda/usluga, zaštita zdravlja i bezbednost na radu, zaštita životne sredine, energetska efikasnost i društvena odgovornost.

Napred navedeni zahtevi se mogu ispuniti samo ako su potpuno usaglašeni sa zakonskom regulativom i zahtevima međunarodno priznatih standarda ISO 9001: 2015, ISO 14001: 2015, OHSAS 18001: 2008 i SRPS ISO 50001 (Standardi: SRPS ISO 9001: 2015; SRPS ISO 14001: 2015; SRPS OHSAS 18001: 2008 i EN ISO 50001: 2011). Da bi se ostvario koncept održivog razvoja i ispunili ovi zahtevi određeni broj postrojenja iz sektora energetike (proizvodnja energije i prerada mineralnih sirovina), u obavezi je da ispuni zakonski zahtev pribavljanja integrisane dozvole.

Kada je u pitanju pribavljanje integrisane dozvole, posedovanje sertifikata za QMS, EMS, OHSAS, EnMS nije poseban uslov, ali su ove dve premise, u vrlo tesnoj i funkcionalnoj vezi. Organizacije koje ispune uslove za dobijanje sertifikata QMS, EMS,

---

<sup>1</sup>Univerzitet Union-Nikola Tesla u Beogradu, Fakultet za ekologiju i zaštitu životne sredine, Cara Dušana 62-64, 11000 Beograd, Srbija, [nomstale@mts.rs](mailto:nomstale@mts.rs);

<sup>2</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet za hotelijerstvo i turizam u Vrnjačkoj Banji, Vojvodanska bb, 36210 Vrnjačka Banja, Srbija, [dvcmmv@gmail.com](mailto:dvcmmv@gmail.com); [drago.cvijanovic@kg.ac.rs](mailto:drago.cvijanovic@kg.ac.rs);

<sup>3</sup>Univerzitet Privredna Akademija u Novom Sadu, Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju i finansije, Jevrejska 24, 11000 Beograd, Srbija, ([cecavukotic@gmail.com](mailto:cecavukotic@gmail.com), [svetlana.vukotic@mef.edu.rs](mailto:svetlana.vukotic@mef.edu.rs))

OHSAS i EnMS, sasvim je sigurno da će u velikoj meri stvoriti pretpostavke da ispune i uslove za pribavljanje integrisane dozvole, kao i obrnuto. Ovakav pristup, svakoj organizaciji, može poboljšati imidž i poziciju: u odnosu na konkurenciju, na unapređenje odnosa sa vladinim i nevladinim organizacijama, prema društvenoj odgovornom poslovanja i prema potencijalnim investitorima (Staletović i Tucović, 2009).

Na osnovu toga može se zaključiti da nas postupak pribavljanja integrisane dozvole nedvosmisleno usmerava ka uspostavljanju integrisanih sistema menadžmenta QMS, EMS, OHSAS i EnMS. Integrisani menadžment sistem predstavlja način za efektivno i efikasno upravljanje organizacijom. Rukovodstvo organizacije ima obavezu da neprekidno odgovara na zahteve tržišta i ostalih zainteresovanih strana (vlasnika, zaposlenih, korisnika proizvoda-usluga, isporučilaca i društva, pa na taj način i da ispuni uslov za pribavljanje integrisane dozvole.

Interes za rešavanje problema iz domena poštovanja zakonske regulative i uspostavljanja integrisanih sistema menadžmenta imaju, ili bi trebalo da imaju, svi: država i njene institucije, vlasnici kapitala, preduzeća, različita udruženja, institucije i građani kao pojedinci.

Pribavljanjem integrisane dozvole i odgovarajućih sertifikata za QMS, EMS, OHSAS i EnMS organizacije iz sektora energetike stiču: zavidan kredibilitet, postaju društveno odgovorne organizacije koje posluju na principima tržišne ekonomije i principima održivog razvoja i brinu se za svoje sopstvene interese i interese šire društvene zajednice.

### **Termini, definicije i osnovni pojmovi o integrisanom sprečavanju zagađenja životne sredine**

Postrojenje je stacionarna tehnička jedinica u kojoj se izvodi jedna ili više aktivnosti, koje su utvrđene posebnim propisom i za koje se izdaje integrisana dozvola, kao i svaka druga aktivnost kod koje postoji tehnička povezanost sa aktivnostima koje se izvode na tom mestu i koja može proizvesti emisije i zagađenje. Postojeće postrojenje je ono koje je pušteno u rad, u skladu sa propisima koji su važili do dana stupanja na snagu Zakona o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađenja životne sredine ili za koje je dobijena integrisana dozvola ili koje, po mišljenju nadležnog organa, u potpunosti ispunjava uslove za podnošenje zahteva za dobijanje integrisane dozvole za rad, pod uslovom da takvo postrojenje bude pušteno u rad najkasnije u roku utvrđenom Zakonom, prema programu usklađivanja pojedinih privrednih grana (Zakon o zaštiti životne sredine, 2004 i 2009).

Prema istom Zakonu integrisana dozvola je odluka nadležnog organa doneta u formi rešenja kojom se odobrava puštanje u rad postrojenja ili njegovog dela, odnosno obavljanje aktivnosti, čiji sastavni deo čini dokumentacija sa utvrđenim uslovima kojima se garantuje da takvo postrojenje ili aktivnost odgovaraju zahtevima predviđenim zakonskom regulativom.

Operater je svako fizičko ili pravno lice koje, u skladu sa propisima, upravlja postrojenjem ili ga kontroliše ili je ovlašćeno za donošenje ekonomskih odluka u oblasti tehničkog funkcionisanja postrojenja i na čije ime se izdaje integrisana dozvola (Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine, 2004).

Najbolje dostupne tehnike (BAT - *Best Available Techniques*) predstavljaju najdelotvornije i najmodernije faze u razvoju aktivnosti i načinu njihovog obavljanja, koje omogućavaju pogodniju primenu određenih tehnika za zadovoljavanje graničnih vrednosti emisija, propisanih u cilju sprečavanja ili smanjenja emisija i uticaja na životnu sredinu. Najbolja tehnika podrazumeva najefikasniji učinak u postizanju visokog opšteg nivoa zaštite životne sredine. Dostupna tehnika je razvijena do stepena koji omogućava primenu u određenom sektoru industrije, pod ekonomski i tehnički prihvatljivim uslovima, uključujući i troškove i koristi. Tehnika predstavlja način na koji je postrojenje projektovano, izgrađeno, održavano, kako funkcioniše i stavlja se van pogona ili zatvara, uključujući i tehnologiju koja se koristi (Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine, 2004).

BREF dokumenta su referentna dokumenta o BAT-u (*BAT Reference documents*). Za sada postoje 33 BREF dokumenta, koji pokrivaju sve industrijske grane u kojima se primenjuje IPPC direktiva. BREF dokumenta se definišu na Evropskom nivou.

### **Zakonska i podzakonska regulativa u vezi sa integrisanom dozvolom**

Na nivou EU ključni instrument u vezi sa integrisanom dozvolom je: *IPPC Directive– Council Directive 2008/1/EC* od 15. januara 2008.– *Official Journal L 24/8* od 29. januara 2008. Ova direktiva je u funkciji unapređenja obrasca održive proizvodnje kao ključnog principa održivog razvoja. Direktiva je transponovana u zakonodavstvo Republike Srbije u decembru 2004. godine, kada je donet Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađenja životne sredine (2004), a nakon toga usvojeni su sledeći propisi u vezi sa tim i to: Uredba o vrstama aktivnosti i postrojenja za koje se izdaje integrisana dozvola, Uredba o kriterijumima za određivanje najboljih dostupnih tehnika, za primenu standarda kvaliteta, kao i za određivanje graničnih vrednosti emisija u integrisanoj dozvoli, kao i Uredba o sadržini programa mera prilagođavanja rada postojećeg postrojenja ili aktivnosti propisanim uslovima (Službeni Glasnik RS, br. 84/2005).

Osnovna načela kojih se treba pridržavati u postupku pribavljanja integrisane dozvole su: načelo predostrožnosti; načelo integrisanosti i koordinacije; načelo održivog razvoja; načelo hijerarhije upravljanja otpadom; načelo “zagađivač plaća” i načelo informisanja i učešća javnosti.

Integrisanom dozvolom odobrava se: rad novog postrojenja i obavljanje njegove aktivnosti (pribavljanje integrisane dozvole pre puštanja u rad), kao i rad i bitne izmene u radu postojećeg postrojenja. U izuzetnim slučajevima dozvola se može odnositi i na prestanak rada postrojenja, a period važenja integrisane dozvole ne može biti duži od 10 godina.

Nadležni organ za izdavanje integrisane dozvole određuje se shodno Zakonu o planiranju i izgradnji, i to može biti: Ministarstvo zaštite životne sredine; Pokrajinski sekretarijat za zaštitu životne sredine i održivi razvoj i Organ jedinice lokalne samouprave.

Podnošenje zahteva za izdavanje integrisane dozvole propisano je Uredbom o utvrđivanju Programa dinamike podnošenja zahteva za izdavanje integrisane dozvole (Službeni glasnik RS, br. 108/2008). Iz sektora energetike zahteve podnose: termoenergetska postrojenja sa toplotnim ulazom iznad 50 MW; rafinerije mineralnih ulja i gasa; koksare i postrojenja za gasifikaciju uglja i proizvodnju tečnih goriva iz uglja.



### **Značaj integrisanih menadžment sistema za pribavljanje integrisane dozvole**

Prema Pravilniku o sadržini, izgledu i načinu popunjavanja zahteva za izdavanje integrisane dozvole (Službeni glasnik RS, br. 30/2006) na prvom mestu su informacije o lokaciji, a zatim na drugom mestu informacije vezane za upravljanje zaštitom životne sredine i to: da li operater ima usvojenu politiku zaštite životne sredine; da li operater primenjuje sistem upravljanja zaštitom životne sredine (EMS, EMAS) uključujući podatke o standardu koji se primenjuje, odnosno sertifikovanom sistemu (ISO 9001, ISO 14001), datumu sertifikovanja i verifikacije, ocenjivaču koji je verifikovao sistem i ako operater primenjuje sistem upravljanja zaštitom životne sredine, onda dostavlja nadležnom organu kopiju godišnjeg izveštaja o upravljanju zaštitom životne sredine (Standardi SRPS ISO 14001: 2015 i SRPS ISO 9001: 2015).

Glavni elementi sistema menadžmenta zaštite životne sredine su: politika zaštite životne sredine; definisanje opštih i posebnih ciljeva; program upravljanja značajnim aspektima životne sredine; opis upravljačke strukture, koja je u vezi sa predmetnom aktivnosti (odgovorna lica; podela odgovornosti za primenu EMS); odobrena i redovna obuka u oblasti zaštite životne sredine u skladu sa potrebama; priprema i vođenje dokumentacije o glavnim procedurama zaštite životne sredine; propisana i stalna komunikacija između upravljačke strukture i zaposlenih u oblasti zaštite životne sredine; izrada godišnjeg izveštaja o EMS i izrada i čuvanje ažuriranog registra relevantnih zakona, drugih propisa i akata.

Razmišljanja o efikasnosti i efektivnosti upravljanja procesom pribavljanja integrisane dozvole teško su zamisliva, pa i skoro nemoguća, ako se ta razmatranja ne dovode u direktnu vezu sa integrisanim menadžment sistemima. Svako izdvojeno posmatranje pribavljanja integrisane dozvole, bez njenog povezivanja sa upravljanjem promenama u životnoj sredini, upravljanjem značajnim aspektima životne sredine, upravljanjem rizicima po životnu sredinu i zdravlje ljudi i energetskim faktorima po pravilu se svodi na palijativne mere i aktivnosti koje problem ne sagledavaju sistemski. Sa druge strane, da bi se efektivno upravljalo integrisanim menadžment sistemima potrebno je poznavati faktore koji direktno i/ili indirektno utiču na stepen bezbednosti životne sredine. Međunarodno priznati standardi za upravljanje kvalitetom, zaštitom životne sredine, zaštitom zdravlja i bezbednosti na radu i upravljanje energijom omogućavaju poslovnim sistemima i organizacijama da primenjuju i dostignu koncept održivog razvoja.

Primenom sistema upravljanja zaštitom životne sredine efikasno se kontroliše uticaj na zagađenje životne sredine. Primenom sistema upravljanja zaštitom zdravlja i bezbednosti na radu uspešno se kontrolišu rizici na radnom mestu i radnoj okolini, koji mogu biti u posrednoj ili direktnoj vezi sa zaštitom životne sredine (Standardi SRPS ISO 9001: 2015 i SRPS OHSAS 18001: 2008). Primenom sistema upravljanja energijom (Standards EN ISO 50001: 2011) efikasno se ostvaruje plan mera za efikasno korišćenje energije koji je satavni deo zahteva za integrisanu dozvolu. Neka zapažanja u vezi sa IPPC su: trećina pravne tekovine EU odnosi se na zaštitu životne sredine; sektor zaštite životne sredine je posle sektora poljoprivrede najzahtevnije područje u procesu pristupa EU, a IPPC direktiva je najzahtevnija i najskuplja. Za potrebe zaštite životne sredine se uobičajeno izdvaja između 1% do 2% bruto nacionalnog dohotka godišnje. U

razvijenim državama taj iznos se kreće oko 500 €/stanovniku i u Srbiji sa BND od >4.500 €/stanovniku može se uložiti u zaštitu životne sredine približno 90€/stanovniku.

Neki najznačajniji pristupi IPPC Direktive (96/61/EC i 2008/1/EC) su: humanistički pristup; prevencija kao prvi prioritet; redukcija zagađivanja - drugi prioritet; naglašen je integrisani pristup i vitalnost sektora (uzimanje u obzir ekonomskih aspekata).

Uz zahtev za pribavljanje integrisane dozvole prilaže se i dodatna dokumentacija i to: za nova postrojenja - saglasnost na studiju o proceni uticaja na životnu sredinu i saglasnost na procenu opasnosti od udesa; za postojeća postrojenja - saglasnost na studiju uticaja zatečenog stanja, procenu opasnosti od udesa i program mera prilagođavanja rada postojećeg postrojenja.

### **Zaključak**

Uporednom analizom svih zahteva standarda ISO 9001: 2015, ISO 14001:2015 i OHSAS 18001: 2008 i EN ISO 50001 vidi se velika međuzavisnost zahteva QMS, EMS, OHSAS i EnMS i zahteva koji se odnose na ispunjenje uslova za pribavljanje integrisane dozvole.

Standardi za QMS, EMS, OHSAS i EnMS insistiraju na identifikaciji, poštovanju i vrednovanju usaglašenosti sa zakonskom regulativom i drugim zahtevima. Ukoliko se ne poseduje integrisana dozvola za ona postrojenja za koje je zakonodavac predvideo takvu obavezu u propisanom vremenskom periodu ugrožava integrisani menadžment sistem organizacije, što može uzrokovati veliku neusaglašenost, odnosno gubitak i/ili nemogućnost dobijanja odgovarajućih sertifikata ili ugroziti održivi razvoj organizacije.

Prekid poslovanja zbog nedostatka IPPC dozvole i gubitak ili nedostatak sertifikata i gubitak tržišta može otežati poslovanje i održivost organizacije, a zatim dalje lančano može biti ugrožen i održivi razvoj lokalne zajednice ili regiona.

Veliki broj dokumenata koja su potrebna za ispunjenje uslova kao dokaz u postupku pribavljanja integrisane dozvole potrebno je kreirati u formi dokumentovanih informacija (procedura, uputstava i zapisa) koji istovremeno ispunjavaju zahteve Nadležnog organa, a i zahteve integrisanih sistema menadžmenta, jer se na taj način direktno utiče na efikasnost i efektivnost poslovanja organizacije. Veliki broj operatera ne poseduje neke od mnogih saglasnosti, rešenja, dozvola (građevinska dozvola, vodna dozvola, upotrebna dozvola...i tome sl.) i ima nerešene imovinsko pravne odnose. Zato, se u realizaciju ovog posla moraju uložiti značajni naponi, a sertifikaciona tela treba da vode računa da li se mogu sertifikovati sistemi menadžmenta u organizacijama koje ne poseduju potrebnu dokumentaciju za pribavljanje integrisane dozvole, jer bi to bila velika neusaglašenost.

### **Napomena**

Istraživanja u ovom radu deo su projekta “Održiva poljoprivreda i ruralni razvoj u funkciji ostvarivanja strateških ciljeva Republike Srbije u okviru dunavskog regiona” III – 46006 finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja RS Republike Srbije.

## Literatura

- Službeni glasnik RS, br. 84/2005.  
Službeni glasnik RS, br. 30/2006.  
Službeni glasnik RS, br. 108/2008.  
Staletović N., Tucović N. (2009) Menadžment aspektima preventivnog inženjerstva u graditeljstvu, *IMK - 14 Istraživanje i razvoj*, Kruševac.  
Standard SRPS ISO 14001: 2015 - Sistem menadžmenta životnom sredinom - Zahtevi  
Standard SRPS ISO 9001: 2015 - Sistem menadžmenta kvalitetom - Zahtevi  
Standard SRPS OHSAS 18001: 2008 - Sistem menadžmenta zaštitom zdravlja i bezbednosšću na radu - Zahtevi  
Standards EN ISO 50001: 2011 - Sistem menadžmenta energijom  
Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine (2004), *Službeni glasnik RS, br. 135/04*.  
Zakon o zaštiti životne sredine (2004 i 2009), *Službeni glasnik RS, br. 135/04 i 36/2009*.

## PREVENTING INTEGRATED ENVIRONMENTAL POLLUTION (IPPC), ENERGY AND ENERGY EFFICIENCY

*Novica Staletović<sup>1</sup>, Drago Cvijanović<sup>2</sup>, Svetlana Vukotić<sup>3</sup>*

### Abstract

In this paper we have shown the importance of obtaining integrated permits and working with possession certificate QMS, EMS, OHSAS and EnMS. Compliance with internationally recognized standards ISO 9001, ISO 14001:2015, OHSAS 18001:2008 and SRPS ISO 50001 thus become inevitable. Should this be set in context with the management of changes in the environment, the management of significant aspects of the environment, the management of risks to the environment and health of people and energy factors, then emphasizes efficiency and effectiveness that enables business systems and organizations, to implement and achieve the concept of sustainable development.

**Key words:** integrated permit, certificates, internationally recognized standards, preventing environmental pollution

---

<sup>1</sup>University Union Nikola Tesla, Faculty of Ecology and Environmental Protection, Cara Dusana 62-64, 11000 Belgrade, Serbia, ([nomstale@mts.rs](mailto:nomstale@mts.rs))

<sup>2</sup>University of Kragujevac, The Faculty of Hotel Management and Tourism in Vrnjacka Banja, Vojvodjanska bb, 36.210 Vrnjacka Banja, Serbia, ([dvcmmv@gmail.com](mailto:dvcmmv@gmail.com); [drago.cvijanovic@kg.ac.rs](mailto:drago.cvijanovic@kg.ac.rs))

<sup>3</sup>University Business Academy - Novi Sad, Faculty of Applied Management, Economics and Finance, Jevrejska 24, 11000 Belgrade, Serbia, ([cecavukotic@gmail.com](mailto:cecavukotic@gmail.com), [svetlana.vukotic@mef.edu.rs](mailto:svetlana.vukotic@mef.edu.rs))

## UTICAJ HORMONA NA MIKROBNI SISTEM ZEMLJIŠTA

*Dragutin Đukić<sup>1</sup>, Leka Mandić<sup>1</sup>, Pavle Mašković<sup>1</sup>, Zelenika Milica<sup>1</sup>,  
Vesna Đurović<sup>1</sup>, Ivana Bošković<sup>2</sup>*

**Izvod:** S obzirom da je dejstvo fitohormona na biljne organizme prilično dobro proučeno, dok je učinak egzogenih fitohormona na mikroorganizme slabo proučen, smatramo da ovom pitanju treba posvetiti mnogo više pažnje, jer bi se mogli sagledati neki veoma značajni aspekti biohemije, molekularne biologije i genetike, kao i interakcije viših biljaka i epifitnih i rizosfernih mikroorganizama.

**Ključne reči:** biljka, fitohormoni, mikroorganizmi, zemljište

### Identifikacija i funkcija fitohormona

Krajem 20-ih i početkom 30-ih godina prošlog veka fiziolozi biljaka su ispoljili posebno interesovanje za proučavanje fitohormona. Ispitivano je njihovo stvaranje u biljci, putevi transporta, uticaji na procese rasta i morfogeneze, kao i uloga u metabolizmu. Tome je posebno pogodovalo izdvajanje i hemijska identifikacija fitohormona. Tako je Went 1928. godine iz vršaka koleoptila ovsa na agarne blokove izolovao biljnu supstancu. Keglj je 1933. godine uspeo da u hemijski čistom obliku izoluje i identifikuje tri auksina: a i b koji predstavljaju oksikiseline (auksentriolnu i auksenolonsku) i heteroauksin –  $\beta$ -indolilsirćetnu kiselinu.

Druga grupa fitohormona - giberelina otkrivena je 1926. godine. U proizvodima metabolizma fitopatogene gljive *Gibberella* Kurosava je otkrio aktivnu supstancu koja izaziva anomaliju rasta kod pirinča. Giberelini (ima ih nekoliko desetina) su organske kiseline koje pripadaju acikličnim jedinjenjima fluorenskog niza.

Prirodnim regulatorima rasta biljaka – fitohormonima pripadaju auksini, giberelini, citokinini i inhibitori rasta.

Otkriće citokinina je veliko dostignuće biološke nauke. Otkrio ih je 1955. godine Skug. On je iz ekstrakta kvasaca izolovao biološki aktivnu materiju sa svojstvima purina. Ovu supstancu je hemijski identifikovao Miler 1956. godine. Pokazalo se da je to bio 6-furfurilaminopurin (kinetin). Nakon identifikacije kinetina sledila je njegova sinteza. Bila su sintetizovana i druga aktivna jedinjenja koja se od kinetina razlikuju karakterom radikala u amino grupi na šestom atomu ugljenika purinskog prstena.

Fitohormoni su proizvodi normalnog metabolizma koji ispoljavaju bitan uticaj na njegovo odvijanje. Zemljišni mikroorganizmi, posebno rizosferne bakterije, imaju sposobnost proizvodnje fitohormona kao sto su auksini, giberelini, citokini, etilen, apscisinska kiselina (Frankenberger, Arshad, 1995; Salamone i sar, 2005). Fitohormoni ispoljavaju pozitivno dejstvo na deobu ćelije, njeno povećanje, klijavost semena, formiranje

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (lekamg@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Poljoprivredni fakultet u Istočnom Sarajevu, Vuka Karadžića 30, Bosna i Hercegovina

korena i izduživanje stabljika (Went, 1937; Costacurta i Vanderleyden, 1995). Na primer, sebacinjska kiselina pomaže biljkama u stresnim situacijama i ima važnu ulogu u cvetanju, zavisno od fotoperioda. Iako se fitohormoni proizvode komercijalno, efikasniji su oni koje proizvode mikroorganizmi, jer je prag između inhibitornog i stimulativnog nivoa nizak, dok se mikrobnih hormoni otpuštaju sporo i kontinuirano (Frankenberger, Arshad, 1995). Od 1964. do 1974. godine vršen je veliki broj istraživanja radi razjašnjenja uloge biljnih hormona. U toku tih istraživanja utvrđeno je da biljni hormoni vrše kontrolu deobe, istežanja i diferencijacije ćelija; ispoljavaju veliki uticaj na osnovne procese životne aktivnosti biljaka - disanje, fotosinteza, korenska ishrana; deluju na nicanje semena, cvetanje, sazrevanje i tome slično (Went, 1937; Leopold, 1998). Vrlo je bitna njihova uloga u regulaciji raspodele organskih materija u biljci (Rakitin, 1995; Jakušina, 2011).

Pri oceni dejstva fitohormona treba imati u vidu okolnost da odgovarajuća reakcija organizma na fitohormone zavisi ne samo od njegovog fiziološkog stanja, koncentracije fitohormona i velikog broja drugih unutrašnjih i spoljašnjih faktora (Arshad, Frankenberger, 1991; Jones i sar, 2009), već i od odnosa fitohormona i inhibitora rasta (Kefeli, 2000).

Fitohormoni [heteroauksin, neki giberelini, a od citokinina  $N^6$  ( $\Delta^2$  - izopentenil) adenzin] su nađeni u organizmima biljaka i životinja i u ćelijama mikroorganizama (Salamone i sar., 2001; Arkhipova i sar., 2005).

Dejstvo fitohormona na biljni organizam ispitivano je dosta detaljno. Uporedo s tim, uticaj egzogenih fitohormona na mikroorganizme skoro da nije proučen. Međutim, čini nam se da pokretanje tog pitanja može rasvetliti niz interesantnih aspekata biohemije, molekularne biologije, genetike, ali u razjasniti neke aspekte interakcije viših biljaka i epifitne i rizosferne mikrobne zajednice (Bais i sr., 2006).

### Reakcija mikroorganizama na fitohormone

Postojeći naučni radovi iz ove oblasti svedoče o tome da fitohormoni ispoljavaju određeni uticaj na različite grupe mikroorganizama (Lazebnik i sar, 2014; Ma i Ma, 2016).

Tagiev (1996) je utvrdio da tretiranje biljaka graška sa heteroauksinom ubrzava stvaranje kvržica. Pri potapanju semena graška u 0,0005% rastvor heteroauksina pojačava se stvaranje kvržica i kvržične bakterije postaju virulentnije. Pri proučavanju dejstva heteroauksina na rast *Rhizobium* (Dullart i sar, 1971) utvrđena je veza između odnosa koncentracije heteroauksina, titra bakterija i trajanja lag-faze. Kefford (1963) je u ogleđima na kulturi *Rhizobium* zapazio porast aktivnosti citokinina u prisustvu heteroauksina. Pod uticajem auksina zapaženo je, takođe, povećanje zapremine ćelija *Saccharomyces cerevisiae* (Yanagishima i sar., 2000).

Uticaj giberelina na mikroorganizme još uvek nije dovoljno jasan. U većini slučajeva giberelini ne deluju ili deluju negativno. Tako, na primer, giberelini ne utiču na rast i fermentaciona svojstva *Saccharomyces cerevisiae* (Owades i Chiano, 1998). On nije ispoljio uticaj ni na *Penicillium expansum* (Teru i Kagawa, 1992). U koncentraciji 1-100 mg/L giberelin ne menja rast kulture *Mycobacterium tuberculosis*, a u većim koncentracijama suzbija njegov rast (Luridiana i Robustelli, 1990). Pri unošenju u zemljište giberelin ne izaziva značajno povećanje intenziteta disanja mikroorganizama, a pri kasnijem zasejavanju bakterija u Petri-šolji broj kolonija se povećava samo kod kulture *Azotobacter chroococcum* (Lu i Bollen, 1998). Giberelin stimuliše i rast *Azotobacter indicus* (Greenberg i Tirpak,

1960). Prema podacima do kojih su došli Fletcher, Alcorn i Raymond (1959) giberelin ne deluje na kvržične bakterije, međutim ako se sa preparatom deluje na biljku – domaćina dolazi do suzbijanja njihovog razvoja kod leguminoznih biljaka (Boivin i sar., 2016). U velikom broju radova praćen je uticaj kinetina i njegovih analoga na rast i neke aspekte metabolizma mikroorganizama. Tako je otkriveno pozitivno dejstvo kinetina, dodatog u hranljivu sredinu (1mg/L), na rast termofilnog anaerobnog mikroorganizma *Clostridium thermocellum* (Quinn i sar, 1963). Povećanje rasta streptomicete *Streptomyces niveus*, pojačanje biosinteze antibiotika i nekih drugih proizvoda fermentacije zapaženo je pri dodavanju kinetina (0,01 – 50 µg/mL) u fermentacionu sredinu (Prave, Huber, 1967). Kinetin značajno stimuliše rast *Bacillus megatherium* i *Agrobacterium tumefaciens*, ali je manje efikasan u odnosu na druge bakterije (Maruzella i Carner, 1963).

Prema nekim istraživanjima, u prisustvu citokinina pojačava se inhibiranje rasta bakterija, izazvano antibioticima i analogima folne kiseline (Hall i Gale, 1960).

Proučavan je, takođe, uticaj kinetina na rast i metabolizam šećera kod *Saccharomyces cerevisiae*. Kinetin stimuliše rast kvasaca u koncentraciji  $0,5 \times 10^{-4}$  i  $0,5 \times 10^{-5}$  M sredine, povećava disajni koeficijent i menja transport ksiloze (Włodarczyk, 2008). Postoje podaci o stimulativnom dejstvu kinetina na rast i razvoj termofilne aktinomicete *Micromonosporae sp. 42*, na sintezu proteolitičkih enzima (Ovčarov, 2006). Zapažen je inhibirajući uticaj kinetina i njegovih analoga na rast *Escherichia coli* (Hill i Straight, 1970), *Corynebacterium michiganense* (Maruzella i Carner, 1963) i drugih mikroorganizama.

Proveravana je povratna reakcija velikog broja epifitnih mikroorganizama na unošenje fitohormona u hranljivu podlogu. Kod nekih mikroorganizama, koji pripadaju rodovima *Pseudomonas* i *Mycobacterium*, reakcija na dodavanje fitohormona u optimalnim koncentracijama manifestovala se povećanjem rasta i nakupljanja belančevina u ćelijama (Miške i sar, 2002).

### Zaključak

Postojeći podaci koji se odnose na uticaj fitohormona na mikroorganizme su fragmentarni. Ozbiljnije sistematsko proučavanje ovog pitanja još uvek nije dovedeno do kraja. Mehanizam dejstva fitohormona na mikroorganizme takođe nije dovoljno razjašnjen, iako je očigledno da njegovo proučavanje može imati veliki teorijski i praktični značaj.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta “Poboljšanje genetičkog potencijala i tehnologija proizvodnje krmnog bilja u funkciji održivog stočarstva” – TR 31057 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### Literatura

Arkhipova T.N., Veselov S.U., Melentiev A.I., Martynenko E.V., Kudoyarova G.R. (2005): Ability of bacterium *Bacillus subtilis* to produce cytokinins and to influence the growth and endogenous hormone content of lettuce plants. *Plant and Soil*, 272: 201-209.

- Arshad M, Frankenberger W. T. (1991): Microbial production of plant hormones. *Plant and Soil*, 133, 1–8.
- Bais H.P., Weir T.L., Perry L.G., Gilroy S., Vivanco J.M. (2006): The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annual Review of Plant Biology*, Vol. 57: 233-266.
- Boivin S., Fonouni-Farde C., Frugier F. (2016): How Auxin and Cytokinin Phytohormones Modulate Root-Microbe Interaction, *Frontiers in Plant Science*, Vol. 7: 1240, <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01240>.
- Costacurta A., Vanderleyden J. (1995): Synthesis of Phytohormones by Plant-Associated Bacteria *Crit. Rev. Microbiol.*, 21(1):1-18.
- Dullart I., Wijffelman C.A., Haveman I. (1971): Effect of indolacetic acid on the growth of *Rhizobium* in culture. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 37(2):219-224.
- Fletcher W.W., Alcorn I.W., Raymond I.C. (1959): Gibberellic acid and nodulation of legumes. *Nature*, 184, 1576-1580.
- Frankenberger W. T., Jr., Arshad M. (1995): *Phytohormones in soils: microbial production and function*. Marcel Dekker Inc., 503 pp.
- Greenberg, L., Tirpk, I. (1960): A note on the effect of gibberellic acid on *Azotobacter indicus*. *J. Pharm. Sci.*, 49 (5): 333-339.
- Hall R.H., Gale, G. O. (1960): Augmentation of chlortetracycline activity against two strains of *Staphylococcus* by kinetic. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med*, Vol.103(1), 234-238.
- Hall, R.H., Straight, S. (1970): Effect of 6-N-allylguanosine on bacterial mammalian cell. *Mol. Pharmacol., Molecular Pharmacology*, 6 (5) 468-473.
- Jakuškina, N.I., Takasenko, A.A. (2011): Vlijanije epifitnoj mikroflori na tempi rosta kukuruži i obrazovanie estestvennih gormonov rosta (auksinov i gibberelinov). *Biol. nauki.*, 2011, 74.
- Jones, A., Kramer, E. M., Knox, K., Swaruo, R., Bennett M. J., Lazarus, C. M., Leyser, H. M. O., Grierson, C. S. (2009): Auxin transport through non-hair cells sustain root-hair development, *Net. Cell. Biol.* 2009; 11 (1): 78-84.
- Kefeli V.N. (2010): Rost rastenij v svete sovremennih predstavlenij o vnutrikletočnoj regulaciji. *Uspehi sovrem. biologii*, 69 (3): 311-321.
- Kefford N.P. (1963): Natural plant growth regulation. *Science*, 142 (3598): 1495-1498.
- Lazebnik J., Frago, E., Dicke M., van Loon J. J.A (2014): Phytohormone mediation of Interaction Between Herbivores and Plant Pathogens, *Journal of Chemical Ecology* 40 (7): 730–741
- Leopold A. (2008): Rost i razvitie rastenij. M.: „Mir“ 2008.
- Lu, K.G. Bollen, W. Effect of gibrel, a potassium salt of gibberellic acid on microbiological activities in soil. *Plant Soil*, 1998, 9.
- Luridiana N., Robustelli F. (1990): Le auxine, fattori accessori dell'accrescimento cellulare. Effetto dell'acido giberellico e dell'acido  $\beta$ -indolacetico sull'accrescimento del *Mycobacterium tuberculosis*. *Biol. latina*, 13.
- Ma K.W and Ma W. (2016): Phytohormone pathways as targets of pathogens to facilitate infection, *Plant. Mol. Biol.*, 91:713-725.
- Maruzella, I. Carner, I. (1963): Effect of kinetin on bacteria. *Nature*, Vol. 200, 385.

- Miške I. V., Pevzner, D. I. Alehina, M. A. (2002): Izmenenie soderžanija proteina v kletkah nekih epifitnih bakterij v zavisimosti od dobavljenija fitogormonov v sredu viraščivanja. *Izv. A. N. Latv. SSR*, 9, (302).
- Ovčarov A. K. (2006): Viljanije kinetina na sintez ptoleoličeskikh fermentov kulturoj *Micromonospora sp.* 42. *Prokl. biohemija i mikrobiol.* 2.
- Owades, I.L., Chiano, G. Action of gibberellins on brewer yeast. *Amer. Brewer*, 91, 2008.
- Prave P., Huber G. (1967): Production of Metabolic Products of Gram-Positive Bacteria and Streptomyces by the additegn of Kinetin to the fermentation broth. <https://www.google.com/patents/US3317404>
- Quinn L. Y., Oates, R.P., Beers T.S. (1963): Support of cellulose digestion by *Clostridium thermocellum* in a kinetic – supplemented basal medium. *J. Bacteriol.* 86 (6): 1359.
- Rakitin, Ju. V. (2005) Itogi i perspektivi ispolzovanija fiziologičeski aktivnih soedinenij. *Agrohimija*, 8.
- Salamone G I E, Hynes R K, Nelson L M (2001): Cytokinin production by plant growth promoting rhizobacteria and selected mutants. *Canad. J. Microbiol.* 47, 404–411
- Salamone I, Hynes R., Nelson L. (2005): Role of Cytokinins in Plant Growth Promotion by Rhizosphere Bacteria, [PGPR: Biocontrol and Biofertilization](#), 173-195.
- Tagiev V. D. (1996): Dejstvie geteroauksina na aktivnost klubenkovich bakterij goroha v raznije fazi razvitija rastenij. *Izv. AN SSR Ser. Biol.*, 3.
- Teru M., Kagawa H. (1992): Influence of gibberellin in the growth of some parasitic fungi. *Hirosaku Daigaku Nogakubu Gakujutsu Hokoku*, 4, Cit. po C. A., 56.
- Went, F. V. and Kenneth V. Thimann: *Phytohormones*, New York, the Macmillan Company. 1937.
- Yanagishima, N. (2000): *Develop Grow. And differ.* 11(4).

## THE EFFECT OF HORMONES ON THE MICROBIAL SOIL SYSTEM

*Dragutin Đukić<sup>1</sup>, Leka Mandić<sup>1</sup>, Pavle Mašković<sup>1</sup>, Zelenika Milica<sup>1</sup>,  
Vesna Đurović<sup>1</sup>, Ivana Bošković<sup>2</sup>*

### Abstract

Since that the effect of phytohormones on plant organisms has been well studied, while the effect of exogenous phytohormones on microorganisms is poorly studied, we consider that this issue should be paid much more attention, and it could be seen some very important aspects of biochemistry, molecular biology and genetics, as well as interactions of higher plants and epiphytic and rhizospheric microorganisms.

**Key words:** plant, microorganisms, phytohormones, soil.

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia (lekamg@kg.ac.rs)

<sup>2</sup>University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, Vuka Karadžića 30, Bosnia and Hercegovina



## PROUČAVANJE FUNKCIONALNIH PROFILA MIKROBNIH ZAJEDNICA ZAGAĐENIH ZEMLJIŠTA

Dragutin Đukić<sup>1</sup>, Aleksandar Semjonov<sup>2</sup>, Leka Mandić<sup>1</sup>, Vesna Đurović<sup>1</sup>,  
Milica Zelenika<sup>1</sup>, Aleksandra Stanojković-Sebić<sup>3</sup>

**Izvod:** U ovom pregednom radu se razmatraju načini sagledavanja reakcije zemljišnih mikroorganizama na različite oblike tehnogenog zagađenja pomoću metoda multisupstratnog testiranja i inicirane mikrobne zajednice, kao i modifikacione promenljivosti koja se odlikuje određenom adaptivnom reakcijom (zona homeostaze, zona stresa, zona rezistencije i zona represije) mikrobnog sistema zemljišta.

**Ključne reči:** zemljište, zagađenje, mikroorganizmi, homeostaza, stres, rezistencija, represija.

### Uvod

Negativna posledica nekontrolisanog intenziviranja industrijalizacije, urbanizacije, transporta i hemizacije poljoprivrede je zagađenje biogeosfere, pa prema tome, i pedosfere. Mikroorganizmi imaju glavnu ulogu u samoočišćavanju zemljišta od zagađenja („Микроорганизми и охрана почв., 1989; Guzev i Levin, 2001; Emcev, 2001; Đukić i sar., 2007; Đukić i sar., 2012; Đukić i sar., 2013). Rad predstavlja osvrt na najvažnije tehnogene zagađivače zemljišta i njihov uticaj na mikrobnog sistem u njemu.

### Uticaj mineralnih đubriva na mikroorganizme u zemljištu

Otpornost zemljišta i zemljišnih mikroorganizama na uticaj mineralnih đubriva utvrđuje se na osnovu ocene modifikacione promenljivosti zemljišta pomoću *inicirane mikrobne zajednice* (IMZ) - Guzev (2001). Određuje se uticaj različitih doza mineralnih đubriva na strukturu vrsta inicirane zajednice mikromiceta i aktinomiceta, kao i na aktivnost procesa azotofiksacije i denitrifikacije u zemljištu. Utvrđeno je da stabilnost mikrobnog sistema zavisi od tipa zemljišta, stepena njegove kultivisanosti i vrste đubriva. Utvrđeno je, takođe, da se negativno dejstvo visokih doza azotnih, kalijumovih i potpunog mineralnog đubriva (posebno u slučaju njihove dugotrajne primene) manifestuje aktivacijom toksinogenih mikroorganizama i povećanjem njihovog sadržaja u zemljištu, što izaziva *mikrobnu toksikozu zemljišta* (Durwen, 1983; Guzev i sar., 1984; Stepanov, 1988; Shukla, 1990; Atlas, 1992; Mirčink, 1999; Jemcev i Đukić, 2000; Mandić i sar., 2005; Đukić i sar., 2007).

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (lekamg@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>MGU Lomonosov, Moskva, Rusija;

<sup>3</sup>Institute za zemljište, Teodora Dražera 7, 11000 Beograd, Srbija;

## Reakcija zemljišnih mikroorganizama na pesticide

Pesticidi, nesumljivo, imaju veliki značaj za održavanje potrebnog nivoa poljoprivredne proizvodnje. Međutim, imajući u vidu ograničenu kumulativnu sposobnost različitih sredina, nekontrolisana primena, ne samo pesticida, već i drugih hemijskih melioranata, dovodi do znatnog remećenja dinamičke ravnoteže u biogeosferi, pa i u pedosferi (Jemcev i Đukić, 2000; Đukić i sar., 2007).

U radovima koji se bave proučavanjem uticaja pesticida na zemljišne mikroorganizme izdvajaju se tri pravca: ocena uticaja pesticida na osnovne procese koje izazivaju mikroorganizmi u zemljištu (razlaganje organskih materija, ciklusi C, N, S, P, i dr biogenih elemenata); analiza kvantitativnog i kvalitativnog sastava predstavnika različitih taksonomskih grupa mikroorganizama u vezi sa senzibilnošću određenih vrsta na bilo koji pesticid; ekološka analiza promena u sastavu i organizaciji zajednica mikroorganizama i čitavom mikrobnom sistemu, koje se dešavaju pod uticajem pesticida (Сонцова и Максимов, 1985; Jemcev i Đukić, 2000; Ананьева, 2001; Mandić i sar., 2005; Đukić i sar., 2007).

Najčešće se razmatra dejstvo pesticida na procese za koje su razrađene pogodne metode određivanja: procesi mineralizacije organskih materija, amonifikacije, nitrifikacije, denitrifikacije, azotifikacije (nitrogenazna aktivnost), oksidacije i redukcije Fe i Mn itd. Još češće se vrši određivanje enzimske aktivnosti zemljišta (katalaze, dehidrogenaze, polifenoloksidaze, amilaze, proteinaze, fosfataze, invertaze i dr.). Ravnoteža u mikrobnom sistemu zemljišta se znatno menja samo pri unošenju visokih doza pesticida, usled čega dolazi do pregrupisanja sastava vrsta u mikrobnoj zajednici zemljišta (Ananjeva i dr., 1986; Mandić i Đukić, 2005; Jemcev i Đukić, 2000; Đukić i sar., 2007; Đukić i sar., 2012; Đukić i sar., 2013). Pod uticajem pesticida, dolazi i do preraspodele kompleksa streptomiceta u zemljištu, što se manifestuje promenom spektra vrsta streptomiceta i odnosa dominantnih, retkih i slučajnih vrsta u njihovom kompleksu. Stepent sličnosti u kompleksu zemljišnih streptomiceta u kontrolnim i oglednim varijantama je utoliko veći, ukoliko je manja doza unesenog preparata (Đukić i sar., 2007).

## Uticaj teških metala na mikroorganizme u zemljištu

U procesu proučavanja uticaja teških metala na zemljišne mikroorganizme, uspostavljeni su kriterijumi i predloženi načini ocene ove vrste antropogenog uticaja, uz uzimanje u obzir pufernog kapaciteta različitih tipova zemljišta, specifičnog dejstva različitih metala i osobenosti reakcije zemljišnih mikroorganizama na njih (Сонцова и Максимов, 1985.). Veliki doprinos u razradi opštih principa mikrobiološkog normiranja antropogenog opterećenja na zemljište dao je Guzev (1988). Najpre je bila formulisana teza o tome da različiti nivoi antropogenih opterećenja na mikrobni sistem izazivaju različite tipove modifikacione promenljivosti. Svaki tip promenljivosti okarakterisan je određenom adaptivnom reakcijom. To su *zona homeostaze*, kada se održava normalna struktura kompleksa zemljišnih mikroorganizama, *zona stresa*, kada se menja odnos između polaznih (izvornih) grupa mikroorganizama, *zona razvoja rezistentnih oblika* i *zona represije* mikrobnog sistema zemljišta. Otkrivena su kvalitativno različita svojstva adaptivnih zona i razrađeni su načini njihovog

određivanja (Левин и Бабьева, 1985). Razrađeni su načini i predloženi pokazatelji koji se mogu koristiti za mikrobiološku indicaciju zagađenja zemljišta teškim metalima. Ocenom uticaja teških metala na različite grupe zemljišnih mikroorganizama i različite procese bavio se veliki broj naučnika (Левин и Бабьева, 1985; Асеева и сар., 1986; Marfenina, 1991; Умаров и Азиева, 1980; Mandić i Đukić, 2010).

### Uticaj naftnog zagađenja na mikroorganizme zemljišta

Ulogu zemljišne mikrobne zajednice u *rekultivaciji zemljišta zagađenih naftom* proučavali su brojni autori (Микроорганизми и охрана почв, 1989; Пиковский, 1993; Земцев и Букић, 2000; Guzev i Levin., 2001; Букић и сар., 2013а; Букић и сар., 2013b). Pri tome su korišćene različite metode – metoda IMZ, skenirajuće elektronske mikroskopije, tradicionalne metode određivanja brojnosti i taksonomskog sastava kompleksa zemljišnih aktinomiceta, kvasaca i mikromiceta. Najveći indikacioni značaj imala je informacija koja se dobija pri proučavanju sekcionog sastava aktinomiceta, sastava vrsta kvasaca i organizacija amilolizne mikrobne zajednice zemljišta zagađenih naftom. Dokazano je da je zagađenje zemljišta naftom praćeno promenom fizičkih, hemijskih i agrohemijskih svojstava zemljišta. Predložena je strategija rekultivacije zemljišta zagađenih naftom, koja se zasniva na promeni svojstava zemljišta, izazvanih zagađenjem, koja uzima u obzir prirodnu degradaciju same nafte i uključuje četiri naizmenične etape, koje omogućavaju da se optimizuju procesi obnavljanja zemljišta zagađenog naftom.

### Uticaj otpada i proizvoda mikrobiološke industrije na mikroorganizme zemljišta

Životnu sredinu zagađuje *otpad i proizvodi mikrobiološke industrije* o čemu svedoče brojni autori (Кожевина и сар., 1995; Гузев и Левин, 2001; Полянская и Звягинцев, 2005) koji su proučavali zagađenje zemljišta mikробним populacijama krmnih kvasaca koji su gajeni u industrijskim uslovima na hranljivoj podlozi sa n-parafinima nafte. Određivali su sposobnost preživljavanja populacija u prirodi i analizirali dinamiku brojnosti drugih mikroorganizama, uključujući i metanotrofne bakterije. U ovom slučaju primenjuje se populacioni pristup koji je usmeren na proučavanje konkretnog mikroorganizma neposredno u prirodnoj sredini pomoću mikroskopije na bazi metoda imunofluorescencije. Primenuje se, takođe, zasejavanje na selektivne hranljive podloge. Zaključeno je da nesterilno zemljište za dato mikrobno zagađenje ima ulogu biološkog filtra, ne samo pri jednokratnom prispeću inokulata, već i pri periodičnom prispeću ćelija u zemljište. Pretpostavilo se da je smanjenje populacione gustine kvasaca u vezi sa „konzumiranjem“ ćelija kvasaca, tj. mehanizmom „predator-žrtva“. Nakon naglog smanjenja brojnosti populacija krajem ogleда brzina izumiranja se smanjuje, a do uginuća dolazi zbog konkurencije za hranom. Osnovni faktori koji utiču na preživljavanje populacije kvasaca unesenih u zemljište su vlažnost zemljišta i početna populaciona gustina. Na analogan način su se ponašale i populacije industrijskih sojeva metanotrofnih bakterija (producerska meprina) unesenih u zemljište. Prema karakteru populacione dinamike (odsustvo svojstava razmnožavanja i stabilizacije) svi proučavani sojevi-producenti mogu se smatrati kao alohtona mikrobna zajednica, od kojih se zemljište postepeno samoprečišćava.

## Reakcija mikroorganizama na sabijanje zemljišta

Jedan od veoma zastupljenih oblika antropogenog uticaja je *rekreaciono i pašnjačko iskorišćavanje zemljišta i njeno sabijanje pod uticajem teške poljoprivredne mehanizacije*. Karakteristične posledice ovih tipova uticaja su degradacija biljnog pokrivača i sabijanje zemljišta. Te promene se bitno ispoljavaju na zemljišnu faunu i mikrobno naselje, jer im je poremećena životna sredina. U mikrobnoj biomasi zemljišta dominiraju gljive (mikromicete), koje su osnovni destruktori organske materije i koje su vrlo osjetljive na pogoršanje vodno-vazdušnog režima zemljišta, izazvano sabijanjem (Marfenina, 1976; Mirčink, 1988; Marfenina, 2000; Jemcev i Đukić, 2000; Đukić i sar., 2007; Đukić i sar., 2013). Uspostavljen je, takođe, veliki broj kriterijuma koji se mogu koristiti kao pokazatelji kako rekreacione degresije šumskih zemljišta, tako i procesa njihove revitalizacije. Ti pokazatelji su biomasa micelijuma, bogatstvo vrsta, karakter rasporeda vrsta u zajednici, odnos između svetlog i tamnoobojenog micelijuma, indikatorski oblici gljiva. Senzibilnost i otpornost velikog broja gljiva na sabijanje zemljišta potvrđena je u laboratoriji - u ogledima sa čistim kulturama.

Utvrđeno je da je degradacija zemljišnog pokrivača uvek praćena ozbiljnim poremećajima prirodne strukture i funkcionisanja mikrobnih cenoza zemljišta (Микроорганизми и охрана почв, 1989; Кураков и сар., 1989). Međutim, postoji metodološki problem interpretacije zapaženih antropogenih promena: predstavljaju li one stvarnu razgradnju, degradaciju mikrobne zajednice ili ih je pravilnije tumačiti kao nepravilni adaptivni preobražaj.

Jedno od bitnih naučnih dostignuća je izbor i razrada kvantitativnih sinekoloških pokazatelja, koji se mogu koristiti za ocenu istraživanih antropogenih promena u mikrobnom sistemu zemljišta (Marfenina, 1976; Lisak, 1982; Kurakov i dr., 1989; Zenova i dr., 2000; Jemcev i Đukić, 2000; Marfenina, 2000; Đukić i Jemcev, 2007, Đukić i sar., 2007; Đukić i sar., 2013b). Tim pokazateljima pripadaju: indeksi informacione i diferencirajuće raznolikosti, broj vrsta u zajednici, raspodela ranga koja se odnosi na obilje vrsta, frekvencija nalaženja i dominacije vrsta ili većih taksona. Upoređivanjem mikrobnih zajednica prirodnih i poremećenih zemljišta, na osnovu niza sinekoloških pokazatelja, utvrđeno je da se negativne izmene u strukturi mikrobnih kompleksa manifestuju kako remećenjem zonalnog odnosa sadržaja različitih grupa zemljišnih mikroorganizama, tako i smanjenjem raznolikosti njihovih vrsta, izmenom sastava, prostorne i vremenske strukture mikrobnih zajednica.

Postoje podaci i o indirektnom uticaju nafte na mikroorganizme, preko promene vodno-vazdušnog balansa, povećanja hidrofobnosti zemljišta i dopunskog uticaja polutanata koji prate naftu, a koji dovode do suzbijanja životne aktivnosti faune i mikroorganizama. Otuda proizilazi da je u procesu rekultivacije zemljišta zagađenih naftom neophodno ukloniti posledice degradacije zemljišta, koje su u vezi sa remećenjem njegovih bioloških, fizičkih, hemijskih i agrohemijskih svojstava. Guzev je utvrdio da brojnost bakterija koje oksiduju ugljovodonike, a koje su sposobne da razgrađuju naftu, može dostići  $10 \cdot 10^6$  ćelija  $g^{-1}$  čak i u nezagađenim zemljištima, ali je njihova aktivnost u mnogome određena prisustvom i koncentracijom lako pristupačnih monomera u zemljištu. Tako glukoza, kao kosupstrat, stimuliše aktivnost populacija bakterija koje oksiduju ugljovodonike, dok ih buterna kiselina inhibira, prevodeći ih u

stanje mirovanja. Rezultati ovih istraživanja su u mnogome predstavljeni u doktorskoj disertaciji Volde „Ekološki mehanizam dejstva glukoze na aktivnost zemljišnih mikroorganizama koji oksiduju ugljovodonike“ koja je urađena pod rukovodstvom Guzeva (2002).

U oblasti proučavanja uticaja tehnogenih supstanci na mikroorganizme zemljišta utvrđeno je da su najsenzibilnije biohemijske i fiziološke metode. Posebno je efikasno proučavanje funkcionalnih profila mikrobih zajednica pomoću *metoda multisupstratnog testiranja* – MST (Gorlenko i Koževin, 1994) i *inicirane mikrobne zajednice* – IMZ (Guzev i Levin, 1985; Jemcev i Đukić, 2000).

### **Multisupstratno testiranje mikrobnih zajednica zagađenog zemljišta**

Bakterijske komplekse različitih tipova zemljišta detaljno je opisao Mišustin (1982) i prvi dokazao da je zakon geografske zonalnosti primenljiv na mikroorganizme. Osim toga, on je detaljno ispitivao taksonomski sastav bakterijskih zajednica različitih tipova zemljišta.

Dostignuća u oblasti biologije iziskuju razrade novih metoda, koje uključuju ne samo tradicionalne pristupe, već i novija znanja iz fiziologije i biohemije mikroorganizama. U poslednjih 15 godina prioritetne su instrumentalne metode koje odlikuje ekspresno vršenje analiza. Jedan od takvih pristupa je multisupstratno testiranje mikrobnih zajednica (MST) – Gorlenko i Koževin (1994). Suština metode sastoji se u dobijanju višeprofilne funkcionalne karakteristike mikrobnih zajednica, izolovanih iz zemljišta, na osnovu spektra utilizovanih supstrata. Prema svojoj idejnoj osnovi metoda je analogna direktnoj metodi Vinogradskog (1952), tj. omogućava proučavanje funkcije mikrobne zajednice *in situ*, bez izdvajanja u čiste kulture. MCT se naširoko primenjuje za rešavanje mnogobrojnih praktičnih zadataka mikrobne ekologije, a posebno za bioindikaciju zagađenja zemljišta, za kontrolu introdukovanja populacija bakterija u zemljište i za mnoge druge potrebe (Koževina i dr., 1995; Gorlenko i dr., 1996; Gorlenko et al., 1997; Đukić i sar., 2013). Međutim, još uvek nisu izvršena istraživanja koja se tiču taksonomske strukture bakterijskih kompleksa, koji se razvijaju pri inkubaciji zemljišne suspenzije sa različitim supstratima u MCT, što bi omogućilo da se okarakterišu specifičnost bakterijskih zajednica koje se razvijaju u zemljištu na tim supstratima.

Na ovaj način se ukazuje na potrebu otkrivanja taksonomske strukture bakterijskih kompleksa, koji se formiraju na nekim supstratima pri analizi dva veoma različita tipa zemljišta, radi utvrđivanja specifičnosti mikrobiološke transformacije tih supstrata u zemljištu.

Kao objekti za ispitivanje koriste se uzorci iz gornjeg horizonta zemljišta. Kao primer navodimo mrko šumsko zemljište i solonjec. Multisupstratno testiranje proučavanih objekata predviđa inkubaciju zemljišne suspenzije u mikrokivetama za imunološke analize, koje sadrže identifikacionu garnituru (komplet) supstrata. Kivete se inkubiraju u termostatu 72 sata na 28° C. Proučavaju se bakterijski kompleksi iz „fiola“, koje sadrže histidin, glicerol, rafinozu, tvin-80 i natrijum-citrat kao jedine izvore ugljenika.

Taksonomska struktura bakterijskih kompleksa proučavana je metodom zasejavanja na čvrstu agarizovanu glikozo-peptonsko-kvašćevu hranljivu podlogu sa nistatinom. Identifikacija rodova bakterija vrši se na osnovu mikromorfoloških i fiziološko-biohemijskih svojstava (Berdžej, 1997).

Bakterijski kompleksi, izdvojeni iz zemljišta na čvrstoj hranljivoj podlozi, razlikuju se po taksonomskom sastavu i po svojoj strukturnoj organizaciji od kompleksa izdvojenih na čvrstoj hranljivoj podlozi posle inkubacije uzoraka zemljišta u fiolama sa supstratima.

Maksimalno bogatstvo rodova utvrđeno je u fiolama sa rafinozom i dostiže 6–8 rodova, a minimalno – pri inkubaciji u fiolama sa natrijum-citratom – 3 roda. Pri tome se bogatstvo rodova bakterijskih kompleksa, utvrđeno metodom zasejavanja uzoraka zemljišta na glikozo-pentonsko-kvašćevu hranljivu podlogu, odlikuje velikom raznolikošću: izdvaja se 10 rodova bakterija.

Interesantno je da inkubacija uzoraka sa supstratima stimuliše razvoj gramnegativnih bakterija rodova *Spirillum*, *Aquaspirillum*, *Escherichia*, *Flavobacterium*, *Cytophaga* i *Myxococcus* koje se nalaze u ulozi potencijalnih dominantata u bakterijskim kompleksima. Razvoj nekih od navedenih taksona, posebno predstavnika rodova *Spirillum* i *Aquaspirillum*, u vezi je, očigledno, sa imitacijom u fiolama lokusa zemljišta sa visokim nivoom vlažnosti i visokom koncentracijom lako pristupačnih organskih supstrata. Pri zasejavanju zemljišnih suspenzija neposredno na čvrstu agarizovanu hranljivu podlogu kao potencijalni dominantni se pojavljuju grampozitivne bakterije rodova *Bacillus* i *Arthrobacter*.

U fiolama se kao minorne komponente nalaze bakterije rodova *Beijerinckia* i *Klebsiella*, koje se ne mogu izdvojiti iz zemljišta metodom zasejavanja. Treba istaći da praktično sve bakterije, izuzev *Flavobacterium* i *Cytophaga*, otkrivene u fiolama MCT, pripadaju proteobakterijama ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\delta$ -podklase). Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa podacima drugih istraživača koji su, uz pomoć analize amplifikovanih fragmenata 16S rRNK, pokazali da su se pri inkubaciji uzoraka rizosfere u fiolama MCT razvijali predstavnici  $\gamma$ -podklase *Proteobacteria* (Smalla et al., 1998)

Bakterijski kompleksi izdvojeni iz zemljišta na hranljivoj podlozi, a koji su se formirali u fiolama, odlikuju se različitim strukturnom organizacijom. Inkubacija zemljišnih suspenzija sa histidinom i natrijum-citratom dovodi do razvoja u fiolama specifičnih bakterijskih kompleksa sa malim bogatstvom rodova, koji se karakterišu niskim vrednostima Šenonovog indeksa (tabela 1). U fiolama sa tvinom i glicerinom raznolikost rodova je bila veća nego u fiolama sa histidinom i citratom. Maksimalna raznolikost rodova utvrđuje se za bakterijske komplekse koji se formiraju u fiolama sa rafinozom. Bakterijski kompleksi solonjeca i mrkog šumskog zemljišta, izdvojeni na čvrstoj hranljivoj podlozi bez inkubacije sa supstratima, odlikuju se visokom raznolikošću rodova (indeksi Šenona za komplekse solonjeca i mrkog šumskog zemljišta iznose 2.59, odnosno, 1.82).

Važan ekološki pokazatelj, koji karakteriše bakterijski kompleks, jeste model rangnog rasporeda brojnosti taksonomskih grupa, koji ilustruje situaciju zauzimanja hiperprostora ekološke niše grupe organizama (Megaran, 1992). U uslovima ravnomernog rasporeda resursa i visoke ujednačenosti taksonomskih grupa u zajednici realizuje se model slomljenog vretena, što se događa u slučaju razvoja bakterijskih

kompleksa, izolovanih iz zemljišta na čvrstoj hranljivoj podlozi. Model slomljene osovine, takođe, dobro aproksimira za bakterijski kompleks solonjeca, koji se formira u fiolama sa rafinozom. Za bakterijske zajednice sa malim brojem taksona (izdvojenih iz fiola sa citratom, tvinom, histidinom, glicerinom) i niskom ujednačenošću karakteristični su modeli brojnosti log-niza i geometrijskog niza, koji odgovaraju hipotezi maksimalnog zauzimanja hiperprostranstva sa malim brojem vrsta.

Tabela 1. Ekološki pokazatelji koji karakterizuju bakterijske komplekse koji se razvijaju u MCT fiolama

Table 1. Ecological indicators whitcht characterize bacterial complexes developed in MCT fiols

Zemljište <i>Soil</i>	Supstrat <i>Substrat</i>	Indeks Šenona <i>Index of Shannon</i>	Dominanti <i>Dominate</i>
<b>Solonjec</b> <i>Solonec</i>	Natrijum-citrat	0.16	<i>Spirillum</i>
	Histidin	0.87	<i>Spirillum</i>
	Tvin 80	1.47	<i>Myxococcus</i>
	Glicerin	1.85	<i>Flavobacterium</i>
<b>Mrko šumsko zemljište</b> <i>Black forest soil</i>	Rafinoza	2.22	<i>Spirillum</i>
	Histidin	0.48	<i>Aquaspirillum</i>
	Glicerin	0.81	<i>Escherichia</i>
	Natrijum-citrat	1.22	<i>Aquaspirillum</i>
	Tvin 80	1.26	<i>Aquaspirillum</i>
	Rafinoza	1.85	<i>Spirillum</i>

Utvrđene razmere sličnosti proučavanih bakterijskih kompleksa sa korišćenjem koeficijenta Serensena pokazale su da se najvećom sličnošću odlikuju zajednice izolovane na čvrstoj hranljivoj podlozi iz solonjeca i onih koje su formirane u fioli sa rafinozom, inokulisanom istim zemljištem (koeficijent Serensena 38%). Značajna sličnost (38%) utvrđena je, takođe, između bakterijskih zajednica koje se razvijaju u fiolama sa rafinozom, inokulisanim sa solonjecom i mrkim šumskim zemljištem, bakterijski kompleksi tih zemljišta pri rastu na citratu niske su sličnosti. Ove činjenice su, očigledno, povezane sa razvojem različitih grupa potencijalnih dominantata u različitim zemljištima.

Prema tome, nakon inkubacije zemljišne suspenzije sa supstratima u fiolama MCT razvijaju se bakterijski kompleksi koji se odlikuju malom raznolikošću rodova bakterija i pretežnim razvojem gramnegativnih bakterija koje pripadaju klasi proteobakterija. Specifičnost bakterijskih kompleksa koji se razvijaju u fiolama sa istim supstratima zavisi od tipa ispitivanog zemljišta.

### Proučavanje zagađenosti zemljišta metodom inicirane mikrobne zajednice

Postoje objektivni uzroci poteškoća sa kojima se suočavaju istraživači pri proučavanju uticaja zagađenja na mikrobiološke procese u zemljištu. Prema našem mišljenju, najvažniji među njima je taj što se pri rešavanju navedenog problema naširoko koristi metode zasejavanja na čvrste hranljive podloge, koje su pozajmljene iz medicinske mikrobiologije, koje iz niza razloga sasvim neodređeno karakterišu povratnu reakciju zemljišnih mikroorganizama na tehnogeno zagađenje. Ove metode us

vrlo pogodne za izolovanje čistih kultura mikroorganizama, ali su nepogodne za ekološko-mikrobiološka ispitivanja zemljišta. Zbog toga je još uvek aktuelno iznalaženje novih metodoloških pristupa koji mogu adekvatno odgovoriti na nove zadatke koji se postavljaju pred mikrobiologe koji se bave proučavanjem zemljišta.

Praktično ovaploćenje ovih težnji je metoda inicirane mikrobne zajednice (Guzev et al., 1982; Đukić i sar., 2007), koja se preporučuje za postavljanje laboratorijskih eksperimenata koji imaju za cilj da razjasne modifikujući uticaj različitih faktora na mikrobni sistem zemljišta u uslovima koji su maksimalno slični prirodnim.

### **Zaključak**

Utvrđeno je da stabilnost mikrobnog sistema zagađenog zemljišta zavisi od tipa zemljišta, stepen anjegove kultivisanosti, prisustva organske komponente, vrste i doze tehnogenog agensa. Ravnoteža u mikrobnom sistemu se znatno menja u prisustvu veće doze tehnogene supstance, usled čega dolazi do pregrupisanja vrsta u mikrobnoj zajednici zemljišta i do pojave različitih tipova modifikacione promenljivosti, koji se karakterišu određenom adaptivnom reakcijom (zona homeostaze, zona stresa, zona rezistencije, zona represije) mikrobnog sistema zemljišta.

Posebno je efikasno proučavanje funkcionalnih profila mikrobnih zajednica zemljišta pomoću metoda MST (dobijanje višeprofilne funkcionalne karakteristike mikrobnih zajednica, izolovanih iz zemljišta, na osnovu spektra utilizovanih supstrata) i IMZ (utvrđivanje modifikujućeg uticaja različitih faktora, pa i različitih supstrata na mikrobni sistem zemljišta u uslovima koji su slični prirodnim).

### **Napomena**

Istraživanja u ovom radu deo su projekta “Poboljšanje genetičkog potencijala i tehnologija proizvodnje krmnog bilja u funkciji održivog stočarstva” – TR 31057 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### **Literatura**

- Асеева И.В., Судницын И.И., Павличук З. (1986). Влияние потенциала почвенной влаги на ферментативную активность почв. Экологическая роль микробных метаболитов. М.:Изд-во МГУ, с. 24-41.
- Atlas R.M., Bartha R.(1992). Hydrocarbon biodegradation and oil spill bioremediation. Adv. Microb. Ecol. Ed. K.C. Marschall, r.12, p.287-338.
- Ананьева Н.Д. (2001). Самоочищение почв од пестицидов. Перспективы развития почвенной биологии Москва, МАКС-пресс, МГУ ии М.В. Ломоносова и РАН. Стр.94-107.
- Durwen K.J. (1983). Bioindikation im Dienste des Umweltschutzes. Bitr. Landespflege Rheinland –Pfalz, V.9, S. 133-160.
- Букић Д., Јемцев, В.Т. (2007). Биотехнологија земљишта. Будућност, Нови Сад, 529 стр. . ИСБН 978-86-7780-113-7.



- Букић Д., Ђорђевић С., Мандић Л., Трифуновић Б. (2012). Микробиолошка трансформација органских супстрата, цела монографија, Агрномски факултет у Чачку, 232 стр. Одлука Наставно научног већа Агрномског факултета бр. 3103/11-IX од 20. 12. 2011. год., ISBN 978-86-87611-22-1, COBISS.SR-ID 188902924.
- Букић Д., Јемцев В.Т., Ђорђевић С., Трифуновић Б., Мандић Л., Пешаковић М. (2013а). Биоремедијација земљишта, Штампарија "Будућност" ДОО, Нови Сад, 207 стр. ИСБН 978-86-7780-113-7.
- Букић Д., Мандић Л., Пешаковић Маријана (2007). Техногени утицаји на заједнице земљишних микроорганизама. Унапређење пољопривредне производње на Косову и Метохији (поглавље у монографији). Пољопривредни факултет Приштина-Лешак, 8-70. ISBN 978-86-80737-13-3, COBISS.SR-ID 144875276.
- Букић Д., Ђорђевић С., Трифуновић Б., Мандић Л., Марковић Г., Машковић П., Танасковић С., Брковић Д. (2013б): Биоиндикација и биотестирање загађености животне средине, „Будућност“ ДОО, Н. Сад 337. стр, ISBN 978-86-7780-130-4, СР 504.5(075.8).
- Емцев В.Т. (2001), Почвенные микроба и деградација ксенобиотиков. Перспективы развития почвенной биологии. МГУ и РАН, Москва, МАКС-пресс, 2001. с.77-78.
- Гузев В.С., Кураков А.В., Бондаренко Н.Г., Мирчинк Т.Г. (1984). Иницированное микробное сообщество почвы при действии минерального азота. Микология и фитопатология, Но 18.ц.3-8.
- Гузев В.С., Левин.С.В. (2001). Техногенные изменения сообщества почвенных микроорганизмов. Перспективы развития почвенной биологии. МГУ, Российская академия наук, Москва. МАКС-ПРЕСС, с. 178-219.
- Горленко М.В: Кожевин, П.А. (1994). Дифференцијација почвенних микробних сообщств с помощью мультисупстратного тестирования. Микробиология, т.63, No.2, с. 289-293.
- Горленко М.В, Рабинович, Н.Л., Градова, Н.Б. Кожевин П.А. (1996). Индикација загађености почв синтетическими моющими средствами по функциональной реакции почвенного микробного комплекса. Вестник МГУ, Сер. Почвоведение, No.1.
- Gorlenko M.V., Majorova T.N., Kozhevin P.A. (1997). Disturbances and their influence on substrate utilization patterns in soil microbial communities. Microbial Communities. Functional versus structural approach. Eds. Insam H. Ranger, A. Insbruck, Austria, Springer, p. 84-93.
- Guzev. V.S., Bondarenko N.G. Byzov V.A. Mirchink T.G., Zvyagintsev D.G. (1982) A method for direct study of the microbiological soil state by the structure of the initiated microbial community. Pedobiologia, V.24. N.2, s. 65-79.
- Кожевина Л.С., Кожевин П.А., Кофф Г.Л. (1995). О возможностях микробиологической диагностики почв и грунтов сейсмоопасных территорий для геодинамической и санитарно-эпидемиологической оценки и прогноза. Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг. М. : ГЕИ МАИ, ИЛСАН, РАН, Вып.1.

- Кураков А.В., Гузев В.С., Степанов А.Л., Коновалова О.Е., Умаров М.М., Зенова Г., Мирчинк Т.Г., Шабает В.П., Бернат И., Кромка М. (1989). Минеральные удобрения как фактор антропогенного воздействия на почвенную микрофлору. Микроорганизмы и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, с. 205.
- Лысак Л.В., Добровольская Т.Г. (1982). Бактерии в почвах тундры Западного Тамыра Почвоведение, Н.9 с. 74-78.
- Левин Ц.В., Бабьева И.П. (1985). Действие тяжелых металлов на состав и развитие дрожжей в сероземе. Почвоведение, No. 6, с. 97-101.
- Марфенина О.Е. (1991). Микробиологические аспекты охраны почв. М.: Изд-во МГУ, 1991, 118 с.
- Марфенина О.Е. (2000). Изменения комплекса грибов рода *Penicillium* в почвах подзолистой зоны при антропогенных воздействиях. Микология и фитопатология, Т.34, No.4. с. 38-42
- Marfenina O.E. (2000). Microbiological properties of urban soil. 1-st International Conference of soil of Urban Industrial, Traffic and Maining Areas. Proceedings, University of Essen, r.3, p.677-681.
- Мирчинк, Т.Г. (1988). Почвенная микология М.: Изд-во, МГУ, 220 с.
- Марфенина О.Е. (1976). Влияние длительного применения минеральных удобрений и известки на микрофлору дерново-подзолистых почв: Автореф. Дисс. на соиск. степ. канд. биол. наук. М. 161 с.
- Мишустин Е.Н. (1982). Развитие учения о ценозах почвенных микроорганизмов. Успехи микробиологии, Вып. 17, М.: Наука, 1982.
- Мегарран Е. (1992). Экологическое разнообразие и его изменения. М.: Мир, 1992.
- Микроорганизмы и охрана почв. Под ред. Д.Г.Звягинцева. М. Изд. МГУ, 1989, 206 с.
- Определитель бактерий Берджи. Ред. Дж. Хоулт и др. М.: Мир, 1997. с. 181.
- Полянская Л.М., Звягинцев Д.Г. Почвоведение, 2005. No 6, 706-714.
- Пиковский Ю.И. (1993). Природные и техногенные потоки углеводородов окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 208 с.
- Smalla K., Wachtendorf U., Hever H., Liu W., Forney L. (1998). Analysis of BIOLOG GN substrate utilization patterns by microbial communities. Appl. Env. Microbiology. Vol.64. No.4. p. 1220-1225.
- Shukla O.P. (1990). Biodegradation for environmental's management. Everymans Sci., V.25, No.2. p. 46-50.
- Сонцова О.Ю., Максимов В.М. (1985). Действие тяжёлых металлов на микроорганизмы. Т.20, с. 227-252.
- Степанов А.М. (1988). Методология биоиндикации и фонового мониторинга экосистема суши. Экотоксикология и охрана природы. М.: Наука, с. 28-108.
- Умаров М.М., Азиева Е.Е. (1980). Некоторые биохимические показатели загрязнения почв тяжелыми металлами. Тяжёлые металлы в окружающей среде. М. С. 109-115.
- Виноградский С.Н. (1953). Микробиология почвы. М.: Изд-во, АН СССР, с. 792.
- Зенова Г.М., Михайлова Х.В., Звягинцев Д.Г. (2000). Динамика популяций олигоспоровых актиномицетов в черноземе. Микробиология, Т.69, No. 1, с.127-131.

## STUDYING OF FUNCTIONAL PROFILE OF MICROBIAL COMMUNITIES IN CONTAMINATED SOILS

*Dragutin Đukić<sup>1</sup>, Aleksandar Semjonov<sup>2</sup>, Leka Mandić<sup>1</sup>, Vesna Đurović<sup>1</sup>,  
Milica Zelenika<sup>1</sup>, Aleksandra Stanojković-Sebić<sup>3</sup>*

### Abstract

In this review paper are considerate the different ways of soil microorganism's reaction in a variety of forms of technogenic pollution by methods multi-substrate testing and initiates the microbial community, as well as the modification of variability that is characterized by specific adaptive reactions (homeostasis zone, stress zone, zone of resistance and zone repression) of microbial system lands.

**Key words:** soil, pollution, microorganisms, homeostasis, stress, resistance, repression.

## ALELOPATSKA AKTIVNOST AUTOHTONIH I INVAZIVNIH VRSTA BILJAKA PLAVNIH STANIŠTA VELIKE MORAVE

Filip Grbović<sup>1</sup>, Snežana Branković<sup>1</sup>, Marina Topuzović<sup>1</sup>

**Izvod:** Alelopatska aktivnost izabranih autohtonih (*Salix alba* L., *Populus alba* L., *Populus nigra* L.) i invazivnih (*Acer negundo* L., *Amorpha fruticosa* L., *Celtis occidentalis* L., *Robinia pseudoacacia* L.) vrsta plavnih staništa Velike Morave ispitana je kroz inhibiciju klijanja i rasta klijanaca indikatorske vrste *Lactuca sativa* L. U radu je korišćena sendvič metoda – alelopatski biotest sa agaroznom podlogom. Rezultati alelopatskih biotestova pokazuju da alelopatski potencijal donorskih vrsta opada po sledećem redu: *A. fruticosa* > *C. occidentalis* > *R. pseudoacacia* > *S. alba* > *A. negundo* > *P. alba* > *P. nigra*. Invazivne vrste pokazuju veću alelopatsku aktivnost u odnosu na autohtone, što može biti doprinos hipotezi o alelopatiji kao „novom oružju“ invazivnih vrsta.

**Cljučne reči:** invazivne vrste, alelopatija, inhibicija rasta, plavna staništa.

### Uvod

Invazivne biljne vrste imaju višestruke uticaje na biljne zajednice i direktno ali i indirektno utiču na fizičko-hemijske karakteristike zemljišta i funkcionisanje ekosistema. Neke invazivne vrste mogu da steknu kompetitivnu prednost u odnosu na autohtone aktivnim i pasivnim oslobađanjem jedinjenja ili kombinacije jedinjenja koja su jedinstvena i nova za biljne zajednice: "hipoteza novog oružja" (novel weapon hypothesis) (Callaway and Ridenour, 2004.).

Ekološki uticaj invazivnih vrsta ogleda se u najrazličitijim načinima. Tako invazivne biljne vrste zauzimaju ekološki prostor autohtonim vrstama, koriste vodu i hranljive materije, menjaju uslove u staništu. Takođe, one utiču na sastav, strukturu i dinamiku zajednica, zatim izlučuju supstance koje negativno utiču na rast i razvoj drugih biljaka, hibridizuju sa nativnim vrstama i na njih prenose različite bolesti.

Alelopatska aktivnost može biti jedan od ključnih mehanizama koji invazivnim vrstama biljaka omogućava brzo širenje na nova staništa i dominaciju u biljnim zajednicama. Na alelopatske interakcije i produkciju alelohemikalija značajan uticaj imaju abiotički i biotički faktori. Ovi faktori utiču kako na produkciju alelohemikalija kod donorske vrste, tako i na transport i transformaciju ovih jedinjenja u životnoj sredini kao i na efekte alelohemikalija na fiziološke procese akceptorskih vrsta biljaka.

Najčešći i najviše proučavani morfološki indikatori alelopatske aktivnosti jesu: inhibicija klijanja semena, redukcija izduživanja korenka i hipokotila, kao i praćenje rasta i razvoja korena i stabla indikatorske vrste.

Specifične šumske i žbunaste zajednice koje prate vodene tokove, poznatije kao ritske, plavne, aluvijalne šume pokrivaju velike površine u Republici Srbiji. Kao edifikatorske autohtone vrste javljaju se razne vrste vrba i topola (*Salix alba* L., *Salix*

<sup>1</sup> Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Srbija (filip.grbovic@pmf.kg.ac.rs)

*fragilis* L., *Salix purpurea* L., *Populus alba* L., *Populus nigra* L., *Populus canescens* L.) (Jovanović, 1997.). Ekosistemi plavne zone Velike Morave su pretrpele značajne izmene, usled negativnog antropogenog uticaja poput eksploatacije šljunka i peska, isušivanja, kao i zagađivanja čvrstim otpadom i otpadnim vodama. Kao posledica brojnih negativnih uticaja, biljne zajednice priobalnih staništa Velike Morave postale su senzitivne na invaziju stranih flornih elemenata, koje se velikom brzinom šire duž rečnih sistema. Neke od veoma zastupljenih drvenastih i žbunastih invazivnih vrsta u plavnoj zoni reka Srbije (kao i Velike Morave) su *A. fruticosa* i *A. negundo*, dok su u manjem procentu zastupljene i *R. pseudoacacia* i *C. occidentalis*.

Ova studija imala je za cilj utvrđivanje i uporednu analizu alelopatske aktivnosti izabranih autohtonih (*S. alba*, *P. alba*, *P. nigra*) i invazivnih vrsta biljaka (*R. pseudoacacia*, *A. negundo*, *A. fruticosa*, *C. occidentalis*) plavnih ekosistema Velike Morave. Proučavan je uticaj ispirajućih materija sa listova ovih biljaka na klijanje semena i rast klijanaca indikatorske vrste *L. sativa*, uz pomoć bioeseja klijavosti na agaroznoj podlozi. Testirana je hipoteza da invazivne vrste biljaka poseduju veći alelopatski potencijal od autohtonih, što im omogućava konstantno povećanje brojnosti populacija i širenje u nove ekosisteme.

### Materijal i metode rada

Listovi proučavanih autohtonih i invazivnih vrsta prikupljeni su sa lokaliteta sela Bagrdan (opština Jagodina) na levoj obali Velike Morave i sela Vojska (opština Svilajinac), na desnoj obali Velike Morave. Prikupljeni biljni materijal osušen je na sobnoj temperaturi, samleven do praha, a zatim prosejavan kroz sita promera 1 mm.

Testirani su efekti ispirajućih materija iz listova izabranih donorskih vrsta na inhibiciju rasta indikatorske vrste *Lactuca sativa* L. (zelene salate) uz pomoć agarozne sendvič metode (Fujii i Shibuya, 1991.). Ova metoda omogućava da se istraži alelopatska aktivnost ispirajućih materija iz različitih biljnih organa koristeći agar kao podlogu i plejtove sa šest komora. Pet mililitara autoklaviranog agara je ohlađeno do oko 45°C i dodato u svaku komoru plejta u koju je ranije dodato po 10 mg ili 50 mg (koncentracija 0.1 i 0.5% respektivno) suvih listova. Nakon 45 minuta, dodato je još 5 ml agara i ostavljeno još sat vremena da se podloga učvrsti. Po pet semena vrste *L. sativa* su dodate na učvršćeni agar u svaku komoru plejta (ukupno 30 semena po plejtu). Plejtovi su zatim prebačeni na inkubaciju u termostatu, na 25°C (± 1°C) u mraku. Merenja su vršena nakon 72 sata inkubacije, uz pomoć digitalnog nonijusa. Eksperiment je izvršen u 3 ponavljanja.

Alelopatska aktivnost je determinisana kao inhibicija elongacije korenka indikatorske vrste u odnosu na kontrolu. Za kontrolu su korišćeni samo agarozni supstrati, bez biljnog materijala. Rangiranje rezultata alelopatskog bioeseja vršeno je korišćenjem koncepta ukupnog alelopatskog potencijala – UAP (Overall Allelopathic Potential - OAP) (Smith, 2013.).

Proračuni ukupnog alelopatskog potencijala su rađeni pomoću formule:

$$\text{UAP} = \text{srednja vrednost } (I_{10} + I_{50}) / 100$$

$I_{10}$  predstavlja procenat inhibicije rasta korenka u poređenju sa kontrolom na koncentraciji 0.1% (10 mg biljnog materijala u 10 ml agara).

$I_{50}$  predstavlja procenat inhibicije rasta korenka u poređenju sa kontrolom na 0.5% (50 mg biljnog materijala u 10 ml agara).

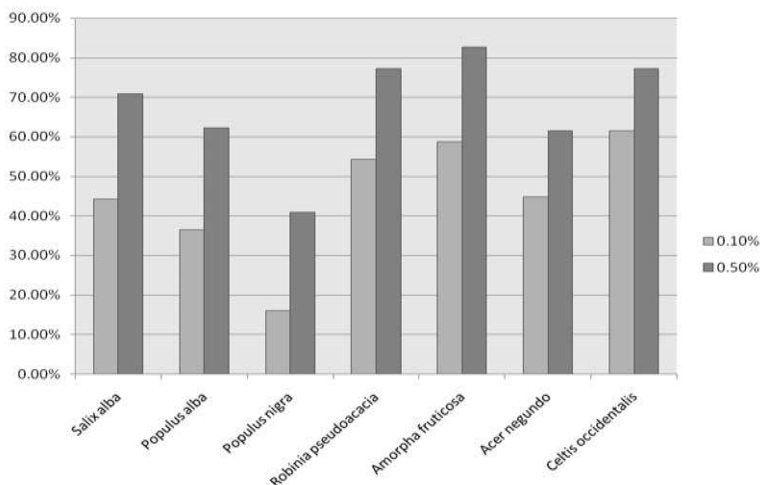
Dobijeni rezultati se rangiraju koristeći srednju vrednost zbira procenta inhibicije korenka podeljenog sa 100, pri čemu se dobija vrednost između 0 i 1. Maksimalan rezultat od 1 ukazuje da test materijal potpuno inhibira rast, dok rezultat 0 pokazuje da nema alelopatskih inhibicija.

Svi podaci su obrađeni i analizirani uz pomoć softvera za statističku obradu podataka Statistica 10.0 (StatSoft In., Tulsa, USA, 2011).

### Rezultati istraživanja i diskusija

Rezultati analize inhibitorne aktivnosti ispirajućih materija iz listova izabranih invazivnih i autohtonih vrsta plavnih ekosistema Velike Morave prikazani su na grafikonu 1. Dobijeni rezultati testa inhibicije korenka indikatorske vrste ukazuju da invazivne vrste biljaka poseduju visoku alelopatsku aktivnost. Kod autohtonih biljaka utvrđena je alelopatska aktivnost umerenog karaktera. Jedino je autohona vrsta *S. alba* pokazala visoku alelopatsku aktivnost.

Najveću inhibitornu aktivnost pri koncentraciji od 0.1% (10 mg listova u 10ml agara) pokazala je vrsta *C. occidentalis* (61.6%), potom vrsta *A. fruticosa* (58.7%), a zatim *R. pseudoacacia* sa procentom inhibicije od 54.4%. Listovi invazivne vrste *A. negundo* pokazali su relativno nižu inhibitornu aktivnost u odnosu na ostale invazivne vrste (44.8%). Među autohtonim vrstama, najveći inhibitorni potencijal pokazali su listovi vrste *S. alba* (44.3%), zatim vrsta *P. alba* (36.6%), dok je najnižu alelopatsku aktivnost imala vrsta *P. nigra* (16.1%).



Graf 1. Alelopatska aktivnost listova proučavanih vrsta (% procenat inhibicije rasta korenka *L. sativa*)

Graph 1. Inhibitory effect of leaf leachates of selected species (% of radicle growth inhibition of *L. sativa*)

Procenat inhibicije pri većoj koncentraciji od 0.5% (50mg listova u 10ml agara), opadao je po sledećem redosledu: *A. fruticosa* (82.8%) > *R. pseudoacacia* (77.3%) > *C. occidentalis* (77.2%) > *S. alba* (70.9%) > *P. alba* (62.2%) > *A. negundo* (61.6%) > *P. nigra* (40.9%). Ukupan alelopatski potencijal (UAP) ispitivanih vrsta, koji predstavlja srednju vrednost zbira procenta inhibicije na dve ispitivane koncentracije (0.1 i 0.5%), opada po sledećem redu: *A. fruticosa* > *C. occidentalis* > *R. pseudoacacia* > *S. alba* > *A. negundo* > *P. alba* > *P. nigra*. Pregled proučavanih vrsta prema kategorijama ukupnog alelopatskog potencijala prikazan je na tabeli 1.

Tabela 1. Raspored vrsta prema kategorijama ukupnog alelopatskog potencijala (UAP)

Table 1. Distribution of species by categories of overall allelopathic potential (OAP)

Kategorija alelopatske aktivnosti <i>Category of allelopathic activity</i>	Ispitivane biljne vrste <i>Tested plant species</i>	Ukupni alelopatski potencijal (UAP) <i>Overall allelopathic potential (OAP)</i>
Ekstremna alelopatska aktivnost <i>Extreme allelopathic activity</i> (0.75 – 1)	Nema <i>Absent</i>	/
Visoka alelopatska aktivnost <i>High allelopathic activity</i> (0.5 – 0.75)	<i>Amorpha fruticosa</i> L. <i>Celtis occidentalis</i> L. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. <i>Salix alba</i> L. <i>Acer negundo</i> L.	0.708 0.694 0.659 0.576 0.532
Umerena alelopatska aktivnost <i>Moderate allelopathic activity</i> (0.25 – 0.50)	<i>Populus alba</i> L. <i>Populus nigra</i> L.	0.494 0.285
Nealelopatska aktivnost <i>No allelopathic activity</i> (0 – 0.25)	Nema <i>Absent</i>	/

Najveći ukupni alelopatski potencijal u ovoj studiji pokazala je vrsta *A. fruticosa*. Ova vrsta je u mnogim zemljama, pa i kod nas, jedna od najrasprostranjenijih invazivnih vrsta (Radulović i sar., 2008.), sa sve širim arealom na različitim vlažnim staništima. Invazivne populacije vrste *A. fruticosa* narušavaju ekološku stabilnost prirodnih ekosistema, menjajući strukturu prirodnih zajednica i biotopa čime ugrožavaju opstanak autohtone flore i faune.

U plavnoj zoni na obalama Velike Morave vrsta *A. fruticosa* formira šikare koje imaju veoma siromašan sloj prizemne flore i u kojima ona apsolutno dominira. U manjem procentu se u ovim šikarama javlja *R. pseudoacacia*. Obe pomenute vrste pripadaju azotofiksirajućim vrstama iz familije Fabaceae, poreklom iz Severne Amerike. Azotofiksirajuće vrste imaju tendenciju ka većem alelopatskom potencijalu sa dominacijom u pionirskim i srednje sukcesivnim stadijumima vegetacije, doprinose povećanju dostupnosti azota, pri čemu menjaju hemijske karakteristike zemljišta i

sastav prizemne flore (Deneau, 2013.). Efekat invazije *A. fruticosa* je spregnut sa sinergističkim efektom vrste *R. pseudoacacia*, obzirom da je poznato da u prisustvu dve ili više invazivnih vrsta u zajednici dolazi do takozvanog “invazivnog topljenja” (Simberloff i Von Holle, 1999.). Efekat “invazivnog topljenja” označava kombinovani efekat dve invazivne vrste koji može biti jači od zbirnog efekta ovih vrsta kada bi delovale odvojeno.

Kontrola invazivnih vrsta i smanjivanje njihovog uticaja na autohtone vrste i ekosisteme jedan je od velikih izazova zaštite prirode u Evropi i Srbiji. Nažalost, veoma su male šanse da se invazivna vrsta potpuno ukloni iz ekosistema u koji se proširila. Međutim, postoje tendencije da se biomasa invazivnih vrsta biljaka eksploatiše u svrhe izolovanja alelohemikalija, koje se mogu koristiti u poljoprivredi. Naučnici ova jedinjenja vide kao budući potencijal u borbi protiv korova i štetočina. Ali, zbog opasnosti toksičnog uticaja na zemljišta, upotreba alelohemikalija u agrarnim ekosistemima mora se izvoditi uz ozbiljan monitoring.

Šira slika o alelopatskom potencijalu ispitivanih vrsta plavnih staništa Velike Morave zahteva kvantitativnu i kvalitativnu analizu potencijalnih alelohemikalija, interpopulacionu i intrapopulacionu varijabilnost ovih jedinjenja kod istraživanih vrsta, kao i uticaj abiotičkih i biotičkih faktora na sadržaj alelopatskih agenasa u biljnim tkivima, stelji i zemljištu.

### Zaključak

Alelopatski potencijal dominantnih vrsta biljaka plavnih ekosistema Velike Morave u znatnoj meri zavisi od toga da li je ispitivana vrsta autohtona ili invazivna. Rezultati ove studije pokazali su veći alelopatski potencijal proučavanih invazivnih vrsta u odnosu na ispitivane autohtone vrste. Najveću ukupnu alelopatsku aktivnost pokazala je vrsta *A. fruticosa*, jako invazivna vrsta plavnih staništa, dok je najmanju inhibitornu aktivnost pokazala vrsta *P. nigra*, autohtona vrsta koja je jedan od edifikatora plavnih šuma u priobalju Velike Morave. Dobijeni rezultati daju doprinos hipotezi o alelopatiji kao „novom oružju“ invazivnih vrsta, uz pomoć kojeg ove vrste povećavaju svoj invazivni potencijal, osvajaju nova staništa i postaju dominantne u ekosistemima.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta Preklinička ispitivanja bioaktivnih supstanci (III41010) koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### Literatura

- Callaway M., Ridenour M. (2004): Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability. *Front. Ecol. Env.* 2: 436–443.
- Deneau K. (2013): The Effects of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) on Understory Vegetation and Soils in a Northern Hardwood Forest. Master Thesis. 212.



- Fujii Y., Shibuya T. (1991): A new bioassay for allelopathy with agar medium I. Assesment of allelopathy from litter leachates by sandwich method. Weed Research, Japan, 36: 152-153.
- Jovanović B. (1997): Krajrečna aluvijalna vegetacija. *Vegetacija Srbije II: Šumske zajednice I*. Sarić, M. (eds.), 1-166, Beograd, Srpska Akademija nauka i umetnosti.
- Radulović S., Skočajić D., Bjedov I., Đunisijević-Bojović D. (2008): *Amorpha fruticosa* L. on wet sites in Belgrade. Bulletin of the Faculty of Forestry 97: 221-234.
- Simberloff D., Von Holle B. (1999): Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown? Biological invasions, 1(1): 21-32.
- Smith P. (2013): Allelopathic Potential of the Invasive Alien Himalayan Balsam (*Impatiens glandulifera* Royle). PhD thesis. 101-102.
- StatSoft, Inc. (2011): STATISTICA (data analysis software system), version 10. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

## ALELOPATIC ACTIVITY OF NATIVE AND INVASIVE PLANT SPECIES OF FLOODPLAN HABITATS OF VELIKA MORAVA RIVER

Filip Grbović<sup>1</sup>, Snežana Branković<sup>1</sup>, Marina Topuzović<sup>1</sup>

### Abstract

The allelopathic activity of the selected native (*Salix alba* L., *Populus alba* L., *Populus nigra* L.) and invasive (*Acer negundo* L., *Amorpha fruticosa* L., *Celtis occidentalis* L., *Robinia pseudoacacia* L.) species were studied through the inhibition of seed germination and seedling growth of indicator species *Lactuca sativa* L. Sandwich allelopathic bioassay was used - allelopathic biotest with agar substrate. The results of allelopathic biotests show that the allelopathic potential of donor species decreases in the following order: *A. fruticosa* > *C. occidentalis* > *R. pseudoacacia* > *S. alba* > *A. negundo* > *P. alba* > *P. nigra*. Invasive species show greater allelopathic activity than natives, which can be a contribution to the „novel weapon hypothesis“ of invasive species.

**Key words:** invasive species, allelopathy, growth inhibition, floodplain habitats.

---

<sup>1</sup> University of Kragujevac, Faculty of Science, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Serbia (filip.grbovic@pmf.kg.ac.rs)

## CONTENT OF PHOSPHORUS IN ARABLE LAND ON THE TERRITORY OF THE CITY OF NIS

*Dragan Grčak<sup>1</sup>, Vera Đekić<sup>2</sup>, Milosav Grčak<sup>1</sup>, Miodrag Jelić<sup>1</sup>, Miroljub Aksić<sup>1</sup>*

**Abstract:** Phosphorus has the status of an essential element for plant growth and development because it is contained in numerous compounds which are of the crucial significance for the physiological –biochemical processes. The aim of this paper was to examine the saturation of the soil with easily available phosphorus forms on the territory of the city of Nis in 2015. The total of 284 samples from 110 farms were collected. The analysis showed that that the soil of this area is well provided with easily available phosphorus. 40.8% samples belong to the class of supplied or even well-supplied soil, with the phosphorus content from 7% to 15% whereas only 5% of the samples belong to the class of the soil low in phosphorus.

**Key words:** phosphorus, availability, soil, Nis

### Introduction

Phosphorus is a nonmetal, which is usually in a five-valent form in nature, and, due to its reactivity, it is not available in a free form, but as a part of numerous organic and non-organic compounds. It originates from about 170 minerals (apatite, phosphorite, vivianite, amblygonite, monazite, wavellite, triplite), with the biggest share of around 90% belonging to apatite and phosphorite (Gudžić, 2015).

The biggest part of soils exploited for the agriculture for a longer period of time contain between 60 and 80% of the nonorganic form of phosphorus, whereas 20 to 40% contain the organic-tied phosphorus (Jelić, 2012). The total amount of phosphorus in the soil is variable and ranges from 0,03-0,3%, and in our soil from 0,02 – 0,2 (Gudžić, 2015). Knowing that the biggest amount of phosphorus comes from rocks and minerals, as well as from organic compounds, thus making the phosphorus supplies exhaustible, the phosphorus circulation in the soil is a very important microbiological process.

The soil categorization based on the content of phosphorus easily available to plants is of high significance for the usage of phosphorus fertilizers. The researches carried out so far show that the phosphorus levels which are needed for the plant growth and development are lower for fruit trees and vine than for arable crops. This is due to the fact that the phosphorus in fruit and vine is much lower than in arable crops and vegetables. The scientific research shows that the optimum level of the easily available phosphorus for vine and fruit production is about 15mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per 100mg of soil. For example, the recommended quantity for plum, which is the most common kind of fruit in Serbia (Grčak et al., 2017) is about 30 to 40 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Phosphorus has an irreplaceable role for a plant. It is involved in the process of photosynthesis, breathing, connecting of the endothermic and exothermic reactions,

---

<sup>1</sup>University of Pristina, Faculty of Agriculture, Kopaonicka bb, 38219 Lesak, Kosovo and Metohija, Serbia (dragangrcak@gmail.com)

<sup>2</sup>Center for Small Grains, Save Kovacevica 31, Kragujevac, Serbia (verarajic@yahoo.com)

synthesis of the primary and secondary compounds, and also, it is a part of nucleotides, nuclear acids, phospholipids and numerous co-enzymes. Beside the above mentioned functions of phosphorus, it also has a part in the energy transfer (Kastori and Maksimović, 2008).

It is necessary for a good rooting forming of the flower buds. Those are the periods when the needs of plants are the greatest, that is, first, at the beginning of the vegetation during the intensive growth of the root, and the second time at the beginning of the development of the generative organs. Since phosphorus is almost immobile in the soil, it is necessary to input phosphorus around the root zone before these periods. In nature, acid (pH<5), limestone and alkaline usually lack phosphorus. In acid terrains, after the input, phosphorus is blocked by aluminum and iron and in alkaline soils by calcium which builds calcium phosphates.

The aim of this paper is to examine the content of phosphorus available to plants on the territory of the city of Nis and its municipalities.

### **Materials and methods**

The concentration of the available forms of phosphorus in the soil is expressed in mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> of 100g<sup>-1</sup> of the soil. There is a number of chemical methods to define the phosphorus available to plants which are based on the extraction of phosphorus from soil samples by the means of extraction. The most commonly used means of extraction are diluted mineral and organic acids and puffer salt solutions.

The results of these methods are compared with the results of the vegetation experiments in containers and field mirrors. On the basis of these results, the limit values of the content of the available phosphorus are defined. According to Egner, the extraction is carried out by the means of the acid puffer solution (whose pH value is 3,3) 0,02N Ca-lactate in 0,01N HCl. The phosphorus is defined in a colorimetric form from the extract, and in our case, it was done by the means of spectrophotometer. The methods which were used in the soil examination were acquired by the Yugoslav Society for the Soil Analysis (JDPZ, 1966).

The chemical analysis were done in 2015 in the Agriculture Counseling Expert Service in Nis, where the level of the available phosphorus was defined by AL-method according to Egner and Riehm. The soil samples were taken from the depth of 0-30cm with arable and vegetable cultures, and from 0-60cm in orchards and vineyards. Each sample consisted of 20 to 25 individual samples (with the land up to 5ha) from the depth of 0-30cm, on the land with existing orchards and vineyards or planned for these cultures.

The collected and analyzed samples were from 284 pieces of land from 110 farms.

The data processing was carried out by the statistics-mathematics method in the IBM SPSS Statistics-Version 20 computer program.

### **Results and discussion**

The analysis comprised all the municipalities of the City of Nis: Crveni Krst, Medijana, Niska Banja, Palilula I Pantalej. The content of the available phosphorus,

P205 in 100g air-dry soil was analyzed as a part of fertility control. The data from 284 pieces of land from 110 farms were processed.

Depending on the depth from which the sample was taken (Table 1) we can see the difference among different pieces which are already planted or are planned to be planted by arable and vegetable cultures (78,9%) in comparison to the ones which are already planted or are to be planted by orchard and vineyard cultures (21,1%).

Table 1. The number of samples and areas with the depths from which the samples were taken

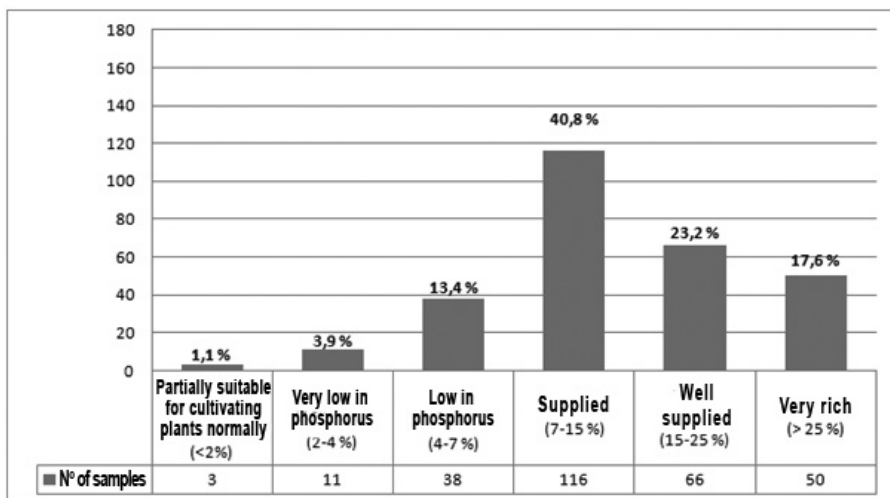
Depths from which the samples were taken	Number of samples	Percent (%)	Area (ha)
0-30 cm	224	78,9	93,54
0-60 cm	60	21,1	21,74
Total	284	100,0	115,28

On the basis of the processing of the data from 284 pieces of land on the farms in the Nis municipality, it was concluded that 34,5% of the analyzed samples were the parts badly supplied by the available phosphorus (under 10%). The part with moderate supply, with the easily available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100g<sup>-1</sup> from 10 to 20% had the share of 37% of the analyzed agriculture areas. The class of the soil well-supplied by the easily available phosphorus where the P205 100g-1 was 20% had the share of 27,8% (Table2).

Table 2. The sample share of particular classes based on the content of the available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (the categorization by Jelic, 2012) according to the analysis of 284 pieces of land

Classes	Content mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 100g <sup>-1</sup> in soil	Number of pitches	Percent of pitches (%)	Cumulative percent
Badly supplied - poor	< 10	98	34,5	34,5
Moderate supplied	10 - 20	107	37,7	72,2
Well supplied - rich	> 20	79	27,8	100,0
Total	-	284	100,0	-

The existing classification of the content of the available phosphorus can be, up to a certain extent, inaccurate due to the wide intervals of particular groups of the phosphorus availability. In order to understand the dynamics of the P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in 100g of the air-dry soil, it is necessary to redefine the supply levels. According to the detailed classification (Graph 1) on the basis of the total phosphorus (Wahntman) the land which is partially suitable for cultivating plants normally (under 2% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100g<sup>-1</sup> soil) has the share of only 1,1%. In the class of the land which is very low or low in phosphorus the dominant samples are the ones with the content of 4-7% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100g<sup>-1</sup> with the share of 13,4%, whereas the class with supplied and well-supplied land, where the phosphorus content was 7 to 15% has the share of 40,8%



Graph 1. The sample share of particular classes according to the supply of the available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100g of the air-dry soil (%) in the Nis municipality (284 samples)

The way to deal with the low level of phosphorus is the usage of phosphatisation as the measure of melioration intake of phosphate fertilizers and calcification aiming at the increase of the availability of phosphorus from the soil sources, as well as calcination if the pH value of the soil affects the acquisition of phosphorus (Jelić et al., 2015). However, it is possible to, wishing to increase the production and due to an excessive usage of fertilizers by non-experts, cause different changes in the biological balance of the agri-ecosystem thus affecting the quality of the crops (Wu et al. 1998, Kraus et al. 2000).

Delgado and Torrent (1996) in their research indicate that the soil in the European Union in the last decades has been fertilized intensely by phosphorus fertilizers even when it was not needed. The outcome is the following: the quantity of phosphorus exceeds the plants’ needs. So far, such a big ecological problem has been dealt with by reducing, even not using phosphorus fertilizers at all. These authors emphasize that it is necessary to achieve the economic balance between the optimal level of phosphorus in the soil for agriculture production and ecological safety.

Phosphorus is the basic nutrient of the primary productivity of the ecosystem and agricultural production, but its inadequate usage affects the sustainability of agriculture and can have significant consequences on the environment (George et al., 2016). The approach to the sources of phosphate stones is politically sensitive and economically challenging. Phosphorus is accumulated in agriculture soil which is an economic loss for farmers and the risk is even higher due to rinsing. Beside the necessary mineral elements, the fertility of the soil is also conditioned by the quantity of humus in the soil (Grčak et al. 2017).

The author of the article *Phosphorus Famine: The Threat to Our Food Supply* (Vaccari, 2009) emphasizes that there is a problem with phosphorus and potassium, which are beside azote the most important for the sustainability of agriculture, primarily because of exhausting their supplies from the natural sources. The same author stresses

the fact that it is possible that the available world supplies of phosphorus could start being exhausted by the end of this century, if the trend keeps being steady and the population keeps growing. It is necessary to check the fertility of the agriculture soil before planting particular crops and on the basis of this to fertilize using phosphorus and potassium fertilizers. Measures on this issue are taken all over the world (Delgado and Torrent, 1996), so we need to start implementing them as well. The fertility control is a legal obligation of the owner or land user in our country, too, according to the Law on Agriculture Law (Official Herald the Republic of Serbia 62/06, 65/08, 41/09).

While examining the agriculture soil, the average pH value was 6,48. The limit values recorded were 4,20 as the minimum and 7,17 as the maximum. The indicator of variability calculated by the standard deviation by the calculation method which is  $\pm 0,39$  shows that there were not significant deviations among the pH values. According to the classification (Thun), such a pH value in the soil suspension with KCl is weakly acid (Belić i sar, 2014). According to some authors (Barrow, 2016), even lower values than this are considered good for a normal acquisition of phosphorus from the soil. Stevanovic and collaborators (1995) state that significant arable land, more precisely more than 60% in Central, South Serbia and on Kosovo are acid lands. It is known that phosphorus availability in acid lands decreases due to its immobilization by free  $Al^{3+}$  and  $Fe^{3+}$  ions (Debnath et al. 2000).

### Conclusions

On the basis of the results of the analysis of 284 soil samples from 115,28ha, that is 110 farms, on the territory of the City of Nis (Srbija), we can conclude that the saturation of the soil by phosphorus is changeable, which is a consequence of different soil types, fertilization and exploitation of particular areas. It is concluded that: 5% of the samples belonged to the soil class very low in phosphorus, with the content of phosphorus from 4% to 7%. Out of the total number, 40,8% of the analyzed samples were the class of good or very good concerning the saturation with phosphorus, with the content over 15%.

The phosphorus content (also 40,8%) dominates in the soil moderately supplied by phosphorus with the limit values from 7% to 15%, but it needs to be maintained and the phosphorus level should be checked before planting and fertilizing by phosphorus fertilizers.

According to the results of the research, the soil on the territory of the city of Nis is well-supplied by phosphorus. Certainly, it is highly recommendable to analyze the soil in order to be informed about the content of phosphorus which is necessary to all producers.

### References

- Belić M., Nešić Lj., Ćirić V. (2014). Praktikum iz pedologije. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad. str. 77
- Borrow N. J. (2017). The effects of pH on phosphate uptake from the soil. *Plant Soil* (2017) 410:401–410
- George S. T., Hinsinger P., Turner B. L. (2016). Phosphorus in soils and plants – facing phosphorus scarcity. *Plant Soil* 401:1–6

- Grčak D., Jelić M., Grčak M., Aksić M., Grčak D. (2017). Humus Contents in Soils of Aleksinac Municipality in Serbia. VIII International Scientific Agriculture Symposium. Jahorina, October 05-08, 2017. Book of Proceedings. Agrosym. Editor – East Sarajevo. University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, Bosnia and Herzegovina. pp. 501-507.
- Gudžić N. (2015). Osnovi ishrane biljaka. Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet, Kosovska Mitrovica – Lešak, str.76-81
- Debnath A, Bhattachartjee T. K., Debnath N. C. (2000). Behaviour of inorganic phosphate fractions in limed acid soils. J. Indian Soil Sci. 48: 829-831
- Delgado A., Torrent J. (1997). Phosphate-rich soils in the European Union: estimating total plant-available phosphorus. European Journal of Agronomy 6 (1997) 205-214
- Jelić M. (2012). Agrohemija. Univerzitet u Prištini - Kosovska Mitrovica Poljoprivredni fakultet, Zubin Potok-Lešak. str.52-56
- Jelić M., Milivojević J., Dugalić G., Đekić V., Šekularac G., Paunović A., Biberdžić M., Tmušić N. (2015). Kalcizacija kiselih zemljišta u Centralnoj Srbiji. XX Savetovanje o biotehnologiji, Zbornik radova, Vol.20.(22): 51-58
- Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta (1966). Hemijske metode ispitivanja zemljišta. Priručnik za ispitivanje zemljišta, Knjiga I, Beograd
- Kastori R., Maksimović I. (2008). Ishrana bilja. Novi Sad. str. 84-85
- Kljajić D. (2013). Tumačenje rezultata hemijske analize zemljišta. Aktuelni savetnik. Republika Srbija, Sekretarijat za poljoprivredu, vodoprivredu i šumarstvo Autonomne Pokrajine Vojvodine. Poljoprivredna Savetodavna Služba AP Vojvodine. Priređivač: PSS Bačka Topola Godina 2, br. 7, str. 4-9. Bačka Topola, avgust, 2013. Novi Sad.
- Krauss M, Wilcke W, Zech W (2000). Reactivity and bioavailability of PAHs and PSBs in urban soils of Beyreuth. Proceedings First International Conference Soils of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas (W. Burghardt and C. Dornauf Eds), Essen 12-18 July 3: 657-661
- Official Herald the Republic of Serbia, (2017). Zakon o poljoprivrednom zemljištu br. 62/2006, 65/2008 – dr. zakon, 41/2009, 112/2015 i 80/2017.  
Dostupno: [http://www.paragraf.rs/propisi/zakon\\_o\\_poljoprivrednom\\_zemljistu.html](http://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_poljoprivrednom_zemljistu.html)
- Predić T. (2011). Praktikum: Agrohemija i ishrana biljaka. Poljoprivredni Institut Republike Srpske. Banjaluka, str. 21-25
- Stevanović D., Jakovljević M., Martinović LJ. (1995). Rešavanje problema kiselih zemljišta Srbije–preduslov povećanja proizvodnje hrane i zaštite zemljišta. Savetovanje „Popravka kiselih zemljišta Srbije primenom krečnog đubriva „Njival Ca”, Zbornik radova, Paracin, str. 7–21.
- Vaccari D. (2009). Phosphorus Famine: The Threat to Our Food Supply. Scientific American. Vol 300. Issue 6, June 2009
- Wu Q, Blume H. P., Rexilius L., Abend S., Schleuss U. (1998). Sorption of organic chemicals in chemicals in Urbic Anthrosols. Adv. geo-Ecol. 31: 781-789.

## CITOGENOTOKSIČNA PROCJENA EFIKASNOSTI BIOLOŠKE OBRADE OTPADNIH VODA

*Amela Hercegovac<sup>1</sup>, Melina Zolotić<sup>1</sup>, Snježana Hodžić<sup>1</sup>, Edina Hajdarević<sup>1</sup>,  
Emina Hadžić<sup>1</sup>, Rifet Terzić<sup>1</sup>*

**Izvod:** Cilj istraživanja je bio analizirati citogenotoksični efekat uzoraka vode uzetih sa postrojenja za biološko prečišćavanje komunalnih otpadnih voda. Uzorci su uzeti iz različitih faza obrade sa prečišćavača vode grada Odžak, te iz rijeka Bosne i Save. Kao bioindikator korištene su lukovice *Allium cepa*. Najmanja vrijednost mitotičkog indeksa zabilježena je na ulazu u sistem prečišćavanja (1,9%), a najveća na dubrivu koje predstavlja nus-produkt prečišćavanja (16,85%). Broj hromosomskih aberacija se u procesu prečišćavanja smanjio za 52,7%. Rezultati ukazuju na zaključak da se biološkom obradom otpadne vode smanjuje njen genotoksični i citotoksični efekat.

**Ključne reči:** citotoksičnost, genotoksičnost, voda, *Allium*, test

### Uvod

Genotoksični efekat vode kao životne sredine utemeljen je na činjenici da u prirodne vodotokove dopijevaju različite štetne materije koje izazivaju nestabilnost genetičkog materijala vodenih i terestričnih organizama koji je usvajaju na bilo koji način. Često su količine ovih materija ispod nivoa detekcije, ali dugoročnim djelovanjem utiču na genom izazivajući različite uočljive promjene. Osnovni preduslov zaštite biljnog, animalnog i humanog nasljednog materijala je upravo uspostavljanje sistema praćenja i kontrole djelovanja genotoksičnih agenasa (Košarčić i sar., 2003). U sjevernom dijelu Bosne i Hercegovine je grad Odžak na čijem je području izgrađena kanalizacijska mreža mješovitog tipa. Sve vrste otpadnih voda njegovog gravitirajućeg područja, sanitarno-fekalne, industrijske i oborinske, zajedno se odvođe do postrojenja za prečišćavanje koji podrazumijeva i biološki tretman vode aktivnim muljem. Konačni prijemnik prečišćene otpadne vode je rijeka Bosna koja je kategorizirana kao prijemnik III kategorije. Na lokaciji postrojenja izgrađeni su građevinski objekti mehaničkog dijela prečišćavanja u dvije linije: linija sanitarno-fekalnih voda i linija oborinskih voda. Biološki tretman otpadne vode podrazumijeva uspostavljanje mješovite mikrobne zajednice u kojoj aerobni organizmi razgrađuju organske sastojke različitog porijekla iz otpadne vode uz unešeni kisik. Na navedenom postrojenju vrši se u dva odvojena bazena, sa ugrađenim sistemom za finomjehuričastu aeraciju: bioeracijskom – gdje se vrši razgradnja ugljikovih spojeva i stabilizacijskom – u kojem se vrši stabilizacija mulja. Smjesa prečišćene otpadne vode i aktivnog mulja odvodi se iz bioeracijskih bazena u sekundarni taložnik gdje se vrši finalno razdvajanje prečišćene otpadne vode i mulja (Proton, 2010).

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Tuzli, Prirodno–matematički fakultet, Univerzitetska 4, Tuzla, BiH (amela.hercegovac@untz.ba);



Promjene u genomu indukovane citogenotoksičnim djelovanjem citološki se mogu detektovati najčešće u vidu fragmentacija DNA, inhibiranju stanične diobe, i prekidanju staničnog ciklusa u njegovim različitim fazama (Grant, 1999; Gustavino i sar., 2012). Za procjenu citogenotoksičnog učinka različitih faktora na žive organizme primjenjuju se biotestovi. Krajnji cilj je otkriti utiče li primijenjeni faktor na testni organizam, ćelijsku strukturu, tkivo ili organ i na kraju uočenu promjenu kvalitativno i kvantitativno izraziti (Vidaković-Cifrek i sar., 1995). *Allium* test predstavlja praktičan sistem za analizu anatomskih (rast korijena, deformacija, uvijanje) i mikroskopskih parametara (hromosomske abnormalnosti, izmjenjen mitotski indeks i formacije mikronukleusa). Pogodan je biološki indikatorski sistem za utvrđivanje toksičnog i genotoksičnog efekta određenih agenasa, pri čemu se za test citotoksičnosti prati rast korijena u dužinu, a za test genotoksičnosti se registruju vrijednosti mitotičkog indeksa i sve promjene vezane za hromosome u smislu kinetike, separacije, strukture i organizacije hromosoma, te promjene diobenog vretena tokom mitotičke diobe (Tedesco, Laughinghouse, 2012).

Budući da otpadne vode mogu sadržavati neke agense koji između ostalog imaju mutageno, genotoksično i citotoksično djelovanje na jedinke koje u njoj žive, sakupljanje, obrada i pravilna dispozicija takvih voda je od prioritetnog značaja za unaprjeđenje razvoja i kvalitete življenja. Postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u pravilu su locirana na kraju kanalizacijskog sistema, neposredno prije ispuštanja otpadnih voda u prijemnik, i predstavljaju osnovni element u zaštiti voda od zagađenja. Cilj ovog istraživanja bio je analizom mitotičkog indeksa meristemskih ćelija *Allium cepa* i učestalosti različitih tipova hromosomskih abnormalnosti odrediti citotoksični i genotoksični efekat ispitivanih uzoraka vode uzetih prije, u toku i nakon biološke obrade otpadne vode aktivnim muljem u smislu procjene efekta biološke obrade otpadnih voda.

### Materijal i metode rada

Uzorci vode su uzeti iz različitih faza biološke obrade: otpadna voda pri ulasku na prečistač (u daljnjem tekstu lokalitet 1), voda iz bioaeracijskog bazena sa aktivnim muljem (u daljnjem tekstu lokalitet 2), voda na izlazu iz prečistača (u daljnjem tekstu lokalitet 3), đubrivo kao jedan od nusprodukata prečišćavanja vode (u daljnjem tekstu lokalitet 4), te iz rijeke Bosne na području Odžaka koja predstavlja recipijent biološki obrađene vode (u daljnjem tekstu lokalitet 5), i iz rijeke Save (u daljnjem tekstu lokalitet 6). Lukovice *Allium cepa* L., su prvobitno postavljene u epruvete sa česmenskom vodom na naklijavanje na sobnoj temperaturi tokom 48 sati ili više, nakon čega je česmenska voda zamijenjena sa vodom odgovarajućeg uzorka i lukovice su ostavljene da klijaju još 72 sata. Za svaki lokalitet je korišteno po 6 lukovica *Allium cepa* L., te još po jedna lukovica za pozitivnu i negativnu kontrolu. Česmenska voda je korištena kao negativna kontrola, dok je pozitivna kontrola sadržavala 8 mM etilen di aminotetra sirćetnu kiselinu (EDTA).

Za svaku grupu uzoraka je pregledano najmanje 2000 ćelija kroz 2 tretmana pripreme mikroskopskih preparata, među kojima je utvrđen mitotički indeks i frekvencija uočenih hromosomskih aberacija. Vrijednost mitotičkog indeksa računata je

kao proporcija sume svih ćelija u ćelijskoj diobi i ukupnog broja posmatranih ćelija pomnoženo sa 100 (Prabhakar i Sakya, 2008.):

$$M(\%) = \frac{\sum(P + M + A + T)}{\sum(P + M + A + T + I)} \times 100$$

P- profaza, M- metafaza, A- anafaza, T- telofaza, I- interfaza.

Analizom preparata bilježen je broj i prisustvo promjena u obliku i položaju hromozoma: anafazni i telofazni mostići, hromozomski lomovi i zaostajanje hromozoma. Testiranje statistički signifikantnih razlika između aritmetičkih sredina mitotskih indeksa uzoraka uzetih sa različitih lokaliteta izvršeno je analizom varijance (ANOVA) i T-testom.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Rezultati analize citogenotoksičnog efekta prikazani su u Tabeli 1. Najveći prosječan porast korjenčića evidentiran je kod lukovica iz uzorka sa lokaliteta 6 (13,8), a najmanji kod lukovica uzgajanih nad uzorkom vode sa lokaliteta 2 (4,1). Najmanja vrijednost mitotičkog indeksa zabilježena je na lokalitetu 1, odnosno na ulazu otpadne vode (1,9), a najveća na lokalitetu 4 (16,85), odnosno đubrivu koje predstavlja nus-produkt prečišćavanja. Frekvencija hromosomskih aberacija također se smanjuje sa većim stupnjem prečišćavanja otpadne vode. Od ukupno 2000 analiziranih meristemskih ćelija korijena lukovica *Allium cepa L.* po uzorku sa određenog lokaliteta, najmanji procenat hromosomskih abnormalnosti uočen je u uzorku vode sa lokaliteta 5 i to 1,9%, a najviši u uzorku vode uzetog sa lokaliteta 1, gdje je uočeno 6,35% aberacija. U uzorku vode sa lokaliteta 6, iz rijeke Save odnosno nakon procesa prečišćavanja, također se uočava veći procenat hromosomskih aberacija (4,4%) u odnosu na lokalitete 2, 3, 4 i 5. Na osnovu rezultata o prosječnoj dužini korjenčića lukovica *Allium cepa L.*, vrijednosti mitotskog indeksa, te procentu hromosomskih aberacija, možemo uočiti negativan efekat vode uzete sa lokaliteta 1, tj. prije biološke obrade otpadne vode na korjenčiće, budući da tu uočavamo najveći broj hromosomskih aberacija, kao i najmanju vrijednost mitotskog indeksa.

Analiza varijance (ANOVA) mitotičkih indeksa uzoraka lokaliteta 1 ( $F = 244,35 > 18,51$ ) i lokaliteta 6 ( $F = 39,63 > 18,51$ ) u odnosu na kontrolnu grupu ćelija također pokazuje statistički značajnu razliku na nivou značajnosti 0,05.

U dostupnoj literaturi nismo pronašli podatke o izvođenju sličnih analiza vode sa postrojenja koja podrazumijevaju biološki tretman otpadnih voda. Stoga smo rezultate mitotičkog indeksa komparirali sa vrijednostima utvrđenim u nekim prirodnim vodenim sistemima.

Tabela 1. Srednja vrijednost dužine korjenčića, mitotički indeks i učestalost hromosomskih aberacija prema uzorku  
 Table 1. The mean value of length roots, mitotic index and frequency of chromosomal aberrations according to the sample

Uzorak Sample	Srednja vrijednost dužine korjenčića (mm) <i>The mean value of length roots (mm)</i>	Mitotički indeks MI (%) <i>Mitotic index (%)</i>	Učestalost hromosomskih aberacija (%) <i>Frequency of chromosomal aberrations (%)</i>
L1.	5,50	1,90	6,35
L2.	4,10	13,80	3,85
L3.	5,90	12,40	3,00
L4.	5,40	16,85	2,30
L5.	11,60	14,85	1,90
L6.	13,80	8,90	4,40
Negativna kontrola <i>Negative control</i>	17,0	15,45	0,60

Tabela 2. Vrijednosti "p" dobijene kompariranjem aritmetičkih sredina mitotičkih indeksa pojedinih uzoraka primjenom T-testa  
 Table 2. The values of "p" obtained by comparing of the arithmetic means of mitotic indexes of individual samples using the T-test

Komparirani uzorci <i>Comparative samples</i>	L1-L2	L1-L3	L1- L4	L1-L5	L1-L6	L2-L5	L2-L6
p vrijednost T testa ( $p < 0,05$ ) <i>p value of T test (<math>p &lt; 0,05</math>)</i>	0,005	0,02	0,04	0,007	0,03	0,03	0,03

U istraživanju citogenotoksičnosti u uzorcima riječne vode kontaminirane teškim metalima tokom 2001., 2003. i 2005. godine (Ivanova i sar., 2008) vrijednosti mitotičkog indeksa su bile proporcionalne sadržaju teških metala i cijanida, i kretale su se između 3,5 % u 2001. godini do maksimalne vrijednosti 8,71 % u 2005. godini. Maksimalna vrijednost mitotičkog indeksa 8,71% prema navedenom istraživanju najbliža je vrijednosti utvrđenoj na našem lokalitetu 6, u rijeci Savi 8,9 % , dok je prema našim rezultatima u uzorcima uzetim iz različitih faza prečišćavanja ta vrijednost veća i kreće se do 16,85 %.

Mitotički indeks utvrđen analizom vode iz jezera Sniježnica, 10,73%, (Hercegovac i sar., 2016), znatno je veći u odnosu na mitotički indeks utvrđen u uzorcima neprečišćene kanalizacijske vode sa našeg lokaliteta 1, (1,9%), ali je manji u odnosu na lokalitet 3, tj. u uzorcima uzetim nakon biološke obrade otpadne vode (12,4 %).

### Zaključak

U uzorcima vode uzetim nakon biološkog tretmana utvrđene su veće vrijednosti mitotičkog indeksa i manja frekvencija hromosomskih abnormalnosti što upućuje na zaključak da ovakav tretman vode smajuje njen genotoksični i citotoksični efekat. Broj hromosomskih abnormalnosti se u procesu prečišćavanja aktivnim muljem smanjio za 52,7%. Rezultati istraživanja ukazuju na potrebu za većim brojem ovakvih prečišćavača, čime bi se doprinijelo poboljšanju kvalitete življenja i smanjenju toksičnih agenasa u vodama koje su nezaobilazan dio svakodnevnog života živih bića.

### Literatura

- Grant W. F. (1999). Higher plant assays for the detection of chromosomal aberrations and gene mutations-a brief historical background on their use for screening and monitoring environmental chemicals. *Mutation research/fundamental and molecular mechanisms of mutagenesis*, 426: 107-112
- Gustavino B., Ceretti E., Zani C., Zerbini I., Rizzoni M., Monarca S., Ferretti D. (2012). Influence of temperature on mutagenicity in plants exposed to surface disinfected drinking water, *Journal of water resource and protection*, 638-647
- Hercegovac A, Hodžić S, Husejnagić D, Hajdarević E, Širanović S, Majstorović A (2016). Citogenotoksik and microbiological assessment of water quality of the lake Sniježnica. *Technologica Acta Journal of Science-professional from Chemistry and Technology Faculty of Technology Tuzla Vol. 9 Number 1*, page 1 – 96, Tuzla.
- Ivanova, E., Staykova T. and Velcheva I. (2008). Cytotoxicity and genotoxicity of heavy metal and cyanide-contaminated waters in some regions for production and processing of ore in Bulgaria. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 14: 262-268
- Košarčić S., Kovačević M., Milanov D., Bugarski D., Prunić B., Plavša N. (2003). Utvrđivanje genotoksičnosti voda na nekim lokalitetima za napajanje divljači u lovištima Vojvodine, *Arhiv veterinarske medicine*.
- Proton d.o.o. (2010). Projekat izvedenog stanja objekata sekundarnog tretmana postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda Odžak-10 000 ES, Gornji Kneginec, Hrvatska
- Prabhakar B., Sakya S.R. (2008). Study of mitotic activity and chromosomal behaviour in root meristem of *Allium cepa* L. treated with magnesium sulphate. *Ecological Society (ECOS)15*: 83-88. Nepal: Ecoprint.
- Tedesco S. B., Laughinghouse H. D. IV (2012). Bioindicator of genotoxicity: The *Allium cepa* test, environmental contamination, dr. Jatin Srivastava (Editor), InTech Publisher, ISBN: 978-953-51-0120-8
- Vidaković-Cifrek Ž, Krsnik-Rasol M, Regula I, Papeš D. (1995). Calcium chloride and calcium bromide in *Allium* test, Lemna test and their effect upon peroxidase in *Avena coleoptiles*. Abstract Book, 25-th Annual Meeting of the European Environmental Mutagen Society, Noordwijkerhout, Nizozemska.

## CYTOGENOTOXICITY ASSESMENT EFFECTIBILITY OF BIOLOGICAL TREATMENT WASTEWATER

*Amela Hercegovac<sup>1</sup>, Melina Zolotić<sup>1</sup>, Snježana Hodžić<sup>1</sup>, Edina Hajdarević<sup>1</sup>,  
Emina Hadžić<sup>1</sup>, Rifet Terzić<sup>1</sup>*

### Abstract

The aim of the research was to analyze the cytogenotoxic effects of water samples taken from the biological wastewater treatment. Samples were taken from different stages of of wastewater treatment from the town of Odžak, and from the river Bosna and Sava. As a bioindicator, *Allium cepa* were used. The lowest value of the mitotic index was recorded at the entry into the purification system (1.9), and the largest on the fertilizer that represents the purification product (16.85). The number of chromosomal aberrations in the purification process decreased by 52.7%. The results indicate that biological wastewater treatment reduces its genotoxic and cytotoxic effects.

**Key words:** cytotoxicity, genotoxicity, water, *Allium*, test

---

<sup>1</sup>University of Tuzla, Faculty of Natural science and Mathematics, Univerzitetska 4, Tuzla, BiH (amela.hercegovac@untz.ba)

## ZDRAVSTVENA ISPRAVNOST VODE SA JAVNIH ČESMI NA PODRUČJU TUZLANSKOG KANTONA

*Azra Čičkušić<sup>1</sup>, Anesa Jerković-Mujkić<sup>2</sup>, Snježana Hodžić<sup>3</sup>, Darja Husejnagić<sup>4</sup>,  
Amela Hercegovac<sup>5</sup>*

**Izvod:** U Tuzlanskom kantonu ne postoji tačno definiran broj i lokacija svih javnih česmi i izvorišta sa detaljnim opisima njihovih karakteristika, sanitarnog uređenja, utvrđivanjem vlasništva, eventualnih kontrola koje se vrše, te procenom broja stanovnika koji vode pomenutih izvora koriste za piće. Zbog toga je cilj ovog istraživanja ispitati mikrobiološki kvalitet vode sa javnih česmi na području Tuzlanskog kantona u period od juna do oktobra 2015. godine od januara do aprila 2016. godine te uporediti dobivene rezultate. Ovo istraživanje je obuhvatilo 40 javnih česmi sa 13 opština Tuzlanskog kantona i to: 8 javnih česmi sa područja opštine Živinice, 5 sa opštine Banovići, 6 sa opštine Lukavac, 7 sa opštine Tuzla, 3 sa opštine Kalesija, po 2 javne česme sa područja opština Kladanj, Gračanica i Srebrenik te po 1 javna česma sa područja opština Sapna, Teočak, Čelić, Gradačac i Doboј Istok. Analizom 40 javnih česmi na području Tuzlanskog kantona smo utvrdili da 67,5 % uzoraka u letnjem i 75% uzoraka u zimskom periodu su bakteriološki neispravni. Prikazani rezultati upozoravaju da vode sa većine javnih česmi ne zadovoljavaju propisane standarde, a needuciranost stanovništva o rizicima korištenja nesigurnih izvora vode za piće dovodi do toga da jako veliki broj koristi upravo te vode kao jedine izvore pitke vode.

**Ključne reči:** javne česme, voda za piće, bakteriološka analiza, Tuzlanski kanton

### Uvod

Kvaliteta vode ima veliki utecaj na javno zdravlje; osobito mikrobiološka kakvoća vode je važna u prevenciji lošeg zdravlja (WHO, 2011). Mikrobiološka kakvoća vode često se menja brzo i u širokom rasponu. Kratkoročno povećanje koncentracije patogena može značajno povećati rizik od bolesti. U međuvremenu dok se otkrije mikrobiološka kontaminacija vode mnogi ljudi su već bili izloženi takvoj vodi. Neuspeh da se osigura pitka voda može izložiti zajednicu opasnosti od izbijanja crevnih i drugi zaraznih bolesti. Upravo zbog toga je Svetska zdravstvena organizacija donela strategije o očuvanju zdravlja i kvaliteta vode ( Water Quality and Health Strategy 2013-2020). Sigurna pitka voda, kao što je definirano u Smernicama (*Uputa (smernica) za utvrđivanje kakvoće vode za piće SZO*), tokom potrošnje ne predstavlja značajan rizik za zdravlje ljudi različitih dobnih skupina, sa/bez komorbiditetom (WHO, 2011).

---

<sup>1</sup>(azra017@gmail.com)

<sup>2</sup>Univerzitet u Sarajevu, PMF, Zmaja od Mosne 33-35, Sarajevo, BiH (anesajm@gmail.com)

<sup>3</sup>Univerzitet u Tuzli, PMF, Univerzitetska 4, Tuzla, BiH (snjezana.hodzic@untz.ba)

<sup>4</sup>Univerzitet u Tuzli, PMF, Univerzitetska 4, Tuzla, BiH (darja.kubicek@untz.ba)

<sup>5</sup>Univerzitet u Tuzli, PMF, Univerzitetska 4, Tuzla, BiH (amela.hercegovac@untz.ba)

Područje Tuzlanskog kantona obiluje izvorima prirodne vode koja se često koristi za svakodnevne potrebe ovdašnjih meštana. Međutim zbog različitih faktora dolazi do povremenih ili stalnih zagađenja tih izvora te voda postaje mikrobiološki neprihvatljiva za korištenje. Te zbog toga je cilj ovog rada ispitati mikrobiološku ispravnost vode sa javnih česmi na ovom području.

### Materijal i metode rada

U ovom istraživanju ispitana je mikrobiološka kvaliteta vode sa javnih česmi na području Tuzlanskog kantona koja je provedena u period od juna 2015. godine do aprila 2016. godine. Istraživanje je obuhvatilo vodu s 40 javnih česmi iz 13 opština Tuzlanskog kantona i to: 8 javnih česmi sa područja opštine Živinice, 5 sa opštine Banovići, 6 sa opštine Lukavac, 7 sa opštine Tuzla, 3 sa opštine Kalesija, po 2 javne česme sa područja opština Kladanj, Gračanica i Srebrenik te po 1 javna česma sa područja opština Sapna, Teočak, Čelić, Gradačac i Doboj Istok.

U ovom istraživanju su korišteni materijal i oprema u skladu sa propisima Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće („Službeni glasnik BiH“ br.40/10). Vode za bakteriološku analizu uzorkovana je u čiste staklene boce sa standardnim čepovima, prethodno sterilisane u autoklavu na 121°C u trajanju od 15 minuta. Uzorak smo do analize, najviše 24 sata, pohranjivali na +4°C.

U svakoj bakteriološkoj analizi praćeni su sljedeći pokazatelji higijenske ispravnosti vode:

-Brojanje kultiviranih mikroorganizama- Broj kolonija na 37°C BAS EN ISO 6222:1999

-Brojanje kultiviranih mikroorganizama- Broj kolonija na 22°C BAS EN ISO 6222:1999

-Određivanje broja koliformnih bakterija BAS EN ISO 9308-1

-Određivanje broja koliformnih bakterija fekalnog porijekla BAS EN ISO 9308-1

-Određivanje bakterija *Escherichia coli* BAS EN ISO 9308-1

-Određivanje broja sulfitoredujućih klostridija BAS EN ISO 16266

-Određivanje bakterija *Pseudomonas aeruginosa* BAS EN ISO 7899-2

-Određivanje broja fekalnih streptokoka BAS EN ISO 2646-2

Prema pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće u vodi za piće ne smiju biti prisutne enterokoke, *Pseudomona aeruginosa*, *Escherichia coli*, sulfitoredujuće klostridije i broj kolonija na 22°C ne sme biti veći od 100 kolonija u 1 ml uzorka te broj kolonija na 37°C ne sme biti veći od 20 kolonija u 1ml uzorka.

Bakteriološka analiza vode vršena je metodom membranske filtracije.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Procena mikrobiološke kvalitete vode provedena je na uzorcima vode sa 40 javnih česmi iz 13 opština Tuzlanskog kantona. U tabeli 1. prezentirani su rezultati bakterioloških istraživanja vode uzorkovane u periodu od juna do oktobra 2015. godine dok su u tabeli 2. prezentirani rezultati bakterioloških istraživanja vode uzorkovane u period od januara do aprila 2016. godine.

Tabela 1. Rezultati mikrobioloških ispitivanja u period od juna do oktobra 2015  
 Table 1. Results of microbiological examinations from June to October 2015

Merno mesto Sampling place	Parametri ispitivanja							
	Ukupan broj kolonija Total count		enterokoki enterococci	E. coli	P. aeruginosa	Clostridiae spp.	U.K. 37°C Total coliforms	T.K.44°C Thermotolerant coliforms
	22°C	37°C						
Grabovača	4	1	1	0	0	0	0	0
Vodnica	13	0	0	3	0	0	3	0
Djedovača	119	21	21	15	8	0	32	0
Huskići	23	0	0	5	0	0	3	2
Bujakovac	8	6	6	23	0	0	23	0
Majdan	11	3	3	0	0	0	0	0
Petrak	13	16	16	8	0	0	4	4
Barutni	21	3	3	1	0	0	7	0
Huskići	1	1	1	5	0	0	2	5
Živac	20	1	1	2	0	0	2	0
Bistarac	14	7	7	5	4	0	19	11
Par Selo	35	2	2	0	0	0	0	0
Miladije	35	1	1	13	0	0	13	0
Šići	5	7	7	20	0	0	34	3
Malkička	3	0	0	26	0	0	2	56
Mramor	128	56	56	10	4	0	15	10
Dobrinja	74	18	18	41	10	0	50	21
Slavinovići	31	20	20	56	0	0	133	10
Cerić	12	0	0	0	0	0	0	0
Tursun	41	0	0	0	0	0	0	0
Avdičkuša	34	12	12	24	0	0	13	13
Vida II	131	23	23	0	4	0	3	0
Bukovik	79	14	14	26	0	0	26	6
Ajšina voda	0	0	0	0	0	0	0	0
Hajr voda	24	15	15	0	0	0	0	0
S.Č. Zukići	91	64	64	49	0	0	131	18
Zukići	15	14	14	2	0	0	1	1
Marinuša	13	0	0	0	0	0	0	0
Snježnica	21	0	0	0	0	0	0	0
Kapavac	2	0	0	0	0	0	0	0
Kadrići	31	51	51	8	0	0	8	3
Kotornica	12	17	17	10	0	0	6	4
Suljić	16	22	22	33	0	0	13	190
Stupari	1	1	1	0	0	0	0	0
Habibović	19	26	26	6	0	0	12	13
Mezarje B.	5	0	0	0	0	0	0	0
Tito i Alija	13	0	0	9	0	0	9	4
Karavdić	18	0	0	0	0	0	0	0
Bijelkina v.	59	74	74	33	10	0	150	11
Breštica	29	12	12	21	1	0	6	16



Tabela 2. Rezultati mikrobioloških ispitivanja u period od januara do aprila 2016  
 Table 2. Results of microbiological examinations from January to April 2016

Merno mesto Sampling place	Parametri ispitivanja							
	Ukupan broj kolonija Total count		enterokoki enterococci	E. coli	P. aeruginosa	Clostridiae spp.	U.K. 37°C Total coliforms	T.K.44°C Thermotolerant coliforms
	22°C	37°C						
Grabovača	77	1	0	10	6	0	13	0
Vodnica	18	1	0	23	0	0	24	0
Djedovača	15	8	0	21	6	0	21	0
Huskići	105	1	0	7	0	0	7	0
Bujakovac	14	12	0	14	3	0	8	7
Majdan	0	0	0	0	0	0	0	0
Petrak	0	0	0	0	0	0	0	0
Barutni	4	2	0	1	0	0	1	1
Huskići	25	0	0	7	0	0	7	0
Živac	20	19	0	5	0	0	14	1
Bistarac	25	21	0	0	3	0	11	0
Par Selo	13	1	0	2	0	0	9	0
Miladije	0	0	0	10	0	0	10	0
Šići	0	1	0	0	0	0	0	0
Malkička	19	1	0	21	0	0	39	0
Mramor	22	1	0	23	0	0	5	19
Dobrinja	51	29	0	50	0	0	77	42
Slavinovići	131	26	3	39	0	0	139	16
Cerić	5	34	0	0	1	0	0	0
Tursun	1	0	0	14	4	0	14	0
Avdićkuša	169	26	45	45	2	0	33	12
Vida II	124	21	0	5	4	0	5	0
Bukovik	117	48	10	6	10	0	25	0
Ajšina voda	6	0	0	0	0	0	0	0
Hajr voda	81	13	0	0	0	0	0	0
S.Č. Zukići	10	1	0	19	2	0	12	9
Zukići	7	2	0	0	0	0	0	0
Marinuša	15	2	0	0	0	0	0	0
Snježnica	11	0	0	0	0	0	0	0
Kapavac	28	0	0	0	0	0	0	0
Kadrići	31	27	0	58	0	0	64	38
Kotornica	16	1	0	20	0	0	27	0
Suljić	12	6	0	22	0	0	22	0
Stupari	1	0	0	1	0	0	4	1
Habibović	41	20	10	17	1	0	12	5
Mezarje B.	0	0	0	0	0	0	0	0
Tito i Alija	3	1	0	0	3	0	0	0
Karavdić	31	2	0	13	0	0	8	5
Bijelkina v.	146	25	51	5	0	0	1	4
Breštica	12	6	1	5	7	0	5	0

Trinaest (13) uzoraka vode uzetih u letnjem periodu odgovaraju, a 27 uzorka ne odgovaraju propisima Pravilnika. Deset (10) uzoraka vode uzetih u zimskom periodu odgovaraju, dok 30 uzoraka ne odgovaraju propisima Pravilnika.

Voda sa 6 javnih česama (Tabela 1 i 2) je bila bakteriološki ispravna i u letnjem i u zimskom periodu. U 70% uzoraka u letnjem i 67% uzoraka u zimskom periodu je dokazano prisustvo ukupnih koliformnih bakterija. Jedan od mogućih uzroka visokog broja koliformnih bakterija je blizina česmi naselju i loših sanitarnih uslova oko samih česmi, koji su doveli do kontaminacije podzemnih voda. Povećan broj ukupnih koliforma tokom leta može se pripisati i većim temperaturama. (Palamuleni i Akoth, 2015). Enterokoke se mogu smatrati kao pouzdani pokazatelj fekalnog zagađenja (Fink i sar., 2009.). Enterokoke imaju tendenciju da traju duže u prirodi nego termotolerantni ili ukupni koliformi. Te je, dakle, moguće izolirati enterokoke iz vode koja sadrži malo ili nimalo termotolerantnih koliforma kao, na primjer, kada je izvor kontaminacija udaljen u vremenu ili prostoru, od mesta uzorkovanja (Bartram i Pedley, 1996). U našem slučaju u 25% uzoraka u letnjem i 15 % uzoraka u zimskom periodu utvrdili smo prisustvo enterokoka zajedno sa *Escherichiae coli*, što upućuje na skorašnje zagađenje izmetom (Karaklašević i sar., 1980).

U uzorcima vode sa 4 javne česme (Tabela 1) u zimskom periodu te 4 javne česme u letnjem (Tabela 2), utvrdili smo prisustvo *E. coli* bez drugih bakterija fekalnog zagađenja. Nalaz *Escherichiae coli* bez drugih bakterija indikatora fekalnog zagađenja ukazuje na vremenski neodređeno, ali sigurno zagađenje vode (Karaklašević i sar., 1980). *Pseudomonas aeruginosa* je bio prisutan u 32,5 % uzoraka u zimskom i 17,5% uzoraka u letnjem periodu.

Glavna vrednost brojanja ukupnog broja kolonija na 22 °C i 37 °C leži u upoređivanju rezultata ponovljenih analiza uzoraka iz istog izvora. Ako se broj značajno povećava od normalne vrijednosti, to onda može biti razlog za zabrinutost (Bartram i Pedley, 1996.).

Ukupan broj kolonija aerobnih bakterija inkubiranih na 37°C u zimskom periodu nađen je iznad maksimalno dopuštenih vrednosti u 10, odnosno 25% uzoraka a u letnjem periodu, a na 37°C u 9, odnosno 22,5% uzorka. Najveći problem sa vodama sa javnih česmi je, upravo mikrobiološka neispravnost. Za očuvanje higijenske ispravnosti posebno je značajan letnji period, obzirom na povoljne uslove za razmnožavanje patogena i povećanu antropogenu aktivnost i uticaj u zoni napajanja izvorišta. Ovo je također i period kada najveći broj stanovništva koristi vodu javnih česmi zbog lošeg organoleptičkog statusa vode iz vodovodnih sistema. Također je značajan uticaj povećane količine padavina (proleće, jesen) koje doprinose spiranju i pojačanoj mobilizaciji različitih kontaminanata iz atmosfere, površinskog sloja zemljišta i površinskih voda do vodonosnih slojeva.

Statistički značajne razlike mikrobiološke kakvoće uzoraka vode između zimskog i letnjeg razdoblja nismo našli. Ovo je djelomično razumljivo. Podzemne vode u odnosu na površinske manje su podložne sezonskim oscilacijama i trenutnim oscilacijama kvalitete koje su rezultat meteoroloških, antropogenih faktora i drugih promjena okoliša (Brenčić, 2001).

### Zaključak

Analizom 40 javnih česmi na području Tuzlanskog kantona smo utvrdili da 67,5 % uzoraka u ljetnom i 75% uzoraka u zimskom periodu bakteriološki neispravni. Prikazani rezultati upozoravaju da vode sa većine javnih česmi ne zadovoljavaju propisane standarde, a needuciranost stanovništva o rizicima korištenja nesigurnih izvora vode za piće dovodi do toga da jako veliki broj koristi upravo te vode kao jedine izvore pitke vode. Budućnost voda ovog kraja uveliko zavisi o brizi lokalnog stanovništva te izgradnji kvalitetnog kanalizacijskog sistema, čime bi se spriječilo infiltriranje zagađene vode u podzemlje. Učestalo uzorkovanje i analiza vode je neophodno za efikasno praćenje kvaliteta vode sa javnih česmi, jer rano otkrivanje mogućih kontaminacija može dovesti do brže implementacije korektivnih mjera; neposredna prevencija izbijanja „waterborne“ bolesti.

### Literatura

- Fink R., Oder M. i Godič T.K. (2009). Mikrobiološka kakovost vode iz individualnih zajetij in vodnjakov. Univerzitet u Ljubljani, Zdravstveni fakultet. 135-143  
Dostupno: <http://www2.zf.uni-lj.si/ri/publikacije/dan2009/13.pdf>
- Bartram J. i Pedley S. (1996). Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. Chapter 10 - MICROBIOLOGICAL ANALYSES. Published on behalf of United Nations Environment Programme and the World Health Organization.
- Službeni Glasnik BiH (2010). Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće  
Dostupno na: <http://www.slist.ba/glasnik/2010/broj40/broj40.htm>
- Palamuleni L., Akoth M. (2015). Physico-Chemical and Microbial Analysis of Selected Borehole Water in Mahikeng, South Africa. International Journal of Environmental Research and Public Health. 12(8), 8619-8630 Dostupno: <http://www.mdpi.com/journal/ijerph>
- World Health Organization (2011). Guidelines for drinking-water quality - 4th ed. 541, 1-5. Dostupno: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2011/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/)
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (2013). Water Quality and Health Strategy 2013-2020. 15, 6-9 Dostupno: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/)
- Karakašević B. i sar. (1980): Mikrobiologija i parazitologija: Priručnik za medicinare. Medicinska knjiga Beograd-Zagreb. 1391.
- Brenčić M. (2001). *Ranljivost in ogroženost podzemnih virov pitne vode – odprta vprašanja in problemi*. V: Zbornik seminarja: Zdravstvena ustreznost pitne vode invarnost oskrbe. Otočec ob Krki, 3. april, 2001: 12 – 17.

## HEALTHY TRANSPARENCY OF PUBLIC WATERS IN THE TUZLA CANTON

*Azra Čičkušić<sup>1</sup>, Anesa Jerković-Mujkić<sup>2</sup>, Snježana Hodžić<sup>3</sup>, Darja Husejnagić<sup>4</sup>, Amela Hercegovac<sup>5</sup>*

### Abstract

In the Tuzla Canton there is no precisely defined number and location of all public fountains and sources with detailed descriptions of their characteristics, sanitary arrangements, determining ownership, possible controls carried out, and estimating the number of inhabitants who use these sources for drinking. Therefore, the aim of this research is to examine the microbiological quality of water from public fountains in the Tuzla Canton area from June to October 2015 and from January to April 2016 and to compare the results obtained. The research included 40 public fountains from 13 municipalities of Tuzla: 8 public fountains from the municipality Živinice, 5 from Banovići, 6 from Lukavac, 7 from Tuzla, 3 from Kalesija, 2 from municipalities Kladanj, Gračanica and Srebrenik and the 1 public fountain from the municipalities of Sapna, Teočak, Čelić, Gradačac and Dobož Istok. The analysis of 40 public fountains in the Tuzla Canton, we found that 67.5% samples in the summer and 75% samples in the winter were bacteriological incorrect. The present results indicate that water from most public fountains do not meet the required standards, and that lack of education about the risks of unsafe sources of drinking water leads to a very large number of people who use that water as the only sources of drinking water.

**Key words:** public fountains, drinking water, bacteriological analysis, Tuzla canton

---

<sup>1</sup>(azra017@gmail.com)

<sup>2</sup>Univerzitet u Sarajevu, PMF, Zmaja od Mosne 33-35, Sarajevo, BiH (anesajm@gmail.com)

<sup>3</sup>Univerzitet u Tuzli, PMF, Univerzitetska 4, Tuzla, BiH (snjezana.hodzic@untz.ba)

<sup>4</sup>Univerzitet u Tuzli, PMF, Univerzitetska 4, Tuzla, BiH (darja.kubicek@untz.ba)

<sup>5</sup>Univerzitet u Tuzli, PMF, Univerzitetska 4, Tuzla, BiH (amela.hercegovac@untz.ba)

## ODREĐIVANJE SADRŽAJA MIKRO I MAKRO ELEMENATA U LEKOVITOJ BILJCI *Seseli pallasii* Besser

*Marija Ilić<sup>1</sup>, Violeta Mitić, Marija Marković, Slobodan Ćirić, Snežana Tošić,  
Gordana Stojanović, Vesna Stankov Jovanović*

**Izvod:** Metali, bilo da su iz prirodnih i antropogenih izvora, mogu da migriraju između različitih delova životne sredine i akumuliraju se u floru i faunu, i na taj način konačno mogu dospeti do ljudi putem lanca ishrane. Mogućnost kontaminacije biljaka metalima ograničava njihovu upotrebu kako u farmaceutskoj tako i u prehrambenoj industriji, jer povećana koncentracija nekih metala može imati negativan uticaj na zdravlje ljudi i životinja. Lekovita biljna vrsta *Seseli pallasii* Besser koristi se u tradicionalnoj medicini, ali i kao začim u ishrani, pa je procena prisustva metala od suštinske važnosti kako bi se osigurala njena bezbedna primena. Za procenu sadržaja mikro (Al, B, Ba, Co, Cu, Fe, Mn, V, Zn) i makroelemenata (Ca, K, Mg i Na) u delovima biljke *S. pallasii* Besser (koren, list, cvet i plod) iz jugoistočne Srbije korišćena je metoda indukovano spregnute plazme sa optičkom emisijom spektrometrijom (ISP-OES). Sadržaj mikro i makroelemenata u proučavanoj lekovitoj biljnoj vrsti je ispod preporučenih granica, što potvrđuje da se *S. pallasii* Besser može sigurno koristiti u tradicionalnoj medicini i ishrani.

**Ključne reči:** *Seseli pallasii* Besser, mikroelementi, makroelementi, ICP

### Uvod

Makroelementi (Ca, K, Mg i Na) su strukturne komponente tkiva; oni imaju određene funkcije u ćelijama i bazalnom metabolizmu, kao i u ravnoteži vode i kiselinsko-baznoj ravnoteži (Imelouane i sar., 2011). Mikroelementi, za razliku od makroelemenata, deluju katalitički, u jako malim koncentracijama i strogo su specifični (Tuzen 2003; Mihaljev i sar., 2015). Ovakva podela ne odražava njihov značaj u metabolizmu biljke, jer je važnost ovih elemenata za metabolizam biljke jednaka, samo je njihova uloga različita.

Mikroelementi su neophodni u ljudskoj ishrani u znatno manjim količinama (manje od 100 mg dnevno), i čine manje od 0,01% telesne mase. Mikroelementi su Zn, Fe, Si, Mn, Cu, Cr, fluoridi i jodidi.

Lekovite biljke se od davnina koriste u tradicionalnoj medicini u vidu čajeva i tinktura, jer sadrže mnoga jedinjenja koja mogu doprineti očuvanju dobrog zdravlja kao i za lečenje nekih bolesti. Ukoliko se lekovite biljke primenjuju u farkamoloske i veterinarske svrhe, i/ili u ishrani ljudi i životinja, povećani sadržaj pojedinih elemenata u biljkama može smanjiti njihovu terapeutsku aktivnost, ili čak mogu biti toksične za zdravlje ljudi, te je stoga njihova upotreba ograničena.

Na osnovu svega navedenog, cilj ovog istraživanja je određivanje sadržaja mikro i makroelemenata (Al, B, Ba, Co, Cu, Fe, Mn, V, Zn, Ca, K, Mg i Na) u biljnoj vrsti *S.*

---

<sup>1</sup>Departman za hemiju, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Nišu, Višegradska 33, Niš, (marija.fertico@gmail.com).

*pallasii* Besser, koja se tradicionalno koristi u alternativnoj medicini, ali i kao dodatak ishrani.

*Seseli pallasii* Besser (sin. *Seseli varium* Trev.) (Slika 1) je dvogodišnja zeljasta biljka iz porodice Apiaceae. Biljku odlikuje vretenasto razgranat rizom sa končastim ostacima ranijih listova. Stabljika uspravna, visine 30-120 cm, već od osnove razgranata, u gornjem delu bez listova. Listovi više šputa perasto deljeni, režnjevi, linearni, šiljati. Štitovi relativno veliki sa 15 – 25 golih, nejednakih zrakova. Krunični listići mali, okruglasti, beli.

Uspeva na suvim, kamenitim pašnjacima i livadama, peskovitim nanosima, u šikarama, pored puteva, na nasipima. Uglavnom se javlja u delovima istočne i jugoistočne Srbije, dok je u ostalim delovima zemlje manje zastupljena. Najčešći narodni naziv je devesilje i neretko se koristi u narodnoj medicini.



Slika 1. *Seseli pallasii* Besser

## Materijal i metode rada

### Biljni materijal

Biljni materijal *Seseli pallasii* Besser sakupljen u avgustu 2013. na području sela Kravlje, Srbija. Vaučer primerak je deponovan u Herbarijumu Departmana za biologiju i ekologiju, Prirodno-matematičkog fakulteta, Univerziteta u Nišu (Herbarium Moesiacum), pod brojem 7211.

Pre analize, koren i nadzemni delovi biljke su odvojeni, osušeni na vazduhu, isečeni na sitne komade i čuvani na  $-18^{\circ}\text{C}$ .

### Priprema biljnog materijala za analizu

Svi delovi biljke, koren, listov, cvet i plod su usitnjeni. Sadržaj elemenata u biljnom materijalu određen je nakon tretmana kiselinama. Prvo je dodato 10 ml koncentrovane  $\text{HNO}_3$  i vršeno uparavanje do male zapremine (sve dok nisu uklonjene crvene pare koje potiču od  $\text{NO}_2$ ); zatim je dodato 4 ml 70%  $\text{HClO}_4$  i nastavljeno uparavanje do male

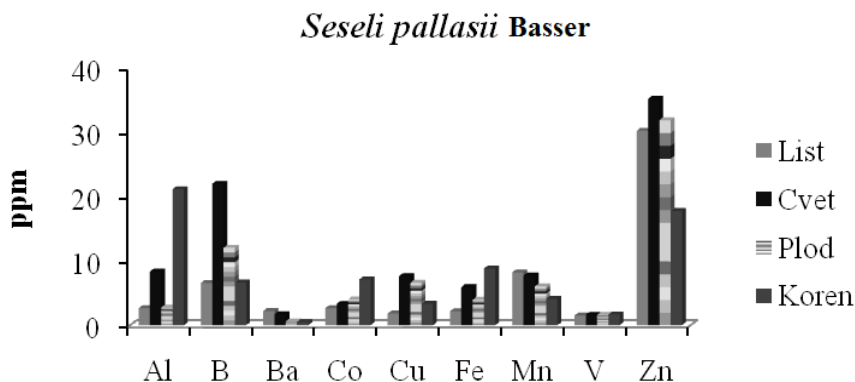
zapremine. Konačno, rastvori su preneti u normalne sudove i razblaženi dejonizovanom vodom do zapremine od 25 ml (Tuzen 2003; Hoenig 2001).

### Rezultati istraživanja i diskusija

#### Mineralni sastav *S. pallasii* Besser

##### Mikroelementi

Na Slici 2 prikazan je sadržaj Al, B, Ba, Co, Cu, Fe, Mn, V i Zn (ppm) u listu, cvetu, plodu i korenu biljne vrste *Seseli pallasii* Besser.



Slika. 2. Sadržaj mikroelemenata u biljnoj vrsti *Seseli pallasii* Besser (list, cvet, plod i koren).

Graph. 2. The content of microelements in *Seseli pallasii* Besser (leaf, flower, fruit and root).

Najveći sadržaj aluminijuma, određen je u korenu (21,18 ppm), dok se u nadzemnim delovima nalazi u znatno manjoj koncentraciji (2,64-8,36 ppm). Najveća koncentracija bora (22,02 ppm u cvetu i 12,06 ppm u plodu) je određena u reproduktivnim delovima biljne vrste *S. pallasii* Besser. Koncentracija barijuma u *S. pallasii* Besser kreće se od 0,47 ppm u korenu, do 2,21 ppm u listu. Kobalt, bakar i gvožđe su važni biogeni elementi odgovorni za rast i razvoj biljke. Najveća količina kobalta i gvožđa (7,14 i 8,83 ppm) određena u je korenu *S. pallasii* Besser, a najniža u listu (2,65 i 2,17 ppm). Najveća količina bakra određena je u reproduktivnim delovima biljke *S. pallasii* Besser, dok je u korenu i listu određena znatno manja količina. Mangan je u najvećoj koncentraciji zastupljen u listu ispitivane biljne vrste (8,23 ppm) dok se u korenu nalazi u znatno manjoj koncentraciji (4,10 ppm). Sadržaj mangana u vegetativnim i reproduktivnim delovima biljke ima približne vrednosti (6,05-8,23 ppm). Vanadijum je u približno istoj koncentraciji zastupljen u svim delovima *S. pallasii* Besser (1,52-1,68 ppm). U poređenju sa ostalim posmatranim metalima u *S. pallasii* Besser cink je

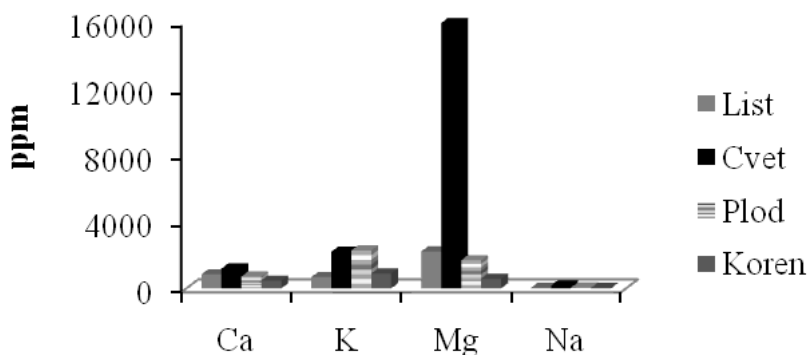
zastupljen visokoj koncentraciji. Najniža koncentracija cinka određena je u korenu (17,80 ppm), dok je u nadzemnim delovima viša i iznosi od 30,29-35,25 ppm.

Cvet biljke *S. pallasii* Besser u poređenju sa ostalim delovima te biljke sadrži najveće koncentracije gotovo svih određivanih elemenata. Koncentracija mikroelemenata u analiziranoj biljci je u granicama normale, koji su definisani međunarodnim standardima (WHO, 1998).

### Makroelementi

Na Slici 3 prikazan je sadržaj Ca, K, Mg i Na (ppm) u listu, cvetu, plodu i korenu u biljnoj vrsti *S. pallasii* Besser.

### *Seseli pallasii* Basser



Slika 3. Sadržaj makroelemenata u biljnoj vrsti *S. pallasii* Besser (list, cvet, plod i koren).

Graph. 3. The content of macro elements in *S. pallasii* Besser (leaf, flower, fruit and roots).

Najveća koncentracija kalijuma određena je u plodu *S. pallasii* Besser (2279 ppm), dok je najmanja u listu *S. pallasii* Besser (678 ppm). U listu *S. pallasii* Besser određena je najveća koncentracija natrijuma (172 ppm), dok je u korenu određen znatno niži sadržaj ovog elementa (32 ppm). Najmanja količina Ca i Mg je određena u korenu (460 i 573 ppm, redom), dok je najveća u cvetu (1190 i 15976 ppm). Bez obzira na nešto veći sadržaj magnezijuma u cvetu *S. pallasii* Besser, koncentracija magnezijuma ne prelazi normalne koncentracije propisane međunarodnim standardima (WHO, 1998).

Dudić i sar., (2007) određivali su sadržaj Mg, Ca, Fe, Cr i Ni u korenu, stablu i listu *S. rigidum* Waldst. et Kit. sa različitih lokaliteta, sa serpentnina (silikat) Vranjak-Zaovina, sa područja planine Tare i sa krečnjačkih podloga sa lokaliteta Jelen Do u Ovčarsko-Kablarskoj klisuri u zapadnoj Srbiji. Ukupan sadržaj Mg je bio 14150 i 11280 ppm (silikat i krečnjak), dok je koncentracija Ca bila 13500 i 21110 ppm (silikati i krečnjak). Ovako velika količina Ca i Mg objašnjena je činjenicom da je biljka *S.*



*rigidum* Waldst. et Kit. tolerantna na visoke koncentracije ovih metala u podlozi, odnosno da apsorbuje kalcijum koje je neophodan za rast i razvoj same biljke.

Ovo istraživanje potvrđuje činjenicu da mineralni sastav biljaka zavisi od morfološke građe lista i korena, ali u mnogome i od same strukture i sastava podloge, pa su rezultati ovog istraživanja neuporedivi sa biljnom vrstom iz istog roda, *Seseli rigidum* Waldst. et Kit. koja raste u zapadnoj Srbiji, jer su biljke sakupljane sa različitih geografskih područja (Dudić i sar., 2007).

### Zaključak

Cvet biljke *S. pallasii* Besser u poređenju sa ostalim delovima sadrži najveće koncentracije gotovo svih određivanih elemenata. Dobijeni rezultati pokazuju da je sadržaj određivanih elemenata u normalnim koncentracijama i uporediv sa rezultatima iz literature.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta „Prirodni proizvodi biljaka i lišajeva: izolovanje, identifikacija, biološka aktivnost i primena”, ev. br. OI 172047, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### Literatura

- Dudić B., Rakić T., Šininžarar-Sekukulić J., Atanacković V., Stevanović B. (2007). Differences of metal concentrations and morpho-anatomical adaptations between obligate and facultative serpentinophytes from Western Serbia. *Archives of Biological Sciences*. 59(4): 341-349.
- Hoenig M. (2001). Preparation steps in environmental trace element analysis- facts and traps. *Talanta*. (54): 1021-1038.
- Imelouane B., Tahri M., Elbatrioui M., Aouinti F., Elbachiri A. (2011). Mineral contents of some medicinal and aromatic plants growing in eastern Morocco. *Journal of Materials and Environmental Science*. (2): 104-111.
- Mihaljev Z., Živkov-Baloš M., Cupic Z., Jakšić S. (2014). Levels of some microelements and essential heavy metals in herbal teas in Serbia. *Acta Poloniae Pharmaceutica*. 71(3): 385-391.
- Tuzen M. (2003). Determination of heavy metals in soil, mushroom and plant samples by atomic absorption spectrometry. *Microchemical Journal*. (74): 289-297.
- WHO Library Cataloguing in Publication Data: “Quality control methods for medicinal plant materials, World Health Organization Geneva, 1998, England.

**DETERMINATION OF MICRO AND MACRO ELEMENTS CONTENT  
IN MEDICINAL PLANT *Seseli pallasii* Besser**

*Marija Ilić<sup>1</sup>, Violeta Mitić, Marija Marković, Slobodan Ćirić, Snežana Tošić,  
Gordana Stojanović, Vesna Stankov Jovanović*

**Abstract**

Metals, whether from natural and anthropogenic sources, can migrate between different parts of the environment and accumulate in flora and fauna, and in this way can finally reach people through the food chain. The possibility of contamination of plants by metals limits their use both in the pharmaceutical and food industry, because the increased concentration of some metals can have a negative impact on the health of humans and animals. The medicinal herbaceous species *Seseli pallasii* Besser is used in traditional medicine, but also as a spice in nutrition, so the assessment of the presence of metals is essential to ensure its safe application. For the estimation of the contents of the micro (Al, B, Ba, Co, Cu, Fe, Mn, V, Zn) and macroelements (Ca, K, Mg and Na) in vegetative parts of plant species *Seseli pallasii* Besser (root, leaf, flower and fruit) from Southeast Serbia the method of induced coupled plasma with optical emission spectrometry (ISP-OES) was applied. The content of micro and macroelements in the studied medicinal plant species is below the recommended limits, which confirms that *Seseli pallasii* Besser can be safely used in traditional medicine and nutrition.

**Key words:** *Seseli pallasii* Besser, microelements, macroelements, ICP

---

<sup>1</sup>Department of Chemistry, Faculty of Science and Mathematics, University of Niš, Višegradska 33, 18 000 Nis, Serbia (marija.fertico@gmail.com).

## **STRUKTURIRANJE EKOLOŠKI PRIHVATLJIVIH ELASTOMERNIH KOMPOZITNIH MATERIJALA**

*Dejan Kojić<sup>1,2</sup>, Nevena Vukić<sup>1</sup>, Suzana Samardžija-Jovanović<sup>3</sup>, Tamara Erceg<sup>1</sup>, Mirjana Jovičić<sup>1</sup>, Vojislav Aleksić<sup>4</sup>, Ivan Ristić<sup>1</sup>, Vladan Mičić<sup>4</sup>*

**Izvod:** Kod recikliranja otpadne gume neophodno je poznavati hemijski sastav otpadnog proizvoda, ukoliko će se on koristiti u recepturama za nove hibridne elastomerne materijale. Kompozitni elastomerni materijali dobijeni od praha otpadne gume imaju veoma raznovrsnu primenu (podovi na farmama, sportski stadioni, dobijanje pneumatika, u građevinarstvu kao materijali za zaštitu od vibracija itd). Cilj ovog rada je bio da se dobiju elastomerni kompoziti na osnovu reciklirane gume. Sintetisano je nekoliko tipova elastomernih materijala na osnovu prirodnog kaučuka, stiren-butadienskog kaučuka i polibutadienskog kaučuka (NR/BR/SBR, 40/40/20 phr), čestica čađi i recikliranog gumenog praha. Ustanovljeno je da kompoziti NR/BR/SBR/REP imaju kraće optimalno vreme umrežavanja u poređenju sa uzorcima NR/BR/SBR bez REP. Porastom količine REP smanjuje se vreme optimalnog umrežavanja i prekidna črstoća, a povećava se otpornost na abraziju.

**Ključne reči:** prah otpadnog elastomera; kompozitni materijali; recikliranje; guma

### **Uvod**

Elastomerni materijali nastaju u procesu umrežavanja, tokom kojeg se prekursori mreža (najčešće makromolekuli kaučuka) spajaju vezama u prostorno umreženu 3D strukturu fleksibilnih lanaca. Sposobnost velikih povratnih deformacije je svojstvo elastomera koje omogućava njihovu upotrebu u specifičnim uslovima eksploatacije. Ponašanje elastomera koji sadrže punioce zavisi prvenstveno od specifičnih interakcija na granici punila i lanaca makromolekula. Uobičajeni sastav umrežavajućeg sistema sadrži kaučuke kao prekursore mreža, punila, ubrzivače i aktivatore, kao i aditive koji olakšavaju preradu i poboljšavaju svojstva pri starenju. Imajući u vidu širok spektar kaučuka, umrežavajućih sistema i ostalih dodataka, proces projektovanja sirovinskog sastava elastomernih materijala je složen postupak i zahteva pažljiv izbor svih navedenih komponenti (Marković i sar. 2013). Ključna komponenta elastomernih kompozita su aktivna punila, a moguć je sirovinski sastav kaučukovih smesa i sa kombinacijama različitih punila pa i upotrebom recikliranih elastomernih materijala. Na Slici 1 je data klasifikacija punila prema mogućnosti ojačanja elastomera. REP predstavlja neojačavajuće punilo visokih performansi i niske cene koštanja. Opsežna

---

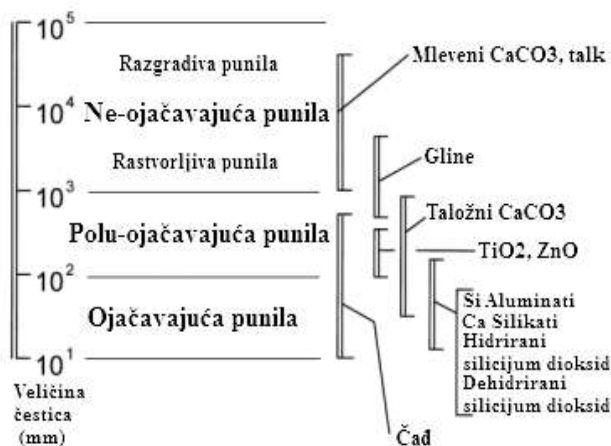
<sup>1</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, Srbija ([kojic.d@hotmail.com](mailto:kojic.d@hotmail.com));

<sup>2</sup>Univerzitet za poslovni inženjering i menadžment Banja Luka, Tehnički fakultet, Despota Stefana Lazarevića bb, 78000 Banja Luka, Bosna i Hercegovina;

<sup>3</sup>Univerzitet u Prištini, Prirodno matematički fakultet u Kosovskoj Mitrovici, Ive Iole Ribara 29, 38220 Kosovska Mitrovica, Srbija;

<sup>4</sup>Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik, 75400 Karakaj, Bosna i Hercegovina

istraživanja su vršena u cilju poboljšavanja postojećih procesa recikliranja otpadne gume na ekološki bezbedan način. U procesu kriogenog načina drobljenja, guma se najpre zamrzne tečnim azotom na temperaturu od  $-80^{\circ}\text{C}$  do  $-100^{\circ}\text{C}$ . Na ovoj temperaturi guma postaje toliko krhka da se može lako seći postrojenjem za sečenje. Još lakše se odvajaju tekstilni i metalni delovi od gumenih. Nedostatak ovog procesa predstavljaju visoki energetska zahtevi i visoki troškovi.



Slika 1. Klasifikacija punila prema njihovoj mogućnosti ojačanja elastomera  
 Figure 1. Clasification of filler according their reinforcing ability in elastomers

U procesu mehaničkog drobljenja pri normalnoj temperaturi, otpadni pneumatici se drobe na ulazu u postrojenje tako da je obezbeđena homogenost ulazne sirovine. Čelične niti se odstranjuju tako što se pneumatici seku po dužini. Pneumatici oslobođeni čeličnih niti se ubacaju u drobilicu sa ozubljenim valjcima na osovinama koje se vrte u suprotnim smerovima, gde se drobe na komadiće dimenzija  $4 \times 5 \text{ cm}$ . Za postizanje efektivnije proizvodnje, ovaj proces se ponavlja dva do tri puta. U sledećem delu linije se, u drobilici sa valjcima na osovinama koje se vrte u suprotnim smerovima sa uzdužnim ozubljenjem, krupni granulati dalje drobi na manje komadiće, pri čemu dolazi do razdvajanja metalnih od gumenih delova. Na izlazu se sa jakim magnetima izdvajaju čelični komadi. Sledeća operacija je drobljenje nastalog materijala na željenu veličinu od  $0,4$  do  $4 \text{ mm}$ . Glavni produkt mehaničke prerade je gumeni granulati raznih veličina frakcija, gumeni prah, isečena čelična žica i sečeni tekstil. Za frakcije veće površine pogodna je hemijska prerada (dobijanje regenerata). Raskidanje se definiše kao razaranje veza ugljenik-ugljenik u osnovnim lancima polimerne mreže i ima za cilj da se smanji molekulska masa i da se dostigne plastičnost. Razmrežavanje (devulkanizacija) je raskidanje veza sumpor-sumpor kao i ugljenik-sumpor da bi se razorila trodimenzionalna struktura nastala u toku umrežavanja. Na Slici 2 je dat prikaz strukturnih izmena u postupcima recikliranja elastomernih materijala umreženih sumporom (Ramarad at all, 2015).



Slika 2. Prikaz strukturalnih izmena u postupcima recikliranja elastomera umreženih sumporom.

Figure 2. Structural changes during recycling processes of elastomeris crosslinked by sulfur.

Pirolitički postupak recikliranja je postupak kojim se otpadne gume razgrađuju na čvrste, tečne i gasovite komponente. Koriste se rotacione peći za čiji je rad potreban veliki utrošak energije. Piroliza se zasniva na toplotnom razdvajanju makromolekula sa očuvanjem veza između ugljenika i vodonika. Procesi se ostvaruju na višoj temperaturi u reaktoru bez prisustva kiseonika. Pojedini sastojci odvajaju se kondenzacijom i drugim fizičko-hemijskim procesima. Još neki produkti pirolize su i dragocene sirovine kao što je pepeo, pirolizno ulje, teška ulja, ulja sa sadržajem alkana, benzena, toluena, metal i čelični opiljci. Otpad od gume predstavlja sirovinu sa visokim sadržajem ugljenika. Pri pirolizi dolazi do razlaganja gume na niže ugljovodonike sa jednostavnijim vezama i neorganske materije. Iz reaktora odlazi ugljenični gas, a ostaje višak bez sadržaja ugljenika. Hlađenjem nastalog gasa kondenzuje se tečnost "bio-ulje" koje se može koristiti kao lož ulje ili dizel gorivo, ili za proizvodnju maziva ili za dobijanje ugljeničnih vlakana (karbonskih laminata). Bio-ulje ne sadrži sumpor i pogodno je za pogon dizel motora ili za spaljivanje u naftnim gorionicima svih vrsta. Predstavlja i pogodnu sirovinu za proizvodnju plastike, maziva i ugljeničnih kompozita. Nekondenzovani gas se uglavnom potroši u sopstvenom tehnološkom postupku. Ugljenisan višak nakon separacije metala predstavlja čist porozan ugljenik, približno istih osobina kao aktivni ugalj. Usitnjeni pneumatici u kružnim rotacionim pećima prelaze u gasovito stanje pod dejstvom visoke temperature i bez prisustva vazduha. Ovako dobijen gas prelazi u sledeći deo operativnog sistema, gde se izdvajaju čvrste materije. Gas se postepeno hladi, dolazi do promene pritiska i prelazi u tečno stanje, tako da se na izlazu dobijaju sledeći produkti: gas, ulje i ugljenični prah. Kod dobijanja elastomernih kompozitnih materijala reciklirana guma se uglavnom kombinuje sa kaučucima kao devulkanizovana komponenta jer može da formira povoljnu međufazu, kao i zbog mogućnosti za ko-umrežavanje sa odabranim kaučucima. Reciklirana guma može da se koristi kao punilo za dobijanje kompozitnih materijala kao mleveni elastomerni prah (REP) ili kao parcijalno razmreženi elastomer (RTR) (Sunday at all, 2001, Marković i

sar., 2017). Cilj ovog rada je bio da se dobiju elastomerni kompoziti reciklirane gume na osnovu prirodnog kaučuka, stiren-butadienskog kaučuka i polibutadienskog kaučuka (NR/BR/SBR, 40/40/20 phr) i reciklirane gume.

### Materijali i metode rada

Cilj ovog rada je bio da se dobiju elastomerni materijali na osnovu reciklirane gume. Sintetisano je nekoliko uzoraka na osnovu prirodnog kaučuka, stiren-butadienskog kaučuka i polibutadienskog kaučuka (NR/BR/SBR, 40/40/20 phr), čađi i recikliranog gumenog praha (5; 10; 20 phr). Karakteristike sirovina za pripremu uzorka su prikazane u Tabeli 1. Karakteristike umrežavanja su određene pomoću Reometra sa oscilirajućim diskom. Vulkanizacija je ostvarena u hidrauličnoj presi na 160°C. Mehanička svojstva su određena pomoću kidalice tip Zwick 1445. Brzina istezanja je bila 50 mm/min. Ispitivana je i otpornost na abraziju prema standardizovanom postupku.

Tabela 1. Karakteristike sirovina za dobijanje elastomera  
*Table 1: The characteristics of raw for elastomer preparation*

Sirovina <i>Materials</i>	Opis <i>Description</i>	Poreklo <i>Source</i>
Prirodni kaučuk (NR) <i>Natural Rubber</i>	Standardni Malaysia kaučuk L (SMR L)	Malaysian laboratorija Sdn. Bhd.
Stiren-butadienski kaučuk (SBR) <i>Styren-butadien Rubber</i>	Sintetički kaučuk SBR1502	Kumo petrohemija
Polibutadienski kaučuk (BR) <i>Polybutadiene Rubber</i>	BR SKD N (0.91 g/cm <sup>3</sup> ), sa 94% 1,4 cis.	Njižnjekamsk (Russia)
Reciklirana guma <i>Recycled Rubber</i>	0.5-1 mm (tip GRP NRF 40R)	GRP LIM (Indija)
Čađ <i>Carbon black</i>	CB N-330 ( 28-36 nm)	Volgograd (Russia)

### Rezultati istraživanja i diskusija

Sintetisano je nekoliko tipova kompozitnih materijala na osnovu prirodnog kaučuka, polibutadienskog kaučuka i stiren-butadienskog kaučuka (NR/BR/SBR, 40/40/20 phr), čestica čađi i recikliranog gumenog praha U Tabeli 2 su prikazana eksperimentalno ustanovljena vremena optimalnog umrežavanja  $t_{c90}$ , vrednosti prekidne čvrstoće i otpornosti na abraziju dobijenih materijala. Osnovne karakteristike recikliranog elastomernog praha su mala gustina i elastičnost. Stoga njegov uticaj na umrežavanje kao i na svojstva dobijenih hibridnih materijala može da bude značajan i pored dodatih čestica čađi. Ustanovljeno da kompozitni elastomerni materijali NR/BR/SBR/REP imaju kraće optimalno vreme umrežavanja  $t_{c90}$  u poređenju sa uzorcima NR/BR/SBR bez REP. Porastom količine REP smanjuje se vreme optimalnog umrežavanja i prekidna čvrstoća a povećava se otpornost na abraziju. Ekološki uticaj elastomernih materijala koji mogu da se koriste za podove na farmama u direktnoj je vezi sa vrstom upotrebljenog kaučuka. Saznanja o poreklu sirovine, načinu njene proizvodnje, načinu transporta do odgovarajuće lokacije su relevantna kao pokazatelji koliko je neki materijal ekološki prihvatljiv. Podovi

bazirani na prirodnom kaučuku su proizvedeni od biljnog soka koji se cedi zasecanjem „gumenog stabla“. Elastomeri na osnovu NR imaju nedostatak što su termički nestabilni, zapaljivi i osetljivi na ozon. Kod njih postoji mogućnost kristalizacije u toku istezanja proizvoda. Podovi izrađeni od sintetskih kaučuka su izdržljiviji i dugotrajniji od alternativnih na bazi NR. Upotreba neobnovljivih izvora za njihovu proizvodnju u određenoj meri se kompenzuje njihovom dugotrajnošću. U nekim slučajevima taj učinak se može poboljšati recikliranjem gumenog poda na kraju upotrebno ciklusa. Svakako da je najbolje kombinovati veći broj kaučuka koji će dati optimalne karakteristike umreženom kompozitnom materijalu. Podovi na farmama bazirani na sintetskom kaučuku su najmanje ekološki prihvatljivi, zbog toga što se sintetski kaučuci dobijaju iz nafte koja spada u neobnovljive sirovine. Uprkos tome, ovaj proces proizvodnje sintetskih kaučuka je u primeni zbog dobre energetske efikasnosti.

Tabela 2. Eksperimentalni podaci za optimalno vreme umrežavanja, otpornost na abraziju i prekidne čvrstoće kompozitnih materijala na osnovu tri kaučuka (NR/BR/SBR), čađi i recikliranog elastomernog praha.

Table 2. Experimental data for optimum curing time  $t_{c90}$ , abrasion resistance and tensile strength of composite materials based on 3 rubbers (NR/BR/SBR), carbon black and recycled elastomer powder.

Uzorak Sample	REP (phr)	Čađ Carbon black (phr)	$t_{c90}$ (min)	Otpornost na abraziju Abrasion resistance ( $\text{mm}^3$ )	Prekidna čvrstoća Tensile strength (MPa)
C60	0	60	0.66	81	17.90
C55/REP5	5	55	0.70	67	15.90
C50/REP10	10	50	0.67	69	13.37
C40/REP20	20	40	0.56	79	11.80

### Zaključak

Kod optimizovanja sirovinskog sastava kompozitnih materijala koje sadrže čađ i reciklirani elastomerni prah mora da se ostvari izvodljivo umešavanje svih reaktivnih komponenti i vađenje gotovog proizvoda iz kalupa sa postojećom opremom, a ne samo željena krajnja svojstva kompozitnih materijala. Istovremeno se mora voditi računa da sve etape postupka industrijske proizvodnje budu u skladu sa energetsom efikasnošću. Ustanovljeno da kompozitni materijali NR/BR/SBR/REP imaju kraće optimalno vreme umrežavanja  $t_{c90}$  u poređenju sa uzorcima NR/BR/SBR bez REP. Porastom količine REP smanjuje se vreme optimalnog umrežavanja i prekidna čvrstoća, a povećava se otpornost na abraziju.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta III45022 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### Literatura

- Marković G., Veljković O., Marinović-Cincović M., Jovanović V., Samaržija-Jovanović S., Budinski-Simendić J. (2013). Composites based on waste rubber powder and rubber blends: BR/CSM. [Composites Part B: Engineering](#) 45(1) 178-184.
- Marković G., Marinović-Cincović M., Jovanović V., Kojić D., Vukić N., Samaržija-Jovanović S., Budinski-Simendić J. (2017). The properties of composites based on NR/CSM rubber blend and waste rubber powder. *Glasnik hemičara, tehnologa i ekologa Republike Srpske*, 13, 1-5.
- Ramarad S., Khalid M., Ratnam C., Luqman Chuah A., Rashmi W., (2015) Waste tire rubber in polymer blends: A review on the evolution, properties and future, *Progress in Materials Science*, 72, 100-140.
- Sunday D., Ogunniyi S., Mureyani M. (2001). Properties of rubber vulcanized containing powdered vulcanized waste. *Iran Polym J*, 10 (3) 143-147.

## STRUKTURING ECO-FRIENDLY ELASTOMERIC COMPOSITE MATERIALS

*Dejan Kojić<sup>1,2</sup>, Nevena Vukić<sup>1</sup>, Suzana Samardžija-Jovanović<sup>3</sup>, Tamara Erceg<sup>1</sup>, Vojislav Aleksić<sup>4</sup>, Mirjana Jovičić<sup>1</sup>, Ivan Ristić<sup>1</sup>, Vladan Mičić<sup>4</sup>*

### Abstract

For the waste rubber recycling, it is obligative to know the chemical composition of the waste products, if it is to be used in the new composite elastomeric material formulation. The composite elastomeric materials obtained from the waste rubber powder have a very diverse application (farm floors, sports stadiums, tyres production, in construction as a vibration protection material). The aim of this work was to prepare elastomeric composites based on recycled elastomer powder (REP). A few types of elastomeric materials were synthesized based on natural rubber, polybutadiene rubber, styrene-butadiene rubber, (NR/BR/SBR, 40/40/20 phr), carbon black and recycled elastomer powder were synthesized. It was assessed that composites NR/BR/SBR/REP have shorter optimum curing time  $t_{c90}$  than samples without REP. By increasing the REP content the  $t_{c90}$  value and tensile strength are decreasing, but the abrasion resistance is increasing.

**Key words:** recycled elastomer powder; composites; recycling; rubber

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, Srbija ([kojic.d@hotmail.com](mailto:kojic.d@hotmail.com));

<sup>2</sup>Univerzitet za poslovni inženjering i menadžment Banja Luka, Tehnički fakultet, Despota Stefana Lazarevića bb, 78000 Banja Luka, Bosna i Hercegovina;

<sup>3</sup>Univerzitet u Prištini, Prirodno matematički fakultet u Kosovskoj Mitrovici, Ive Iole Ribara 29, 38220 Kosovska Mitrovica, Srbija;

<sup>4</sup>Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik, 75400 Karakaj, Bosna i Hercegovina



**NOVO U FUNKCIONISANJU MIKROBNIH ZAJEDNICA ZEMLJIŠTA**

*Leka Mandić<sup>1</sup>, Aleksandar Semjonov<sup>2</sup>, Vesna Đurović<sup>1</sup>, Milica Zelenika<sup>1</sup>,  
Ivana Bošković<sup>3</sup>, Dragutin Đukić<sup>1</sup>*

**Izvod:** Ovaj rad predstavlja doprinos novom načinu sagledavanja kako unutrašnjih zakonitosti funkcionisanja zemljišta, tako i globalnih funkcija zemljišnog pokrivača koji je prisutan u različitim oblicima u bilo kojem biotopu kopna u kojem se održava fitocenoza. Osim toga, rad predstavlja doprinos sagledavanja funkcionisanja mikrobnih zajednica u zemljištu, posebno u pogledu korelacije između osnovnih faktora kao što su živa mikroba biomasa, pristupačni supstrat i disanje zemljišta, kao i pitanja mikrobne sukcesije, odnosno, naizmenične smene mikrobnih populacija u zemljištu. U radu se ukazuje i na to da su fiziološka aktivnost, ukupna brojnost mikroorganizama i sastav njihovih vrsta predmet samoregulacije, a ne mehanički odgovor na uslove sredine.

**Glavne reči:** mikroorganizmi, populacija, sukcesija, zemljište.

Nesumnjivo je da u hemijskim transformacijama u zemljištu glavnu ulogu imaju mikroorganizmi (Vinogradski, 1953; Mišustin, 1982; Zvijagincev, 1987; Đukić i sar., 2007). Da bi se shvatilo funkcionisanje zemljišta kao sistema, važno je izvršiti kako kvalitativnu ocenu zemljišne mikrobne zajednice, tj. raznolikost i sastav vrsta, tako i njenu kvantitativnu ocenu. Neophodno je poznavati količine živih mikroorganizama u različitim tipovima zemljišta i u njihovim različitim horizontima (Poljanskaja, 1996; Jemcev i Đukić, 2000; Đukić i sar., 2007). Količina zaliha mikrobne biomase u zemljištima odavno je interesovala zemljišne mikrobiologe i pedologe. Zahvaljujući primeni novijih i savremenijih metoda predstave o mikrobnoj biomasi veoma su se menjale. Veliki napredak je postignut zahvaljujući primeni direktnih luminiscentno-mikroskopskih metoda (Babiuk i Paul, 1970; Anderson i Westmoreland, 1971; Knjazeva i sar, 1985; Poljanskaja, 1988; Zvjagincev, 1991; Beyond the biomass, 1994). Postepeno se formiralo uverenje o veoma značajnim zalihama biomase u zemljištu (Koževin i sar., 1979; Kjoller i Struwe, 1982; Mirčink i Panikov, 1995; Poljanskaja i dr., 1995a,b; Polyanskaya i Zvyagintsev, 1995; Đorđević S., 1998; Đukić i sar., 2007; Đukić i sar., 2010).

Kvalitativni sastav mikrobne biomase različitih tipova zemljišta svake godine prolazi kroz sukcesioni ciklus. U toku mikrobne sukcesije u zemljištu dolazi do naizmenične smene dominirajućih populacija, pri čemu ne dolazi ni do eliminisanja, ni do pojave novih vrsta. Sukcesija se inicira, uglavnom, samim prisustvom sirovinskih resursa, a njen tok je određen (apstrahujući spoljašnje uticaje) karakterom interakcije između mikroorganizama u toku upotrebe kako primarnih, tako sekundarnih i drugih

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (lekamg@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>MGU Lomonosov, Moskva, Rusija

<sup>3</sup>Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Poljoprivredni fakultet, Vuka Karadžića 30, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

supstrata. Zbog uslova sredine koji se stalno menjaju, mikrobnne populacije u zemljištu nemaju ekološku nišu stalne veličine, ali imaju određenu “mikronišu” – minimalne resurse koji su neophodni za preživljavanje i “makronišu”- mogućnost da bitno povećaju svoju brojnost na određenoj etapi sukcesije koja je za njih povoljna (Poljanskaja, 1996; Jemcev i Đukić, 2000; Đukić i sar., 2007).

Postojeći podaci o životu mikrobnih zajednica zemljišta omogućavaju nam da se na nov način osvrnemo kako na unutrašnje zakonitosti funkcionisanja zemljišta, tako i na globalnu funkciju zemljišnog pokrivača, koji je prisutan u različitim oblicima u bilo kojem biotopu kopna, u kojem se održava fitocenozoza. Posebnu pažnju privlači potpuna dominacija mikromiceta u odnosu na prokariotske mikroorganizme. Ova okolnost se može objasniti na različite načine. Sa određenim rizikom, predlažemo hipotezu da je micelarni karakter rasta gljiva njihova osnovna prednost, što u uslovima veoma izražene heterogenosti zemljišta i neravnomernog rasporeda resursa u njemu omogućava gljivama da osvajaju različite i prostorno izolovane supstrate. Osim toga, gljive su sposobne da formiraju moćne mikrokolonije na bazi kojih se, verovatno, stvaraju osnovne i u mnogo čemu, još uvek, zagonetne asocijacije – mikrobnne zajednice, koje u funkcionalnom pogledu delimično podsećaju na lišajeve, ali su znatno složenije i bogatije vrstama. Zbog svoje ogromne fiziološke raznolikosti, prokariotski mikroorganizmi u tim zajednicama imaju neprocenjivu ulogu. Ovakve zajednice moraju biti u velikoj meri samostalne: upravo njihova fiziološka polifunkcionalnost omogućava visoki stepen iskorišćavanja supstrata (kako proizvoda fotosinteze, tako i mikrobnne biomase koja izumire u toku sukcesije). Za takve zajednice ne postoji problem otpada metabolizma, jer svaki hemijski agens je supstrat za jednog od članova zajednice (Zavarzin, 1984; Jemcev i Đukić, 2000; Đukić i sar., 2012).

Ta specifičnost funkcionisanja zajednica zemljinih mikroorganizama verovatno je u vezi sa principijelnom nepotpunošću opisa vrsta, sa kojom se svakodnevno susrećemo (a podjednako i neadekvatnost ocene ukupne brojnosti mikroorganizama metodom zasejavanja) – Poljanskaja i dr. (2000). Značajan deo mikroorganizama u zemljištu može biti predstavljen fiziološki nesamostalnim populacijama-simbiontima, za koje je izvan “konteksta” zajednice teško odabrati uslove kultivisanja.

U zajednicama se na određeni način inhibira fiziološka aktivnost praktično svih članova, što ne može biti adekvatno opisano u kategorijama intergenusne konkurencije. Ta inhibicija je u celina korisna za zajednicu. Pri smanjenoj fiziološkoj aktivnosti može se održavati maksimalna biomasa, ali i potpunije i ravnomernije usvajati dolazeći supstrati. Pri tome se sukcesija takođe odvija na nivou svake zajednice, jer ona odgovara izmenama odnosa brojnosti pojedinih članova na mogući uticaj spoljašnje sredine, a takođe i na izmene sopstvenog stanja.

Hipoteza o postojanju sličnih zajednica navodi nas da se skeptički osvrnemo na mogućnost direktne primene podataka o fiziologiji i kinetici rasta mikroorganizama, dobijanih na čistim kulturama, neposredno na situaciju u zemljištu. Nesumnjivo je da svaki član mikrobnne zajednice u zemljištu živi po “pravilima” unutrašnjeg rasporeda zajednice. I pored značajne razlike u sastavu vrsta mikroorganizama, razlika u ukupnoj brojnosti mikroorganizama između zemljišta nije toliko velika, kako bi se moglo očekivati, imajući u vidu sadržaj organske materije u zemljištu. To se objašnjava time što zapravo organska materija zemljišta nije najznačajniji izvor hrane za mikroorganizme. Korenje i drugi biljni materijali su, nesumnjivo, važan energetska

resurs mikrobnog kompleksa zemljišta. Pristupačnost humusnih materija za mikroorganizme nije tako izražena. Relativna stabilnost sadržaja humusa u zemljištu svedoči o odsustvu njegove značajne mineralizacije od strane mikroorganizama. U tom slučaju ne treba da nas čudi odsustvo direktne korelacije između sadržaja humusa i brojnosti mikroorganizama u zemljištu.

Komparacija amplitude međusezonskih fluktuacija zemljišnih mikroorganizama (Golovčenko i Poljanksaja, 1996, 2000; Van Bruggen i Semenov, 2000; Семёнов, 2001; Semenov i Đukić, 2017) sa postojećim podacima o produkciji fotosinteze po odgovarajućim prirodnim zonama pokazuje da i biljni opad ne može da pretenduje na ulogu osnovnog supstrata, koji obezbeđuje odvijanje mikrobne sukcesije u zemljištu. Zaista, rezerve mikrobne biomase bitno nadmašuju godišnju produkciju fotosinteze, pa se smena dominirajućih populacija u toku sukcesije odvija na račun naizmenične upotrebe biomase izumirućih populacija mikroorganizama. U vezi sa utvrđenim ogromnim rezervama žive mikrobne supstance, koja svake godine izumire (desetine tona po hektaru), postavlja se pitanje o sudbini te organske materije u proleće. Popunjava li ona zalihe upravo organske materije zemljišta (humusa)? Inspira li se ta organska materija? Pa, ipak, mora se reći da ne postoje podaci o zagađenju podzemnih voda u adekvatnim razmerama. Čini nam se da se najprirodnije objašnjenje sastoji u tome da se odumiruća biomasa transformiše od strane mikroorganizama u toku uspostavljanja mikrobne sukcesije u proleće. Prvostepeni značaj ima pitanje efikasnosti iskorišćavanja supstrata. Već davno je iznesena pretpostavka (Aristovskaja, 1980) da u izbalansiranoj mikrobnj zajednici ekonomski koeficijent bitno nadmašuje vrednosti koje se mogu zapaziti za čiste kulture. Ovde se zapaža idealni slučaj podudaranja sastava supstrata sa trofičkim zahtevima mikrobnog sistema u celine. Što se tiče predatora, koji su se specijalizovali za zemljišne mikroorganizme, ovde se njihova uloga može prenebreći, jer, na kraju krajeva, ni oni sami, kao ni proizvodi njihove životne aktivnosti, ne izlaze iz okvira osnovnih ciklusa reutilizacije biomase.

Takvo rasuđivanje o zajednicama zemljišnih mikroorganizama omogućava da se na nov način osvrnemo na odsustvo korelacije između osnovnih faktora kao što su živa mikrobna biomasa, prisustvo u sredini pristupačnog supstrata i disanje zemljišta. Kao što je fiziološka aktivnost, tako je i ukupna brojnost mikroorganizama i sastav njihovih vrsta predmet samoregulacije, a ne mehanički odgovor na uslove sredine. Možda je to visoka sposobnost samoregulacije u kombinaciji sa maksimalnom biomasom i maksimalnom raznolikošću vrsta i postoji osnova te zapanjujuće stabilnosti zemljišta u odnosu na spoljašnje uticaje, koja se zapaža svuda i koja potiskuje pedologiju na začelje. “Velike ekologije” se sete kada je ona ugrožena, tj. na samom kraju.

Smisao zemljišne sukcesije je održavanje homeostaze. Ona se ne menja i pored svih raznolikosti godišnjih sukcesija, što se, takođe, objašnjava maksimalnom biomasom i maksimalnom raznolikošću vrsta mikrobnih zajednica (Poljanskij, 1998; Golovčenko i Poljanskaja, 2000; Đukić i sar., 2007).

Treba istaći da sukcesione procese ne iniciraju samo spoljašnji poremećaji. Višekratna ispitivanja uzoraka zemljišta, koji su inkubirani pri stalnoj temperaturi i vlažnosti, kako sa unošenjem dopunskog supstrata, tako i bez njegovog unošenja, pokazala su da se sukcesija odvija u svakom slučaju, jer su njene glavne pokretačke snage zaoštreni odnosi u zajednici, koji se razrešavaju smenom dominirajućih populacija.

Veoma je bitno da pri realnoj prostornoj heterogenosti zemljišta, sa neravnomernom rasprostranjenošću supstrata i mikrobne biomase u njemu, prostorne razlike ne prekrivaju vremenske i, na taj način, ne ometaju praćenje sukcesija zemljišnih mikroorganizama.

Što se tiče biosfernih funkcija zemljišta, to se, kao što je već istaknuto (Poljanskaja i dr., 1997), zemljište pojavljuje kao biološki filter, koji posreduje interakcije između litosfere i fito-agrocenoze. Litosfera sadrži neograničene rezerve biogenih elemenata, koji doppevaju u zemljište sa podzemnim vodama ili preko razgranate micelarne mreže. Mikroorganizmi prevode biogene elemente u visokomolekulske oblike koji se manje ispiraju i samim tim učestvuju u održavanju plodnosti zemljišta.

### **Zaključak**

Ovim radom se na nov način sagledavaju unutrašnje zakonitosti funkcionisanja zemljišta i globalne funkcije fitocenoze. Prati se funkcionisanje mikrobnih zajednica u zemljištu u pogledu korelacije između žive mikrobne biomase, supstrata i disanja zemljišta, kao i mikrobna sukcesija (naizmjenična smena mikrobnih populacija u zemljištu), čiji je smisao održavanje homeostaze. Posebno se ukazuje na to da su fiziološka aktivnost, ukupna brojnost i sastav vrsta mikroorganizama predmet samoregulacije, a ne samo odgovor na uslove sredine.

### **Napomena**

Istraživanja u ovom radu deo su projekta “Poboljšanje genetičkog potencijala i tehnologija proizvodnje krmnog bilja u funkciji održivog stočarstva” – TR 31057 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### **Literatura**

- Anderson J.P, Westmoreland D. (1971). Direct counts of soil organisms using a fluorescent brightener and europium chelate. *Soil Biol, Biochem.*, V.3. p. 85-87.
- Aristovskaja T.V. (1980). *Microbiologija processov počvoobrazovanja L.*: Nauka. 187s.
- Babiuk L.A. Paul E.A. (1970). The use of fluorescein isothiocyanate in the determination of the bacterial biomass of grassland soil. *Can. J. Microbiol.* Vol. 16, p.57-62.
- Beyond the biomass. Compositional and Functional analysis of soil microbial communities. Ed. Ritz., Dighton Y. Giller K.E, UK: Johan Wiley et Sons, 1994, p.275.
- Golovčenko A.V., Poljanskaja L.M. (1996). Sezonnaja dinamika čislenosti i biomassi mikroorganizmov po profilju počvi. *Počvovedenie*, No. 10., s.1227-1233.
- Glovčenko A.V., Polijanskaja L.M. (2000). Osobennosti godovih sukcesij mikroorganizmov v počvah Južnoj tajgi (na primere CLBZ). *Počvovedenie*, No.4, s.471-477.

- Dorđević S. (1998). Aktivnost fofomonosteraza u zemljištu pod usevom kukuruza. Dokt.disert. Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu, str.52-53.
- Ђукић Д., Јемцев В.Т., Кузманова Ј. (2007). Биотехнологија земљишта. Будућност, Нови Сад, 529 стр. . ИСБН 978-86-7780-113-7.
- Ђукић Д., Ђорђевић С., Мандић Ј., Трифуновић Б. (2012). Микробиолошка трансформација органских супстрата, цела монографија, Агрономски факултет у Чачку, 232 стр. Одлука Наставно научног већа Агрономског факултета бр. 3103/11-IX од 20. 12. 2011. год., ISBN 978-86-87611-22-1, COBISS.SR-ID 188902924.
- Ђукић Д., Јемцев В.Т., Ђорђевић С., Трифуновић Б., Мандић Ј., Пешаковић М. (2013). Биоремедијација земљишта, Штампарија "Будућност" ДОО, Нови Сад, 207 стр. ИСБН 978-86-7780-113-7.
- Ђукић Д., Мандић Ј., Пешаковић Маријана (2007). Техногени утицаји на заједнице земљишних микроорганизама. Унапређење пољопривредне производње на Косову и Метохији (поглавље у монографији). Пољопривредни факултет Приштина-Лешак, стр. 8-70. ISBN 978-86-80737-13-3, COBISS.SR-ID 144875276.
- Ђукић Д., Мандић Ј., Станојковић А. (2010). Практикум из микробиологије, Издавач Будућност А.Д. за графичку делатност, Нови Сад, 427. стр. Одлука Наставно-научног већа Агрономског факултета бр. 966/9-VI од 24. 05. 2010. год., ИСБН 978-86-7780-084-0; COBISS.SR-ID 256185607.(Одређивање микробне биомасе (CO<sub>2</sub>-C) земљишта, 175-177s.
- Јемцев, В.Т., Ђукић, А. Д.: Микробиологија. Војноиздавачки завод – Београд, 2000, стр. 61. ISBN 86-335-0071-X.
- Kjoller A., Struwe S. (1982). Microfungi in ecosystems: fungal occurrence and activity in litter and soil. Oikos V.39. p. 389-422.
- Knjazeva I.N., Poljanskaja L.M., Koževin P.A., Zvjagincev D.G. (1985). Učjot počvennih mikroorganizmov s pomoščju mikroskopii pri nizkoj čislennosti objektov. Vestnik MGU, Ser. Počvovedenie, No.2. s.62-70.
- Koževin P.A., Poljanskaja L.M., Zvjagincev D.G. (1979). Dinamika razvitija različnih mikroorganizmov v počve. Microbiologija, T.48, No.4. s. 490-494.
- Mirčink T.G, Panikov N.S. (1985). Sovremennie podhodi k ocenke biomassi i produktivnosti gribov i bakterij v počve. Uspеhi mikrobiologii, M.: Nauka, T.20. S.198-226.
- Мишустин Е.Н. (1982). Развитие учения о ценозах почвенных микроорганизмов. Успехи микробиологии, Вып. 17, М.: Наука, 1982.
- Poljanskaja L.M. (1988). Prjamoj mikroskopičeskij podsčjot spor i micelija gribov v počve. Tez. konf. “izučenie gribov v biogeocеноzah” Sverdlovsk, c.30.
- Poljanskaja L.M. (1996). Mikrobnaja sukcesija v počve: Avtoref. dis. dok. biol. nauk. M.: MGU, 96s.
- Poljanskaja L.M., Gejdebreht V.V., Zvjagincev D.G. (1995). Biomassa gribov v različnih tipah počv. Počvovedenie, No.5, s.566-572.
- Poljanskaja L.M., Gejdebreht V.V., Stepanov A.V., Zvjagincev D.G. (1995). Raspredelenie čislennosti i biomassi mikroorganizmov po profiljam zonalnih tipov počv. Počvovedenie, No 3, s.322-328.

- Poljanskaja L.M., Golovčenko A.V., Zvjagincev D.G. (1995). Mikrobnaja biomassa v počvah. Dokladi RAN, T.344, No.6, s. 846-848.
- Poljanskaja L.M., Lukin S.M., Zvjagincev D.G. (1997). Izmennenie sostava mikrobnaj biomassi v počve pri okuljtiviranii. Počvovedenie, No.2, s. 206-212.
- Poljanskaja L.M., Orazova M.H., Burkanova O.A., Zvjagincev D.G. (2000). Mikronaveski rizosfernoj počvi i laboratornie artefakti. Mikrobiologija, T.69. s. 581-585.
- Poljanskij M.R. (1998). Vosproizvodstvennie cikli v počve v svete tradicionnoj koncepcii cikličeskogo vremeni. Sociokulturnaja dinamika v period stanovlenija postindustrijalnogo obščestva: zakonomernosti, protivorečija, prioriteti. Materijali k III Meždunarodnoj Kondratjevskoj konferencii, Moskva, s. 447-450.
- Polynskaya L.M., Zvyagintsev D.G. (1995). Microbial succession in soil. Soviet scientist reviews. Harwood Academic Publ. GmbH, No.1, p.1-65.
- Semenov A.M., Dragutin A.Đ. (2017): Soil health - ecosystem health: from problem identification to diagnosis and treatment. Acta Agriculturae Serbica. Vol XXII, 43(2017); 103-118.
- Семёнов А.М. (2001). Осциляции микробных сообществ в почвах. Перспективы развития биологии. Москва. Макс-пресс, 2001, 57-72.
- Van Bruggen Anc., Semenov A.M. (2000). In search of Biological indicators for Soil Health and Disease suppression. Applied Soil Ecology, 2000. V.15, No.1, p.13-24.
- Semenov A.M., Đukić D.A.
- Виноградский С.Н. (1952). Микробиология почвы. М.: Изд-во, АНСССР, с. 792.
- Звягинцев Д.Г.(1987). Почва и микроорганизмы.: ИзД-во МГУ, 256 с

## NEW IN FUNCTIONAL OF SOIL MIKROBIAL COMMUNITIES

*Leka Mandić<sup>1</sup>, Aleksandar Semjonov<sup>2</sup>, Vesna Đurović<sup>1</sup>, Milica Zelenika<sup>1</sup>, Ivana Bošković<sup>3</sup>, Dragutin Đukić<sup>1</sup>*

### Abstract

This paper presents a contribution to the new way of examining in the internal laws of soil functioning and also the global functions of soil cover that is present in various forms in any biotope of soil in which phytocenosis is maintained. In addition, this paper presents a contribution to the observation of the functioning of microbial communities in soil, especially in terms of the correlation between basic factors such as living microbial biomass, accessible substrate and respiration of soil, as well as the issues of microbial succession, that is, the alternation of microbial populations in soil. The paper also points out that the physiological activity, the total number of microorganisms and the composition of their species are subject to self-regulation, rather than mechanical response to environmental.

**Key words:** microorganisms, population, succession, soil.

## OCENA EKOLOŠKOG STATUSA REKE ZAPADNE MORAVE

*Goran Marković<sup>1</sup>, Igor Đurović<sup>1</sup>,  
Jelena Pantović<sup>1</sup>, Duško Brković<sup>1</sup>, Jelena Popović Đorđević<sup>2</sup>*

**Izvod:** U radu su prikazani rezultati analiza osnovnih fizičko-hemijskih i mikrobioloških pokazatelja kvaliteta vode srednjeg toka reke Zapadne Morave obavljenih tokom 2016. godine. Kvalitet vode većine profila je odgovarao umerenom ekološkom statusu, odnosno III klasi površinskih voda. Najlošiji kvalitet je registrovan u profilu Stančići, lociranom nizvodno od upliva otpadnih voda gradskog kolektora Čačka i ušća reke Čemernice. Velika mikrobiološka zagađenja u nekim periodima godine karakterišu vodu ovog profila kao neupotrebljivu za zalivanje i druge namene.

**Ključne reči:** ekološki status, zagađenje, reka Zapadna Morava

### Uvod

Kvalitet površinskih vodotokova je jedan od značajnijih pokazatelja stanja životne sredine u određenoj oblasti. Decenijama su za ocenu kvaliteta vode tekućih i stajaćih površinskih tokova Srbiji važili kriterijumi iz Uredbe o kategorizaciji votoka (Sl.Gl. SR Srbije 5/68). Porast stepena zagađenja vodotokova i razvoj savremenih analitičkih metoda je doveo do formulisanja novih kriterijuma koji su postali sastavni deo Uredbe o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje (Sl.Gl. RS 50/2012). Prema ovoj Uredbi, kvalitet površinskih voda se svrstava u pet klasa, od prve klase (odličan ekološki status) do pete klase (loš ekološki status) koji imaju vode neupotrebljive za bilo koju svrhu.

Zapadna Morava dužinom (308 km) i površinom sliva (15 849 km<sup>2</sup>) predstavlja značajnu komponentu hidrosistema Srbije. Hidrografska mreža sliva obuhvata preko 1 800 manjih i većih vodokova (Očokoljić, 1987). Prosečni proticaj Zapadne Morave na ušću kod Stalača iznosi 124 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. Vodni režim reke pripada pluvio-nivalnom tipu sa najvećim proticajima u martu i aprilu usled jakih kiša u topljenja snega, najmanjim u avgustu i septembru (Dukić, 1984).

Za potrebe elektroprivrede su na neposrednom toku reke 1953. godine formirane akumulacije Ovčar Banja i Međuvršje (obe locirane u Ovčarsko-kablarskoj klisuri i velikim delom zasute rečnim nanosom).

Vodotokovi sliva Zapadne Morave su veliki recipijenti otpadnih voda različitog porekla. U slivnom području je locirano 30 gradskih, više stotina seoskih naselja kao i blizu 200 većih industrijskih zagađivača (Marković i sar., 2000). U prethodnom periodu su u vodotoku registrovana zagađenja nitritima i nitratima (Đurić, 1991), živom (Jovičić i Jovanović, 1994), kadmijumom (Lazić i sar., 2003) i drugim teškim metalima (Obradović i Filipović, 2009), kao i drugim kategorijama polutanata.

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet, Cara Dušana 34, 32000 Čačak, Srbija (goranmsv@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080 Beograd, Srbija

### Materijal i metode rada

Tokom 2016. godine je izvršeno je uzorkovanje rečne vode sa 4 profila srednjeg toka Zapadne Morave:

Profil I (N 43° 54' 26,82" / E 20° 13' 54,48") je lociran 500 m nizvodno od brane HE “Međuvršje” na 182. km rečnog toka.

Profil II (N 43° 53' 57,59"/ E 20° 20' 28,0") se nalazi kod sportskog centra “Mladost” u Čačku na 170. km rečnog toka.

Profil III (N 43° 53' 07,61" E 20° 22' 47,77") je ispod mosta na kružnom putu oko Čačka na 168. km rečnog toka.

Profil IV (N 43° 52' 15,94" E 20° 26' 08,59") se nalazi kod visećeg mosta u selu Stančići na 162.km rečnog toka. Profil je lociran 500 m nizvodno od ušća reke Čemernice (indirektnog prijemnika otpadnih voda Gornjeg Milanovca) i 5 km od gradskog kolektora Čačka.

Fizičko-hemijske i mikrobiološke analize osnovnih pokazatelja kvaliteta rečne vode su izvršene standardnim metodama u laboratorijama Zavoda za javno zdravlje u Čačku.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Rezultati obavljenih analiza su predstavljeni u Tabeli 1.

Tabela 1. Pokazatelji ekološkog statusa reke Zapadne Morave tokom 2016. godine  
*Table 1. Parameters of Zapadna Morava River ecological status during 2016*

Pokazatelj/Parameter Srednja vrednost/Average value	Profil I Profile I	Profil II Profile II	Profil III Profile III	Profil IV Profile IV
pH	7,1	8,0	8,1	8,2
Rastvoreni / Disolved O <sub>2</sub> mg L <sup>-1</sup>	8,5	8,8	9,6	9,7
БПК <sub>5</sub> / BOC <sub>5</sub> mg L <sup>-1</sup>	3,16	3,0	3,1	2,8
Ukupni org. ugljenik / TOC mg L <sup>-1</sup>	< 1	< 1	< 1	3,2
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> jon / NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ion mg L <sup>-1</sup>	0,25	0,2	0,2	0,2
Nitrates / Nitrates mg L <sup>-1</sup>	1,9	1,9	2,0	1,9
Ortofosfati / Orthophosph. mg L <sup>-1</sup>	0,19	0,02	0,03	0,04
Uk. fosfor / Total phosphor mg L <sup>-1</sup>	0,03	0,03	0,04	0,05
Hloridi /Chlorides mg L <sup>-1</sup>	8,85	7,4	8,8	9,4
Ukupni koliformi / Total coliformes	18 083	12 775	25 575	251 683
Fekalni koliformi / Fecal coliformes	2 016	1 692	2 833	67 141
Crevne enterokoke/Int. enterococci	485	348	605	3 234
Klasa površinskih voda / Classis of surface waters	III	III	III	IV

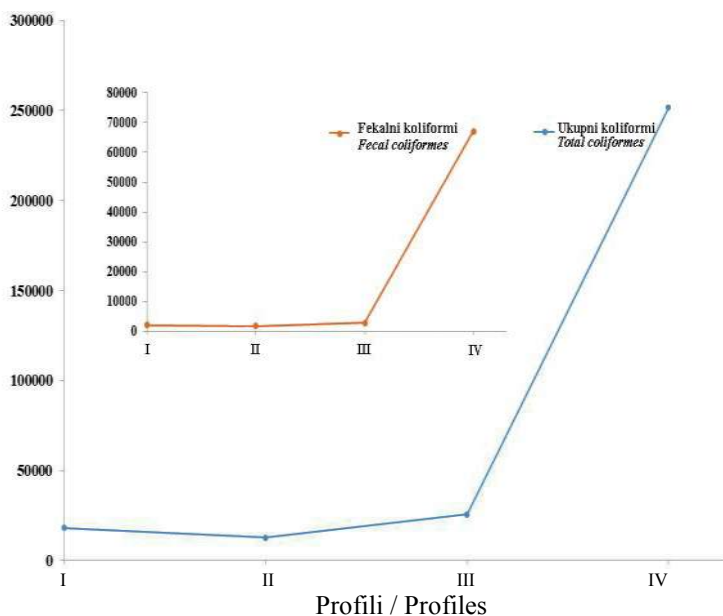


Dobijeni podaci ukazuju na umeren do visok stepen zagađenja vodotoka.

Analize fizičko-hemijskih i mikrobioloških (bakterioloških) pokazatelja kvaliteta rečne vode iz Profila I pokazuju da je kvalitet vode odgovarao umerenom ekološkom statusu, odnosno III klasi površinskih voda. Povremeno su registrovani povećani sadržaji amonijum jona, ukupnih koliformnih bakterija i crevnih enterokoka. Prisutna zagađenja su posledica dotoka komunalnih i industrijskih voda Užica, Požege, Ivanjice, Guče, Lučana i drugih naselja lociranih uzvodno od profila, kao i eutrofikacionih procesa ispoljenih u akumulaciji Međuvršje (Lenhardt i sar., 2009).

Rezultati analiza rečne vode uzorkovane iz Profila II ukazuju na umeren ekološki status, odnosno III klasu kvaliteta. Na rečnom toku između Profila I i II nema većih ispusta otpadnih voda. Tokom letnjeg perioda se, spuštanjem brane, ovaj deo vodotoka pretvara u gradsko kupalište Čačka što dovodi do usporjenja rečnog toka i dužeg zadržavanja vode. Ovi faktori, kao i povišena temperatura vode, intenziviraju razgradnju prisutnih organskih zagađenja i pogoršavaju kvalitet vode.

Kvalitet rečne vode u Profilu III je, kao i u prethodnim profilima, odgovarao umerenom ekološkom statusu, odnosno trećoj klasi površinskih voda. Deo vodotoka između prethodnog i ovog profila karakteriše veći broj manjih ispusta kanalizacionih voda među kojima su oni locirani u blizini Sportskog centra “Mladost”, kod hale KK “Borac”, galvanizacije u Ljubiću i drugi. Tokom juna meseca kvalitet vode na ovom profilu je bio pogoršan – imala je slab ekološki status (IV klasa površinskih voda) zbog visoke brojnosti koliformnih bakterija i crevnih eneterokoka.



Graf. 1. Prosečan broj koliformnih bakterija u vodi Z. Morave tokom 2016.  
Graph. 1. Average number of coliforms bacteria in the Z.Morava river during 2016

Kvalitet rečne vode u Profilu IV je tokom 2016. godine bio znatno lošiji u odnosu na druge profile. Profil je pod stalnim uticajem otpadnih voda gradskog kolektora Čačka koje neprečišćene dospevaju u vodotok (Pantović i sar., 2012). Na kvalitet vode ovog profila veliki uticaj ima reka Čemernica, indirektni prijemnik otpadnih voda Gornjeg Milanovca. Kvalitet vode profila je na osnovu prosečnih vrednosti amonijum jona, ukupnih koliformnih i fekalnih koliformnih bakterija odgovarao slabom ekološkom statusu (IV klasa površinskih voda). Tokom meseca juna voda ovog profila je imala loš ekološki status (V klasa). Kvalitet vode profila je bio izrazito loš, posebno u pogledu pokazatelja mikrobiološkog zagađenja (Grafikon 1., Tabela 2).

Tabela 2. Variranja brojnosti bakterija u profilu Stančići tokom 2016. godine  
*Table 2. Variation of bacteria number in Profile Stančići during 2016.*

Bakterije / <i>Bacteria</i>	Datum / <i>Data</i>					
	08.02.	06.04.	29.06.	01.08.	10.10.	07.12.
Ukupni koliformi <i>Total coliformes</i>	16 350	34 550	> 10 <sup>6</sup>	14 400	102 300	92 500
Fekalni koliformi <i>Fecal coliformes</i>	4 850	10 050	344 350	1 500	14 400	27 700
Crevne enterokoke <i>Intestinal enterococci</i>	2 892	1 536	3 528	< 40	2 324	9 218

Visok stepen mikrobiološkog zagađenja rečne vode na profilu IV (selo Stančići) dovodi u pitanje zdravstvenu bezbednost njene upotrebe za zalivanje i druge namene. Dobijeni rezultati potvrđuju opravdanost izgradnje Sistema za prečišćavanje otpadnih voda iz gradskog kolektora Čačka.

### Zaključak

U radu su prikazani rezultati osnovnih fizičko-hemijskih i mikrobioloških analiza kvaliteta vode srednjeg toka reke Zapadne Morave. Kvalitet rečne vode je uglavnom odgovarao umerenom ekološkom statusu, odnosno III klasi površinskih voda. Najlošiji kvalitet je registrovan u profilu Stančići koji se nalazi nizvodno od upliva otpadnih voda gradskog kolektora Čačka i ušća reke Čemernice (indirektnog recipijenta otpadnih voda Gornjeg Milanovca). Velika mikrobiološka zagađenja vodu ovog profila karakterišu kao neupotrebljivu za zalivanje i druge namene. Dobijeni rezultati potvrđuju opravdanost izgradnje Sistema za prečišćavanje otpadnih voda iz gradskog kolektora Čačka.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta TR 31011 i projekta III46009 koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.

### Literatura

Barać M., Vitas N., Jančićević S. (2009). Teški metali i deponije Trepče u srednjem toku reke Ibar. *Ecologica*, 16(55), 401-408.

- Dukić D. (1984). Hidrologija kopna. Naučna knjiga, Beograd.
- Đurić S. (1991). Zagađenja reke Zapadne Morave nitritima i nitratima i preduzete organizaciono, tehničke mere na sanaciji. *Voda i sanitarna tehnika*, 21(5-6), 67-74.
- Lazić T., Marković G., Nikolić D., Čupić S. (2003). Prisustvo teških metala u nekim vrstama akumulacije Međuvršje. Konferencija “Voda 2003”, Zlatibor, 59-62.
- Lenhardt M., Marković G., Gacić Z. (2009). Decline in the Index of Biotic Integrity of the Fish Assemblage as a Response to Reservoir Aging. *Water Resource Management*, 23, 1713-1723. ISSN 0920-4741
- Marković G., Milovanović Z., Simović S., Vukićević D., Nikolić D. (2000). Prilog izradi katastra zagađivača Moravičkog okruga. Savetovanje “Vodni resursi sliva Velike Morave i njihovo korišćenje”, Kruševac, 236-238
- Obradović D., Filipović D. (2009). Analiza kvaliteta površinskih i podzemnih voda na teritoriji grada Kraljeva – osnov za održivo upravljanje vodnim resursima, Kraljevo.
- Ocokoljić M. (1987). Visinsko zoniranje sliva Zapadne Morave. Srpsko geografsko društvo, Beograd.
- Pantović J., Marković G., Radovanović I., Brković D., Šumanov V., Manić V. (2012). Kanalizacione vode Čačka tokom 2011. godine. XVII Savetovanje o biotehnologiji, Čačak, 501-505.

## EVALUATION OF THE ZAPADNA MORAVA RIVER ECOLOGICAL STATUS

*Goran Marković<sup>1</sup>, Igor Đurović<sup>1</sup>,  
Jelena Pantović<sup>1</sup>, Duško Brković<sup>1</sup>, Jelena Popović Đorđević<sup>2</sup>*

### Abstract

The paper presents the results of basic physico-chemical and microbiological analyzes of the water quality of the middle course of the West Morava River during the year 2016. The quality of river water of most of the profiles corresponded to moderate ecological status, or III class of surface waters. The worst quality is registered in the Stancici profile, located downstream from the influx of wastewater from the city collector Cacak and the mouth of the Cemernica river. Extremely large microbiological pollution in some periods of the year is characterized by water of this profile as unusable for watering and other purposes. The results obtained confirm the justification for the construction of the Wastewater Treatment System from the city collector Cacak.

**Key words:** ecological status, pollution, the Zapadna Morava river

---

<sup>1</sup>University in Kragujevac, Faculty of Agronomy, Cara Dušana 34, 32000 Čačak, Serbia (goranmsv@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>University in Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, 11080 Belgrade, Serbia

## SADRŽAJ Pb, Fe i Zn U ZEMLJIŠTU I PLODOVIMA SMOKVE NA RAZLIČITIM LOKALITETIMA

*Alma Mičijević<sup>1</sup>, Aida Šukalić<sup>1</sup>, Enisa Herić<sup>2</sup>, Sanela Nazdrajić<sup>2</sup>*

**Izvod:** Smokva je biljna kultura koja je veoma zastupljena na području grada Mostara i nalazi se skoro u svakoj bašti, a posebno je interesantno da se konzumira tokom cijele godine, kako sviježa, tako i prerađena u sušenom obliku.

Ovo istraživanje imalo je za cilj da se utvrde tokovi metala iz zemljišta u plodove smokve, te njihova akumulacija u ovoj voćnoj kulturi. U površinskim horizontima zemljišta mogu se naći teški metali antropogenog porijekla.

Rezultati su pokazali da plodovi smokve, sa i bez kore, imaju različite sadržaje istraživanih elemenata, a prisutne količine su ispod dozvoljenih koncentracija. Svi uzorci smokve sa korom pokazuju veće prisustvo željeza.

**Ključne reči:** smokva, zemljište, teški metali, željezo

### Uvod

Porast broja stanovnika na Zemlji svakako utječe na povećanja proizvodnje hrane kako bi se zadovoljile minimalne potrebe čovječanstva za preživljavanjem. U bezgraničnoj trci za većom količinom hrane sve više zapostavlja kvalitet proizvedenih prehrambenih namirnica. Primat pri proizvodnji preuzima količina i kvantitet proizvoda koji obezbjeđuju veću zaradu (Resulović H., i sar. 2008).

Značajno mjesto među zagađivačima pripada teškim metalima, koji, poput ostalih stresnih utjecaja na okoliš, u biljci izazivaju stanje oksidacionog stresa, te je neophodno što bolje upoznati mehanizme njihovog štetnog djelovanja, kao i tolerantnost pojedinih biljnih vrsta na povećanu pristupačnost teških metala u okolišu (Goyer R.A. 1997).

Teški metali koji se prirodno nalaze u zemljištu u određenim koncentracijama vode porijeklom od matičnih stijena, odnosno supstrata na kojem je zemljište nastalo (Adriano D.C. i sar. 1986). U površinskim horizontima zemljišta mogu se naći i teški metali koji nisu geohemijskog već antropogenog porijekla, odnosno dospjeli su u zemljište kao posljedica različitih ljudskih aktivnosti (industrija, sagorijevanje fosilnih goriva, primjena agrohemijskih i drugo) (Alloway B. 1990).

### Materijal i metode rada

Metodologija istraživanja vršila se u sljedećim fazama: izbor lokaliteta uzorkovanja, uzimanje reprezentativnih uzoraka zemljišta, uzimanje reprezentativnih uzoraka smokve, priprema uzoraka za analizu te laboratorijske analize zemljišta i zrelih plodova smokve. Ovo istraživanje se baziralo na određivanje koncentracije ispitivanih

---

<sup>1</sup>Univerzitet „Džemal Bijedić“, Agromediterranski fakultet u Mostaru, USRC „Mithad Hujdur-Hujka“, Mostar, Bosna i Hercegovina (alma.micijevic@unmo.ba)

<sup>2</sup>Univerzitet „Džemal Bijedić“, Nastavnički fakultet u Mostaru, USRC „Mithad Hujdur-Hujka“, Mostar, Bosna i Hercegovina

metala - olova, željeza i cinka, u zemljištu i zrelim plodovima smokve, sa i bez kore, na tri lokaliteta u različitim zonama gradskog i prigradskog područja grada Mostara. Odabrani su sljedeći lokaliteti: prigradsko naselje Potoci, 10 km sjeverno od grada, lokalitet u samom gradu Mostaru, te prigradsko naselje Blagaj, 10 km južno od grada.

Akcenat istraživanja je bio na hemijskim ili fizičko–mehaničkim svojstvima tla, a posebna pažnja se posvetila određivanju sadržaja teških metala (Pb, Fe i Zn), kako u samom zemljištu, tako i u ispitivanoj voćnoj vrsti.

Uzorkovanje zemljišta je vršeno standardnom metodom uz pomoć hromirane sonde, i to uzimanjem pet pojedinačnih uzoraka po dijagonali parcele, koji su sakupljeni u jedan prosječan uzorak. Zemljište je uzorkovano sa dvije različite dubine: 0-30 cm i 30-60 cm. Laboratorijske analize zemljišta obuhvatile su sljedeće parametre: pH u H<sub>2</sub>O i n-KCl-u, higroskopska vlaga, sadržaj humusa, sadržaj karbonata, fiziološki dostupnog K<sub>2</sub>O i P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> te određivanje sadržaja Pb, Fe i Zn (Bašar H., 2009).

Uzimanje uzoraka plodova smokve je vršeno u periodu kada su sazreli i u vrijeme pune konzumacije. Branje plodova smokve je vršeno sa nekoliko nasumično odabranih stabala unutar plantaže, od čega je pripremljen reprezentativni uzorak.

Uzorci smokve su analizirani na sljedeće parametre: pH vrijednost ploda, ukupna suha materija, sadržaj kalija te sadržaj Pb, Fe i Zn.

Sadržaj metala u uzorcima zemljišta i smokve rađene su metodom Atomske apsorpcione spektrofotometrije (AAS) plamenom tehnikom (u zemljištu) ili tehnikom grafitne kivete (u plodovima smokve). Atomska apsorpcijska spektrofotometrija predstavlja jednu od najčešće primjenjivanih metoda za određivanje većeg broja elemenata (K, Na, Pb, Ca, Mg, Fe, Zn,..) u uzorku. Prilikom prolaska svjetlosti karakteristične talasne dužine kroz uzorak dolazi do određene apsorpcije od strane slobodnih atoma elementa, čiji se sadržaj određuje (Skoog D.A., i sar. 2004). Kao izvor zračenja služi lampa sa šupljom katodom, karakteristična za svaki pojedini element, koja emitira intenzivno monohromatsko zračenje.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Rezultati analize zemljišta na osnovne parametre o njegovoj kvaliteti, kao i sadržaj istraživanih metala, kako u zemljištu, tako i u zrelim plodovima smokve, sa korom i bez nje, prikazani su u sljedećim tabelama.

Tabela 1. Fizičko-hemijski parametri zemljišta  
 Table 1. Physical and chemical parameters of the soil

Lokalitet <i>Locality</i>	Dubina <i>Depth</i> (cm)	pH- vrijednost u <i>pH-value in</i> (±0,01)		% Sadrž. azota <i>Level of</i> <i>nitrogen</i>	% Sadrž. fosfora/ 100 g tla <i>Level of</i> <i>phosphorus/</i> <i>100 g soil</i>	% Sadrž. kalija/100 g tla <i>Level of</i> <i>potassium</i> <i>/</i> <i>100 g soil</i>	% Sadrž. humusa <i>Level of</i> <i>humus</i>	% Higroskopska vlaga <i>Hygroscopic</i> <i>moisture</i>
		H <sub>2</sub> O	n-KCl					

Blagaj	0 - 30	7,70	6,90	0,25	9,45	12,1	3,18	2,37
	30 - 60	7,96	7,10	0,26	7,80	11,5	1,46	2,01
Mostar	0 - 30	8,17	7,35	0,24	7,80	11,2	1,37	3,88
	30 - 60	7,55	6,75	0,21	8,10	10,9	4,31	4,43
Potoci	0 - 30	7,21	6,40	0,21	4,80	9,50	2,85	4,45
	30 - 60	7,75	6,95	1,15	9,70	13,8	3,79	5,33

Dobijeni rezultati pH vrijednosti u vodi u n-KCl-u su veoma blizu neutralnih na lokalitetima Blagaj i Mostar, dok njihova vrijednost na lokalitetu Potoci pokazuje da se radi o slabo kiselom zemljištu. Rezultati sadržaja azota u istraživanim zemljištima su dosta uravnoteženi, izuzev na drugoj dubini lokaliteta Potoci, te možemo konstatovati da je zemljište snabdjeveno ovim elementom.

Prema rezultatima o količini prisutnog fosfora, može se zaključiti da su zemljišta slabo snabdjevena ovim elementom, jer ni u jednom uzorku njegova količina ne prelazi 15mg/100g zemljišta. Količine prisutnog kalija su također male, što istraživana zemljišta svrstava u kategoriju osrednje snabdjevenim ovim elementom.

Tabela 2. Sadržaj istraživanih metala u zemljištu  
 Table 2. Composition of analysed materials in the soil

Lokalitet <i>Locality</i>	Dubina Depth (cm)	Pb (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Blagaj	0 -30	23,42	13.068,13	64,35
	30 - 60	17,18	13.999,21	54,31
Mostar	0 -30	37,33	33.395,80	134,04
	30 - 60	44,13	32.624,54	153,24
Potoci	0 - 30	39,79	41.225,29	177,36
	30 -60	43,15	42.447,11	99,22
<b>MDK</b>		<b>50,00</b>	<b>30.000,00</b>	<b>100,00</b>

Sadržaj istraživanih metala u uzorcima zemljišta kreću u vrlo različitim granicama, s obzirom na lokalitet i vrstu metala, i nerijetko prelazi granice maksimalno dozvoljenih koncentracija.

Prisustvo olova na svim lokalitetima je u granicama dozvoljenih, što je veoma značajno, jer se radi o najštetnijem od istraživanih elemenata. Nešto veće količine ovog metala su na dva lokaliteta pokazale veće vrijednosti u dubljim slojevima zemljišta.

Sadržaj željeza je na najvećem broju lokaliteta bio povećan. Na području Blagaja prisustvo Fe je ispod MDK vrijednosti, na lokalitetu Mostar je povećan u odnosu na MDK i to na obadviije istraživane dubine. Prisustvo Fe na lokalitetu Potoci, na obje

dubine, znatno je povećano i iznosi 37,38 % na dubini 0–30 cm, a 41,45 % na dubini 30–60 cm u odnosu na MDK.

Na lokalitetu Blagaj prisustvo cinka je ispod MDK, dok je na ostalim lokalitetima znatno iznad dozvoljenih količina. Povećanje cinka na lokalitetima Mostar i Potoci kreće se u granicama 34,0 % - 77,4 % s obzirom na dozvoljene količine.

Upoređujući istraživane lokalitete međusobno evidentno je da je lokalitet Blagaja nezagađeno područje, s obzirom na istraživane elemente. Lokaliteti Mostar i Potoci djelimično su zagađeni, jer sadrže povećane količine željeza i cinka. U Tabeli 3 dati su podaci o sadržaju istraživanih metala u plodovima smokve.

Tabela 3. Fizičko-hemijska analiza uzoraka smokve  
 Table 3. Physical and chemical analysis in fig samples

Lokalitet <i>Locality</i>	Oblik <i>Shape</i>	pH-ploda <i>pH-of the fruit</i> (±0,01)	% Suhe materije <i>Dry materia</i>	Stepen kiselosti <i>The level of acidity</i> gr/100 ml	% Ukupni šećeri <i>Total sugar</i>
Blagaj	Sa korom <i>With curts</i>	4,79	34,69	0,18	23,00
	Bez kore <i>Without the curst</i>	4,72	32,20	0,19	18,40
Mostar	Sa korom <i>With curts</i>	4,85	24,95	0,38	19,00
	Bez kore <i>Without the curst</i>	4,80	24,98	0,43	18,40
Potoci	Sa korom <i>With curts</i>	5,30	23,54	0,18	17,80
	Bez kore <i>Without the curst</i>	5,18	25,66	0,19	18,90

Prema fizičko-hemijskim analizama može se zaključiti da se radi o blago kiselom voću, što se zaključuje iz pH vrijednosti. Sadržaj suhe tvari je najniža na lokalitetu Potoci i to u uzorku sa korom, dok je najveća, također u uzorku sa korom, na lokalitetu Blagaj. Količina ukupnog šećera je pokazala najveće vrijednosti na lokalitetu Blagaj u uzorku sa korom. Sadržaj ukupne kiselosti najveće vrijednosti imao je na lokalitetu Mostar, i to nešto veće u uzorku bez kore.

Tabela 4. Sadržaj ispitivanih elemenata u uzorcima smokve  
 Table 4. Content of analysed elements in fig samples

Lokalitet <i>Locality</i>	Oblik <i>Shape</i>	Pb (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Blagaj	Sa korom <i>With curts</i>	0,004	2,78	1,14
	Bez kore <i>Without the curst</i>	0,002	2,48	1,45

Mostar	Sa korom <i>With curts</i>	0,003	1,84	0,64
	Bez kore <i>Without the curst</i>	0,002	1,55	0,70
Potoci	Sa korom <i>With curts</i>	Nije detektirano <i>Not detected</i>	1,19	0,66
	Bez kore <i>Without the curst</i>	0,001	0,90	0,58
MDK		<b>0,20</b>	<b>30,00</b>	<b>150,00</b>

Ohrabrujuće je što prisustvo olova nije detektirano u nekim uzorcima, dok je u ostalim uzorcima sadržaj ovog toksičnog elementa daleko ispod MDK, i iznosi najviše 0,4 % od MDK vrijednosti u uzorku smokve sa korom sa lokaliteta Blagaj, gdje je detektirano 0,004 mg/kg.

Sadržaj željeza je daleko ispod MDK, i kreće se u granicama od 0,90 mg/kg, u uzorku smokve bez kore na lokalitetu Potoci, do najveće vrijednosti od 2,78 mg/kg u uzorku smokve sa korom na lokalitetu Blagaj. Evidentno je da je sadržaj željeza veći u uzorcima sa korom u odnosu na one bez kore, na svim istraživanim lokalitetima.

Prisustvo cinka je daleko ispod MDK i može se reći da je njegovo prisustvo u svim uzorcima zanemarljivo malo, jer iznosi svega 0,9% Zn u odnosu na dozvoljene količine. Nešto veće vrijednosti ovog istraživanog elementa na lokalitetima Mostar i Blagaj su u uzorcima bez kore, dok je na lokalitetu Potoci situacija obrnuta.

Svi istraživani uzorci se mogu konzumirati bez bojazni za kratkoročne ili dugoročne posljedice po organizam čovjeka.

### Zaključak

Smokva je biljna kultura koja nije zahtjevna u odnosu na kvalitet zemljišta, količinu vode, zaštitna sredstva i obrezivanje, pa se uglavnom uzgaja na neplodnim i hranivima slabo opskrbljenim zemljištima.

Pojedini oblici plodova smokve, sa i bez kore, pokazivali su različite sadržaje istraživanih elemenata, ali su prisutne količine u svim uzorcima bile ispod dozvoljenih koncentracija. Svi uzorci smokve sa korom pokazali su veće prisustvo željeza u odnosu na uzorke bez kore. Sadržaj cinka je u nekim uzorcima sa korom veći u odnosu na uzorke bez kore. Generalno se može reći da je prisustvo istraživanih metala veće u plodovima smokve sa korom.

Svi dobiveni rezultati ukazuju na prisustvo istraživanih elemenata u plodovima smokve, ali je značajno naglasiti da niti jedna utvrđena koncentracija nije iznad vrijednosti MDK. Iz ovog proizilazi da iz zemljišta u kojem su dokazani elementi konstatirani u koncentracijama iznad MDK nisu u cjelosti dospjeli u plodove biljke, gdje se razlog može tražiti u samoj dispoziciji terena, otoku podzemnih voda i samim tim njihova manja koncentracija u plodovima.



### Literatura

- Adriano D.C., Chlopecka A., Kaplan D.I., Clijsters H. and Vangronsveld J. (1986): Soil contamination and remediation: Philosophy, science, and technology. p. (465-504), In R. Prost (ed.) Contaminated Soils 3rd Int. Conf. on the Biogeochemistry Trace Elements, Paris. 15-19 INRA Press, Paris, May- 1995.
- Alloway B. (1990): Cadmium. In: Heavy metals in soil. Alloway B. (Ed.), John Wiley&Sons, New Jersey, 100-124.
- Başar H., (2009): Methods for Estimating Phytoavailable Metals in Soil, Communications in Soil Science & Plant Analysis; vol. 40 issue 7/8, 1087-1105.
- Goyer R.A. (1997): Toxic and essential metal interactions, Annu. Rev. Nutr. 17, 37-50.
- Resulović H., Čustović H., Čengić I. (2008): Sistematika tla/zemljišta, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet u Sarajevu, Univerzitet u Sarajevu.
- Skoog D.A., West D.M., Holler F.J. (2004): Fundamentals of Analytical Chemistry, eighth edition, Thomson Learning-Books/Cole, Belmont CA, USA.

### CONTENT OF Pb, Fe and Zn IN THE SOIL AND FRUITS OF FIG TREE ON DIFFERENT LOCATIONS

*Alma Mičijević<sup>1</sup>, Aida Šukalić<sup>1</sup>, Enisa Herić<sup>2</sup>, Sanela Nazdrajić<sup>2</sup>*

**Abstract:** The fig is an herbaceous plant that is very much represented in the area of Mostar and is found in almost every garden. It is especially interesting to be consumed throughout the year in fresh form as well as processed in dried form.

The purpose of this research was to determine the flow of metals from the soil to the fig leaves, and their accumulation in this fruit culture. In the surface horizons of the soil heavy metals of anthropogenic origin can be found.

The results showed that certain forms of fig fruits with or without the crust have different contents of the investigated elements, and the present quantities are below the permissible concentrations. All samples of figs with crust show a greater presence of iron.

**Keywords:** fig tree, soil, heavy metals, iron

---

<sup>1</sup>Univerzitet „Džemal Bijedić“, Agromediteranski fakultet u Mostaru, USRC „Mithad Hujdur-Hujka“, Mostar, Bosna i Hercegovina (alma.micijevic@unmo.ba)

<sup>2</sup>Univerzitet „Džemal Bijedić“, Nastavnički fakultet u Mostaru, USRC „Mithad Hujdur-Hujka“, Mostar, Bosna i Hercegovina

## POPULACIONI ATRIBUTI *APODEMUS AGRARIUS* PALLAS 1771 U FRAGMENTIRANIM STANIŠTIMA

Aleksandra Petrović<sup>1</sup>, Branka Ljevnaić-Mašić<sup>1</sup>, Aleksandar Jurišić<sup>1</sup>, Ivana Ivanović<sup>1</sup>, Ivana Supić<sup>1</sup>, Vojislava Bursić<sup>1</sup>, Aleksandra Popović<sup>1</sup>

**Izvod:** Cilj rada je da prikaže populacione atribute: gustinu, odnos polova i starosne grupe u populacijama prugastog miša u fragmentiranim staništima na malim površinama. Tokom jednogodišnjeg istraživanja izlovljeno je 108 jedinki, 58 ženki i 50 mužjaka. Najveća gustina populacije konstatovana je tokom prolećnog aspektu u agroekosistemu, a najmanja tokom letnjeg u livadskom ekosistemu. Najviša vrednost seksualnog indeksa izračunata je za šumski ekosistem u prolećnom aspektu. Najveću brojnost u svim ekosistemima i svim periodima ispitivanja imale su jedinke srednjeg reproduktivnog perioda, što se može objasniti aktivnom potragom za hranom, partnerom ili skloništem.

**Cljučne reči:** prugasti miš, *Apodemus agrarius*, gustina populacije, odnos polova, starosne grupe

### Uvod

Preferenca vrste prema staništu je uslovljena složenim kompleksom abiotičkih i biotičkih faktora. Dostupnost i adekvatnost prehrambenih resursa, kao i reproduktivni i adaptibilni potencijal vrste, predstavljaju determinišuće faktore u odabiru staništa. Prostorna i vremenska distribucija jedinki i gustina populacija određene vrste varira u zavisnosti od uslova staništa, sezone i godine. Ovi pokazatelji populacione strukture su kod glodara u direktnoj vezi sa biomasom vegetacije, distribucijom adekvatnih izvora hrane i klimatskim parametrima (Petrović, 2015).

Prugasti ili poljski miš (*Apodemus agrarius* Pallas, 1771) naseljava vlažne livade, rubove šuma sa dobro razvijenim pojasom grmlja i šiblja, polja, vrtove i parkove. Prema Tsvetkova (2008), prugasti miš je dominantna vrsta glodara na tipičnim stepama, plavnim livadama, sporadično u plavnim i listopadnim šumama, pri čemu preferira vlažnije habitate. Chernousova (2010) potvrđuje prisustvo ove vrste i u četinarskim šumama tipa parka, kao i u urbanim sredinama, iako ne predstavlja sinantropnu vrstu.

Za određivanje dinamike populacije jedne životinjske vrste mogu se koristiti brojni parametri. Seksualni indeks (odnos broja ženki i mužjaka) daje sliku o reproduktivnom potencijalu populacije na određenom lokalitetu, što direktno ukazuje na pravac promena populacione gustine (Petrović, 2015). Na osnovu vrednosti seksualnog indeksa (SI) može se utvrditi koji pol dominira u populaciji. Veća vrednost SI ukazuje na povećan broj ženki u odnosu na ukupan broj jedinki, a sami tim i veći reproduktivni potencijal

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Srbija (petra@polj.uns.ac.rs);

populacije, s obzirom na poligamnost (Simeonovska-Nikolova, 2007) i biološki potencijal ove vrste (Galsworthy i sar., 2005).

Starosne grupe (uzrasni stadijumi ili klase) predstavljaju indikator rasta ili opadanja brojnosti jedinki u populaciji i stoje u uskoj vezi sa natalitetom i mortalitetom.

Postoji nekoliko metoda za određivanje starosti glodara: masa suvog očnog sočiva, istrošenost molara, dužina dijasteme, dužina tela, dužina repa, masa tela i merenje kranijalnih parametara (Adamczewska-Andrzejewska, 1973). Sve više istraživača određuje starost glodara na osnovu dužine tela i dužine repa i mase tela, jer se ovim postupcima jedinka ne mora usmrtniti. Frynta (1993) ističe da između mase tela i starosti glodara postoji direktna proporcija što omogućuje precizno određivanje starosne strukture ovih sisara. Haitlinger (1962) navodi da je rast glodara kontinuiran proces koji traje do kraja života, iako je nešto usporen tokom zime, a ubrzan tokom proleća i leta.

Cilj ovog rada je da prikaže osnovne populacione atribute: gustinu, odnos polova i starosne grupe u populacijama prugastog miša u fragmentiranim staništima na malim površinama, koje su karakteristične za teritoriju Vojvodine.

### Materijal i metode rada

Istraživanje je sprovedeno u Bogojevu tokom 2016. godine, primenom metode transekta koji je započinjao na GPS koordinati N 45°33'34.99" i E 19°01'39.24", a završavao na koordinati N 45°33'36.29" i E 19°00'52.17". Diferencirana su tri potpuno različita fragmentirana staništa: agroekosistem (oranica), livadski i šumski ekosistem. Na svakom tipu ekosistema odabrana je površina dužine od 200 m i širine od 20 do 30 m, u zavisnosti od konfiguracije terena (Tabela 1.). Površine su izdvojene u eksperimentalne kvadrate dimenzija 10 x 10 m u koje je postavljano 1-3 klopke (Šermanove živolovke), na osnovu procene meteoroloških uslova i visine vegetacije. Uzorkovanje je vršeno tokom pet uzastopnih dana, tri puta godišnje (u proleće, leto i jesen). Izlovljene jedinke glodara su determinisane do nivoa vrste, određivan je pol, i izmerene masa tela, dužina tela i dužina repa.

Tabela 1. Floristički sastav ekosistema i dimenzije ispitivane površine  
 Table 1. The ecosystem floristic composition and dimension of the observed area

Ekosistem <i>Ecosystem</i>	Flora <i>Flora</i>	Površina (m) / ha <i>Area (m) / ha</i>
Agroekosistem <i>Agroecosystem</i>	Pšenica <i>Wheat</i>	200 x 30 m / 0,60 ha
Livadski <i>Meadow</i>	<i>Achillea</i> sp., <i>Anchusa</i> sp., <i>Bromus</i> sp., <i>Cichorium</i> sp., <i>Dactylis</i> sp., <i>Daucus</i> sp., <i>Epilobium</i> sp., <i>Erigeron</i> sp., <i>Festuca</i> sp., <i>Galinsoga</i> sp., <i>Galium</i> sp., <i>Geranium</i> sp., <i>Iris</i> sp., Poaceae, <i>Primula</i> sp., <i>Ranunculus</i> sp., <i>Setaria</i> sp., <i>Silene</i> sp., <i>Taraxacum</i> sp., <i>Trifolium</i> sp., <i>Urtica</i> sp., <i>Verbascum</i> sp., <i>Vicia</i> sp. и <i>Viola</i> sp.	200 x 21 m / 0,42 ha
Šumski <i>Forest</i>	<i>Calystegia</i> sp., <i>Phragmites</i> sp., <i>Populus</i> sp., <i>Robinia</i> sp., <i>Rubus</i> sp. и <i>Salix</i> sp.	200 x 26 m / 0,52 ha

Gustina populacije prugastog miša je izračunata na osnovu broja izlovljenih jedinki po jedinici površine (br/ha).

Seksualni indeks (SI) je izračunat primenom formule:

$SI = f/f + m$ , gde je  $f$  – broj ženki,  $m$  – broj mužjaka prugastog miša.

Određivanje starosnih grupa je vršeno na osnovu dužine tela i dužine repa, kao i mase tela prema Yang & Zheng (2003), Vukićević-Radić et al. (2005), Balčiauskienė (2007) i Petrović (2015).

### Rezultati istraživanja i diskusija

Tokom jednogodišnjeg istraživanja, izlovljeno je 108 jedinki prugastog miša, od toga 58 ženki i 50 mužjaka.

Najveća gustina populacije konstatovana je u prolećnom aspektu u agroekosistemu, a najmanja u letnjem aspektu u livadskom ekosistemu (Tabela 2.).

Tabela 2. Gustina populacija *A. agrarius* u različitim ekosistemima izražena u br/ha  
 Table 2. The population density of *A. agrarius* in different ecosystems expressed in no/ha

Vreme Period	Agroekosistem Agroecosystem	Livadski ekosistem Meadow ecosystem	Šumski ekosistem Forest ecosystem
Proleće / Spring	48,33	19,05	21,15
Leto / Summer	8,33	2,38	5,77
Jesen / Autumn	45,00	21,43	28,85
Prosek / Average	33,89	14,29	18,59

Prugasti miš je omnivorna vrsta koja se hrani semenkama, plodovima, zeljastim delovima biljaka, ali i insektima i mekušcima. Zbog toga je gustina populacija ove vrste veća u agroekosistemu (oranica) i šumskom pojasu u odnosu na druge tipove ekosistema.

Prema navodima Chassovnikarova i sar. (2005), vlažnost staništa je u direktnoj pozitivnoj korelaciji sa brojnošću i gustinom populacija. Viša vlažnost uzrokuje razvoj različitih biljnih zajednica koje omogućuju visoku produkciju biomase, samim tim i dobru prehrambenu osnovu prugastom mišu. Izraženija brojnost u agroekosistemu u odnosu na šumski ekosistem se objašnjava postojanjem kompeticije prugastog miša sa drugim vrstama koje imaju sličnu trofičku nišu, naročito žutogrlim mišem (*A. flavicollis*) i šumskim mišem (*A. sylvaticus*), vrstama koje masovno naseljavaju šumske ekosisteme.

Odnos polova u ukupnom uzorku iznosi 53,7% (58) ženki i 46,3% (50) mužjaka. Najviša vrednost seksualnog indeksa je izračunata za šumski ekosistem u prolećnom aspektu, kada je konstatovano 7 ženki i 4 mužjaka. Najniža vrednost seksualnog indeksa registrovana je u jesenjem aspektu na livadskom ekosistemu. Prilikom analize dobijenih podataka, izdvojen je seksualni indeks izračunat za livadski ekosistem u letnjem aspektu, kada je izlovljen samo jedan mužjak (Tabela 3. ).

Vukićević-Radić i sar. (2006) navode da je odnos polova u populaciji prugastog miša izlovljenih na Avali 57.5:42.5% u korist mužjaka. Haitlinger (1962) variranja u odnosu polova objašnjava različitim sezonskim aktivnostima mužjaka i ženki, ali i

starosnim grupama. Isti autor navodi da je, u prvoj i drugoj starosnoj grupi, odnos polova skoro ujednačen, dok se u trećoj i četvrtoj grupi primećuje veća brojnost mužjaka. Veći procenat izlovljenih mužjaka je konstatovan u periodu od februara do avgusta, dok je tokom ostalih meseci odnos polova skoro ujednačen. U oktobru je zabeležen dva puta veći broj ženki nego mužjaka.

Tabela 3. Seksualni indeks populacija *A. agrarius* u različitim ekosistemima  
 Table 3. The population sex index of *A. agrarius* in different ecosystems

Vreme Period	Agroekosistem Agroecosystem	Livadski ekosistem Meadow ecosystem	Šumski ekosistem Forest ecosystem
Proleće / Spring	0,55	0,50	0,63
Leto / Summer	0,60	-	0,33
Jesen / Autumn	0,56	0,33	0,40
Prosek / Average	0,57	0,28	0,45

Jedinke prve starosne grupe (ranog prerproduktivnog perioda) nisu konstatovane ni u jednom tipu ekosistema. To su veoma mlade jedinke koje još nisu napustile mesto koćenja, ili im je radijus kretanja veoma mali. Jedinke četvrte starosne grupe (srednjeg reproduktivnog perioda) su najbrojnije u svim analiziranim ekosistemima i svim periodima ispitivanja.

Dobijeni rezultati se podudaraju sa rezultatima Haitlinger (1962), pri čemu je veća zastupljenost jedinki ove starosne grupe posledica njihove aktivne potrage za hranom, partnerom ili skloništem (Tabela 4.)

Tabela 4. Broj jedinki *A. agrarius* po starosnim grupama u različitim ekosistemima  
 Table 4. The number of *A. agrarius* specimens in different ecosystems

Starosne grupe Age group	1	2	3	4	5	6	7	Ukupno Total
Agroekosistem / Agroecosystem								
aProleće / Spring	0	3	9	11	3	2	1	29
Leto / Summer	0	1	1	2	1	0	0	5
Jesen / Autumn	0	2	11	12	1	1	0	27
Ukupno / Total	0	6	21	25	5	3	1	61
Livadski ekosistem / Meadow ecosystem								
Proleće / Spring	0	0	3	4	1	0	0	8
Leto / Summer	0	0	0	1	0	0	0	1
Jesen / Autumn	0	1	2	4	1	1	0	9
Ukupno / Total	0	1	5	9	2	1	0	18
Šumski ekosistem / Forest ecosystem								
Proleće / Spring	0	2	3	3	1	1	1	11
Leto / Summer	0	0	1	1	1	0	0	3
Jesen / Autumn	0	2	4	6	1	1	1	15
Ukupno / Total	0	4	8	10	3	2	2	29

### Zaključak

Dinamika populacija određene vrste i njena preferenca prema staništu može se odrediti na osnovu različitih populacionih atributa, među kojima su su gustina, seksualni indeks, starosne grupe, natalitet, mortalitet i prostorni raspored.

Prugasti miš predstavlja potencijalno štetnu vrstu u agroekosistemima. Zbog toga poznavanje dinamike njegovih populacija ima veliki značaj za sprečavanje ekonomskih gubitaka. Tokom jednogodišnjeg istraživanja sprovedenih tokom 2016. godine u Bogojevu (Vojvodina), izlovljeno je 108 jedinki prugastog miša, od toga 53,7% (58) ženki i 46,3% (50) mužjaka. Najveća gustina populacije konstatovana je u prolećnom aspektu u agroekosistemu, a najmanja u letnjem aspektu u livadskom ekosistemu. Najveću brojnost u svim analiziranim ekosistemima i svim periodima ispitivanja imale su jedinke četvrte starosne grupe, tj srednjeg reproduktivnog perioda. Ovi rezultati ukazuju na postojanje stabilne populacije sa tendencijom rasta u povoljnim uslovima.

### Napomena

Rad je realizovan u okviru aktivnosti na projektu broj TR 31084, finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.

### Literatura

- Adamczewska-Andrzejewska K. (1973). Growth, Variations and Age Criteria in *Apodemus agrarius* (Pallas, 1771). Acta Theriologica, 18(19), 353-394.
- Balčiauskienė L. (2007). The growth of captive bred field mice (*Apodemus agrarius*). Acta Zoologica Lituanica, 17(4), 313-322.
- Chassovnikarova T., Dimitrov H., Markov G., Mitev D. (2005). Distribution and habitat association of field mouse (*Apodemus agrarius* Pallas, 1771) in National Park „Strandža“. Proceedings of the Balkan Scientific Conference of Biology, Plovdiv, Bulgaria, 19<sup>th</sup>-21<sup>st</sup> May (eds Gruev B., Nikolova M., Donev A.), 428-436.
- Chernousova N.F. (2010). Population Dynamics of Small Mammal Species in Urbanized Areas. Contemporary Problems of Ecology, 3(1), 108-113.
- Frynta D. (1993). Body weight structure in the Wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) population in urban habitats of Prague. Acta Soc. Zool. Bohem. 57, 91-100.
- Galsworthy M.J., Amrein I., Kuptsov P.A., Poletaeva I.I., Zinn P., Rau A., Vysotski A., Lipp H.-P. (2005). A comparison of wild-caught wood mice and bank voles in the Intellicage: assessing exploration, daily activity patterns and place learning paradigms. Behavioural Brain Research, 157, 211-217.
- Haitlinger R. (1962). Morphological Variability in *Apodemus agrarius* (Pallas 1771). Acta Theriologica, 6(8), 239-255.
- Petrović A. (2015). Sezonske fluktuacije voluharica i miševa (Rodentia: Muridae) i njihova uloga kao vektora iksodidnih krpelja (Acari: Ixodidae). Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

- Simeonovska-Nikolova D.M. (2007). Interspecific social interactions and behavioral responses of *Apodemus agrarius* and *Apodemus flavicollis* to conspecific and heterospecific odors. *J. Ethol.*, 25, 41-48.
- Tsvetkova A.A., Oparin M.L., Oparin O.S. (2008). Role of small mammals in natural and anthropogenic landscapes of the Right-Bank Region of Saratov Oblast. *Russian Journal of Ecology*, 39(2). 123-129.
- Vukićević-Radić O., Matić R., Kataranovski D., Stamenković S (2006). Spatial organization and home range of *Apodemus flavicollis* and *A. agrarius* on mt. Avala, Serbia. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 52(1), 81–96.
- Yang Z., Zheng Y. (2003). Age estimation of population of *Apodemus agrarius* with body weight without viscera. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*. 2003-05. Dostupno na <http://en.cnki.com.cn>

## POPULATION ATTRIBUTES OF APODEMUS AGRARIUS PALLAS 1771 IN FRAGMENTED HABITATS

*Aleksandra Petrović<sup>1</sup>, Branka Ljevnaić-Mašić<sup>1</sup>, Aleksandar Jurišić<sup>1</sup>,  
Ivana Ivanović<sup>1</sup>, Ivana Supić<sup>1</sup>, Vojislava Bursić<sup>1</sup>, Aleksandra Popović<sup>1</sup>*

### Abstract

The aim of the study is to present the population attributes: population density, sex ratio and age groups in striped field mouse populations at small areas of fragmented habitats. During an one-year study, 108 individuals were captured: 58 females and 50 males. The highest population density was found in the spring in the agroecosystem, and the lowest in the summer in the meadow ecosystem. The highest value of the sex index was calculated for the forest ecosystem in the spring. The highest numbers in all ecosystems and in all periods of study have had specimens of the medium reproductive period, which could be explained by an active search for food, partner or shelter.

**Key words:** striped field mouse, *Apodemus agrarius*, population density, sex ratio, age groups

---

<sup>1</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Serbia (petra@polj.uns.ac.rs)

## OSTACI PESTICIDA U UZORCIMA POVRĆA IZ ORGANSKE I KONVENCIONALNE PROIZVODNJE

*Aleksandra Petrović<sup>1</sup>, Jelena Kovač<sup>1</sup>, Vojislava Bursić<sup>1</sup>, Gorica Vuković<sup>2</sup>, Dušan Marinković<sup>1</sup>, Tijana Zeremski<sup>3</sup>, Sonja Gvozdenac<sup>3</sup>*

**Izvod:** Poređene su detekcije pesticida sa propisanim MDK organskih i konvencionalnih proizvoda. Analizirano je šest uzoraka povrća iz organske, četiri iz konvencionalne proizvodnje i jedan iz perioda konverzije. Uzorak belog krompira iz organske proizvodnje sadržavao je ostatke imidakloprida, propikonazola i piperonil butoksid. Imidakloprid je bio iznad propisanih MDK. U uzoraku mrkve iz konvencionalne proizvodnje detektovani su azoksistrobin, boskalid, piraklostrobin i difenokonazol u propisanim granicama, dok je koncentracija mandipropamida bila iznad MDK.

**Ključne reči:** ostaci pesticida, povrće, organska i konvencionalna proizvodnja, LC-MS/MS

### Uvod

Poznato je da se pesticidi i njihovi metaboliti, u ljudski organizam, mogu uneti sa hranom i vodom. Danas se u proizvodnji hrane i namirnica koristi preko 60 hiljada hemijskih sredstava, dok se 90% štetnih materija unosi hranom. Zbog toga je poslednjih decenija, poraslo interesovanje i tražnja za organskim proizvodima širom sveta (Kovačević i Milošević, 2015). Organska proizvodnja se zasniva na proizvodnji zdravstveno bezbedne i kvalitetne hrane, korišćenjem prirodnih resursa na ekološki održiv način. Ovaj način poljoprivredne proizvodnje, za razliku od konvencionalne, u potpunosti eliminiše primenu pesticida, sintetičkih mineralnih đubriva, regulatora rasta, hormona, antibiotika, aditiva i genetski modifikovanih organizama.

Zabrana upotrebe sintetičkih hemijskih preparata koji se koriste u konvencionalnoj proizvodnji radi suzbijanja bolesti, štetočina i korova, najveći je problem sa kojim se sreću proizvođači organske hrane. Iako se u organskoj proizvodnji ne koriste sintetički preparati za zaštitu bilja, izvesne kontaminacije mogu se javiti dospevanjem agrohemikalija preko zemljišta, vode ili zanošenjem pesticida prilikom tretiranja susednih površina (Benbrook and Baker, 2014).

Evropska Regulativa EC 889/2008 propisuje da je ciljano maksimalno dozvoljena količina (MDK) ostataka pesticida u proizvodu iz organske proizvodnje 0,01 mg/kg, ovu MDK propisuje i USDA (United States Department of Agriculture) u nacionalnom programu iz 2011. godine, koji podržava USEPA (United States Environmental Protection Agency). Izuzetno je važno imati na umu da se u organskim proizvodima ne tolerišu multiple detekcije, odnosno, da jedan proizvod ne može sadržavati više

<sup>1</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni Fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad, Srbija (bursicv@polj.uns.ac.rs);

<sup>2</sup>Zavod za javno zdravlje Beograd, Bulevar despota Stefana 54a, Beograd, Srbija;

<sup>3</sup>Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija.



detektovanih ostataka pesticida. Naime, BNN (Bundesverband Naturkost Naturwaren), navode da se u organskim proizvodima mogu detektovati najviše dva ostataka pesticida na nivou 0,01 mg/kg kako bi se i dalje smatrali organskim proizvodima. Prihvaćena orijentaciona vrednost od 0,01 mg/kg je praktično validna za sve proizvode za zaštitu bilja sa izuzetkom supstance propisanih Aneksom II EC i sinergist piperonil butoksid.

U ovom radu će biti analizirano povrće iz organske i konvencionalne proizvodnje. Hromatografsko razdvajanje ekstrakta, dobijenih QuEChERS metodom, će biti izvedeno tečnom hromatografijom sa tandem masenom spektrometrijom (LC-MS/MS), uz karbofuran-D3 kao interni standard.

### Materijal i metode rada

**LC-MS/MS.** Tečni hromatograf Agilent 1100 sa Agilent 6410B masenim spektrometrom i MMI jonskim izvorom. Za jonizaciju je korišćen ES jonizacija u pozitivnom modu. Korišćen je autosempler model Agilent G1367D i binarna pumpa Agilent G1312B. Mobilna faza A: 0,1% HCOOH u MeOH i B: 0,1% HCOOH u vodi, pri protoku od 0,4 mL/min u gradijentnom modu. Hromatografsko razdvajanje je izvedeno na Zorbax Eclipse XDB-C18 koloni.

**Validacioni parametri** su postavljeni u skladu sa SANTE/11813/2017 na obogaćenom kontrolnom uzorku krompira, crnog luka i mrkve, a obuhvataju ispitivanje tačnosti, preciznosti metode, linearnosti, limita detekcije (LOD) i limita kvantifikacije (LOQ).

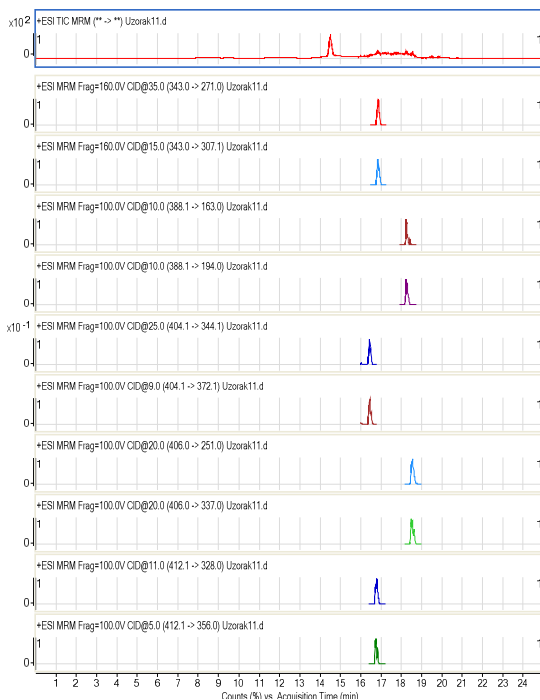
**Formiranje uzorka.** Za analizu je uzeto jedanaest uzoraka povrća iz organske i konvencionalne proizvodnje (Tabela 1.).

Tabela 1. Uzorci povrća/Vrsta povrća; vrsta proizvodnje; proizvođač  
*Table 1. Vegetable samples/Production/Producer*

1	Beli krompir; organska proizvodnja; „Šokšić” br. sertifikata 219/07
2	Crveni krompir; organska proizvodnja; „Šokšić” br. sertifikata 219/07
3	Crveni krompir; period konverzije; „Vlček”
4	Crni luk; organska proizvodnja; „Šokšić” br. sertifikata 219/07
5	Crni luk; organska proizvodnja; „Čikoš”
6	Mrkva; organska proizvodnja; „Šokšić” br. sertifikata 219/07
7	Mrkva; organska proizvodnja; „Čikoš”
8	Beli krompir; konvencionalna proizvodnja
9	Crveni krompir; konvencionalna proizvodnja
10	Crveni luk; konvencionalna proizvodnja
11	Mrkva; konvencionalna proizvodnja

### Rezultati istraživanja i diskusija

Kvantifikacija ostataka pesticida (mg/kg) se dobija iz kalibracionih krivih metodom standardnog dodatka uz korišćenje internog standarda. Analiziran uzorka mrkve iz konvencionalne proizvodnje sa detekcijama azoksistrobina, mandipropamida, boskalida, piraklostrobina i difenokonazola je prikazan na Slici 1.



Slika 1. TIC hromatogram sa MRM prelazima uzorka mrkve (uzorak 11)  
 Figure 1. TIC and MRM chromatogram of carrot sample

MDK vrednosti u proizvodima iz konvencionalne proizvodnje su propisane Nacionalnim Pravilnikom (Sl. glasnik RS, br. 29/2014 i 37/2014).

Tabela 2. Detektovani ostaci pesticida u uzorcima povrća (mg/kg)  
 Table 2. Detected pesticide residues in vegetable samples (mg/kg)

Pesticid Pesticide	Uzorak Sample										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Imidakloprid	0,013	*	0,006	*	*	*	*	*	*	*	*
Metalaksil	*	*	*	*	*	0,003		0,006			
Propikonazol	0,003	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Piperonil butoksid	0,004	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Azoksistrobin	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,008
Mandipropamid	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,016
Boskalid	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,084
Piraklostrobin	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,032
Difenokonazol	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,028

\*- vrednosti ispod LOD

Uredba (Comm. Reg. EC 178/2002) propisuje novo ostataka pesticida u organskim proizvodima od 0,01 mg/kg. Uzorci 1, 2, 3, 4, 5 i 6 se mogu svrstati u organske proizvode, iako uzorak 1 sadrži imidakloprida iznad 0,01 mg/kg. Pošto su u uzorku 1 detektovana tri pesticida onda se za imidakloprid može uzeti merna nesigurnost od 50% (propisana DG SANTE/11813/2017 stav E10), nakon čega se dobija usaglašena vrednost sa Uredbom i uzorak se može smatrati da pripada organskoj proizvodnji (IFOAM EU GROUP Guideline for Pesticide Residue Contamination for International Trade in Organic Version, 2012).

Uzori 8, 9, 10 i 11 su uzeti iz konvencionalne proizvodnje. U uzorcima 9 i 10 nisu detektovani ostaci pesticida, u uzorku 8 količine pesticida su ispod MDK vrednosti, dok se u uzorku 11 (uzorak mrkve) pojavljuju višestruke detekcije sa koncentracijom mandipropamida iznad MDK.

### **Zaključak**

Poređenjem uzoraka povrća dva tipa proizvodnje, po pitanju ostataka pesticida, možemo zaključiti da su proizvođači konvencionalnog povrća po pitanju ostataka pesticida počeli da sprovode principe dobre poljoprivredne prakse, ali da se i dalje koriste pesticidi koji nisu registrovani u Srbiji za datu kulturu. Sa druge strane, prisustvo ostataka pesticida u organskim proizvodima ne treba povezivati sa direktnom upotrebom pesticida nego sa drugim faktorima kao što su pojava zanošenja ili kontaminirana životna sredina. Treba raditi na podizanju ljudske svesti o benefitima proizvoda iz organske poljoprivrede i o potrebi zaštite životne sredine, uzimajući u obzir da biljke mogu da akumuliraju pesticide iz zagađenog zemljišta, vode ili vazduha.

### **Literatura**

- Benbrook C. M. and Baker B. P. (2014). Perspective on dietary risk assessment of pesticide residues in organic food. *Sustainability*, 6:3552-3570.
- IFOAM EU GROUP Guideline for Pesticide Residue Contamination for International Trade in Organic Version August 3, 2011, updated March 12, 2012.
- Kovačević D., Milošević M. (2015). *Organska poljoprivreda monografija*. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet – Zemun.
- Pravilnik o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja, Sl. glasnik RS, br. 29/2014 i 37/2014.
- Regulation (EC) No 178/2002. General principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety.
- Regulation (EC) No 889/2008. Organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control.
- SANTE/11813/2017. Guidance document on analytical quality control and method validation procedures for pesticides residues analysis in food and feed.

## PESTICIDE RESIDUES IN VEGETABLE SAMPLES IN ORGANIC AND CONVENTIONAL PRODUCTION

*Aleksandra Petrović<sup>1</sup>, Jelena Kovač<sup>1</sup>, Vojislava Bursić<sup>1</sup>, Gorica Vuković<sup>2</sup>, Dušan Marinković<sup>1</sup>, Tijana Zeremski<sup>1</sup>, Sonja Gvozdenac<sup>3</sup>*

### Abstract

The detections of pesticides in organic and conventional productions were compared with the MRLs. Six vegetable samples from organic production, 4 from conventional production and one from the conversion period were analysed. The white potato sample from the organic production contained imidacloprid, propiconazole and piperonyl butoxide residues. Imidacloprid was found to be above the MRL. In the carrot sample from conventional production the azoxystrobin, boscalid, pyraclostrobin and difenoconazole were detected in the regulated limits, while the mandipropamid concentration were above the MRL.

**Key words:** pesticide residues, vegetable, organic and conventional production, LC-MS/MS

---

<sup>1</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, 21000 Novi Sad, Serbia (bursicv@polj.uns.ac.rs)

<sup>2</sup>Institute of Public Health of Belgrade, Bul. despota Stefana 54a, 11000 Belgrade, Serbia

<sup>3</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Serbia

## SADRŽAJ POLIFENOLA I ANTIOKSIDATIVNI KAPACITET EKSTRAKATA LISTOVA PARADAJZA ZARAŽENIH PLAMENJAČOM

Dejan Prvulović<sup>1</sup>, Slađana Medić-Pap<sup>2</sup>, Dario Danojević<sup>2</sup>,  
Sonja Tančić-Živanov<sup>2</sup>, Dragana Latković<sup>1</sup>

**Izvod:** Plamenjača je jedan od glavnih uzroka smanjenja prinosa paradajza što može dovesti do velikih ekonomskih gubitaka. U ovom radu je ispitan biohemijski odgovor listova paradajza sorte 'Plovdivski kasni' na infekciju prouzrokovavčem plamenjače *Phytophthora infestans*. Utvrđeno je da postoji korelacija između stepena zaraženosti biljke i sadržaja ukupnih polifenola i flavonoida u listovima. Različiti sadržaj fenolnih jedinjenja je uticao i na antioksidativni kapacitet ekstrakata listova. Povećanjem stepena infekcije sadržaj rastvorljivih polifenolnih jedinjenja i antioksidativni kapacitet listova se smanjivao.

**Ključne reči:** antioksidantni testovi, fenoli, paradajz, plamenjača

### Uvod

Paradajz (*Solanum lycopersicum* L.) je jedna od najznačajnijih povrtarskih vrsta, koristi se širom sveta u velikim količinama u svežem ili prerađenom obliku (Ray i sar., 2011). Plamenjača koju prouzrokuje *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary je glavni uzročnik smanjenja prinosa paradajza (Nowicki i sar., 2013). Razvoju i širenju bolesti pogoduje pro hladno, kišovito vreme praćeno visokom relativnom vlažnošću vazduha (Medić-Pap i sar., 2017). U takvim uslovima spoljne sredine hemijski tretmani su se pokazali kao neefikasni (Gisi i sar., 2011).

Biljke su razvile brojne odbrambene mehanizme od napada patogena. Kontakt sa patogenom dovodi do aktivacije strukturnih i hemijskih barijera koje štite organizam od daljeg prodora mikroorganizama u tkiva i organe (Lattanzio i sar., 2006). Poznato je da je prvi odgovor biljke na napad patogena brza sinteza velike količine reaktivnih kiseoničnih čestica ROS (reactive oxygen species) (Mandal i sar., 2008). ROS imaju veoma značajnu ulogu kao signalni molekuli, ali su istovremeno i vrlo reaktivni. Da bi se predupredili toksični efekti delovanja ROS biljke proizvode enzimske i neenzimske antioksidantne mehanizme odbrane koji su sposobni da uklanjaju reaktivne kiseonične čestice (Helepciuc i sar., 2014).

Polifenoli su velika klasa sekundarnih biomolekula biljaka koji imaju veoma značajnu ulogu u odbrani organizma od patogena (Freeman i Beatie, 2008). Flavonoidi, jedna od podklasa fenolnih jedinjenja, imaju važnu ulogu u otpornosti biljaka prema patogenim bakterijama i gljivama (Oszmiański i sar., 2015). Flavonoidi na različite načine mogu da zaštite biljku: da dovedu do inaktivacije enzimskih sistema kod

<sup>1</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad, Srbija (dejanp@polj.uns.ac.rs);

<sup>2</sup>Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija;

patogena ili da formiraju kristalne structure u biljnom tkivu koje će sprečiti dalji prodor patogena (Skadhauge i sar., 1997). Polifenolna jedinjenja su efikasni antioksidansi, sposobni da neutrališu slobodne kiseonične radikale koje proizvode patogeni i/ili biljka (Dai i sar., 1996).

Cilj ovog rada je bio da se ispita uticaj stepena zaraženosti listova plamenjačom na sadržaj polifenolnih jedinjenja i antioksidativni kapacitet listova paradajza sorte Plovdivski kasni.

### Materijal i metode rada

Listovi paradajza sorte 'Plovdivski kasni' za biohemijsku analizu uzorkovani su u fazi plodonošenja iz poljskog ogleđa na lokalitetu Rimski Šančevi. Uzeto je po slučajnom izboru ukupno 30 (10 po ponavljanju) potpuno razvijenih vrših listova sa različitim biljaka. Intenzitet prirodne zaraze listova plamenjačom ocenjen je po modifikovanoj EPPO skali: 0-bez simptoma, 1-manje od 5% površine lista sa simptomima 2-5-10% površine lista sa simptomima 3-10-25% površine lista sa simptomima 4- 25-50% površine lista sa simptomima 5- plamenjača prekriva više od 50% lisne površine. Nakon ocene listovi su grupisani na osnovu intenziteta oboljenja i urađena je biohemijska analiza.

Suvi biljni materijal (200 mg) je samleven u mlinu do finog praha i ekstrahovan sa 50 mL 70% rastvora acetona u toku 24 časa. Nakon centrifugiranja na 5000 obrtaja min<sup>-1</sup> u toku 10 minuta, supernatant je prenet u obeležene kivete i čuvan u frižideru za dalje biohemijske analize.

Sadržaj ukupnih polifenola (UP) je određen kolorimetrijskom metodom pomoću Folin-Ciocalteu reagensa (Nagavani i Raghava Rao, 2010). Koncentracija ukupnih flavonoida (UF) u biljnom materijala je izmeren spektrofotometrijski pomoću rastvora AlCl<sub>3</sub> (Saha i sar., 2013). Sadržaj UP i UF u acetonskim ekstraktima lista paradajza je izražen u miligram-ekvivalentima kvercetina u gramu suvog biljnog materijala (mg QE/g SM). Antioksidativni kapacitet ekstrakata lista paradajza je izmeren sa šest različitih spektrofotometrijskih testova. Sposobnost uklanjanja DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikala je izmerena po metodi koju su opisali Lai i Lim (2011). Ukupna antioksidativna aktivnost (UAA) je određena fosfomolibdenskom metodom (Kalaskar i Surana, 2014). Metodom po Saha i sar. (2013) je određen ukupni redukcionni kapacitet (URK) acetonskih ekstrakata. Rezultati FRAP (ferric-reducing antioxidant power) testa su dobijeni metodom opisanom u radu Valentão i sar. (2002). Sposobnost uklanjanja molekula ABTS (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfonska kiselina) je određena po metodi Miller i sar. (1993). Rezultati testova antioksidativne aktivnosti su izraženi u miligram-ekvivalentima troloksa u gramu suvog biljnog materijala (mg trolox/g SM). Sposobnost inhibicije formiranja superoksid radikala ekstrakata je izmerena preko NBT (nitro blue tetrazolium) testa i izražena u % inhibicije (Kalaskar i Surana, 2014). Merenja su urađena u tri ponavljanja

Dobijeni rezultati biohemijskih parametara su obrađeni u statističkom programu STATISTICA ver. 12 (StatSoft, Inc., USA) primenom analize varijanse i poređenjem srednjih vrednosti putem Bonferoni testa ( $P < 0,05$ ). Koeficijenti korelacija su izračunati prema Spearman-u.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Sadržaj ukupnih polifenola opada sa povećanjem zaraženosti lisne površine plamenjačom (Tabela 1). Pri čemu je najveća razlika u sadržaju ukupnih polifenola između listova bez prisustva simptoma i listova na kojima plamenjača prekriva manje od 5% površine lista. U sadržaju ukupnih flavonoida nema značajne razlike između listova bez simptoma i listova sa intenzitetom infekcije do 10% (Tabela 1). Pri povećanju zaraženosti listova iznad 10% sadržaj UF opada.

Tabela 1. Sadržaj polifenola i antioksidativna aktivnost ekstrakata lista paradajza  
 Table 1. Polyphenolic content and antioxidant activity of tomato leaves extracts

Parametar <i>Parameter</i>	Stere infekcije <i>Infection rate</i>				
	0	1	2	3	4
Ukupni polifenoli (UP) <i>Total polyphenolics(TP)</i>	52,27 ± 0,797	50,81 ± 1,262	52,12 ± 1,031	41,99 ± 0,398	33,89 ± 0,793
Ukupni flavonoidi (UF) <i>Total flavonoids(TF)</i>	35,64 ± 0,349	20,23 ± 0,737	14,81 ± 0,149	15,47 ± 0,129	8,47 ± 0,165
DPPH test <i>DPPH test</i>	4,41 ± 0,121	3,76 ± 0,292	2,80 ± 0,196	2,41 ± 0,239	1,38 ± 0,078
ABTS test <i>ABTS test</i>	1,57 ± 0,006	1,50 ± 0,039	1,31 ± 0,049	1,33 ± 0,017	1,22 ± 0,059
FRAP test <i>FRAP test</i>	6,62 ± 0,181	4,98 ± 0,189	3,64 ± 0,083	3,42 ± 0,115	2,54 ± 0,117
NBT test <i>NBT test</i>	55,81 ± 1,030	52,96 ± 1,151	52,05 ± 0,992	43,22 ± 0,358	35,77 ± 0,669
Ukupni redukcionni kapacitet (URK) <i>Total reduction capacity (TRC)</i>	8,95 ± 0,245	9,13 ± 0,181	9,34 ± 0,183	8,90 ± 0,092	7,20 ± 0,161
Ukupna antioksidativna aktivnost (UAA) <i>Total antioxidant activity (TAA)</i>	53,77 ± 2,431	57,463 ± 1,413	61,03 ± 2,491	59,51 ± 0,467	50,31 ± 1,229

<sup>1</sup>mg QE/g SM <sup>2</sup>mg trolox/g SM <sup>3</sup>%

Pri porastu zaraženosti listova od 0 do 25% nije ustanovljena značajna razlika u vrednostima URK. Međutim uočava se značajan pad URK kada zaraženost lista dostigne 25-50% (Tabela 1). Ukupna antioksidativna aktivnost raste sa povećanjem zaražene površine listova, ali opada kada ta zaraženost pređe 25% (Tabela 1).

Dobijeni rezultati ukazuju da se biljka u početnim fazama infekcije brani akumulacijom UK i UF i povećanjem antioksidativne aktivnosti. Što je u saglasnosti sa Nowicki et al., (2012). koji ukazuju na to da su fenolna jedinjenja uključena u primarnu liniju odbrane biljaka paradajza pri napadu *P. infestans*.

Visoko značajna negativna korelacija utvrđena je između intenziteta oboljenja listova i sadržaja ukupnih fenola, ukupnih flavonoida, DPPH, ABTS, FRAP i NBT testa (Tabela 2.). Dok su ovi biohemijski parametri međusobno u pozitivnoj korelaciji.

Tabela 1. Korelacija između biohemijskih parametara i intenziteta zaraženosti lista  
 Table 1. Correlation between biochemical parameters and leaf infection intensity

Parametar <i>Parameter</i>	UP	UF	DPPH	ABTS	FRAP	NBT	URK	UAA
Intenzitet oboljenja/ <i>Disease severity</i>	-0,80**	-0,88**	-0,97**	-0,89**	-0,98**	-0,95**	-0,51	-0,03
UP <sup>1</sup> /TP <sup>1</sup>		0,55	0,83**	0,69**	0,85**	0,86**	0,59*	0,36
UF <sup>1</sup> /TF <sup>1</sup>			0,88**	0,92**	0,86**	0,80**	0,30	-0,04
DPPH <sup>2</sup> /DPPH <sup>2</sup>				0,92**	0,99**	0,91**	0,45	0,05
ABTS <sup>2</sup> /ABTS <sup>2</sup>					0,91**	0,85**	0,23	-0,01
FRAP <sup>2</sup> /FRAP <sup>2</sup>						0,95**	0,48	0,06
NBT <sup>3</sup> /NBT <sup>3</sup>							0,50	0,11
URK <sup>2</sup> /TRC <sup>3</sup>								0,63*

\*značajno na nivou 5% \*\* značajno na nivou 1%

### Zaključak

Rezultati prikazani u ovom radu ukazuju na negativnu korelaciju između sadržaja polifenolnih jedinjenja, antioksidativnog kapaciteta i stepena infekcije listova paradajza sorte 'Plovdivski kasni' sa *P. infestans*. Povećanjem intenziteta zaraženosti listova paradajza ove sorte smanjuje se biosinteza polifenolnih jedinjenja što za posledicu ima niži kapacitet antioksidativne zaštite.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta TR-31030 „Stvaranje sorata i hibrida povrća za gajenje na otvorenom polju i zaštićenom prostoru“ koji finansira [Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije](#).

### Literatura

- Dai G.H., Nicole M., Andary C., Martinez C., Bresson E., Boher B., Daniel J.F., Geiger J.P. 1996. Flavonoids accumulate in cell walls, middle lamellae and callose-rich papillae during an incompatible interaction between *Xanthomonas campestris* pv. *Malvacearum* and cotton. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 49,285-306.
- Freeman B.C., Beattie G.A. 2008. An overview of plant defences against Pathogens and Herbivores. *The Plant Health Instructor*, DOI: 10.1094/PHI-I-2008-0226-01
- Gisi U., Walder F., Resheat-Eini Z., Edel D., Sierotzki H. 2011. Changes of genotype, sensitivity and aggressiveness in *Phytophthora infestans* isolates collected in European countries in 1997, 2006 and 2007. *Journal of Phytopathology* 159, 223-232.



- Halepciuc F., Mitoi M., Manole-Păunescua A., Aldea F., Brezeanua A., Cornea C. 2014. Induction of plant antioxidant system by interaction by beneficial and/or pathogenic microorganisms. *Romanian Biotechnological Letters*, 19 (3),9366-9375.
- Kalaskar M.G., Surana S.J. 2014. Free radical scavenging, immunomodulatory activity and chemical composition of *Luffa acutangula* var. *Amara* (*Cucurbitaceae*) pericarp. *Journal of Chilean Chemical Society*, 59 (1), 2299-2302.
- Lai H.Y., Lim Y.Y. 2011. Evaluation of antioxidant activities of the methanolic extracts of selected ferns in Malaysia. *International Journal of Environmental Science Development*, 2, (6), 442-447.
- Lattanzio V., Lattanzio V.M.T., Cardinali A. 2006. Role of phenolics in the resistance mechanisms of plant against fungal pathogens and insects. *Phytochemistry: Advances in Research* (ed. Filippo Imperato). Research Signpost, Kerala, India, pp: 23-67.
- Mandal S., Mitra A., Mallick N. 2008. Biochemical characterization of oxidative burst during interaction between *Solanum lycopersicum* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 72, 56-61.
- Medić-Pap S., Danojević D., Takač A., Maširević S., Červenski J., Popović V. 2017. Preliminary results of resistance of tomato accessions to late blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary). *Ratarstvo i povrtarstvo* 54 (3), 87-92.
- Miller N.J., Rice-Evans C.A., Davies M.J., Gopinathan V., Milner A. 1993. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science*, 84,407-412.
- Nagavani Dai, G.H.; Nicole, M.; Andary, C.; Martinez, C.; Bresson, E.; Boher, B.; Daniel, J.F.; Geiger, J.P. Flavonoids accumulate in cell walls, middle lamellae and callose-rich papillae during an incompatible interaction between *Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum* and cotton. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, Raghava Rao T. 2010. Evaluation of antioxidant potential and identification of polyphenols by RP-HPLC in *Michelia champaca* flowers. *Advances in Biological Research*, 4 (3),159-168.
- Nowicki M., Foolad M., Nowakowska M., Kozik E. 2012. [Potato and Tomato Late Blight Caused by \*Phytophthora infestans\*: An Overview of Pathology and Resistance Breeding](#) *Plant Disease* 96, 1, 4-17.
- Nowicki M., Kozik E.U., Foolad M.R. 2013. Late blight of tomato. In: Varshney RK, Tuberosa R, editors. *Translational genomics for crop breeding*: John Wiley & Sons Ltd. pp. 241–265.
- Oszmiański J., Kolniak-Ostek J., Biernat A. 2015. The content of phenolic compounds in leaf tissues of *Aesculusglabra* and *Aesculusparviflora* Walt. *Molecules*, 20, 2176-2189.
- Ray R.C., El Sheikha A.F., Panda S.H., Montet, D. 2011. Anti-oxidant properties and other functional attributes of tomato: An overview. *International Journal of Food and Fermentation Technology*. 1,139-148.
- Saha A.K., Rahman Md.R., Shahriar M., Saha S.K., Al Azad N., Das S. 2013. Screening of six Ayurvedic medicinal plant extracts for antioxidant and cytotoxic activity. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2 (2),181-188.

- Skadhauge B., Thomsen K., von Wettstein D., 1997. The role of barley testa layer and its flavonoid content in resistance to *Fusarium* infections. *Hereditas*, 126,147-160.
- Valentão P., Fernandes E. Carvalho F., Andrade P.B., Seabra R.M. Bastos M.L. 2002. Antioxidative properties of cardoon (*Cynara cardunculis* L.) infusion against superoxide radical, hydroxyl radical, and hypochlorous acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (17), 4989-4993.

## **POLYPHENOLIC CONTENT AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF TOMATO LEAVES EXTRACTS INFECTED WITH LATE BLIGHT**

*Dejan Prvulović<sup>1</sup>, Slađana Medić-Pap<sup>2</sup>, Dario Danojević<sup>2</sup>,  
Sonja Tančić-Živanov<sup>2</sup>*

### **Abstract**

Late blight is one of the main causes of the tomato yield losses. In this paper, the biochemical response of tomato variety Plovdivski kasni in leaves infected with *Phytophthora infestans* was analyzed. It was found that there is a correlation between the degree of disease severity and the content of total polyphenols and flavonoids in the leaves. The different content of phenolic compounds also affected the antioxidant capacity of leaf extracts. By increasing the degree of infection, the content of the soluble polyphenolic compounds and the antioxidant capacity of the leaves decreased.

**Key words:** antioxidant activity, late blight, polyphenolics, tomato

---

<sup>1</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Serbia (dejanp@polj.uns.ac.rs);

<sup>2</sup>Institut of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Serbia;

## PREGLED LEKOVITIH BILJNIH TAKSONA RAZDELA MAGNOLIOPHYTA NA LOKALITETU KOŠUTNJAK

*Ljubica Šarčević - Todosijević<sup>1</sup>, Bojana Petrović<sup>1</sup>, Tatjana Marinković<sup>1</sup>,  
Ljubiša Živanović<sup>2</sup>, Vera Popović<sup>3</sup>*

**Izvod:** U ovom radu, dat je prikaz sakupljenih biljnih vrsta, koje taksonomski pripadaju razdelu Magnoliophyta, na lokalitetu Košutnjak (Beograd). Primećen je značajan diverzitet flore lekovitih biljaka. Biološki materijal je herbarizovan i determinisan pomoću ključeva za determinaciju biljaka. Terapijsko dejstvo lekovitog bilja, zasniva se na farmakološki aktivnim sastojcima, koji uglavnom pripadaju grupi sekundarnih metabolita.

**Ključne reči:** biljke, Magnoliophyta, lekovitost, sekundarni metaboliti.

### Uvod

Biološki resursi - biljni genetički resursi, predstavljaju u širem smislu celokupni biljni materijal na svetu i imaju potencijalnu vrednost za čoveka. Danas u svetu postoji oko 1300 registrovanih institucija, koje su stvorene da kolekcionišu genetičke resurse (Popović, 2015). Pojam biodiverzitet, čiji je koncept nastao u toku Nacionalnog foruma za biodiverzitet u Vašingtonu (Stevanović i Vasić, 1995), obuhvata sveukupnu raznolikost, različitost i promenljivost živih organizama unutar ekosistema, čiji su neraskidivi deo. S obzirom na to da je biološka evolucija nepovratan proces, tokom kojeg nastaju organske vrste, od kojih svaka predstavlja originalnu i neponovljivu kombinaciju gena, a pri tome ima i nezamenljivu ulogu u ciklusu života na planeti, neosporno je da u okviru sprovođenja mera zaštite i očuvanja prirodnih vrednosti treba uključiti, pre svega, očuvanje biodiverziteta, to jest ekosistemske, genske i specijske raznovrsnosti, kao glavnih komponenti. O stanju agrobiodiverziteta govori i brojnost novostvorenih sorata i lokalnih populacija (autohtone domaće i odomaćene strane sorte). Na nacionalnoj sortnoj listi, nalazi se oko 5000 sorata i oko 200 biljnih vrsta, koje su grupisane u sledeće grupe: strna žita i kukuruz; industrijske biljke; krmne biljke; povrće i voće i vinova loza; i aromatične, začinske i lekovite biljke (Popović, 2015). Bez biodiverziteta nema biogeohemijskih ciklusa i produkcije kiseonika, nema funkcionisanja ekosistema, nema fotosinteze, niti razgradnje organske materije. Očuvani biodiverzitet doprinosi regulaciji klime, umanjuje efekat gasova staklene bašte, održava kvalitet vazduha i vode itd. (Popović, 2015; Dražić, 2015).

Biološka raznovrsnost najbolje se može spoznati proučavanjem razdela Magnoliophyta (skrivenosemnice), jedne od najbrojnijih grupa unutar biljnog carstva. Evolucija skrivenosemenica traje već oko sto dvadeset miliona godina (Tatić i Blečić,

<sup>1</sup>Visoka zdravstveno-sanitarna škola strukovnih studija "Visan", Tošin bunar, 7a, Zemun, Beograd, Srbija (ljsarcevic@gmail.com);

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Zemun, Beograd, Srbija;

<sup>3</sup>Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog, 30, Novi Sad, Srbija.

1984), što je rezultiralo bogatstvom vrsta i životnih formi. Zajednička svojstva Magnoliophyta su: dominacija sporofita, uz redukciju gametofita; prisustvo cvetova s perijantom, prašnicima i tučkom na zajedničkoj osovini; dvojno oplodjenje, koje uključuje stvaranje zigota i endosperma. Fiziologija skrivenosemenica je takođe vrlo efikasna jer pokazuje veliku plastičnost vegetativnih organa i raznovrsnost građe cveta, pri čemu su sprovodna tkiva savršenija u odnosu na druge kopnene biljke zbog prisustva traheja. Navedene osobine omogućile su kosmopolitizam skrivenosemenica na planeti (Jančić, 2004).

S aspekta razvoja ljudskog društva, biodiverzitet je izvor biološkog materijala, neophodnog za dalji tehnološki napredak različitih grana industrije, pri čemu upravo skrivenosemenice imaju najveći ekonomski značaj. Skrivenosemenice obuhvataju vrste na kojima je zasnovana ishrana skoro celokupnog čovečanstva, a veliki broj vrsta se koristi u farmaciji, medicini i narodnoj medicini. Čovek je od davnina okrenut ka prirodnim izvorima lekovitih supstanci jer u prirodi postoji ogroman resurs takvih jedinjenja.

Pojam "droga" u farmaciji predstavlja lekovitu sirovinu, poreklom iz prirode. To su suvi biljni ili životinjski delovi ili organi, koji sadrže farmakološki aktivna jedinjenja. Najveće količine biljne sirovine, koja se preradi u droge ili koristi za različite oblike ekstrakcije, dobija se organizovanom proizvodnjom (plantaže biljaka, proizvodnja u bioreaktorima primenom *in vitro* kultura biljnih tkiva), ali se vrši i sakupljanje samoniklih biljaka sa prirodnih staništa (Kovačević, 2004).

U ovom radu, dat je pregled lekovitih biljnih taksona razdela Magnoliophyta (skrivenosemenice) na lokalitetu Košutnjak (Beograd).

### **Materijal i metod rada**

Na lokalitetu Košutnjak, biljni materijal je sakupljen, prečišćen, adekvatno osušen i herbarizovan. Biljke su sakupljane po sunčanom vremenu pojedinačno, da ne bi došlo do zamene i mešanja materijala. Prikupljene su 32 biljne vrste u okviru 24 porodice skrivenosemenica: Rosaceae, Brassicaceae, Tiliaceae, Primulaceae, Salicaceae, Aristolochiaceae, Violaceae, Liliaceae, Poaceae, Asteraceae, Geraniaceae, Apiaceae, Araliaceae, Hippocastanaceae, Cornaceae, Fabaceae, Fagaceae, Corylaceae, Betulaceae, Papaveraceae, Ranunculaceae, Sambucaceae, Plantaginaceae, Urticaceae.

Determinacija materijala je izvršena na osnovu sledeće literature: Domac, 1967; Lanzara i Pizzetti, 1982; Tatić i sar., 1997; Tanović, 2005.

### **Rezultati istraživanja i diskusija**

Terapijsko dejstvo sakupljenih biljnih vrsta, to jest biljnih droga (biljnih delova ili organa koji se koriste), zasniva se na farmakološki aktivnim sastojcima, koji uglavnom pripadaju grupi sekundarnih metabolita (Tabela 1). Sekundarni metaboliti u tkivu biljke se nalaze kao slobodna i samostalna jedinjenja ili dolazi do njihove reakcije s drugim sastojcima biljnog tkiva, pri čemu se stvaraju različiti kompleksi. Unutar biljaka prisutni su raznovrsni sekundarni metaboliti: alkaloidi, heterozidi, saponozidi, tanini, terpenoidi, kao i ostali sastojci; smole, balzami, masna ulja, masne kiseline, heteropolisaharidi,

aminokiseline, proteini, vitamini, mineralne materije (Kovačević, 2004). Dijapazon terapijskog dejstva sakupljenih biljnih vrsta je veoma širok, obuhvata antibakterijska, antivirusna, antiinflamatorna, antioksidativna, antikancerogena, citotoksična, spazmolitička, diuretička, sedativna i mnoga druga dejstva. Sakupljene biljne vrste imaju primenu u tradicionalnoj i zvaničnoj fitoterapiji.

Na lokalitetu Košutnjak, prisutan je značajan broj biljnih vrsta, koje poseduju lekovita svojstva (Tabela 1).

Ispitivano područje pripada predelima evropskih listopadnih šuma umerene zone, u uslovima umerene klime, na smeđim šumskim zemljištima. Na delovima staništa gde nema šume i žbunja, zemljište je obraslo zeljastim biljkama, koje obrazuju biljne zajednice livadskog tipa (Matvejev, 1973).

Tabela 1. Lekoviti biljni taksoni sakupljeni na lokalitetu Košutnjak  
Table 1. Medicinal herbal taxons collected on the locality of Košutnjak

R. br. O. No.	Biljni takson Herbal taxon	Narodno ime A national name	Deo koji se koristi The part used	Sastojci The ingredients	Primena Application
1.	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq., Rosaceae	Glog, beli glog	List, cvet i plod	Flavonoidni heterozidi, šećeri, organske kiseline, karotenoidi, vit.C	Dopunska terapija srčane insuficijencije
2.	<i>Rosa canina</i> L., Rosaceae	Divlja ruža – šipurak, šipak	Plod (šipak)	Vitamini, masno ulje, heterozidi, voćne kis., šećeri, pektini, minerali, tanini	Vitaminski čajevi, diuretik, laksativ, tonik
3.	<i>Fragaria vesca</i> L., Rosaceae	Jagoda	List i plod	Šećeri, proteini, voćne kiseline, vitamini, tanini, antocijani	Adstringentno, tonizirajuće delovanje, nega kože i usne dup.
4.	<i>Cydonia oblonga</i> Mill., Rosaceae	Dunja	Plod, seme, rede list	Sluzi, masno ulje, heterozidi, enzimi, org. kis., pektini, tanini	Emulgator, antidijaroik
5.	<i>Capsella bursa-pastoris</i> Medic., Brassicaceae	Hoću-neću, tarčuzak	Nadzemni deo biljke	Etarsko ulje, flavonoidi, alkaloidi, tanini, vitamini, mineralne mat.	Bakteriostatik, antioksidans, hemolitik, laksativ, vazok.
7.	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop., <i>Tilia cordata</i> Miller, Tiliaceae	Krupnolisna lipa, rana Sitnolisna lipa, kasna	Cvet, retko kora	Flavonoidni heterozidi, sluzi, leukoantocijandini, etarsko ulje	Dijaforetik, diuretik, spazmolitik, sedativ, terapija nazeba, gripa
8.	<i>Primula veris</i> L., Primulaceae	Jagorčevina	Rizom sa korenjem, cvet	Saponozidi, heterozidi	Ekspektorans

9.	<i>Salix alba</i> L., Salicaceae	Vrba, bela vrba	Kora mladih grana	Heterozidi feno- lkarbonskih kise- lina, flavonoidni heterozidi	Antipiretik, analgetik, antiinflamatorno delovanje
10.	<i>Asarum europaeum</i> L., Aristolochi- aceae	Kopitnjak	List i seme	Heterozidi, etar- ska ulja, tanini, sluzi, skrob	Emetik, lečenje išijasa, žutice
11.	<i>Viola odorata</i> L., Violaceae	Mirisna ljubičica	Nadzemni deo biljke u cvetu	Alkaloid, sapon- ozidi, etarsko ulje, salicilna kiselina, mineralne materije	Antiasmatik, diuretik, laks- ativ, ekspekto- rans, emolijent
12.	<i>Ruscus aculeatus</i> L., Liliaceae	Veprina, kostrika	Koren i rizom	Steroidni sapon- ozidi, flavonoidni heterozidi, etarsko ulje, šećeri, masno ulje, fitosteroli	Diuretik, terap. hemoroida, insuficijencija vena
13.	<i>Agropyrum repens</i> (L.) Beauv., Poaceae	Pirevina	Rizom	Saponozidi, sluzi, mineralne materije, vitamini	Lečenje rahi- tisa, anemije, poremećaja metabolizma
14.	<i>Bellis perennis</i> L., Asteraceae	Bela rada	Cvasti	Saponozidi, smole, etarsko ulje, sluzi, gorke materije, šećer, proteini	Antiseptik, antiinflamato- rno delovanje
15.	<i>Taraxacum officinale</i> Weber, Asteraceae	Maslačak	Koren, rede nadzemni deo	Taraksacin, smola, enzimi, holin, masne kiseline, skrob, vitamini, mineralne materije	Digestiv, sto- mahik, lak- sativ, holagog, antidijabetik, diuretik
16.	<i>Matricaria chamomilla</i> L., Asteraceae	Kamilica	Cvasti	Seskviterpenski laktone, etarsko ulje, heterozidi, sluzi, tanini	Antiseptik, antiinflamato- rna svojstva, blagi spazmo- litik, karminativ
17.	<i>Geranium robertianum</i> L., Geraniaceae	Zdravac	Nadzemni deo	Tanini, gorke ma- terije, etarsko ulje, organske kiseline	Antiseptik, sedativ, emolijent
18.	<i>Conium maculatum</i> L., Apiaceae	Kukuta	Zeljasti deo	Alkaloidi	Sedativ, analge- tik, citotoksični efekat, terapija kancera
19.	<i>Hedera helix</i> L., Araliaceae	Bršljan	List	Hederasaponin C, seskviterpenska jedinjenja, poliacetileni, fitosteroli	Antimikrobno, keratolitičko, emolijentno delovanje

20.	<i>Aesculus hippocastanum</i> L., Hippocastanaceae	Divlji kesten	Seme, retko kora, list i cvet	Kumarini, flavonoidi, tanini, saponozidi	Antiinflamatorno, antioksidativno delovanje, insuficijencija vena
21.	<i>Cornus mas</i> L., Cornaceae	Dren	Sveži i osušen plod, retko kora	Šećeri, organske kiseline, pektini, tanini, vitamin C	Antiinflamatorno delovanje, antidijabetik, tonik
22.	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pallas, Fabaceae	Ždraljevina, kokotac	Izdanci sa cvetovima	Kumarinski heterozidi, flavonoidi, fenolkarbonske kiseline	Antiedematozno delovanje, smanjenje permeabilnosti kapilara
23.	<i>Robinia pseudoacacia</i> L., Fabaceae	Bagrem	Cvet	Fitosterol, sluzi, etarsko ulje, vosak, holin, šećeri	Aromatik, holagog, anti-asmatik, laktativ, emolijent
24.	<i>Trifolium pratense</i> L., Fabaceae	Crvena detelina	Sasušeni cvetovi	Tanini, etarsko ulje, mineralne materije, vitamini	Digestiv, stomahik, karminativ
25.	<i>Quercus robur</i> L., Fagaceae	Hrast lužnjak	Kora, plod	Tanini, skrob, proteini, masno ulje, šećeri	Adstringens, antiseptik
26.	<i>Corylus avellana</i> L., Corylaceae	Leska	List i plod	Tanini, smole, etarsko i masno ulje, vitamini	Lečenje gripa, upale pluća, hemoroida, anemije
27.	<i>Betula pendula</i> Roth, Betulaceae	Obična breza	Listovi, kora i lisni pupoljci	Flavonoidni heterozidi, tanini, saponozidi, etarsko ulje, soli kalijuma	Diuretik, antiseptik
28.	<i>Chelidonium majus</i> L., Papaveraceae	Rusa, rospas	Nadzemni, zeljasti deo u cvetu i koren	Alkaloidi, smole, saponini, flavonoidi, etarsko ulje, organske kiseline	Antimikrobno delovanje, citostatik, holeretik, holagog, adstringens, toksično dejstvo
29.	<i>Helleborus odoratus</i> Waldst. et Kit., Ranunculaceae	Kukurek	Rizom i koren	Bufadienolidni heterozidi, steroidni saponozidi, hemiterpenski laktoni	Toksični efekat
30.	<i>Sambucus nigra</i> L., Sambucaceae	Zova, bazga	Cvet, zreo plod	Heterozidi, etarsko ulje, fitosteroli, sluzi, tanini	Dijforetik, diuretik, laktativ, terapija nazeba

31.	<i>Plantago major</i> L., Plantaginaceae	Ženska bokvica	List	Vitamin C, tani- ni, pektini, orga- nske kiseline, slu- zi, šećeri, proteini	Hemostatik, laksativ, diu- retik, antiin- flam. sredstvo
32.	<i>Urtica dioica</i> L., Urticaceae	Kopriva	Koren, list i seme	Vitamini, soli K i Ca, flavonoidi, organske kiseline	Diuretik, anti- dijabetik, hola- gog, hemo- statik, tonik

Klima istraživanog područja je umereno kontinentalna, sa izraženim godišnjim dobima. Jesen je duža od proleća, januar je u proseku najhladniji, proleće kraće i kišovito, a leto nastupa naglo (Dukić, 1998). Determinisane vrsta pripadaju mezofitama, najvećoj ekološkoj grupi kopnenih biljaka, koje rastu upravo u umerenim klimatskim područjima (Stevanović i Janković, 2001). U flori istraživanog područja, dominiraju tipične mezofite, predstavnici familija Rosaceae, Asteraceae, Poaceae, Fabaceae. Slična istraživanja takođe ukazuju da je, ne samo šire područje Beograda (Sabovljević, 2003), već i čitavog Balkanskog poluostrva (Orlić, 2015; Radojković i sar., 2017; Huseinović i sar., 2017), izuzetno bogato lekovitim biljnim taksonima. U radu su prikazane samo neke od lekovitih biljnih vrsta, koje su sakupljene na lokalitetu Košutnjak. Shodno tome, ovaj rad predstavlja samo mali doprinos poznavanju flore lekovitog bilja istraživanog područja.

### Zaključak

Na lokalitetu Košutnjak (Beograd), utvrđen je značajan broj biljnih vrsta razdela Magnoliophyta, koje imaju primenu u tradicionalnoj i zvaničnoj fitoterapiji.

U flori istraživanog lokaliteta, dominiraju mezofite. S obzirom da je Balkansko poluostrvo bogato lekovitim taksonima, poželjno je istražiti što veći broj područja.

### Zahvalnica

Rad je nastao u okviru projekta TR 31025 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### Literatura

- Domac, R. (1967). Ekskurzijska flora Hrvatske i susjednih područja. Institut za botaniku Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.
- Dražić, G. (2015). Biološki resursi i ekoremedijacije. U: Dražić G. Eds. Očuvanje i unapređenje bioloških resursa u službi ekoremedijacije. Monografija. Beograd, 13-20; 1-407.
- Dukić, D. (1998). Klimatologija. Geografski fakultet. Univerzitet u Beogradu. Beograd.
- Huseinović, S., Bektić, S., Čivić, S. (2017). Inventarizacija ljekovitog bilja u tradicionalnoj fitoterapiji. XII savetovanje o biotehnologiji, Zbornik radova, Knjiga 2, 661-666. Agronomski fakultet u Čačku.
- Jančić, R. (2004). Botanika farmaceutika. Službeni list SCG. Beograd.
- Kovačević, N. (2004). Osnovi farmakognozije. Srpska školska knjiga. Beograd.



- Lanzara, P., Pizzetti, M. (1982). *Drveće*. Mladinska knjiga. Ljubljana.
- Matvejev, S. D. (1973). *Predeli Jugoslavije i njihov živi svet*. Naučna knjiga. Beograd.
- Orlić, P. (2015). *Tradicionalna primjena samoniklog ljekovitog i jestivog bilja otoka Krka*. Diplomski rad. Farmaceutsko-biokemijski fakultet. Sveučilište u Zagrebu.
- Popović, V. (2015). *Pojam, podela i značaj bioloških resursa u poljoprivredi*. U: Dražić G. Eds. *Očuvanje i unapređenje bioloških resursa u službi ekoremedijacije*. Monografija. Beograd, 29-51; 1-407.
- Radojković, M., Mašković, P., Đurović, S., Filipović, V., Filipović, J., Vujanović, M., Nićetin, M. (2017). *Tehnološki potencijal lekovitog bilja Balkana. XII savetovanje o biotehnologiji*, Zbornik radova, Knjiga 2, 479-483. Agronomski fakultet u Čačku.
- Sabovljević, M. (2003). *Geobotanička studija brioflore Vojvodine*. Magistarska teza. Biološki fakultet. Univerzitet u Beogradu. Beograd.
- Stevanović, B., Janković, M. (2001). *Ekologija biljaka sa osnovama fiziološke ekologije biljaka*. NNK. Beograd.
- Stevanović, V., Vasić, V. (1995). *Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja*. Biološki fakultet. Univerzitet u Beogradu. Beograd.
- Tanović, N. (2005). *Atlas ljekovitog bilja i gljiva Bosne i Hercegovine*. Sarajevo.
- Tatić, B., Baloš, D., Đukić, R., Karas, M. (1997). *Botanički priručnik. Prosvetni pregled*. Beograd.
- Tatić, B., Blečić, V. (1984). *Sistematika i filogenija viših biljaka*. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva. Beograd.

## THE REVIEW OF MEDICINAL HERBAL TAXONS OF MAGNOLIOPHYTA DIVISION ON THE LOCALITY OF KOŠUTNJAK

*Ljubica Šarčević<sup>1</sup>, Bojana Petrović<sup>1</sup>, Tatjana Marinković<sup>1</sup>,  
Ljubiša Živanović<sup>2</sup>, Vera Popović<sup>3</sup>*

### Abstract

This work provides a description of collected herbal types that according to their taxonomy belong to the Magnoliophyta division on the locality of Košutnjak (Belgrade). It is determined a significant diverse flora of medicinal herbs. A biological material is collected in a herbarium and it is determined by the keys for plant identification. A treatment effect of medicinal herbs is based on pharmacological active components that mostly belong to a group of secondary metabolites.

**Key words:** plants, Magnoliophyta, medicinal treatment property, secondary metabolites.

<sup>1</sup>High Medical and Sanitary College of Vocational Studies "Visan", Tošin bunar, 7a, Zemun, Belgrade, Serbia, (ljsarcevic@gmail.com);

<sup>2</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Zemun, Belgrade, Serbia;

<sup>3</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Maxim Gorki, 30, Novi Sad, Serbia.

## UTICAJ PRIRODNIH FAKTORA NA EROZIJU ZEMLJIŠTA DELA SLIVA KAMENICE-ZAPADNA SRBIJA

*Gordana Šekularac<sup>1</sup>, Tatjana Ratknić<sup>2</sup>, Miroljub Aksić<sup>3</sup>, Mihailo Ratknić<sup>2</sup>,  
Nebojša Gudžić<sup>3</sup>*

**Izvod:** Usled različitih prirodnih činilaca procesa erozije, opšte stanje područja bujičnog potoka, doprinelo je sagledavanju intenziteta erozije zemljišta sliva. Sa aspekta pripadnosti tipu bujičnog toka bezimeni potok je jaruga (F) sa srednjegodišnjom količinom erozionog nanosa ( $W_{\text{god}}$ ) od  $428,82 \text{ m}^3 \text{ god}^{-1}$  i specifičnom godišnjom količinom ukupnog erozionog nanosa ( $G_{\text{god sp}}^{-1}$ ), koja dospeva do ušća bezimenog potoka u Kamenicu (leva pritoka Zapadne Morave), od  $108,63 \text{ m}^3 \text{ km}^{-2} \text{ god}^{-1}$ .

**Gljučne reči:** prirodni faktori, sliv, erozija zemljišta

### Uvod

Zemljište je prirodni neobnovljiv resurs, podložan promenama. Promene mogu biti izazvane prirodnim činilcima, na koje čovek vrlo malo može da utiče, i delovanjem čoveka. Tokom prošlog veka pritisak na taj resurs je bio ogroman, a nastavlja se i u XXI veku. Pritisci imaju karakter globalnog i lokalnog: trend rasta broja stanovnika na Zemlji, širenje urbanih naselja, industrijski i tehnološki parkovi i infrastrukturna mreža, na račun obradivih i oraničnih površina zemljišta. Takav problem se delimično ublažava prevođenjem neplodnog u plodno i obradivo zemljište, ali problem racionalnog korišćenja, upotrebe zemljišta, postoji. U Srbiji je pod poljoprivrednim zemljištem 5.110.000 hektara (0.68 ha po stanovniku), tj. 4.250.000 hektara obradivog zemljišta, odnosno 0,56 ha po stanovniku (Republički zavod za statistiku, 2003.). Vodni resursi u Republici su povoljni, ali nedovoljno iskorišćeni. Postoji 180.000 ha sistema za navodnjavanje, sa stepenom iskorišćenosti 50-60%. Procena je da su hidrosistemi u funkciji za samo oko 30.000 ha.

Nepravilni postupci korišćenja zemljišta ubrzavaju eroziju zemljišta, koja je prirodan proces, a kao takva, ubzana, može da preraste u veoma ozbiljan i nepovratan proces. Štete od erozije su ogromnih razmera. Srbija pripada redu zemalja koje su veoma ugrožene erozijom, čemu svedoče značajne površine bez zemljišta. Prema ukupnoj godišnjoj produkciji nanosa, u Republici Srbiji se tokom svake godine sa površine od 21.000 ha odnese zemljišta moćnosti 16,0 cm (Spalević, 1997.). To je proces gubljenja obradivih površina zemljišta. Erozijska pogoršava fizičko-hemijske odlike zemljišta, smanjuje mu produktivnu sposobnost. Ogromne količine plodnog zemljišta odnose se sa padina područja i unose vodom u vodene tokove.

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (gordasek@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>Institut za šumarstvo, Kneza Višeslava 3, 11030 Beograd;

<sup>3</sup>Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet, Kopaonička bb, 38219 Lešak, Srbija.

U Centalnoj Srbiji je erodirano 1.221.000 ha zemljišta, a smireno je 36.000 ha (Statistički godišnjak, 2008.).

Jedan od najvećih ekoloških problema u Republici Makedoniji je intenzivna erozija tla izazvana antropogenim faktorom u prošlom veku. Prirodni faktori su vrlo pogodni za razvoj takve erozije (Milevski, 2009.).

Borba protiv erozije zemljišta vodom predstavlja značajan zadatak u očuvanju životne sredine, ali i proizvodnih kapaciteta poljoprivrede koja je osnovni izvor hrane. Načini borbe su brojni. Za preduzimanje zaštitnih mera protiv erozije zemljišta vodom, neophodno je proučiti i definisati odlike sliva, što je i cilj ovog rada.

U kolikoj meri je, usled različitih agenasa, u kvantitativnom iznosu izražen proces erozije i koliko produkciju nanosa on izaziva, u prirodnim uslovima resursa prikazano je na delu područja sliva reke Kamenice (deo sliva Zapadne Morave), u okviru njenog podsliva bezimni potok, koji je leva pritoka prvog reda reke Kamenica.

### **Materijal i metode rada**

Tokom proučavanja primenjena je grupa metoda, i to: terenska metoda proučavanja elemenata celokupne konfiguracije sliva kome pripada analizirani podsliv, metode kojima su definisane odlike i uticaj prirodnih agenasa procesa erozije (padavine i temperature zemljišta) (Centar za proučavanje u poljoprivredi, 1949-1995.; Republički Hidrometeorološki zavod, 1930-1961.).

Elementi klime, padavine i temperature vazduha za prikazano područje sliva, određeni su metodom interpolacije (Bonacci, 1984.; Dukić, 1984.).

Korišćene su i metode po kojima su sagledane kategorije erozije, tj. metode po kojima je urađen katastar bujica (Gavrilović, 1972.). Srednje godišnje zapremine nanosa koje doppevaju do ušća sa područja sliva su određene proračunom (Gavrilović, 1972.).

### **Rezultati istraživanja i diskusija**

U radu su prikazani rezultati proučavanja procesa erozije područja sliva bezimenog potoka, podsliva sliva reke Kamenice, leve pritoke Zapadne Morave, nedaleko od Čačka (Zapadna Srbija). U katastru bujica sliva Kamenice, bezimni potok se uliva u reku Kamenicu sa njene leve strane.

Površina proučavanog sliva, bezimni potok iznosi 0,75 km<sup>2</sup>, Obim mu je 4,67 km, a dužina 1,42 km. Od oblika sliva zavisi potencijalna mogućnost nagle koncentracije doticanja poplavnih voda sa celokupnog područja, što utiče na razvoj ubrzanog procesa erozije zemljišta sliva, a od veličine sliva, ukupna količina otekle vode. Prema obliku, slivovi su svrstani u četiri tipa (Orlov i Šćukin, 1962.). Njegov sliv, prema obliku površine pripada prvom tipu (I). Kod takvog oblika sliva, račvanje korita nastaje uglavnom u gornjem toku. Sa tog dela sliva odnosi se materijal zemljišta i rastresitog geološkog supstrata. Srednji i donji tok takvih slivova, redovno su bez pritoka i hidrografski su nerazvijeni.

Produkcija nanosa sa površina bezimenog potoka, deo je ukupne godišnje zapremine nanosa reke Kamenice. Uzročnici ukupne produkcije nanosa sa područja sliva su njegove prirodne odlike, kao i antropogeni činilac. Mera ispoljavanja dejstva

prirodnih činilaca procesa erozije zemljišta, uslovljena je osnovnim parametrima reljefa sliva, odlikama geoloških supstrata područja, odlikama zastupljenih zemljišta proučavanog područja, klimom, i zastupljenošću katastarskih kultura, pri čemu se ispoljava uloga čoveka.

Izraženost parametara reljefa na području sliva bezimenog potoka, prikazani su u Tabeli 1.

Tabela 1. Osnovni parametri reljefa sliva bezimeni potok  
 Table 1. Basic of the nameless brook catchment relief parameters

Naziv sliva: Bezimeni potok Catchment name: The nameless brook	
Najniža kota glavnog vodotoka i sliva (B), m The lowest elevation in the main stream and catchment (B), m	434
Najviša kota glavnog vodotoka (C), m The highest elevation in the main stream (C), m	508
Najviša tačka sliva (E), m The highest point in the catchment (E), m	558
Prosečan pad korita glavnog vodotoka sliva ( $I_s$ ), % Average main stream bed slope in the catchment ( $I_s$ ), %	4,6
Srednja nadmorska visina sliva ( $N_{sr}$ ), m Mean catchment altitude $N_{sr}$ , m	498,29
Srednja visinska razlika sliva (D), m Mean height difference in the catchment (D), m	64,29
Srednji pad sliva ( $I_{sr}$ ), % Mean catchment slope ( $I_{sr}$ ), %	18,1
Koeficijent erozije energije reljefa sliva ( $E_r$ ), $mkm^{-1/2}$ Catchment relief erosion coefficient ( $E_r$ ), $mkm^{-1/2}$	42,18

Najniža kota bezimenog potoka (tačka ušća u reku Kamenicu), je na 434 m.n.m. Najviša kota proučavanog sliva je 508 m. Najviša tačka sliva bezimenog potoka je 558 m. Prosečni pad korita glavnog vodotoka sliva iznosi 4.6%. Srednja nadmorska visina sliva, ( $A_m$ ) iznosi 498,29 m, dok srednja visinska razlika (D) sliva iznosi 64,29 m. Sliv bezimenog potoka ima srednji pad ( $I_m=18,1\%$ ). Navedene vrednosti, veličine parametara reljefa doprinele su da je i koeficijent erozije energije reljefa ( $E_r$ ) iznosi 42,18  $m km^{-1/2}$  (Tabela 1).

Zastupljenost geološke podloge ukazuje i na zemljišta područja obrazovana na njoj. Na području sliva obrazovana su zemljišta na dijabazu i na jezerskim sedimentima pleistocenske gline i ilovače. To su slabo vodopropusne geološke podloge.

Dijabaz je na slivnom području bezimenog potoka zastupljen sa 24,00%, a jezerski sedimenti tercijarne gline i ilovače, sa 76,00%. Oba matična supstrata, dijabaz i jezerski sedimenti tercijarne gline i ilovače, na slivnom području, su neotporni na vodu. Koeficijent vodopropusnosti ( $S_1$ ) za proučavani sliv iznosi 1,00 (Tabela 2). Usled toga, zastupljena zemljišta na slivu, smeđe skeletoidno zemljište na dijabazu sa profilom tipa  $A_h-C$  i erodirana smonica (vertisol), profila tipa  $A_h-A_hC-C$ , podložna su eroziji.

Klimatski elementi su značajan činilac erozije zemljišta područja. Oticanje vode izaziva eroziju zemljišta. Suma prosečnih godišnjih padavina (P) sliva bezimenog

potoka iznosi 751,2 mm. Srednja godišnja temperatura vazduha za proučavano područje iznosi 9,3<sup>0</sup>C.

Tabela 2. Geološki supstrat sliva bezimeni potok, koeficijent njegove vodopropusnosti (S<sub>1</sub>) i njegova otpornost prema procesu erozije

Table 2. Geological supstratum in the nameless brook catchment, its water permeability coefficient (S<sub>1</sub>) and erosion resistance

Naziv sliva: Bezimeni potok Catchment name: The nameless brook		
F <sub>np</sub> -slabo vodopropusna stena <i>Poorly permeable rock</i>		
• Dijabaz <i>Diabase</i>	km <sup>2</sup>	0,18
	%	24,00
• Jezerski sedimenti tercijarne gline i ilovače <i>Tertiary clayey and loamy lake sediments</i>	km <sup>2</sup>	0,57
	%	76,00
Koeficijent vodopropusnosti geološkog supstrata (S <sub>1</sub> ) <i>Water permeability coefficient of geological substrates (S<sub>1</sub>)</i>	1,00	
Otpornost geološkog supstrata prema procesu erozije <i>Erosion resistance of geological substrates</i>	Neotporan <i>Non-resistant</i>	

Koeficijent vegetacionog pokrivača (S<sub>2</sub>) uslovljen je zastupljenošću katastarskih kultura na zemljištu područja. Koeficijent vegetacionog pokrivača (S<sub>2</sub>) zemljišta proučavanog sliva iznosi 0,83, što proizlazi iz zastupljenosti katastarskih kultura na tom području, i to: šume i šikare dobrog sklopa (21,33%), voćnjaci, livade, pašnjaci i devastirane šume i šikare 45,34%, a oranice i neplodno zemljište 33,33% (Tabela 3). Sve to ukazuje da je područje tog sliva nezaštićeno od procesa erozije sa aspekta katastarskih kultura.

Numerička vrednost koeficijenta erozije zemljišta analiziranog sliva ukazuje na tip vladajuće erozije u okviru određene jačine procesa erozije, tj. kategorije razornosti. Koeficijent erozije (Z) sliva iznosi 0,39, četvrte (IV) kategorije razornosti, slabe jačine, dubinskog tipa procesa erozije.

Prema utvrđenom indeksu hidrografske klase (H<sub>k</sub>) bujičnih tokova, određuju se tipovi bujičnih tokova, po klasama. Bezimeni potok pripada klasi F, jarugama.

Usled navedenih odlika činilaca analiziranog sliva proizvode se određene količine nanosa i ispoljava se proces erozije određenog intenziteta.

Veličina procesa erozije sliva bezimeni potok prikazana je kroz srednju godišnju količinu erozionog nanosa (W<sub>god</sub>) od 428,82 m<sup>3</sup> god<sup>-1</sup>.

Izračunata srednjegodišnja zapremina ukupnog nanosa (G<sub>god</sub>), koja dospeva do ušća bezimenog potoka iznosi 81,48 m<sup>3</sup> god<sup>-1</sup>, a specifična godišnja količina ukupnog erozionog nanosa koja dospeva do ušća u Kamenicu (G<sub>god sp</sub><sup>-1</sup>), kvantitativno izražen intenzitet erozije zemljišta, iznosi 108,63 m<sup>3</sup> km<sup>-2</sup> god<sup>-1</sup>.

Iz prikazanih podataka proizlazi, da usled dejstva procesa erozije sa područja sliva bezimenog potoka nestane godišnje 0,21 ha površine zemljišta moćnosti do 0,20 m, a prosečno godišnje odnošenje iznosi 0,04 mm zemljišta sliva. Uz prihvatanje srednje vrednosti zapreminske mase od 1,5 g cm<sup>-3</sup>, godišnje se gubi 0,32 t ha<sup>-1</sup> zemljišta.

Tabela 3. Katastarske kulture i koeficijent vegetacionog pokrivača (S<sub>2</sub>) sliva bezimeni potok

Table 3. Land categories and vegetative cover coefficient (S<sub>2</sub>) of the nameless brook catchment

Naziv sliva: Bezimeni potok Catchment name: The nameless brook			
fš	Šume i šikare dobrog sklopa <i>Forest and coppice stands having high canopy density</i>	km <sup>2</sup>	0,16
		%	21,33
ft	Voćnjaci <i>Orchards</i>	km <sup>2</sup>	0,09
		%	12,00
	Livade <i>Meadows</i>	km <sup>2</sup>	0,20
		%	26,67
Pašnjaci i devastirane šume i šikare <i>Pastures and devastated forests and coppices</i>	km <sup>2</sup>	0,05	
	%	6,67	
Σ ft		km <sup>2</sup>	0,34
		%	45,34
fg	Oranice <i>Cultivated fields</i>	km <sup>2</sup>	0,25
		%	33,33
	Neplodno zemljište <i>Unproductive land</i>	km <sup>2</sup>	0,00
		%	0,00
Σ fg		km <sup>2</sup>	0,25
		%	33,33
Koeficijent vegetacionog pokrivača (S <sub>2</sub> ) <i>Vegetation cover coefficient</i>		0,83	

### Zaključak

Proučavanjem prirodnih karakteristika područja sliva, zaključuje se da su izraženi osnovni parametri reljefa, neotporne geološke podloge na eroziju, uslovi osnovnih klimatskih elemenata, nezaštićenost zemljišta postojećom vegetacijom, te da, na osnovu takve analize, jaruga-bezimeni potok, ima svoje specifične odlike, i to: IV klasu razornosti, sa koeficijentom erozije (Z) 0,39, koja je slabe jačine, dubinskog tipa procesa erozije. Navedeni, i ostali proučeni činioci erozije sliva, doprineli su da srednjegodišnja količina erozionog nanosa iznosi 428,82 m<sup>3</sup> god<sup>-1</sup>, a intenzitet erozije 108,63 m<sup>3</sup> km<sup>-2</sup> god<sup>-1</sup>.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekata T.R. 31054 i T.R. 31070, koje finansira Ministarstvo Republike Srbije za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj.

## Literatura

- Bonacci, O. (1984). Meteorološke i hidrološke podloge. *Priručnik za hidrotehničke melioracije*, I kolo, knjiga 2, Bergman B. (ed.), 39-86. Zagreb, Hrvatska: Društvo za odvodnjavanje Hrvatske.
- Centar za proučavanje u poljoprivredi (1949-1995). Podaci o temperaturama vazduha. Čačak, Srbija.
- Dukić, D. (1984). Fizičko-geografski faktori rečnog režima. *Hidrologija kopna*, Joković, D. (ed.), 172-190. Beograd, Srbija: Naučna knjiga.
- Gavrilović, S. (1972). Tehničke dijagnoze erozionih procesa u bujičnim područjima. *Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji*, "Izgradnja", specijalno izdanje, Marković, A., Jarić, M., Trbojević, B. (eds.), 66-82. Beograd, Srbija.
- Milevski, I. (2009). Excess erosion and deposition in the catchments of Kamenicka and Radanjska river, Republic of Macedonia. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 89 (4): 109-120.
- Orlov, P. B., Šćukin, S. I. (1962). *Voprosi eroziji i stoka*. Moskva.
- Republički Hidrometeorološki zavod (1930-1961). Podaci o padavinama. Beograd, Srbija.
- Republički zavod za statistiku (2003): Podaci o površinama zemljišta. Beograd, Srbija.
- Spalević, B. (1997). Erozijska zemljišta u SR Jugoslaviji. *Konzervacija zemljišta i voda*. Jakovljević, M. (ed.), 23-24. Beograd-Zemun, Srbija: Poljoprivredni fakultet-Zemun.
- Statistički godišnjak (2008). Podaci o erodiranim površinama zemljišta. Beograd, Srbija: Republički zavod za statistiku.

## EFFECT OF NATURAL FACTORS ON SOIL EROSION ON THE PART OF THE CATCHMENT KAMENICA - WESTERN SERBIA

Gordana Šekularac<sup>1</sup>, Tatjana Ratknić<sup>2</sup>, Miroljub Aksić<sup>3</sup>, Mihailo Ratknić<sup>2</sup>,  
Nebojša Gudžić<sup>3</sup>

### Abstract

Due to a variety of the natural erosion factors, the general condition of the nameless brook catchment area has contributed to the overall picture of soil erosion intensity in the area. From the aspect of belonging to the type of the fow, the nameless brook belongs to the ravines and dry valleys (F) with mean annual erosion-induced sediment yield  $W_{\text{year}}$  from  $428,82 \text{ m}^3 \text{ year}^{-1}$  and total annual specific sediment yield at the confluence of the the nameless brook in Kamenica (left tributary of the West Morava) where  $G_{\text{year sp}}^{-1}$  were  $108,63 \text{ m}^3 \text{ km}^{-2} \text{ year}^{-1}$ .

**Key words:** natural factors, catchment, soil erosion

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia ([gordasek@kg.ac.rs](mailto:gordasek@kg.ac.rs));

<sup>2</sup>Institute of Forestry, Kneza Višeslava 3, Belgrade, Serbia;

<sup>3</sup>University of Priština, Faculty of Agriculture, Kopaonicka bb, 38219 Lešak, Serbia.

## AKTIVNOST ENZIMA KATALAZE I SADRŽAJ ORGANSKIH KISELINA KOD HAJDUČKE TRAVE (*Achillea millefolium*) SA SANIRANE DEPONIJE „ŽITKOVAC“ RUDARSKO METALURŠKO HEMIJSKOG KOMBINATA „TREPČA“

Mirjana Smiljić<sup>1</sup>, Tatjana Jakšić<sup>1</sup>, Nebojša Živić<sup>1</sup>, Olivera Papović<sup>1</sup>,  
Predrag Vasić<sup>1</sup>, Marija Marković<sup>2</sup>, Vesna Stankov-Jovanović<sup>2</sup>, Marija Ilić<sup>2</sup>,  
Slaviša Stamenković<sup>2</sup>

**Izvod:** U ovom komparativnom istraživanju određeni su aktivnost enzima katalaze i ukupan sadržaj organskih kiselina u podzemnim i nadzemnim delovima lekovite biljke hajdučka trava (*Achillea millefolium*) sa sanirane deponije „Žitkovac“ Rudarsko Metalurško Hemijskog Kombinata „Trepča“ i nezagađenog područja okoline Niša. Aktivnost katalaze je izmerena korišćenjem gasometrijske metode i izražena u ml kiseonika. Sadržaj organskih kiselina u biljnom materijalu određen je modifikovanom metodom titracije u prisustvu indikatora. Uvećanje aktivnosti enzima katalaze kod uzoraka na deponiji u poređenju sa nezagađenim staništem je rezultat stresa uzrokovan hemijskim promenama u zemljištu i predstavlja metabolički vid razgradnje štetnih jedinjenja, odnosno detoksikacije, koja spada u kvalitetne mehanizme sticanja otpornosti, kao odgovor na izmenjene uslove u životnoj sredini. Povećan sadržaj organskih kiselina u uzorcima sa deponije je efikasan mehanizam, koji smanjuje unos teških metala u biljku vezujući se za njih u komplekse i omogućava rast biljke pri visokom nivou kontaminacije.

**Ključne reči:** *Achillea millefolium*, Trepča, deponija, katalaza, organske kiseline

### Uvod

U relativno bliskoj prošlosti kao regiju izrazito narušenih ekoloških prilika mnogi autori su isticali kosovsko-metohijski basen obeležen kompleksnim uticajima zagađenja metalurškog giganta "Trepča". Rudarsko Metalurško Hemijski Kombinat „Trepča“ na severu Kosova sa svim postojećim činiocima opterećenja i narušavanja životne sredine bio je istraživan od strane većeg broja naučnika (Trajković, 1995; Trajković et al., 1998; Milentijević et al., 2016) koji su ga prikazali kao izrazitog zagađivača životne sredine.

Milentijević i sar. (2016) su proučavali uticaj pet jalovišta, odnosno deponija na životnu sredinu na severu Kosova i Metohije. Prema njihovim rezultatima sanirana deponija "Žitkovac" je najproblematičnija u smislu uticaja na životnu sredinu. To je razlog zašto smo odabrali ovu oblast za naše istraživanje.

Biljke koje rastu u kontaminiranim područjima imaju kapacitete za adaptaciju na ekstremnim uslovima okoline kroz promene u fiziologiji, anatomiji i morfologiji. Biohemijsko-fiziološke promene javljaju se pre pojave morfoloških i prvi su indikatori

<sup>1</sup>Univerzitet u Prištini sa privremenim sedištem u Kosovskoj Mitrovici, Prirodno-matematički fakultet, Ive Lole Ribara 29, Kosovska Mitrovica, Srbija  
(mirjana.smiljic@gmail.com);

<sup>2</sup>Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet, Višegradska 33, Niš, Srbija



prisustva toksina u životnoj sredini. Ogledaju se u povećanju koncentracije određenih biohemijskih parametara, npr. enzima, nekih amino-kiselina, organskih kiselina i dr. Proučavanje ovih mehanizama prilagođavanja bi omogućila adekvatnu procenu vrsta koje potencijalno mogu da se koriste za bioremedijaciju.

U ovom radu ispitivane su fiziološko-biohemijske promene kod biljke *Achillea millefolium* poređenjem sadržaja enzima katalaze i organskih kiselina sa deponije RMHK “Trepča” i sa nezagađenog područja iz okoline Niša.

### Materijal i metode rada

Biljni materijal je sakupljen u jesen (27. Septembar 2016) sa deponije „Žitkovac“ RMHK „Trepča“. Kontrolni uzorci su sakupljeni u istom periodu sa nezagađenog područja u okolini Niša. Uzorci biljaka su čuvani u zamrzivaču do analize. Uzorak analizirane biljke je deponovan u herbarijumu Prirodno-matematičkog fakuleta, Univerziteta u Nišu (HMN) - vaučer broj 12514. Kao materijal korišćeni su nadzemni i podzemni delovi biljke.

Aktivnost enzima katalaze određena je gasometrijskom metodom (Мошова, 1982.). Ova metoda se zasniva na određivanju količine oslobođenog kiseonika posle delovanja  $H_2O_2$  koji je dodavan biljnom ekstraktu koji sadrži katalazu. Najpre je odmereno 0,5-1g biljnog materijala. Zatim je material ekstrahovan u avanu sa 0,5g  $CaCO_3$  da bi se postigla  $pH=7,7$  koja je optimalna za dejstvo enzima i 20 ml destilovane vode koja je dodavana postepeno. Nakon toga je ekstrakt prenešen u erlenmajer sa bočnim odvodom i pomoću aparature odmerena aktivnost enzima katalaze. Erlenmajer je zapušten zapušaćem kroz koji je probodena igla sa špricom. Špric sadrži 5ml 3%  $H_2O_2$ . Na početku ogleada u erlenmajer je ubrizgan  $H_2O_2$ . Sadržaj je jedan minut mućkan, pa je sačekano jedan minut, a zatim je opet jedan minut mućkan. Nakon ovog vremena od tri minuta na skali birete je očitana količina oslobođenog kiseonika. Svaka analiza ponavljena je tri puta i izračunata je srednja vrednost. Rezultati su predstavljeni grafički. Aktivnost enzima katalaze je izražena u  $cm^3/lg$  ( $ml O_2/g$  svežeg biljnog materijala).

Organske kiseline u biljnom materijalu određene su modifikovanom metodom titracije u prisustvu indikatora (Плешков, 1985). Organske kiseline ekstrahovane su iz biljnog materijala zagrevanjem sa vodom na temperaturi od  $75^\circ C$ , 60 minuta u vodenom kupatilu. 10gr biljnog materijala ekstrahovano je u avanu sa 100ml destilovane vode. Ekstrakt je bez gubitka prenet u erlenmajer od 100ml i ostavljen u vodeno kupatilo na tempetaturi  $75^\circ C$ , 60 minuta. Nakon toga, erlenmajer je brzo ohlađen tekućom vodom. Sadržaj je filtriran u normalni sud od 100ml koji je potom dopunjen destilovanom vodom do crte. 50ml filtrata preneto je u čašu i vršena je titracija 0,1N NaOH uz pomoć pH-metra dok se vrednost na pH-metru nije izjednačila sa brojkom 8,5, zbog toga što organske kiseline spadaju u slabe kiseline, za razliku od jakih kiselina koje se titruju do neutralne sredine ( $pH=7$ ). Opšta kiselost izračunavana je formulom:

$$x = [(c(NaOH) \cdot V(NaOH)) \cdot (100/50)] / 10, \text{ gde je:}$$

x - količina kiselina u ispitivanom rastvoru izražena u mekV/lgr sveže težine,

c(NaOH) – koncentracija rastvora NaOH ( $mol/dm^3$ ),

V(NaOH) – zapremina standardnog rastvora NaOH utrošenog za titraciju (ml),

100 - opšta zapremina ekstrakta (ml),

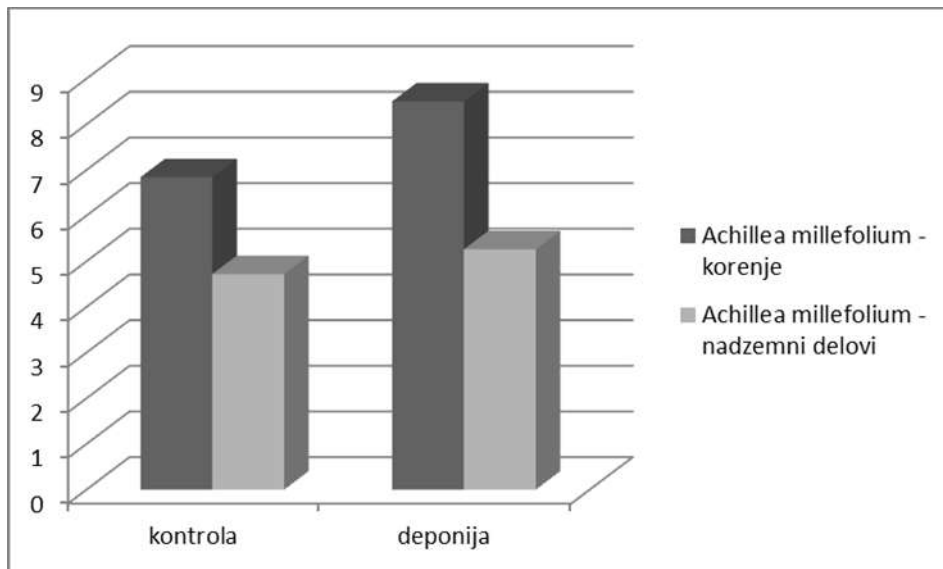
50 - količina filtrata upotrebljenog za titraciju,

10 - količina biljnog materijala upotrebljenog za ekstrakciju (gr).

### Rezultati istraživanja i diskusija

Zagađivači mogu delovati na enzime izrazito inhibitorno i to neposredno ili posredno preko fizioloških biohemijskih procesa, i u smislu aktivacije enzima koji će katalizovati njihovu razgradnju. Enzim katalaza kao odgovor na prisustvo zagađivača uklanja slobodne radikale povećane u stresnim uslovima.

Supstrat na koj deluju ovi enzimi je vodonik-peroksid, na šta ukazuje i podatak da njihovo prisustvo u medijumu podstiče i povećanje aktivnosti ovih enzima – supstratna indukcija (Jablanović et al., 1985; Trajković, 1995; Trajković i Ilić, 2004).



Graf. 1. Aktivnost enzima katalaze (ml O<sub>2</sub>/g svežeg biljnog materijala) u podzemnim i nadzemnim delovima vrste *Achillea millefolium*

Graph. 1. Activity of enzyme catalase (ml O<sub>2</sub>/g of fresh plant material) in underground and above-ground plant parts of the species *Achillea millefolium*

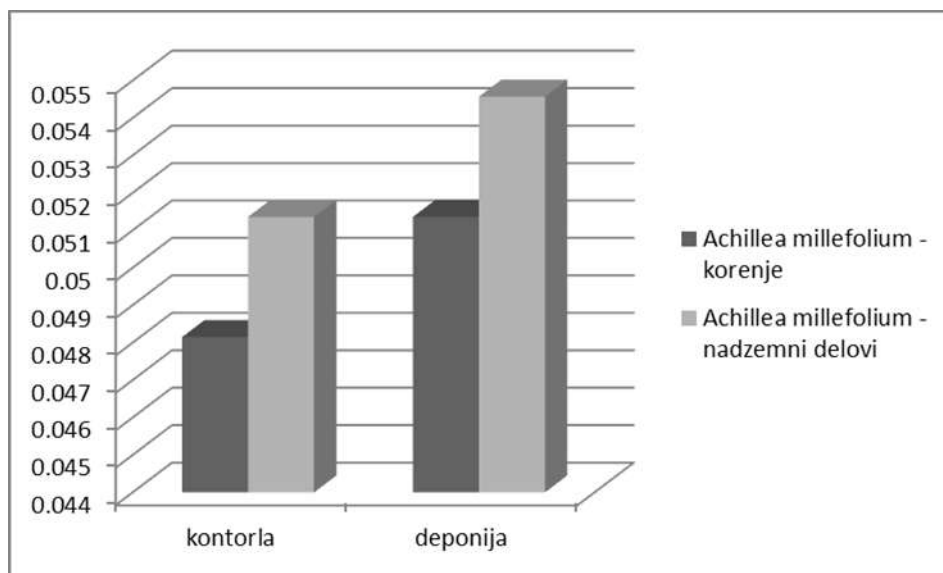
Vodonik-peroksid nastaje u toku različitih procesa metabolizma kao redukovani oblik kiseonika i može izazvati niz metaboličkih promena u biljnim tkivima. Zbog velike toksičnosti za žive ćelije neophodno je njegovo uklanjanje ili degradacija. Iz tog razloga, on se razara aktivnošću enzima katalaze do produkata koji nisu opasni za biljke:  $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ .

Aktivnost enzima katalaze je izmerena u podzemnim i nadzemnim biljnim delovima sa deponije i nezagađenog područja, koje je predstavljalo kontrolnu grupu uzoraka. Rezultati, koji su dati na Grafikonu 1, pokazuju da je aktivnost katalaze povećana u podzemnim i nadzemnim delovima eksperimentalnih uzoraka sa deponije, u poređenju sa kontrolnim uzorcima sa nezagađenih staništa. Ovi nalazi su u saglasnosti sa činjenicom da zemljište, na kome je deponovana jalovina, može da bude veliki izvor zagađenja, koji je uzrokovan hemijskim promenama u sastavu supstrata.

Organske kiseline su sekundarni metaboliti, proizvedeni degradacijom ugljenih hidrata, masti i proteina i uglavnom uključuju oksalnu, mravlju, limunsku, fumarnu, jabučnu, ćilibarnu, sirćetnu i fosforu kiselinu kao i mnoge druge koji nastanu u manjem iznosu (Rivasseau et al., 2006.).

Biohemijska funkcija organskih kiselina zavisi od različitih ekoloških uslova. Oni su donori protona u nekim reakcijama oksido-redukcije, na primer preobražaj jabučne u oksalatnu kiselinu. Neke ranije studije su pokazale da sadržaj organskih kiselina u biljkama zavisi od disanja, transpiracije kao i različitih biohemijskih procesa u biljkama (Gašić, 1992).

Uzorci hajdučke trave sa deponije imaju veći sadržaj organskih kiselina u podzemnim i u nadzemnim delovima u odnosu na kontrolne uzorke (Grafikon 2), što je u skladu sa rezultatima do kojih su došli Trajković i sar. (2007.). Ova biljna vrsta pripada grupi biljaka otpornih na zagađenje teškim metalima i ubrzava sintezu organskih kiselina koje vezuju teške metale i stvaraju helatne komplekse, koji nisu toksični za biljku (Trajković, 1995.).



Graf. 2. Sadržaj organskih kiselina (mekv/g svežeg biljnog materijala) u podzemnim i nadzemnim delovima vrste *Achillea millefolium*

Graph. 2. Content of organic acids (mekv/g of fresh plant material) in underground and above-ground plant parts of the species *Achillea millefolium*

### Zaključak

Uvećana aktivnost katalaze kod hajdučke trave predstavlja metabolički vid detoksikacije, koji spada u kvalitetne mehanizme sticanja otpornosti, a što je uzrok zagađene sredine u kojoj se biljka nalazi.

Povećan sadržaj organskih kiselina u nadzemnim i podzemnim organima ispitanih uzoraka biljke zavisi od anatomsko-morfoloških osobina kao i hemijskog sastava vrste, što je genetički predodređeno. Takođe zavisi i od koncentracije i vrste zagađujućih materija, kao i od dužine vegetiranja biljke u zagađenoj sredini. Koren ima zaštitnu ulogu, a povećan sadržaj organskih kiselina u njemu vezuje teške metale u komplekse koji nisu toksični za biljke.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta OI 171025, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja. Za saradnju i usmeravanje pri izboru metoda za ovaj rad dugujemo zahvalnost prof. dr Radmili Trajković, redovnom profesoru Prirodno matematičkog fakulteta u Prištini sa privremnim sedištem u Kosovskoj Mitrovici.

### Literatura

- Gašić O. (1992). Biohemija biljaka, Beograd, SFRJ: Naučna knjiga.
- Jablanović M., Hoxa Y., Abdullahi K., Filipović R. (1985). Catalase Activity in the Plants Exposed to Contamination with Heavy Metals. *Acta Biol Med Exp*, Vol. 10, 21.
- Milentijević G., Nedeljković B., Lekić M., Nikić Z., Ristović I., Djokić J. (2016). Application of a Method for Intelligent Multi-Criteria, Analysis of the Environmental Impact of Tailing Ponds in Northern Kosovo and Metohija, *Energies* 9, 935.
- Мошева Л. В. (1982). Определение активности каталазы объектов, Практикум по физиологии растений (Ред. Грелкова Н.Н.) 134, Москва, СССР: Каос.
- Плешков Б. П. (1985). Практикум по биохемии растений, Москва, СССР: Издательство „Колос“
- Rivasseau C., Boisson A., Mongélard G., Couram G., Bastien O., Bligny R. (2006). Rapid analysis of organic acids in plant extracts by capillary electrophoresis with indirect UV detection Directed metabolic analyses during metal stress, *Journal of Chromatography A*, 1129: 283-290.
- Trajković R. (1995). Uticaj zagađivača vazduha na neke biohemijske i fiziološke parametre kod biljaka u industrijskim zonama Kosovske Mitrovice i Obilića, Doktorska disertacija, Prirodno matematički fakultet, Univerzitet u Prištini, Priština.
- Trajković R., Jablanović M., Ilić Z. (1998). Examination of some biochemical parameters in vegetable species grown in the surroundings of Kosovska Mitrovica Objavljeno u *Proceeding of 2<sup>nd</sup> Balcan Symposium on Field crops. Ecology & Physiology, Cultural Practices, Volume 2*, Stamenković S. S. (ed.) 173-177. Novi Sad, Yugoslavia: Institute of Field and Vegetable Crops.
- Trajković R., Ilić Z. (2004). Uticaj navodnjavanja otpadnim vodama na sadržaj enzima katalaze u različitim tkivima povrtarskih vrsta. Objavljeno u *Zbornik saopštenja sa Naučno-stručnog savjetovanja agronoma Republike Srpske sa međunarodnim učesćem. „Proizvodnja hrane u uslovima otvorenog tržišta“*, 109. Teslić, Republika Srpska: Poljoprivredni fakultet Banja Luka, Poljoprivredni institut i Društvo agronoma Republike Srpske.

Trajković R., Nešić M., Blagojević N. (2007). Uticaj aerozagađenja na sadržaj ukupnih organskih kiselina lekovitih biljaka borskog regiona. Objavljeno u *Proceeding of 9<sup>th</sup> Symposium on the Flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions*, Randelović V. (ed.) 145-151. Niš, Serbia: Department of Biology and Ecology, Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš and Biological Society „Dr Sava Petrović, Niš.

**ACTIVITY OF ENZYME CATALASE AND CONTENT OF ORGANIC ACIDS IN MILFOIL (*Achillea millefolium*) ON TAILING POND „ŽITKOVAC“ OF MINING AND METALLURGICAL CHEMICAL COMPANY „TREPČA“**

*Mirjana Smiljić<sup>1</sup>, Tatjana Jakšić<sup>1</sup>, Nebojša Živić<sup>1</sup>, Olivera Papović<sup>1</sup>, Predrag Vasić<sup>1</sup>, Marija Marković<sup>2</sup>, Vesna Stankov-Jovanović<sup>2</sup>, Marija Ilić<sup>2</sup>, Slaviša Stamenković<sup>2</sup>*

**Abstract**

In this comparative study, the activity of enzyme catalase and total content of organic acids were determined in underground and above-ground plant parts of medicinal plant *Achillea millefolium* from tailing pond “Žitkovac” of Mining and Metallurgical Chemical Company „Trepča“ and from uncontaminated area near city of Niš. Catalase activity was measured using the gasometric method and the values obtained for this activity were expressed as ml of O<sub>2</sub>. The content of organic acids in the plant material was determined by modified titration method in the presence of indicator. An increased catalase activity on tailing pond, in comparison with uncontaminated habitat, is a result of stress that is caused by chemical changes in the soil on tailing pond representing good metabolic ways of detoxification, which belongs to the mechanisms of defence and acquiring resistance. An increased content of organic acids in samples on tailing pond is an efficient mechanism reducing the heavy metal uptake, binding them to complexes and allowing the plant growth at high level of contamination.

**Key words:** *Achillea millefolium*, “Trepča“, tailing pond, catalase, organic acids

---

<sup>1</sup>University of Priština temporarily settled in Kosovska Mitrovica, Faculty of Science and Mathematics, Ive Lole Ribara 29, Kosovska Mitrovica, Serbia (mirjana.smiljic@gmail.com);

<sup>2</sup>University of Niš, Faculty of Science and Mathematics, Višegradska 33, Niš, Serbia

## SADRŽAJ PIGMENATA HLOROPLASTA U LEKOVITOJ BILJCI *Teucrium chamaedrys* SA SANIRANE DEPONIJE RUDARSKO METALURŠKO HEMIJSKOG KOMBINATA “TREPČA”

Mirjana Smiljić<sup>1</sup>, Vesna Stankov-Jovanović<sup>2</sup>, Slobodan Ćirić<sup>2</sup>,  
Nikola Stamenković<sup>2</sup>, Marija Ilić<sup>2</sup>, Tatjana Jakšić<sup>1</sup>, Nebojša Živić<sup>1</sup>,  
Slaviša Stamenković<sup>2</sup>, Marija Marković<sup>2</sup>

**Izvod:** U ovom radu upoređen je sadržaj pigmenata hloroplasta (hlorofil a, b, a+b, karotenoidi) iz listova lekovite biljne vrste podubica - *Teucrium chamaedrys* sa deponije „Žitkovac“ Rudarsko Metalurško Hemijskog Kombinata „Trepča“ i nezagađenog područja okoline Niša. Pigmenti hloroplasta su određeni spektrofotometrijski u acetonskim ekstraktima eksperimentalnih i kontrolnih uzoraka biljaka. Sadržaj hlorofila a, a+b i odnos a/b je bio veći kod u uzorcima listova sa deponije u poređenju sa kontrolnim uzorcima sa nezagađenog staništa iz okoline Niša. Kao odgovor na stresne uslove uzrokovane zagađenjem i punim intenzitetom sunčeve svetlosti zabeležen je i povećan sadržaj karotenoida kod uzoraka listova sa deponije, što obezbeđuje zaštitu hlorofila od fotooksidacije odnosno štetnog dejstva ultravioletnog zračenja.

**Gljučne reči:** *Teucrium chamaedrys*, deponija, pigmenti hloroplasta, hlorofil, karotenoidi

### Uvod

Industrijski kompleks u Kosovskoj Mitrovici i Topionica u Zvečanu su dva najveća zagađivača životne okoline u urbanim područjima severnog dela Kosova i Metohije (Vasković, 2016.). Tehnološki proces eksploatacije i obrade rude u RMHK „Trepča“ je praćen velikom količinom industrijskog otpada, koji je odlagan na deponije koje formiraju jalovišta, bez odgovarajućeg sistema za praćenje uticaja na okolne ekosisteme. Na taj način je uzrokovao enormno zagađenje lokalnih područja, uključujući vodene tokove, vazduh i poljoprivredno zemljište. Jedan od tih lokaliteta je sanirana deponija „Žitkovac“, koja predstavlja naše područje istraživanja.

Hemijski sastav industrijskog otpada na deponiji „Žitkovac“, prema Milentijević i sar. (2010.) je sledeći: S - 8,2%, Fe<sub>11</sub>S<sub>12</sub> - 31,4%, As - 8,2%, Mn - 7%, FeS<sub>2</sub> - 0,85%, Fe - 22%, Zn - 1,62%, ZnO<sub>x</sub> - 0,057%, Pb - 0,48% and PbO<sub>x</sub> - 0,105%.

Biljke koje rastu na kontaminiranim područjima imaju sposobnost da se adaptiraju na ekstremne uslove staništa, što uključuje promene u njihovoj anatomiji i fiziologiji (Jakšić et al., 2017).

Biljni pigmenti spadaju u najvažnije organske molekule, jer su neophodni za proces fotosinteze. Najvažniji od pigmenata su hlorofili, čija je koncentracija sa fiziološke

<sup>1</sup>Univerzitet u Prištini sa privremenim sedištem u Kosovskoj Mitrovici, Prirodno-matematički fakultet, Ive Lole Ribara 29, Kosovska Mitrovica, Srbija (mirjana.smiljic@gmail.com);

<sup>2</sup>Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet, Višegradska 33, Niš, Srbija

tačke gledišta značajna iz više razloga. Koncentracija hlorofila zavisi od jačine sunčevog zračenja koje apsorbuje list, a ona utiče na fotosintetski potencijal, a samim tim i na primarnu produkciju (Blackburn., 2007). Karotenoidi su druga velika grupa pigmenata, koju čine karoteni i ksantofili. Karotenoidi apsorbuju zračenje i doprinose energiji fotosinteze, jer su neophodna strukturalna komponenta fotosintetske antene i kompleksa reakcionog centra (Bartley and Scolnic., 1995). Količina hlorofila generalno se smanjuje pod uticajem stresa, a odnos hlorofila a i b se menja sa promenom abiotičkih faktora u koje spada intenzitet svetlosti (Fang et al., 1998). Merenje ukupnog hlorofila, kao i hlorofila a i hlorofila b posebno može da pruži korisne uvide u interakcije biljaka i njihove okoline (Richardson et al., 2002). Dok promena količine hlorofila ukazuje na stres i fenološke stadijume, koncentracija karotenoida pruža dodatne informacije o fiziološkom statusu vegetacije (Young et al., 1990).

Na osnovu iznetih činjenica, u fokusu našeg istraživanja je ispitivanje fizioloških promena kod lekovite biljke *Teucrium chamaedrys* koja uspeva na deponiji RMHK „Trepča“, poređenjem kvantitativnog sadržaja pigmenata hloroplasta i njihovog odnosa sa sadržajem istih u uzorcima sa nezagađenog područja.

### Materijal i metode rada

Biljni materijal je sakupljen u jesen (27. septembar 2016) sa deponije „Žitkovac“ RMHK „Trepča“. Kontrolni uzorci su sakupljeni u isto vreme sa nezagađenog područja u okolini Niša. Uzorci biljaka su čuvani u zamrzivaču do analize. Uzorak analizirane biljke je deponovan u herbarijumu Prirodno-matematičkog fakuleta, Univerziteta u Nišu (HMN) - vaučer broj 12514.

Za analizu se uzimaju reprezentativni uzorci listova..Listovi se sitno iseckaju i na analitičkoj vagi odmeri tačno 0.5 g. Odmereni materijal se stavlja u avan i vrši homogenizacija tučkom, uz dodatak 5–10 ml acetona. Da bi se pospešila homogenizacija dodavano je malo kvarcnog peska. Kako bi se sprečilo zakišeljavanje rastvora dodaje se mala količina  $MgCO_3$ . Homogenizacija traje obično oko 3 minuta, posle čega se sadržaj iz avana filtrira uz pomoć vakuuma. Dobijeni filtrat predstavlja ekstrat pigmenata, koji se prenosi u odmereni sud od 25 ml, sud dopuni acetonom do crte i dobro promućka. Kako je koncentracija pigmenata u najvećem broju slučajeva velika, da bi se moglo vršiti očitavanje na spektrofotometru, dobijeni ekstrakt treba razblažiti 10 puta. Apsorbancija ovako pripremljenog ekstrakta se očitava na spektrofotometru na talasnim dužinama 662, 644 i 440nm a zatim vrši izračunavanje.

Za izračunavanje količine hlorofila *a* i *b* i ukupnih karotenoida u acetonskom rastvoru primenjivan je obrazac Holma i Wetsteina:

$$\text{Hlorofil } a = 9.784 \cdot A_{662} - 0.990 \cdot A_{644}$$

$$\text{Hlorofil } b = 21.426 \cdot A_{644} - 4.650 \cdot A_{662}$$

$$\text{Hlorofil } a + b = 5.134 \cdot A_{662} + 20.436 \cdot A_{644}$$

$$\text{Karotenoidi} = 4.695 \cdot A_{444} - 0.268 \cdot (a + b)$$

gde je: A – apsorbancija pri odgovarajućoj talasnoj dužini, a vrednosti 9.784, 0.990, 21.426, 4.650 i 0.288 predstavljaju molarne apsorbacione koeficijente po Holmu (1954) i Wetstein-u (1957.) za aceton i dužinu optičkog puta od 1cm.

Kada je izračunata koncentracija pigmentata (mg/l), pristupa se izračunavanju količine pigmentata po g svežeg ili suvog biljnog materijala prema obrascu:

$$C = \frac{C_1 \cdot V \cdot R}{G \cdot 1000}$$

gde su: C – sadržaj pigmentata mg/g svežeg ili suvog biljnog materijala; C<sub>1</sub> – koncentracija pigmentata izračunata po obrascu Holma i Wetststeina ; V – prvobitna zapremina ekstrakta (ml); R – razblaženje, ako ga ima; G – odmerena sveža (suva) masa biljnog materijala (g); 1000 – faktor za pretvaranje (g u mg).

### Rezultati istraživanja i diskusija

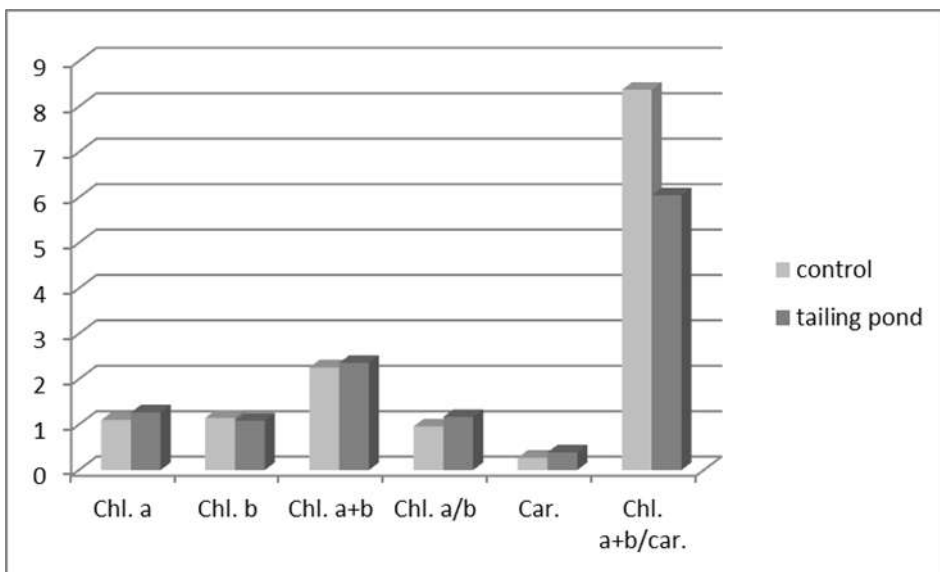
Sadržaj hlorofila a, ukupni sadržaj hlorofila a i b, odnos hlorofila a i b (a/b) i sadržaj karotenoida je bio veći kod uzoraka sa deponije nego kod kontrolnih. Sadržaj hlorofila b i odnos zbira hlorofila a+b i karotenoida (Chl. a+b/car.) je bio veći kod uzoraka iz nezagađenog područja nego sa deponije (Grafikon 1).

Biološke reakcije lekovite biljne vrste *Teucrium chamaedrys* na uslove koji postoje na saniranoj deponiji u odnosu na nezagađeno područje zavise od: mikroklimatskih uslova supstrata, temperature i svetlosti, gustine populacije biljaka na deponiji, borbe za opstanak sa ostalim biljkama, ograničenja u pogledu hranljivih resursa u supstratu kao i od intenziteta zagađenja odnosno sadržaja teških metala u supstratu na deponiji. Rastenje biljaka na saniranoj deponiji je drugačije od rasteња na nezagađenom zemljištu i zavisi od odgovora biljaka na stresne uslove koji se javljaju na supstratu deponije.

Izmenjeni ekofiziološki faktori na saniranoj deponiji u odnosu na nezagađeno područje utiču na morfologiju i fiziologiju ispitanih uzoraka biljaka. Uočene razlike u sadržaju pigmentata mogu biti odgovor na izmenjene morfološke karaktere. Uvećan sadržaj teških metala u supstratu sanirane deponije je u korelaciji sa izmenom nekih morfoloških karakteristika kod ispitanih uzoraka biljaka. Uzorci na saniranoj deponiji su izloženi većoj količini upadne svetlosti tokom rasta.

Hulbert (1988.) je dokazao da uvećan intenzitet upadne količine svetlosti utiče na izmenu anatomskih i fizioloških karakteristika biljaka. U saglasnosti sa podacima do kojih su došli Knapp et al. (1998.) primećeno je da uzorci sa sanirane deponije koje rastu pri visokom intenzitetu svetlosti imaju deblje i šire listove, veću specifičnu masu lista i veću gustinu stoma. U skladu sa ovim parametrima, možemo reći da je nivo odnosa fotosintetskih pigmentata u listovima i efikasnost iskorišćenja vode i azota veća na otvorenim površinama sanirane deponije. Povećanje debljine lista može da doprinese povećanju mezofila u odnosu na celu lisnu površinu, što dovodi do povećanja iskorišćenja CO<sub>2</sub> i stepena fotosinteze (Nobel et al., 1975).





Graf. 1. Poređenje sadržaja pigmenta hloroplasta u listovima (mg/g) lekovite biljne vrste *Teucrium chamaedrys*: sa deponije „Žitkovac“ (tailing pond) i nezagađenog područja iz okoline Niša (control).

Legenda: hlorofil a (Chl.a), hlorofil b (Chl.b), hlorofil a+b (Chl a+b), odnos hlorofila a i b (Chl a/b), karotenoida (Car.) i odnos zbira hlorofila a+b i karotenoida (Chl. a+b/car.)

*Graph. 1. Comparison of chloroplast pigment content of leaves (mg/g) in medicinal plant *Teucrium chamaedrys* from tailing pond „Žitkovac“ (tailing pond) on lead-zinc mine „Trepča“ and uncontaminated area near city of Niš (control).*

*Legend: chlorophyll a (Chl.a), chlorophyll b (Chl.b), Chlorophyll a+b (Chl. a+b), olatio of chlorophyll a and b (Chl a/b), carotenoids (Car.) and ratio of chlorophyl a+b and carotenoids (Chl. a+b/car.)*

Povećan sadržaj karotenoida kod uzoraka sa deponije verovatno obezbeđuje zaštitu hlorofila od fotooksidacije, odnosno štetnog dejstva ultravioletnog zračenja.

### Zaključak

Izmenjeni uslovi na supstratu sanirane deponije „Žitkovac“ RMHK „Trepča“ zahtevaju od biljaka anatomske, fiziološke i biohemijske aklimatizacije. Sposobnost biljaka da se prilagode stresnim uslovima je od ključnog značaja za njihov opstanak. Dinamika biljnih pigmenta je tesno povezana sa fiziološkim statusom biljke.

Kao odgovor na zagađenje na deponiji kod lekovite biljke *Teucrium chamaedrys* (podubica) zabeležen je povećan sadržaj hlorofila a, hlorofila a+b, i odnosa hlorofila a/b u poređenju sa kontrolnim uzorcima iz nezagađenog područja. Takođe je uvećan i sadržaj karotenoida što doprinosi zaštiti od štetnog dejstva UV zračenja.

Prema rezultatima koji su prikazani u ovom radu možemo reći da ispitani uzorci lekovite biljke *Teucrium chamaedrys* imaju dobar potencijal za adaptaciju na uslove stresa uzrokovanog zagađenjem na saniranoj deponiji rudarsko metalurškog kombinata „Trepča“.

### Napomena

Ovaj rad je urađen u okviru Projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja OI 171025. Za usmeravanje pri izboru metoda za ovaj rad izražavamo zahvalnost prof. dr Radmili Trajković, redovnom profesoru Prirodno matematičkog fakulteta u Prištini sa privremnim sedištem u Kosovskoj Mitrovici.

### Literatura

- Bartley G. E., Scolnic P. A. (1995). Plant carotenoids: pigments for photoprotection, visual attraction, and human health. *The Plant Cell*, 7, 1027-1038.
- Blackburn G. A. (2007). Hypercentral remote sensing of plant pigments, *Journal of Experimental Botany*, 58 (4), 855-867.
- Fang Z., Bouwkamp J., Solomos T. (1998). Chlorophyllase activities and chlorophyll degradation during leaf senescence in non-yellowing mutant and wild type of *Phaseolus vulgaris* L. *Journal of Experimental Botany*, 49, 503-510.
- Holm G. (1954). Chlorophyll mutations in barley, *Acta Agriculturae Scandinavica*, 4, 457-471.
- Hulbert, L. C. (1988). Causes of fire effects in tall grass prairie. *Ecology*, 69, 46-58.
- Jakšić T., Smiljić M., Stankov-Jovanović V., Stamenković S., Papović O., Vasić P., Marković M. (2017). Activity of catalase in invasive plants from tailing pond of lead-zinc mine "Trepča". Objavljeno u *Book of abstracts of the 7th ESENIAS Workshop with Scientific Conference, Networking and regional cooperation towards Invasive Alien Species Prevention and Management in Europe*. Trichkova T, Tomov R, Vladimirov V, Kalcheva H, Vanev Y, Uludağ A, Tyufekchieva V (eds.), 102. Sofia, Bulgaria: Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, Bulgarian Academy of Sciences (IBERBAS); East and South European Network for Invasive Alien Species (ESENIAS).
- Knapp A. K., Briggs J. M., Hartnett D. C., Collins L. S. (1998). *Grassland Dynamics. Long-Term Ecological Research in Tallgrass Prairie*. New York, USA: Oxford University Press.
- Milentijević G., Nedeljković B., Ristović I. (2010). Analiza uticaja rada MMCC "Trepča" na zagađivanje voda reke Ibar teskim metalima na području Zvečana. Objavljeno u *Zbornik radova III Međunarodnog Simpozijuma "Energetsko rudarstvo, Nove tehnologije, Održivi razvoj 2010"*, Ristović I. (ed.), 141-147. Banja Junaković, Apatin, Srbija: Rudarsko Geološki Fakultet.
- Nobel P. S., Zaragoza L. J., Smith W. K. (1975). Relation between mesophyll surface area, photosynthetic rate, and illumination level during development for leaves of *Plectranthus parviflorus* Hanckel. *Plant physiology*, 55, 1067-1070.

- Richardson A. D., Duigan S. P., Berlyn G. P. (2002): An evaluation of non-invasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytologist*, 153, 185-194.
- Vasković Đ. (2016). Upravljanje industrijskim otpadom u Republici Srbiji, Objavljeno u *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad, broj 2/2016. Oblast: Industrijsko inženjerstvo i menadžment*, Vasković Đ. (ed.), 311-314. Novi Sad, Srbija: Fakultet Tehničkih nauka.
- Wettstein D. (1957). Chlorophyll letale und der submicroscopische Formwechsel der Plastiden. *Experimental Cell Research*, 12, 427-434.
- Young A., Britton G. (1990). Carotenoids and Stress. Objavljeno u: *Stress responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms*. Alscher R.G., Cumming J.R. (eds), 87-112. New York. Wiley-Liss.

## CONTENT OF CHLOROPLAST PIGMENTS IN MEDICINAL PLANT *Teucrium chamaedrys* FROM TAILING POND OF MINING AND METALLURGICAL CHEMICAL COMPANY “TREPČA”

Mirjana Smiljić<sup>1</sup>, Vesna Stankov-Jovanović<sup>2</sup>, Slobodan Ćirić<sup>2</sup>,  
Nikola Stamenković<sup>2</sup>, Marija Ilić<sup>2</sup>, Tatjana Jakšić<sup>1</sup>, Nebojša Živić<sup>1</sup>,  
Slaviša Stamenković<sup>2</sup>, Marija Marković<sup>2</sup>

### Abstract

In this paper, the contents of chloroplast pigments (chlorophyll a, b, a+b and carotenoids) in the leaves of medicinal plant *Teucrium chamaedrys* from tailing pond „Žitkovac“ of Mining and Metallurgical Chemical Company „Trepča“ and from uncontaminated area near city of Niš were compared. Chloroplast pigments were determined spectrophotometrically in the acetone extracts of experimental and control samples of plant material. The contents of chlorophyll a, a+b and ratio a/b were higher in leaves of samples from tailing pond in comparison with control samples from uncontaminated habitat near city of Niš. In response to stress conditions caused by pollution and full intensity of sunlight in samples of leaves from tailing pond providing the protection of chlorophyll from photooxidation or ultraviolet radiation damage.

**Key words:** *Teucrium chamaedrys*, tailing pond, chloroplast pigments, chlorophyll, carotenoids

<sup>1</sup>University of Priština temporarily settled in Kosovska Mitrovica, Faculty of Science and Mathematics, Ive Lole Ribara 29, Kosovska Mitrovica, Serbia (mirjana.smiljic@gmail.com);

<sup>2</sup>University of Niš, Faculty of Science and Mathematics, Višegradska 33, Niš, Serbia

## PRIMENA DISPERZIVNE MIKROEKSTRAKCIJE ČVRSTOM FAZOM KAO TEHNIKE PRIPREME UZORAKA ZA GC – MS ANALIZU PAU U VODI

*Vesna P. Stankov Jovanović<sup>1</sup>, Violeta D. Mitić<sup>1</sup>, Marija D. Ilić<sup>1</sup>, Snežana Č. Jovanović<sup>1</sup>, Slobodan A. Ćirić<sup>1</sup>, Gordana S. Stojanović<sup>1</sup>*

**Izvod:** Ciljevi istraživanja ovog rada su određivanje efikasnosti disperzivne mikroekstrakcije čvrstom fazom (D- $\mu$ -SPE) kao tehnike pripreme uzoraka vode za analizu 16 prioriternih PAU gasnom hromatografijom sa masenom spektrometrijom, primenom novih sorbenasa. Tehnika pripreme uzoraka pokazala se kao veoma brza, efikasna i ekonomična. Rezultati predložene metode dokazuju da se ova tehnika može primeniti kao tehnika pripreme uzoraka za rutinsku analizu PAU u vodi. Prednosti ovakovog načina analize odlikuju se niskim vrednostima granice detekcije (od 0.147 ppb za benzo[a]antracen do 0.784 ppb za naftalen) i granice kvantifikacije (0.717 ppb za naftalen do 9.459 ppb za benzo[k]fluoranten).

**Cljučne reči:** D- $\mu$ -SPE, PAU, sorbens, GC – MS

### Uvod

Policiklični aromatični ugljovodonici (PAU) predstavljaju organska jedinjenja koja sadrže dva ili više aromatičnih benzenovih prstenova sa molekulskom masom od 128 do 278. Postoji preko sto različitih PAU u životnoj sredini, među kojima je Američka agencija za zaštitu životne sredine njih 16 klasifikovala kao prioritne zagađujuće supstance: naftalen, acenaftilen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, piren, hrizen, benzo[a]antracen, benzo[b]fluoranten, benzo[k]fluoranten, benzo[a]piren, indeno[1,2,3-cd]piren, dibenzo[a,h]antracen, benzo[g,h,i]perilen. Zbog dugog perioda degradacije u životnoj sredini i toksičnog delovanja svrstavaju se u grupu dugotrajnih organskih zagađujućih supstanci. PAU pokazuju kancerogeno delovanje, dovode do akutne toksičnosti, razvojne i reproduktivne toksičnosti, citotoksičnosti i genotoksičnosti (WHO, 1998). Najčešće nastaju kao posledica nepotpunog sagorevanja organskih supstanci i njihovo poreklo u životnoj sredini je petrogeno, antropogeno i pirogeno (ASTDR, 1995). PAU su nepolarna, lipofilna jedinjenja koja lako isparavaju. Mogu se podeliti na PAU male molekulске mase (lake PAU) i PAU velike molekulске mase (teške PAU). Laki PAU se lakše rastvaraju u vodi, a rastvorljivost u vodi opada sa porastom molekulске mase.

Novi trendovi u analizi dugotrajnih organskih zagađivača, uključujući i PAU, ogledaju se u prevazilaženju nedostataka konvencionalnih ekstrakcionih pristupa i poštovanju pravila „zelene“ analitičke hemije, te se u tom smislu, mikroekstrakcije sve više koriste. Upotreba mikroekstrakcionih postupaka pri pripremi uzoraka za analizu ogleda se u smanjenom utrošku rastvarača za ekstrakciju i vremenu pripreme uzoraka, uz očuvanu efikasnost određivanja.

<sup>1</sup>Univerzitet u Nišu, Prirodno – matematički fakultet, Višegradska 33, Niš, Srbija (sjvesna@pmf.ni.ac.rs)

Brza, jednostavna, relativno nova i veoma efikasna tehnika prečišćavanja, disperzivna ekstrakcija čvrstom fazom (d-SPE) predstavljena je od strane Anastasiades i saradnika 2003. Nešto kasnije, D- $\mu$ -SPE kao minijaturizovana modifikacija d-SPE počela se koristiti pri ekstrakciji i prečišćavanju uzoraka kod analize tetraciklina, organofosfatnih pesticida, policikličnih aromatičnih ugljovodonika, triazina i jona teških metala.

D- $\mu$ -SPE, kao novi tip ekstrakcije čvrstom fazom koristi se za prekoncentrovanje, prečišćavanje i ekstrakciju. Kod ove tehnike, čvrsti sorbens nalazi se u rastvoru uzorka. Može se dodati pre ili nakon dodavanja uzorka bez prethodnog kondicioniranja, tako da se postupak prekoncentracije, prečišćavanja ili ekstrakcije sastoji samo od mućkanja i centrifugiranja, što ovu metodu odlikuje brzinom, jednostavnošću, robustnošću, ekonomičnošću i sigurnošću. Sorbensi se od tečnog uzorka odvajaju centrifugiranjem. Analiti od interesa selektivno se zadržavaju na sorbensu i sa sorbensa se odgovarajućim rastvaračem desorbuju. Selekcija sorbensa se vrši prema količini uzorka, prirodi i očekivanoj koncentraciji analita kao i samih fizičko – hemijskih karakteristika sorbensa. Najčešće korišćeni sorbensi za analizu PAU u uzorcima iz životne sredine su silicijum dioksid i polimerni sorbensi (Rawa-Adkonis i Namiečnik, 2006).

Cilj ovog istraživanja bio je određivanje efikasnosti D- $\mu$ -SPE kao tehnike pripreme uzoraka vode za analizu 16 prioriternih PAU GC-MS metodom, gde se kao tehnika pripreme uzorka koristila D- $\mu$ -SPE sa primenom novih sorbenasa na bazi prirodnog zeolita - klinoptilolita.

### Materijal i metode rada

U ovom radu korišćeni su heksan i acetonitril (HPLC čistoće), Sigma Aldrich, PAU miksa, ampula u acetonitrilu koja sadrži 1 ppm svakog od 16 prioriternih PAU, unutrašnji standardi (perilen  $d_{12}$ , fenantren  $d_{10}$  i acenaften  $d_{10}$ ), i surogat standardi (2-hlorfenol-3,4,5,6-d4, 2,4,6-tribromofenol, 2-fluorobifenol), Supelco, Bellefonte, Pennsylvania.

Seriya standardnih rastvora pripremljena je razblaživanjem od 0 - 200  $\mu$ L odmeravanjem 0, 1.875, 3.75, 18.75, 37.5, 75, 112.5, 150 i 187.5  $\mu$ L rastvora PAU u acetonitrilu ukupne koncentracije 16 ppm i razblaživanjem do 200  $\mu$ L heksanom. U svaki standardni rastvor dodavano je po 100  $\mu$ L (koncentracije 30 ppm) unutrašnjeg pripremljenog u dihlormetanu i 100  $\mu$ L (koncentracije 30 ppm) surogat standard pripremljenog u acetonitrilu. Svi rastvori su pripemani u tri ponavljanja.

Dejonizovana voda sa verifikovanim odsustvom PAU je spajkovana standardnim rastvorom koji sadrži 16 PAU u tri koncentracije .05, 1.5 i 3 ppb. Slepe probe pripremljene su na isti način ali bez dodavanja PAU miksa.

Zeolitni materijal (veličine čestica 0,063 – 0,1 mm) koji sadrži preko 90 % klinoptilolitne materije, prvo se ispere dejonizovanom vodom, zatim se suši na temperaturi od 120 °C. Osušeni klinoptilolit (5g) tretira sa 500 mL rastvora 0,1 mol L<sup>-1</sup> HCl u vremenu od 30 minuta uz konstantno mešanje na magnetnoj mešalici i sobnoj temperaturi. Potom se sorbens cedi na vakuumu i ispira do negativne reakcije na hloride. Nakon ispiranja, sorbens se termički tretira 3 h na temperaturama 120 (MK1), 300 (MK2), 400 (MK3), 500 (MK4), 600 (MK5), i 700 °C (MK6).

Kao metoda za pripremu uzorka u ovom istraživanju primenjena je D- $\mu$ -SPE gde se kao ekstraktant koristio heksan a kao disperzer acetonitril u smeši sa vodom (1:4 v/v). Odmeravano je po 400  $\mu$ L vode spajkovane u tri različite koncentracije (0,5, 1,5 i 3 ppb) i surogat standarde ukupne koncentracije 0,75 ppb, i prebacivano u mikrotube koje su sadržale testirane sorbense (460 mg). Nakon mućkanja (1 min) i centrifugiranja u centrifugi sa 6000 rpm (5 min), uklonjena je voda i dodavano je 500  $\mu$ L ekstraktanta i 100  $\mu$ L disperzera. Nakon mućkanja (5 min) i centrifugiranja na 6000 rpm (15 min) ekstrakti (400  $\mu$ L) su prebacivani u vijale i dodavano je po 200  $\mu$ L unutrašnjeg standardnog rastvora za kvantifikaciju. Ekstrakti pripremljeni na ovakav način analizirani su GC - MS metodom.

Snimanje je vršeno na aparatu Triple Quadrupole GC/MS system – Agilent 7000 Series, pod sledećim radnim uslovima: noseći gas He, temperatura 75 °C prvih 3 minuta a zatim povećanje temperature od 6 °C / min do temperature od 300 °C 10 minuta , pritisak 15.44 psi, protok gasa 3 mL/min. Korišćena je kolona (5 % Fenil metil siloksan - HP-5MS (dimenzije kolone 30 m x 250  $\mu$ m x 0.25  $\mu$ m). Snimanje je vršeno u SCAN modu

### Rezultati istraživanja i diskusija

U cilju validacije D- $\mu$ -SPE (gde su se kao novi sorbensi koristile hemijsko-termičke modifikacije klinoptilolita) praćene GC – MS analizom, praćeno je nekoliko parametara: linearnost i linearni opseg, tačnost, preciznost, granica detekcije i granica kvantifikacije. Analitički parametri prikazani su u Tabeli 2.

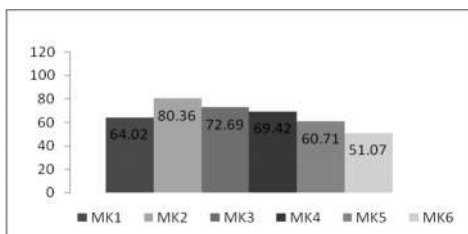
Tabela 1. Analitički parametri testirane metode: Retenciono vreme (RT), praćeni joni (m/z), korelacioni koeficijent ( $R^2$ ), granica detekcije (LOD), granica kvantifikacije (LOQ), relativna standardna devijacija (RSD)

Table 1. Analytical parameters of the tested method: Retention time (RT), monitored ions (m/z), correlation coefficient ( $R^2$ ), limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ), relative standard deviation (RSD)

	RT (min)	Jon (m/z)	Jednačina prave	$R^2$	LOD (ppb)	LOQ (ppb)	RSD (%)
Naftalen	11,23	128	$y=12,28*x$	0,982	0,784	0,717	1,006
Acenaftilen	16,99	152	$y=7,21*x$	0,980	0,377	0,888	0,970
Acenaften	17,7	152	$y=8,88*x$	0,989	0,508	1,014	1,029
Fluoren	19,63	165	$y=7,32*x$	0,984	0,372	0,998	0,986
Fenantren	23,21	178	$y=4,49*x$	0,999	0,409	2,114	1,000
Antraceni	23,23	178	$y=2,55*x$	0,980	0,383	3,485	0,173
Fluoranten	27,77	202	$y=1,19*x$	0,993	0,295	6,873	0,927
Piren	28,57	202	$y=2,06*x$	0,993	0,256	3,549	0,901
Krizen	33,24	228	$y=0,91*x$	0,998	0,235	8,571	1,083
Benzo[a]antraceni	33,38	228	$y=2,13*x$	0,987	0,147	2,298	0,632

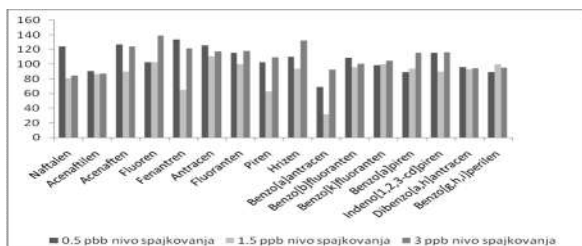
Benzo[b]fluoranten	37,14	252	$y=1,43*x$	0,984	0,207	5,396	1,588
Benzo[k]fluoranten	37,22	252	$y=0,74*x$	0,981	0,188	9,459	0,921
Benzo[a]piren	38,16	252	$y=5,95*x$	0,986	0,165	1,059	0,903
Indeno[1,2,3-cd]piren	41,65	276	$y=1,04*x$	0,999	0,197	7,869	1,333
Dibenzo[a,h]antracen	41,77	278	$y=1,28*x$	0,990	0,151	4,907	0,778
Benzo[g,h,i]perilen	42,46	276	$y=1,83*x$	0,999	0,160	3,718	1,106

Linearnost metode procenjena je preko korelacionog koeficijenta čije su sve vrednosti bile u opsegu od 0,980 do 0,999 za sve PAU, što je u dozvoljenim granicama (WDNS, 1994). Na osnovu jednačine prave, izračunate su koncentracije svakog PAU u model uzorcima vode, te vrednosti upoređene sa poznatim koncentracijama spajkovanih uzoraka i na taj način je određena tačnost metode izražena u procentima - efikasnost (Grafik 1 i 2)



Grafik. 1. Srednja vrednost efikasnosti za testirane sorbense  
 Graphic.1. Mean value of recovery for tested sorbents

Sa grafički prikazane tačnosti uočava se da je hemijsko-termička modifikacija klinoptilolita MK2 ( hemijski modifikovan klinoptilolit koji je žaren na temperaturi od 300 °C) dala najbolje rezultate efikasnosti (ekstrakcionog prinosa ili “recovery” vrednosti). Na sledećem grafiku prikazana je efikasnost za svaki od 16 prioriternih PAU.



Graf. 2. Tačnost metode izražena kao efikasnost (%) za modifikaciju MK2  
 Graph.2. Accuracy of the method, expressed as a recovery (%) for MK2 modification

Vrednost efikasnosti za sva tri nivoa spajkovanja za sve PAU osim za fenantren (64.79 %), piren (62.44 %) i benzo[a]antracen (31.92 %), nalaze se u dozvoljenom opsegu od 70 – 120 % (Thompson i sar., 2002). Preciznost metode procenjena je preko relativne standardne devijacije, takođe poznate i kao koeficijent varijacije ( $C_v$ ), modela uzoraka koji se analiziraju u više ponavljanja. Relativna standardna devijacija određena je analizom jednog uzorka istog dana jednim instrumentom pod istim uslovima (Stankov - Jovanovic i sar., 2017) i nalazila se u opsegu od 0,170 – 1,588 % za sve analizirane uzorke, što metodu odlikuje visokom preciznošću (Tabela 2).

Najniža koncentracija analita koja se može detektovati u uzorku, ali ne i kvantitativno odrediti, naziva se granicom detekcije (eng. Limit of Detection - LOD). Vrednosti granice detekcije predložene metode analize su u opsegu od 0.147 ppb za benzo[a]antracen do 0.784 ppb za naftalen.

Granica kvantifikacije se naziva i limitom kvantifikacije (eng. Limit of Quantification - LOQ) i definiše se kao najmanja količina analita u uzorku koja se može kvantitativno odrediti sa prihvatljivom preciznošću i tačnošću. Vrednosti granice kvantifikacije bile su u opsegu 0.717 ppb za naftalen do 9.459 ppb za benzo[k]fluoranten.

### Zaključak

Novi sorbensi, hemijsko-termičke modifikacije klinoptilolita testirane su u analizi policikličnih aromatičnih ugljovodonika. Disperzivna mikroekstrakcija čvrstom fazom, kao tehnika pripreme uzoraka, pokazala se kao efikasna, ekonomična i brza tehnika pripreme uzorka. Među testiranim sorbensima, modifikacija klinoptilolita dobijena tretiranjem 0.1 mol L<sup>-1</sup> hlorovodoničnom kiselinom i žarenjem na 300 °C pokazala je najbolje rezultate u pogledu efikasnosti u analizi PAU gasnom hromatografijom sa masenom spektrometrijom. Rezultati predložene metode dokazuju da se ova tehnika može primeniti kao tehnika pripreme uzoraka za rutinsku analizu PAU u vodi. Prednosti ovakvog načina analize odlikuju se niskim vrednostima granice detekcije i granice kvantifikacije.

### Napomena

Ovo istraživanje sprovedeno je u okviru projekata Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja (evidencioni broj projekta: OI172047, OI172051)

### Literatura

- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). Polycyclic aromatic hydrocarbons.1995, US Department of Health and Human Services, Public Health Service. Atlanta, GA. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro.les/phs69>
- Barranco, R.M. Alonso-Salces, I. Crespo, L.A. Burreta, B. Gallo, F. Vicente, M. Sarobe. (2004) Polycyclic aromatic hydrocarbon content in commercial Spanish fatty foods. Journal of Food Protection. Volumen (67): 2786-2971.



- Barranco, R.M. Alonso-Salces, I. Crespo, L.A. Burreta, B. Gallo, F. Vicente, M. Sarobe. (2004). Polycyclic aromatic hydrocarbon content in commercial Spanish fatty foods", *Journal of Food Protection*. Volumen (67): 2786-2971.
- M. Rawa-Adkonis, L. Wolska, J. Namiećnik. (2006). Analytical Procedures for PAH and PCB Determination in Water Samples-Error Sources. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. Volumen (36:2): 63-72.
- Tang, U. Isacson. (2008). Analysis of mono- and polycyclic aromatic hydrocarbons using solid-phase micro extraction. *State of the Art, Energy Fuels*, Volumen (22): 1425 -1438.
- Thompson, M., S. L. Ellison, and R. Wood. (2002). Harmonized guidelines for single-laboratory validation of methods of analysis (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*. Volumen (74:5):835-55. doi:10.1351/pac200274050835
- V. Stankov Jovanović, V. Mitić, S. Ćirić, M. Ilić, J. Nikolic, M. Dimitrijević i G. Stojanović.(2017). Optimized Ultrasonic Extraction for the Determination of Polyaromatic Hydrocarbons by Gas Chromatography–Mass Spectrometry. *Analytical Letters*.Volumen (50:15): 2491-2504. DOI: 10.1080/00032719.2017.1293677
- WDNS (Wisconsin Department of Natural Resources). "LOD/LOQ technical advisory committee report", 1994, WI LUST Analytical Guidance", PUBL-SW-130-93.
- WHO/IPCS (World Health Organization–International Programme on Chemical Safety). *Environmental Health Criteria 202*, 1998. Selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbon. Geneva.  
[www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc202.htm](http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc202.htm).

## APPLICATION OF DISPERSIVE MICRO SOLID PHASE EXTRACTION AS A SAMPLE PREPARATION TECHNIQUE FOR GC – MS ANALYSIS OF PAHs IN WATER

*Vesna P. Stankov Jovanović<sup>1</sup>, Violeta D. Mitić<sup>1</sup>, Marija D. Ilić<sup>1</sup>,  
Snežana Č. Jovanović<sup>1</sup>, Slobodan A. Ćirić<sup>1</sup>, Gordana S. Stojanović<sup>1</sup>*

**Abstract:** The aim of this paper is to determine the efficiency of D- $\mu$ -SPE with application of novel sorbents as a technique for sample preparation of water samples for the analysis of 16 priority PAHs by GC-MS. The sample preparation technique proved to be very fast, efficient and economical. The results of the proposed method demonstrate that this technique can be applied for routine analysis of PAHs in water. The advantages of this method are characterized by low values of limit of detection (from 0.147 ppb for benzo [a] anthracene to 0.784 ppb for naphthalene) and the limit of quantification (0.717 ppb for naphthalene to 9.459 ppb for benzo [k] fluorantene).

**Key words:** D- $\mu$ -SPE, PAHs, sorbents, GC – MS

---

<sup>1</sup> University of Nis, Faculty of Science and mathematics, Visegradska 33, Nis, Serbia ([sjvesna@pmf.ni.ac.rs](mailto:sjvesna@pmf.ni.ac.rs))

## PLANT EXTRACTS AND SECONDARY METABOLITES: A POTENTIAL TOOL IN ALTERNATIVE PLANT PROTECTION IN INDOORS PRODUCTION

*Aleksandra Stanojković-Sebić<sup>1</sup>, Zoran Dinić<sup>1</sup>, Jelena Maksimović<sup>1</sup>, Dragutin Đukić<sup>2</sup>, Leka Mandić<sup>2</sup>, Radmila Pivić<sup>1</sup>*

**Abstract:** An excessive use of most of the synthetic pesticides has created different types of environmental and toxicological problems. Since the plants, as a way of self-protect, can produce the biologically active metabolites that prevent the reproduction of the pathogens, the possibilities of using plant extracts and phytopreparations in plant protection from pests in indoors production were observed in this paper. In order to realize the above mentioned, it is necessary, among all, to adjust the technology of obtaining the active plant preparations with the conditions of agricultural production and to develop an adequate advertising, so the produced biopesticides could find their application with consumers.

**Key words:** plant protection, plant extracts, phytopreparations, protected spaces

### Introduction

Global production of agricultural products is the World's largest industry with revenues of about 5 trillion US dollars a year. However, according to approximate estimations, the losses in the plant industry, resulting from the disease-causing agents attack (fungi, bacteria or viruses), harmful insects, rodents and weeds, are as high as 30%, which represents an enormous damage to the economy. Plant diseases and pests are, therefore, economically very significant. Since almost 40% of all plant destruction can be directly attributed to pests, it is understandable that a pest control is of great importance in agriculture (Cowan, 1999). The importance of plant protection is even greater because the crop production intensifies, while the biological sciences are improved. Therefore the methods of plant protection are implemented with a variety of scientific fields, modern technical and chemical agents, as well as breeding and cultivation of species that are resistant to infection. Although plant protection involves a complex system of agro-technical, biological and chemical measures, production, consumption and use of chemicals (pesticides) to protect agricultural and industrial crops from diseases and pests rank first in the control of plant enemies. When the effects of application of a pesticide are observed, then as inevitably raises the question of their residues in vegetables, fruits, agricultural crops, animal products, as well as soil, water, surface water and air (Vitorović et al., 2000). These effects are particularly pronounced in indoors production, where „the greenhouse effect“ of the isolated space and, sometimes, insufficient and inadequate ventilation, causes longer presence of pesticides in the air, its pollution and high toxicity to humans. By realizing health benefits and eco-safety, several

<sup>1</sup>Institute of Soil Science, Teodora Drajzera 7, Belgrade, Serbia (astanojkovic@yahoo.com);

<sup>2</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, 32000 Čačak, Serbia.

government and non-governmental organizations support conventional farmers to switch over organic farming practices. An increased demand in organic food and beverages is due to awareness among the consumer and producer about the negative consequences associated with synthetic chemical pesticides.

For the purpose of finding the ways to avoid the toxicity of plant and animal foods, as well as negative effects on the environment of many chemicals, in the past few years greater attention is paid to the implementation of the (still not enough) plant preparations in the control of plant pathogens (Raja et al., 2015).

### **Crops production in indoors systems**

Cultivation of the certain plant species in indoors, especially of the several species rotation during the year, allows to each manufacturer its own choice of production, which should include the object capacity and market needs. Today the indoors production is a „fertile garden“ that produces vegetables, flowers and aromatic species at a time when, due to climatic conditions, they can not be grown in the open field.

Indoors production under plastic or glass (greenhouses and glasshouses) is always more intense than other forms of production, because, with the necessary general and specific knowledge, higher yields can be achieved. This kind of closed area should provide the optimal conditions for growing plants in the autumn-winter-spring period, which enable the planned harvest in time of the poor market supply, which ensures a higher price (Lazić et al., 2001).

During the growing season, plant species, which are grown in greenhouses or glasshouses, are exposed to constant attack by pests, diseases and weeds. Faced with the damage that they inflict to plant production, one is forced to constantly control them. Nowadays, the most effective way to control the plant pathogens is commonly seen in the application of chemicals - pesticides. However, with the use of pesticides one should be careful, as many of them are very strong poisons, both for people and for animals. Particular danger of mass poisoning is caused by using the crops products immediately after applying pesticides (Maksimović and Simović, 1992).

Because of the consequences that pesticides can cause to humans, domestic animals and environment, it is necessary to develop and promote the alternative and environmentally friendly technologies in the protection of crops from pests and diseases, both in indoors and outdoors production.

Regarding the fact that plants, as a form of self-protection, can generate biotic active metabolites, which prevent reproduction of pathogens, for the past few years there is an increasing interest in the application of preparations based on plants to protect cultivated crops. One of the main advantage of the plant pesticides lies in their rapid degradation and lack of persistence and bioaccumulation in the environment, which have been major problems in synthetic use. Unfortunately, nowadays the plant preparations are not numerous, thus there is a consideration that more intensive production and the introduction of biotic active plant products (biopesticides) in the entire system of plant protection should be stimulated (Arnason et al., 2012).

### Biotic active plant metabolites

It is generally known that the plants are endowed with the ability to create in tissue the chemical compounds that can prevent the reproduction of harmful and harmless microbes and insects. Several thousand of species of higher plants are tested laboratory and found that the number of analyzed plants that did not have at least some minimal antibiotic properties is very low. It was found that these properties do not only have the volatiles (e.g., essential oils), but many non-volatile matter, especially tannins and other polyphenol compounds. These compounds (phytoncides) can be found in various parts of the plants and their microbicidal and insecticidal properties depend on many internal and external factors (Tucakov, 1997).

Sergeeva (2016) listed the plants, used for pest control experimentally and traditionally in different parts of world, as follows: *Allium sativum*, *Anacardium occidentale*, *Annona cuneata*, *Azadirachta indica*, *Capsicum frutescens*, *Cassia* spp., *leguminosae*, *Eucalyptus* spp., *Euphorbia tirucalli*, *Melia azedarach*, *Ocimum* spp., *Solanum nigrum*, *Tagetes* spp., *Citrus sinensis*, *Citrus medica limonum*, *Brassica juncea*, *Anacardium occidentale*, *Pimenta dioica*, *Alpinia galangal*, *Anisomeles indica*, *Curcuma longa*, *Carica papaya*, *Annona squamosa*, *Vitex negundo*, *Calotropis gigantea*, *Allium cepa*, *Aloe barbedensis*. She also specified the most popular herbs that repel insects, as follows: Sweet basil (*Ocimum basilicum*), Bay laurel (*Laurus nobilis*), Lavender (*Lavandula augustifoli*), Common tansy (*Tanacetum vulgare*), Wormwood (*Artemisia absinthium*), Citronella grass (*Cymbopogon nardus*).

Studies of the effects of plant metabolites in human, veterinary and herbal medicine gave the positive results, and thus initiated and stimulated further investigations of this type in agriculture and animal husbandry. For example it was found that phytoncides of garlic and mint prevent the occurrence of blight on potato and bacterial diseases of eggplant. At the same time, these phytoncides and phytoncides of corn, cucumber and wild mustard, can prevent disease-causing agents in animals and human (Đokić et al., 1998). Essential oils, such as volatile phytoncides, have a stronger or weaker microbicidal and insecticidal properties, depending on the environmental conditions and varieties of plants. An essential oil *helenin*, isolated from the roots of elecampane (*Inula helenium*), is used as an antihelmintic, antimycotic and bacteriostatic (Sarić, 1989). Among non-volatile phytoncide in agricultural production the commonly used are alkaloids. Nicotine and anabazin are used in control of various crops parasites, and colchicine to increase crop yields by creating polyploids.

Plants have limitless ability to synthesize aromatic secondary metabolites, most of which are phenols or their oxygen-substituted derivatives. According to previous studies (Gurjar et al., 2012), the important sub-classes in this group of compounds include phenols, phenolic acids, quinones, flavones, flavonoids, flavonols, tannins and coumarins. These groups of compounds show antimicrobial effect and serves as plant defense mechanisms against pathogenic microorganisms (Table 1).

Although there is not much knowledge on phytoncides and, in particular, on their chemical constitution, it was found that there is not so big difference between classic antibiotics in human and veterinary medicine and phytoncides, because the mechanism of their biological actions is very similar (Tucakov, 1997). Nevertheless, by applying

these plant products in indoors crop production the use of pesticides could be avoided, including air pollution and human poisoning.

Table 1. Mode of antimicrobial action of phytochemicals (Cowan, 1999)

Tabela 1. Načini antimikrobne aktivnosti fitohemikalija (Cowan, 1999)

Class <i>Klasa</i>	Sub-class <i>Potklasa</i>	Mechanism of action <i>Mehanizam delovanja</i>
Phenolics <i>Fenolna</i>	Simple phenols <i>Fenoli</i>	Membrane disruption <i>Oštećenje membrane</i>
Phenolic acids <i>Fenolne kiseline</i>	Phenolic acids <i>Fenolne kiseline</i>	Bind to adhesins, inactivate enzymes <i>Vezivanje za adhezine, deaktiviranje enzima</i>
Terpenoids, essential oils <i>Terpenoidi, esencijalna ulja</i>	-	Membrane disruption <i>Oštećenje membrane</i>
Alkaloids <i>Alkaloidi</i>	-	Intercalate into cell wall <i>Ugradnja u ćelijski zid</i>
Tannins <i>Tanini</i>	-	Bind to proteins, enzyme inhibition <i>Vezivanje za proteine, inhibicija enzima</i>
Flavonoids <i>Flavonoidi</i>	-	Bind to adhesins, inactivate enzymes <i>Vezivanje za adhezine, deaktiviranje enzima</i>
Coumarins <i>Kumarini</i>	-	Interaction with eucaryotic DNA <i>Interakcija sa eukariotskom DNK</i>
Lectins and polypeptides <i>Lektini i polipeptidi</i>	-	Form disulfide bridges <i>Formiranje disulfidnih mostova</i>

### Extraction of the plant material

Extraction methods involve separation of medicinally active fractions of plant tissue from inactive/inert components by using selective solvents and extraction technology (Table 2). Solvents diffuse into the solid plant tissues and solubilize compounds of similar polarity (Gurjar et al., 2012).

Table 2. Solvents used for active component extraction (Cowan, 1999)

Tabela 2. Rastvarači koji se koriste za ekstrakciju aktivnih komponenti (Cowan, 1999)

Water <i>Voda</i>	Ethanol <i>Etanol</i>	Methanol <i>Metanol</i>	Chloroform <i>Hloroform</i>	Dichloromethanol <i>Dihlorometanol</i>	Ether <i>Etar</i>	Acetone <i>Aceton</i>
Tannins <i>Tanini</i>	Alkaloids <i>Alkaloidi</i>	Terpenoids <i>Terpenoidi</i>	Terpenoids <i>Terpenoidi</i>	Terpenoids <i>Terpenoidi</i>	Alkaloids <i>Alkaloidi</i>	Flavonols <i>Flavonoli</i>
Saponins <i>Saponini</i>	Tannins <i>Tanini</i>	Saponins <i>Saponini</i>	Flavonoids <i>Flavonoidi</i>	-	Terpenoids <i>Terpenoidi</i>	-
Terpenoides <i>Terpenoidi</i>	Terpenoids <i>Terpenoidi</i>	Tannins <i>Tanini</i>	-	-	Coumarins <i>Kumarini</i>	-
-	Flavonols <i>Flavonoli</i>	Flavones <i>Flavoni</i>	-	-	-	-

In the process of plant extraction numerous essential oils are obtained. These oils usually contain both volatile and liposoluble components, as well as hydrophilic

components. By this way it is achieved maximum effect of the active components of a particular plant species. Selection of a suitable solvent is very important to obtain a high degree of selectivity of the extraction and preparation with the standard and high efficiency. Besides the choice of solvents, quality of plant extract also depends on plant material and the extraction methods (Kišgeci, 2002).

In recent years a method of extraction is used the most for obtaining a range of products with a wide application in the pharmaceutical, cosmetic and food industries. Examples of plant extraction for the purpose of crop protection are not so numerous, since most of the methods for evaluation of efficacy of plant extract are based on *in vitro* investigations. *In vitro* antimicrobial susceptibility testing includes diffusion test, such as agar well diffusion, agar disk diffusion, poison food technique, bio autography, and dilution methods - agar dilution, broth micro dilution assay and broth macro dilution assay (Gurjar et al., 2012). Thousands of phytochemicals which have inhibitory effects on all types of microorganisms *in vitro* should be subjected to *in vivo* testing to evaluate the efficacy in controlling the incidence of disease in crops, plants and humans.

From the plant immortelle (*Helichrysum arenarium*) it was obtained a resinous fragrant extract *arenarin*, which has a feature to stop the development of many microorganisms on plants, stimulates the germination of tomatoes and protect plants from bacterial attack, which is why it is used in agriculture, particularly in horticulture and vegetable crops (Tucakov, 1997). Also, extracts of *Artemisia absinthium* and *Tanacetum vulgare* are used in the suppression of the spider (*Tetranychus urticae*) because they possess acaricidal properties (Chiasson et al., 2001).

Sabadilla is the seed extract of the neotropical lily *Schoenocaulon officinale* which contains veratridine alkaloids which have a neurotoxic mode of action. The extract has low mammalian toxicity and is a useful contact insecticide against a number of agricultural insects such as lepidoptera, leafhoppers, and thrips. Ryania is an extract from the South America shrub *Ryania sp.* containing the diterpene alkaloid ryanodine, which is a contact and ingested insecticide against horticultural and ornamental crop pests. It exerts its toxicity by blocking Ca<sup>++</sup> ion channels. However, the market for these phytopreparations is relatively small.

Pyrethrum is now the most important traditional plant insecticide on the market, derived from the African daisy, *Chrysanthemum pyrethrum*, which produces an insecticidal oleoresin that can be extracted with organic solvents and pyrethrum extract. This plant product is valued for its effectiveness against a wide variety of home and garden insects, due to its action on the insect nervous system at the Na<sup>+</sup> channels. Nowadays, the potential use of pyrethrum in organic agriculture has created new issues for the pyrethroid industry (Arnason et al., 2012).

Zarins et al. (2009) described eight phytofungicides, invented to limit infections caused by phytopathogenic fungi on vegetable cultures, both in greenhouses and in field. Their active components were extracts of various wild and artificially cultivated plants in combination with additives – matrixes. Plant extracts used for production of these phytofungicides were as follows: “Fitoekols-IF” – pine (*Pinus sylvestris*) and spruce (*Picea abies*) green extract; “Fitosativum” – garlic (*Allium sativum*) extract; “Fitocapsicum” – chili pepper (*Capsicum annuum*) extract; “Fitokrisanthemium” – chrysanthemum (*Chrysanthemum sp.*) leaf extract; “Fitoarmoracium” – wild horse

radish (*Armoracia rusticana*) root and leaf extract; "Fitotabacum" – tobacco (*Nicotiana tabacum*, *N. rustica*) extracts; "Fitopelargonium" – geranium (*Pelargonium* sp.) leaf extract; "Fitosinepium" – white mustard (*Sinapis alba*) plant and seed extract. Tested fungicidal phytopreparations were produced in different forms – concentrate, liquid, paste and dry form, with pH 8.8-9.0, and their effects compared to those of already approved fungicides "Bordo", "Mycostop" and "Timorex". The results obtained in the study of these authors showed that an efficiency of these phytofungicides was in the ranges of 65-88 % and 60–80 % under greenhouse vegetable and field conditions, respectively.

### Conclusion

In agricultural indoors and outdoors production there are produced biological products used for the control of pests (biopesticides). Essential oil products have recently emerged as the most important biopesticides, although there is a great potential of a number of other experimental plant natural products, particularly as bioinsecticides, including piperamides, acetogenins, thiophenes and limonoids.

The main advantage of phytopreparations use are as follows: sustainable solutions in agriculture; reducing crop losses; ecological safety; no negative effect on treated plants; easily bio-degradable; cheaper integrated diseases management; suitability for prophylactic treatment; organic farming.

The examples of bioprotection should be a role model for more active production of biopesticides and their use in crop production, not only in greenhouses or glasshouses, but also in the open field, if the natural resources, environment and human health want to be protected and preserved.

### References

- Cowan M.M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12 (4), 564-582.
- Vitorović S., Nešković N., Mojašević M., Lazić S. (2000). Stanje kontrole ostataka pesticida u Jugoslaviji. *Pesticidi*, 15, 101-110.
- Raja N., Masresha G. (2015). Plant based biopesticides: safer alternative for organic food production. *Journal of Fertilizers & Pesticides*, 6: e128. Dostupno: <https://www.omicsonline.org/open-access/plant-based-biopesticides-safer-alternative-for-organic-food-production-jbfbp-1000e128.pdf>
- Lazić B., Marković V., Djurovka M., Ilin Ž. (2001). *Povrće iz plastenika*. Beograd, Srbija: Partenon.
- Maksimović P., Simović N. (1992). *Praktično povrtarstvo*. Čačak, Srbija: Litopapir.
- Arnason J.T, Sims S.R., Scott I.M. (2012). Natural products from plants as insecticides. Objavljeno u *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Oxford, UK: Eolss Publishers. Dostupno: <http://www.eolss.net/sample-chapters/c06/e6-151-13.pdf>.
- Tucakov J. (1997.). *Lečenje biljem*. Beograd, Srbija: Izdavačka kuća "Rad".
- Sergeeva V. (2016). Use of plant extracts and essential oils in modern plant protection. *Acta Horticulturae*, 1125, 361-368.

- Djokić D., Stojanović J., Djurić M. (1998). Fiziologija biljaka. Čačak, Srbija: Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku.
- Sarić M. (1989). Lekovite biljke Srbije. Beograd, Srbija: Srpska Akademija nauka.
- Gurjar M.S., Ali S., Akhtar M., Singh K.S. (2012). Efficacy of plant extracts in plant disease management. *Agricultural Sciences*, 3 (3), 425-433.
- Kišgeci J. (2002). Lekovito bilje. Beograd, Srbija: Partenon.
- Chiasson H., Bélanger A., Bostanian N., Vincent C., Poliquin A. (2001). Acaricidal properties of *Artemisia absinthium* and *Tanacetum vulgare* (Asteraceae) essential oils obtained by three methods of extraction. *Journal of Economic Entomology*, 94 (1), 167-171.
- Zarins I., Daugavietis M., Halimona J. (2009). Biological activity of plant extracts and their application as ecologically harmless biopesticide. *Sodininkystė ir Daržininkystė*, 28 (3), 269-289.

## **EKSTRAKTI I SEKUNDARNI METABOLITI BILJAKA: POTENCIJALNI „ALAT“ U ALTERNATIVNOJ ZAŠTITI BILJAKA GAJENIH U ZATVORENOM PROSTORU**

*Aleksandra Stanojković-Sebić<sup>1</sup>, Zoran Dinić<sup>1</sup>, Jelena Maksimović<sup>1</sup>,  
Dragutin Djukić<sup>2</sup>, Leka Mandić<sup>2</sup>, Radmila Pivić<sup>1</sup>*

### **Izvod**

Intenzivna primena većine sintetičkih pesticida može prozrokovati brojne probleme su ekološke i toksikološke prirode. Polazeći od činjenice da biljke, kao jedan vid sopstvene zaštite, mogu da sintetizuju biotički aktivne metabolite, koji sprečavaju razmnožavanje patogena, u radu su razmatrane mogućnosti primene ekstrakata i gotovih preparata na bazi bilja u zaštiti biljaka od bolesti i štetočina u zaštićenim prostorima. Da bi se to postiglo, potrebno je, između ostalog, prilagoditi tehnologiju dobijanja aktivnih biljnih preparata uslovima poljoprivredne proizvodnje i razviti adekvatan marketing kako bi proizvedeni biopesticidi našli svoju primenu kod potrošača.

**Key words:** zaštita bilja, biljni ekstrakti, fitopreparati, zaštićeni prostori

---

<sup>1</sup>Institute of Soil Science, Teodora Drajzera 7, Belgrade, Serbia (astanojkovic@yahoo.com);

<sup>2</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, 32000 Čačak, Serbia.



## INFLUENCE OF ARTIFICIAL INFESTATION WITH WESTERN CORN ROOTWORM EGGS ON MAIZE MORPHOLOGY

*Snežana Tanasković<sup>1</sup>, Branka Popović<sup>1</sup>, Sonja Gvozdenac<sup>2</sup>, Matthias Erb<sup>3</sup>*

**Abstract:** A field experiment was carried out in Bečej (Serbia) during 2014 with Serbian maize cultivar NS-640. In experimental field, 96 plants were selected, marked, and arranged in 48 pairs. In each pair, one plant was artificially infested in root zone with 4 mL of *Diabrotica v. sp. virgifera* eggs 0.125% agar suspension (D plants). The maximum measured height on D (infested) and C (control) plants was 295 cm and 320 cm, respectively. The maximum measured diameter on D plants was 27.93 mm and on C plants was 32.13 mm respectively. The maximum recorded number of leaves was 15 on both categories. Statistical analysis shows that differences between plant diameters and the number of leaves between D and C plants are significant.

**Key words:** WCR, artificial infestation, maize, morphology

### Introduction

Western corn rootworm (WCR) *Diabrotica virgifera* sp. *virgifera* Le Conte (Coleoptera, Chrysomelidae) is an insect species native to America. In Europe, WCR was first detected in the early nineties in Serbia (Bača, 1993). WCR imago spreads up to 100 km per year (MacLeod et al., 2004; Baufeld, 2003). Today WCR is economically very important pest of European maize fields (EPPO, 2017).

It is an oligophagous, univoltine pest and it leaves serious consequences on maize roots, above-ground parts and maize yields (Bača, 1993; James et al., 2005; Hummel et al., 2008; Ciobanu et al., 2009). Beside maize, WCR can feed on more than 20 plants from fam. Poaceae. However, WCR completes development and survival only on the maize, which represents reproductive WCR host plant (Clark and Hibbard, 2004).

The most important damages on maize are caused by WCR larvae (Ciobanu et al., 2009; Wesseler and Fall, 2010). By feeding on nodal and lateral roots, WCR larvae damage the entire root system (Chiang, 1973; Kahler et al., 1985; Gavlovski et al., 1992), which leads to inability of maize to uptake water and nutrients (Riedell, 1997; Gray, 2009). Larval attack causes plant lodging, a symptom known as “goose neck”, only characteristic for WCR presence (Wesseler and Fall, 2010).

Plant lodging causes mechanical (inability to harvest maize during mechanical harvesting) and physiological (due to inability of the injured roots to uptake water and nutrients) losses (Tollefson, 2007; Dun et al., 2010).

Maize monoculture leads to serious plant damages and increase of WCR population in the fields (Sivcev et al., 2009). WCR larvae presence in maize monoculture can cause

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (stanasko@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija;

<sup>3</sup>Functional Plant Biology, Institute of Plant Sciences, University of Bern, Switzerland

increased plant lodging, up to 75% (Čamprag et al., 1998; Bača et al., 1998). Yield losses also represent the results of the plant lodging (Spike and Tollefson, 1991). In the conditions of WCR eggs artificial infestation at different levels Chiang et al. (1980) reported yield losses ranging from 2 to 50%. Yield losses can be 10 to 40% and even 90% in extreme cases (McBride, 1972; Spike and Tollefson, 1991).

The aim of this research was to examine the impact of WCR larvae under condition of artificial eggs infestation on maize morphology i.e. leaf number, plant height and stem diameter.

### **Material and method**

The field experiment was carried out in Bečej, province of Vojvodina, Northern Serbia. It was performed from June 2<sup>nd</sup> until the September 19<sup>th</sup>, 2014, with Serbian maize cultivar NS 640. The chosen field for experiment represents the field with low natural WCR infestation.

During the experiment, 96 maize plants were selected, labeled and arranged into pairs. The plants were sown in two rows with 1 m space between labeled plants. In each pair, one plant was artificially infested in root zone with 4 mL of WCR eggs 0.125% agar suspension (D plants). One mL of suspension contained 136 WCR eggs. The other plant from the pair was the control plant, marked with C. The same amount of distilled water (4 mL) was injected in the root zone of C plant.

After the artificial infestation, field experiment was inspected every week for four months. Inspections of plants included the measurement of heights, stem diameters and counting the number of leaves. The measurements of plant height was made using simple meter, while stem diameter was measured using a  $\pm 0.05$  mm precision Caliper, Pro-Max 67 IP Sylvac System.

The differences between the heights of stem diameter and the number of leaves among D and C plants were analyzed using Two-sample t-test (Test for equality of sample variances) Gen Stat 12<sup>Th</sup> edition.

### **Results and discussion**

Plant heights recorded during the last observation are presented in Figure 1. The maximum measured height on D plants was 295 cm and it was only one plant. The minimum height was 210 cm, and it was recorded on four D plants. The biggest number of D plants (12 D plants) was with registered height of 280 cm. On the other hand, on C plants only one plant was with maximum measured height (320 cm). The largest number of C plants (24 C plants) had height more then 280 cm, while the smallest measured height was 210 cm (two C plants).

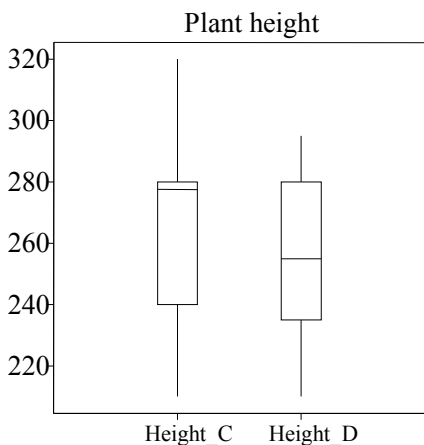


Figure 1. Heights of D and C plants

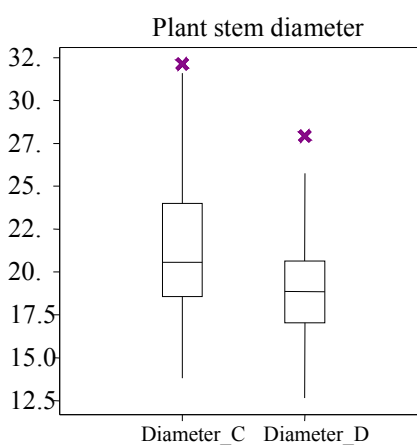


Figure 2. Stem diameter of D and C plants

Values of plant stem diameter recorded during the last observation are presented in Figure 2. A diameter of D plants ranged between 12.66 mm and 27.93 mm, while of C plants ranged from 13.83 mm to 32.13 mm. The largest number of D plants (20 D plants) was in the range of 17.04 – 19.87 mm. On the other hand, the largest number of C plants (23 C plants) was in the range 20.6 – 28.57 mm (Figure 2).

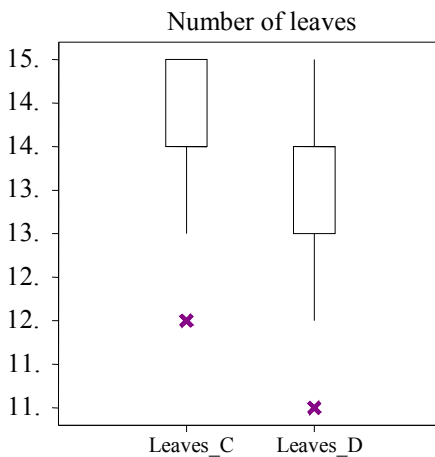


Figure 3. Number of leaves on D and C plants

The number of leaves on D and C plants recorded during the last observation are presented in Figure 3. The number of maize plants with the highest number of leaves (15) on D and C plants was 10 and 22, respectively. The number of D and C plants with

14 leaves were the same in both categories (23 maize plants). The total number of plants with 13 leaves on D and C plants was 13 and two, respectively. During the last inspection in category of infested plants, one D plant was recorded with 11 leaves, while among control plants, one C plant was recorded with 12 leaves (Figure 3).

Statistical analysis shows that there are highly significant differences in plant diameters and number of leaves between D and C plants ( $F=1.39$ ;  $1.63$ ,  $p < 0.001$ ). According to the statistical analysis, there are no differences in heights between D and C plants ( $F=1.33$  ns,  $p < 0.05$ ) (Table 1).

Table 1. Differences between height, plant diameter, and number of leaves of WCR infested plants and control plants

Year	Observation	Means values		F	Sig.
		D plants	C plants		
2014	Height (cm)	253.4 ± 24.813	264.1 ± 28.596	1.33	0.053ns
	Stem diameter (mm)	19.01 ± 3.445	21.19 ± 4.062	1.39	0.007**
	Number of leaves	13.83 ± 0.859	14.38 ± 0.672	1.63	0.001**

During the research in conditions of artificial WCR eggs infestation, Popović (2017) did not found statistically significant differences in plant height and plant diameter between artificially infested and uninfested maize plants. In the research of Tanasković et al. (2016), WCR eggs infestation caused 95.7% damages on infested plants with different rate of root damages. In conditions of artificial WCR eggs infestation in 2015, Tanasković et al. (2017) reported significant differences in the level of root damages and root mass between infested and uninfested (control) maize.

Artificial infestation with WCR eggs in the research of Popović et al. (2017) shows that there were no differences in the root damages and root mass between infested and uninfested plants during 2016. The differences between root damages on infested and uninfested plants in 2017 were higher than differences in their root mass (Popović et al., 2017). These results are completely different then the results recorded during this research.

The available literature reports similar research of artificial WCR eggs infestation (different number of eggs), but points out consequences to the population density, size, longevity, and fecundity of emerged females. There are no available data of the influence on plant morphology parameters.

Artificially infested maize roots with WCR larvae in the research of Gavlovski et al., (1992) did not differ in fresh or dry weights or in plant heights. On the other hand, Riedell (1989) reported results of experiment with infestation with 150 second-instar WCR larvae. Obtained results indicate differences in plants height, ears length and width, shoot fresh weight, ear dry weight, and husk dry weight between infested and uninfested maize plants.

## Conclusion

According to this research, artificial infestation in conditions of low natural infestation caused significant statistical differences in plant diameter and number of leaves between D and C plants while there were no differences between plant heights.

## Acknowledgement

These results are the part of SCOPES project "Understanding plant-mediated interactions between two major maize pests of Eastern Europe - From phytochemical patterns to management recommendations". Project No. IZ73Z0\_152313/1 project.

## References

- Bača, F. (1993). New member of harmful entomofauna of Yugoslavia *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte (Coleoptera: Chrysomelidae). IWGO, News Letter, vol. XII (1-2), 21.
- Bača, F., Lopandić, D., Stojčić, J., Živanović, D. (1998). The results of monitoring *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte in 1998. In Republika Srpska “Western Corn Rootworm 98” 3 rd FAO WCR/ICP Meeting 4th Meeting of the EPPO and ad hoc Pand and 5th Internacional IWGO Workshop on *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 27-29 October, Rogaska Slatina, Slovenia, Abstract: 21-22.
- Baufeld P. (2003). Technical dossier on pecuniary losses and costs of containment measures in high-risk areas. In: Vidal S. (ed.) Threat to European maize production by the invasive quarantine pest Western Corn Rootworm (Dv): a new sustainable crop management approach. EU Research Report QLRT-1999-01110.
- Čamprag, D., Kereši, T., Bača, F., Stanković, R. (1998). Uticaj monokulture kukuruza na pojavu i štetnost *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte str.74-83, objavljeno u Pojava, štetnost i suzbijanje kukuruzne zlatice *Diabrotica virgifera* Le Conte.
- Chiang H.C., French L.K., Rasmussen D.E., (1980). Quantitative relationship between western corn rootworm population and corn yield. J. Econ. Entomol. 73, 665-666
- Chiang, H. C., (1973). Bionomics of the northern and western corn rootworms. Annual Reviews of Entomology, 18: 47-72.
- Ciobanu, C., Șandor, M., Ciobanu, G., Domuța, C., Samuel, A. D., Vușcan, A., Chereji, I., (2009). Research regarding *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte (The Western Root Worm) control in sustainable agriculture. Romanian Agricultural Research No 26, pp.79-84.
- Clark T.L., Hibbard, B.E. (2004). Comparison of nonmaize hosts to support western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larval biology. Environ. Entomol. 33: 681-689.
- Dun Z, Mitchell PD, Agosti M. (2010). Estimating *Diabrotica virgifera virgifera* damage functions with field trial data: applying an unbalanced nested error component model. J Appl Entomol.; 134: 409–419.
- EPPO (2017). PQR – EPPO database on quarantine pests-last update 2017-05-22 (available online, last access 24.01.2018) <https://gd.eppo.int/taxon/DIABVI> .

- Gavlovski, J.E., Whitfield, G.H., and Ellis, C.R. (1992). Effect of larvae of Western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) Mechanical Root Pruning on Sap Flow and Growth of Corn. *J. Econ.Entomol.* 85(4):1434-1441.
- Gray ME, Sappington TW, Miller NJ, Moeser J, Bohn M. O. (2009). Adaptation and invasiveness of western corn rootworm: intensifying research on a worsening pest. *Ann Rev Entomol.*: 54: 303–321.
- Hummel, H.E., Dinnesen, S., Nedelev, T., Modic, S., Urek, G., Ulrichs, C. (2008). *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte in confrontation mood: simultaneous geographical and host spectrum expansion in southeastern Slovenia. *Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent* 16: 127 – 130
- James D. O., Park, Y-L., Nowatzki, T. M., Tollefson, J.J. (2005). Node-Injury Scale to Evaluate Root Injury by Corn Rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae) Department of Entomology, Iowa State University, Ames, IA 50011-3140: 1-8.
- Kahler, A.L., Olnese, A.E., Sutter, G.R., Dybling, C.D., and Devine, O.J. (1985). Root damage by western corn rootworm and nutrient content in maize. *Agron. J.*77:769-774.
- MacLeod A, Baker R, Holmes M, Cheek S, Cannon R, Agallou E. (2004). Costs and benefits of a campaign against *Diabrotica virgifera virgifera* (Dvv). Pest Risk Analysis, Department for Environment, Food & Rural Affairs, London.
- McBride DK. 1972. Corn rootworm control trials –1971. *North Dakota Farm Research* 29: 9-13.
- Popović B. (2017). Some Morphological Characteristics and Yield Parameter of Maize in Conditions of Artificial Western Corn Rootworm Eggs Infestation. Proceedings conference of Agronomy students with international participation. Vol.10, Issu10, 102-110.
- Popović, B., Tanasković, S., Gvozdenac, S. (2017). Root damages and root mass in conditions of artificial infestation with western corn rootworm eggs, *Research Journal of Agricultural Science*. 2017, Vol. 49 Issue 4, p261-268.
- Riedell, W. E. (1989): Western corn rootworm damage in maize greenhouse technique and plant response. *Crop Sci.* 29, 412–415.
- Sivcev, I., Stankovic, S., Kostic, M., Lakic, N., Popovic, Z. (2009). Population density of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte beetles in Serbian first year and continuous maize fields. *Journal of Applied Entomology*, 133: 430-437.
- Spike B.P., Tollefson, J.J. (1991). Yield response of corn subjected to western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) infestation and lodging. *J. Econ. Entomol.* 84: 1585-1590
- Tanasković, S., Popović, B., Gvozdenac, S., Karpati, Z., Bogнар, C., Erb, M. (2016). Influence of artificial infestation with WCR eggs on maize root damages and biomass. Proceedings XXIV Ecological Truth, 564-570. Eds. R Pantović and Z. Markovic. ISBN 978-86-6305-043-3. Eco-Ist'16. 12-15 June 2016, Vrnjačka Banja, Serbia
- Tanasković, S., Gvozdenac, S., Popović, B., Đurović, V., Erb, M. (2017). Maize Tolerance to Natural and Artificial Infestation with *Diabrotica virgifera virgifera* Eggs, Proceedings on the 19th International Conference on Agricultural Entomology and Applications in International Journal of Agricultural and

- Biosystems Engineering, World academy of Science, vol.11, no. 12, pp. 787 – 792, Istanbul, Turkey, 21. – 22. Dec, 2017
- Tollefson J.J. (2007). Evaluating maize for resistance to *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae) Department of Entomology, Iowa State University, USA Maydica 52, 311-318.
- Wesseler J. and Fall E.H., (2010). Potential damage costs of *Diabrotica virgifera virgifera* infestation in Europe – the “no control” Scenario. Online at <http://mpira.ub.uni-muenchen.de/33231/> MPRA Paper No. 33231

## EFIKASNOST FUNGICIDA U SUZBIJANJU PEGAVOSTI LIŠĆA CVEKLE (*Cercospora beticola*)

Andrija Tomić<sup>1</sup>, Drago Milošević<sup>2</sup>, Radomir Bodiroga<sup>1</sup>

**Izvod:** Pegavost lišća cvekle je jedna od najznačajnijih bolesti biljaka porodice *Chenopodiaceae*. Bolest se redovno javlja posebno na osjetljivim genotipovima cvekle. Radi ekonomičnije proizvodnje cvekle i postizanja visokih prinosa, a samim tim i kvaliteta sirovine neophodno je vršiti hemijski zaštitu od ove bolesti, primenom odgovarajućih fungicida. U ovom radu je ispitivana efikasnost fungicida na bazi: azoksistrobina, maneba i flutriafola. Ogled je postavljen po EPPO standardima (EPPO PP1/1 (4)). Tretiranja su obavljena pomoću ledne prskalice. Zadatak istraživanja je bio da se u poljskim uslovima ispita efikasnost fungicida na bazi različitih aktivnih materija kao i da se utvrdi intenzitet oboljenja po varijantama, a cilj davanje preporuke o najefikasnijoj varijanti primene fungicida. Fungicidi sa najvećom efikasnošću po varijanti su bili na bazi azoksistrobina (90,5%) i flutriafola (91,4%), a intenzitet oboljenja je bio najmanji na varijanti tretiranom flutriafolom (0,9%) i azoksistrobinom (1,0%), dok je na kontrolnoj varijanti bio najveći (10,5%), kao i na varijanti tretiranom manebom (9,5%).

**Ključne reči:** cvekla, pegavost lišća, *Cercospora beticola*, efikasnost fungicida.

### Uvod

Cvekla pripada porodici *Chenopodiaceae*, grupi korenasto-krtolastog povrća. Stvaranjem novih sorti, a kasnije i hibrida počinje intenzivnija proizvodnja cvekle (Ilić, 1995). Cvekla je biljna vrsta čiji se zadebljali koren koristi u ljudskoj ishrani u svežem stanju, kao i sirovina za preradu u prehrambenoj industriji. U početku se cvekla koristila u svežem stanju, što potvrđuju i spisi Engleza Clack-a, da cvekla isečena na kolutove i začinjena biberom upotrebljavala za otvaranje apetita, a tokom XVI veka Turci su upotrebljavali svežu cveklu u većim koločinama (Ilić, 1995). Koren cvekle sadrži ugljene hidrate, proteine, vitamine (beta-karoten, B1, B2, B6, PP, E, C, folnu kiselinu), mineralne materije (Čirović, 1991). Važan sastojak cvekle je betanin koji učestvuje u metabolizmu masti, antocijan koji je najlekovitiji sastojak cvekle.

Cveklu napadaju različiti patogeni među kojima su najvažniji *Cercospora beticola*, prouzročivač pegavosti lišća i *Peranospora farinosa f. sp. Betae*, prouzročivač plamenjače. *C. beticola* je ekonomski najznačajniji patogen koji se javlja u svim oblastima gde se gaji cvekla, posebno u zemljama Srednje Evrope, Mediterana (Groenewald i sar., 2005). Prouzročivač je prvi put opisan 1876. godine. Mnogi autori smatraju da je najštetnija bolest šećerne repe (Wolf i Verret, 2002; Weiland i Koch, 2004; Jacobsen i Franc, 2009). Tipični simptomi bolesti se pojavljuju na starijim listovima, u vidu pega sivo-pepeljastog središta, ovičenih mrko-ljubičastom zonom. Pri

<sup>1</sup>Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Poljoprivredni fakultet, Vuka Karadžića 30, Istočno Sarajevo, Republika Srpska, (tomic\_andrija@yahoo.com);

<sup>2</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija.



masovnoj pojavi bolesti, lišće se suši, a biljke ostaju bez asimilacione površine (Balaž i sar. 2010). Patogen se razvija u biljnom tkivu. Na površini pega parazit formira nerazgranate konidiofore sa višćelijskim konidijama koje su zaobljene na jednom, a zašiljene na drugom kraju. Sporošćenje je posebno izraženo na listu koji se suši (Balaž i sar. 1995). Patogen *C. beticola* se održava na ostacima zaraženih biljaka, gde stvara stromatične tvorevine koje zadržavaju svoju vitalnost i do nekoliko godina, a pri povoljnim uslovima na njima se formiraju konidije (Balaž i sar. 1995). Zaštita od ove bolesti može se uspešno ostvariti kombinacijom agrotehničkih i hemijskih mera (Stojanović, 2004). Od agrotehničkih mera primenjivati duboko zaoravanje žetvenih ostataka, višegodišnji plodored, gajenje otpornih sorti i hibrida, a od hemijskih mera primenjivati fungicide sa različitim aktivnim materijama, mehanizmom delovanja i samo onda kada je to neophodno kako bi se smanjila mogućnost pojave rezistentnosti na iste.



Slika. 1. Simptom bolesti  
 Figure 1. Symptom of the disease

### Materijal i metode rada

Da bi se došlo do cilja istraživanja, ogled je postavljen po EPPO standardima (EPPO PP1/1 (4)) u tri ponavljanja. Modifikacija u odnosu na EPPO metodu je urađena kod veličine elementarne parcele koja je iznosila 3,22 m<sup>2</sup>, odnosno 100 biljaka. Istraživanje je trajalo jednu vegetaciju (4 meseca) na jednoj sorti (genotipu cvekle). U ogledu su bile ispitane četiri varijante (tabela 1). Fungicidi su primenjeni leđnom prskalicom sa utroškom vode od 300 l/ha.

Tabela 1. Varijante ogleđa  
*Table 1. Variants of experimental*

Naziv fungicida <i>Name of fungicide</i>	Proizvidjač <i>Producer</i>	Naziv aktivne materije u fungicidu <i>Name of active substance in the fungicide</i>	Sadržaj aktivne materije <i>Quantity of the active substance</i>	Doza primene <i>Dose of application</i>
Quadris SC	Syngenta	Azoksistrobin	250ml/L	1L/ha
Trimangol WG	Agromarket	Maneb	750g/kg	1kg/ha
Impact SC	Cheminova	Flutriafol	250g/L	0,25L/ha
Kontrola <i>Control</i>			-	-

Direktna setva je obavljena 24.4.2017. godine upotrebom monokličnog semena, na imanju porodice Tomić u Bijeljini (BiH). Tokom ogleđa primjenjivane su sve prateće agrotehničke mere (valjanje, prihranjivanje, kultiviranje, navodnjavanje i zaštita od štetnih organizama). Ogleđ je bio postavljen na zamljištu tipa gajnjača.

Ocena intenziteta oboljenja je vršena vizuelnim putem, prema skali EPPO PP1/1 (2003), 15 dana nakon izvođenja tretmana, na listovima srednje starosti (100 listova po ponavljanju). Ukupno je obavljen jedan tretman dana 25.6.2017. godine, kada je došlo do pojave prvih pega na listovima (1-2%). Razlike između srednjih vrednosti tretmana testirane su LSD testom. Prema metodi EPPO lišće sa karakterističnim simptomima oboljenja je podeljeno u sledeće kategorije 1-0,1%, 2-1%, 3-2%, 4-5%, 6-10%, 7-25%, 8-35%, 9-45% i 10-60% oštećenja. Intenzitet oboljenja izračunat je po formuli Townsend-Heuberger (1943).



Slika 2. Ogleđna parcela  
*Picture 2. Experimental plot*

**Rezultati istraživanja i diskusija**

Tabela 2. Intenzitet oboljenja i efikasnost aktivnih materija  
 Table 2. Disease Intensity and efficiency of active substances

Tretman <i>Treatment</i>	Doza primene kg, L/ha <i>Dose of application</i> kg, L/ha	Intenzitet oboljenja (%) <i>Disease Intensity (%)</i>	Efikasnost (%) <i>Efficiency (%)</i>
Azoksistrobin	1 L/ha	1,0 b	90,5
Maneb	1 kg/ha	9,5 a	9,5
Flutriafol	0,25 L/ha	0,9 b	91,4
Kontrola	-	10,5 a	-
LSD <sub>0,05</sub>		1,20	

Intenzitet oboljenja u kontroli je bio 10,5% dok je u varijanti koja je tretirana manebom bio 9,5%, a u ostalim varijantama je bio znatno niži u odnosu na kontrolnu varijantu i varijantu tretiranu manebom. Efikasnost preparata bila je najviša na parceli koja je tretirana flutriafolom 91,4%, dok je na parceli koja je tretirana azoksistrobinom efikasnost bila 90,5%. Na osnovu rezultata izvednih ocena može se reći da su preparati na bazi azoksistrobina i flutriafola ispoljili zadovoljavajuću efikasnost (tabela 2).

Fungicid čija je aktivna materija flutriafol je ispoljio najvišu efikasnost u cvekli što se poklapa sa istraživanjem Brown and Waller (1986), Jasnić i Forgić (2003) u šećernoj repi. Preparat na bazi maneba ispoljio je nisku efikasnost, što se može povezati sa upozoravanjem raznih autora (Balaž i sar., 1996; Popović i sar., 2010), da je prouzrokovač pegavosti lišća stekao rezistentnost na preparate čija je aktivna materija maneb.

Ispitivanjem efikasnosti fungicida u suzbijanju prouzrokovača pegavosti lišća u šećernoj repi različiti autori ističu efikasnost velikog broja aktivnih materija. Trkulja i saradnici (2009), ukazuju da je efikasnost flutriafola najviša u kombinaciji sa hlorotalonilom i manebom. Visoka efikasnost fungicida u suzbijanju pegavosti lišća šećerne repe uočena je primenom trifloksistrobina, azoksistrobina i ciprokonazola (Stojšin i sar., 2008), kao i strobilurina (Khan and Smith, 2005). Fungicidi na bazi hlorotalonila ispoljili su jako dobru efikasnost u suzbijanju prouzrokovača pegavosti lišća kod šećerne repe (Popović i sar., 2010). Kada je u pitanju cvekla, Pethybridge at al. (2017) navode da je kombinacija aktivnih materija benzovindiflupiram i difenokonazol smanjila razvoj bolesti za 86,7-97,3% u odnosu na kontrolnu varijantu. Isti autori navode da je primenom fungicida na bazi propikonazola iz grupe inhibitora dimetilacije značajno smanjio intenzitet pegavosti lišća cvekle u dva ispitivanja u 2016. godini, kao i primenom SDHI fungicida (inhibitori sukcionat dehidrogenaze) ali manje od drugih fungicida u poredjenju sa kontrolom.

### Zaključak

Na osnovu sprovedenog istraživanja u suzbijanju pegavosti lišća na cvekli možemo zaključiti da se bez sprovođenja hemijske zaštite useva cvekle ostvaruje značajno viši intenzitet pegavosti lišća nego u varijantama sa primenom fungicida. Intenzitet oboljenja je bio najveći na kontrolnoj varijanti i varijanti tretiranom preparatom na bazi maneba, a na svim ostalim varijantama koje su tretirane fungicidima intenzitet oštećenja je bio značajno manji. Preparati na bazi flutriafola i azoksistrobina su ispoljili najveću efikasnost u suzbijanju prouzrokovača pegavosti lišća cvekle *Cercospora beticola*, dok je maneb ispoljio nezadovoljavajuću efikasnost.

### Literatura

- Balaž, F., Balaž, J., Tošić, M., (1995). Zaštita biljaka. Krstin, Novi Sad, 105-108.
- Balaž, F., Balaž, J., Tošić, M., Stojšin, V., Bagi, F., (2010): Fitopatologija, Bolesti ratarskih i povrtarskih biljaka, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 73-75 i 189-191.
- Brown, W. G., Waller, C. D., (1986). The use flutriafol based fungicides for the control of sugar beet diseases in Europe. In British Crop Protection Conference. Pests and Diseases, Vol. 3, Thornton Heath, 1055-1061.
- Ćirović, M., Radovanivoć, E., Vučetić, J., (1991). Cvekla u ljudskoj ishrani sa aspekta njenog hemijskog sastava. Hrana i isphrana 32, 215-217.
- Groenewald, M., Groenewald, J. Z., Craus, P.W. (2005). Distinct species exist with in the *Cercospora apii* morphotype. Phytopathology 65(8), USA, 951-959.
- EPPO Standards (2003): Efficacy evaluation of fungicides. Foliar diseases of sugarbeet PP 1/1(4). Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 33, 5-10.
- Ilić, Z., (1995): Cvekla-monografija. Univerzitet u Prištini, 1-128.
- Jasnić, S., Forgić, G., (2003). Mere za efikasno i ekonomično suzbijanje lisne pegavosti šećerne repe (*Cercospora beticola*). Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad. Zbornik radova 39, 59-69.
- Jacobsen, B. J., Frane, G. D., (2009). Cercospora leaf spot. Compendium of beet diseases and pests (2nd). Harveson, R. M. (eds), St. Paul, USA, 7-10.
- Khan, F. R., Smith, J. L. (2005). Evaluating fungicides for controlling Cercospora leaf spot on sugar beet. International Association for the Plant Protection Sciences. Crop Protection 24, 79-86.
- Popović, T., Trkulja, N., Aleksić, G., Dolovac, N., Kuzmanović, S., Stojanović, S., Gavrilović, V., (2010). Efikasnost preparata na bazi hlortalonila i kalijum-fosfita u suzbijanju *Cercospora beticola* u usevu šećerne repe. Društvo za zaštitu bilja Srbije. Zbornik rezime radova sa X savetovanja o zaštiti bilja, 29. 11-3. 12., 104-105.
- Pethybridge, S., Vaghefi, N., Kikkert, J., (2017). Management of Cercospora Leaf Spot in Conventional and Organic Table Beet Production. Plant disease September 2017, Volume 101, Number 9, 1642-1651.
- Stojanović, S., (2004). Poljoprivredna fitopatologija. Srpsko biološko društvo „Stevan Jakovljević“, Kragujevac, 278-280 i 412-414.

- Stojšin, V., Bagi, F., Budakov, D., Balaž, F., Micić, N., (2008). Efikasnost fungicida u suzbijanju pegavosti lišća šećerne repe (*Cercospora beticola* Sacc.) i uticaj na parametre prinosa. Savremena poljoprivreda 57(3-4), Novi Sad, 222-228.
- Trkulja, N., Aleksić, G., Stavorić, M., Dolovac, N., Ivanović, Ž., Živković, S., (2009). Osetljivost izolata *Cercospora beticola* prema karbendazimu i flutriafolu u Srbiji. Zaštita bilja, Vol. 60(4), No 270, Beograd, 237-245.
- Townsend, G.R. and Heuberger, J.W. (1943). Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. The Plant Disease Reporter, 27, 340-343.
- Wolf, P. F. J., Verreet, J. A., (2004). Factors effecting the onset *Cercospora* leaf spot epidemics in sugar beet and establishment of diseasemonitoring thresholds. Phytopathology 95, USA, 269-274.
- Weiland, J., Koch, G., (2004). Sugarbeet spot disease (*Cercospora beticola* Sacc), Molecular Plant Pathology 5(3), North Carolina State University USA, 157-166.

## EFFICIENCY OF FUNGICIDES IN CONTROL OF *CERCOSPORA* LEAF SPOT (*Cercospora beticola*) ON BEETROOT

Andrija Tomić<sup>1</sup>, Drago Milošević<sup>2</sup>, Radomir Bodiroga<sup>1</sup>

### Abstract

*Cercospora* leaf spot, caused by *Cercospora beticola*, is significant disease of plants from the family *Chenopodiaceae*. The disease regularly occurs on sensitive genotypes of beetroot. In order to maximise economical benefits from beetroot production and to achieve high yields, it is necessary to protect crop against this disease by using appropriate fungicides in conditions that promote the infection and disease development. In this paper, the efficiency of fungicides on the basis azoxystrobin, maneb and flutriafol was examined. The experiment was set up by EPPO standards (EPPO PP1/1 (4)). Fungicides were applied using a back sprayer. The aim of the research was to examine the efficiency of fungicides based on various active substances in field conditions and to determine disease intensity in order to recommend the most effective fungicide. Fungicides with the highest efficiency were on base azoxystrobin (90,5%) and flutriafol (91,4%). The untreated control and plots treated with maneb showed the highest disease intensity: 10,5% and 9,5%, respectively.

**Key words:** beetroot, *Cercospora* leaf spot, *Cercospora beticola*, fungicide efficiency.

---

<sup>1</sup>University of East Sarajevo, Faculty of Agryculture in East Sarajevo, Vuka Karadžića 30, East Sarajevo Serbian Republic, (tomic\_andrija@yahoo.com);

<sup>2</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia

## KILA KUPUSA – DA LI PREDSTAVLJA OPASNOST?

*Slobodan Vlajić<sup>1</sup>, Jelica Gvozdanović – Varga<sup>1</sup>, Stevan Maširević<sup>2</sup>,  
Renata Iličić<sup>2</sup>, Rade Barać<sup>3</sup>, Janko Červenski<sup>1</sup>, Vladimir Božić<sup>4</sup>*

**Izvod:** Kila kupusa, istorijski gledano kao jedno od najstarijih oboljenja, danas dobija sve više na značaju. Tome pre svega doprinosi povećanje površina pod kupusnjačama, kratka rotacija useva ili rotacija u okviru iste familije, kao i otežano suzbijanje patogena. Poslednjih godina dolazi do intenzivnije pojave ovog patogena na lokalitetima gde se tradicionalno gaje kupusnjače, ali i na novim, što ukazuje na njegovo širenje. Pojedine mere u suzbijanju polako gube na značaju, a poštovanje plodoreda kao osnovne mere često se zanemaruje. Sve izneto ukazuje da kila kupusa predstavlja opasnost i da je blagovremeno potrebno primeniti pre svega sve higijensko-sanitarne mere kako bi se patogen zaustavio.

**Gljučne reči:** *Plasmodiophora brassicae*, rizik, kupusnjače, plodored

### Uvod

Prouzrokovac kile kupusa *Plasmodiophora brassicae* (Woronin) predstavlja veoma značajnog patogena u područjima gde se kupusnjače intenzivno gaje, naročito u pojasu sa umerenom klimom. Otežana kontrola, česta monokultura i vitalnosti trajnih spora 6-8, a po nekad i do 15 godina (Wallenhammar, 1996; Balaž i sar., 2010) omogućile su patogenu značajan uticaj na prinos i kvalitet biljaka fam. Brassicaceae.

### Istorijski osvrt

*Plasmodiophora brassicae* je prisutna širom sveta, dugo vremena je bila poznata, kao značajna bolest kupusnjača. Istorijski podaci govore da je u Italiji prvi put registrovana još u IV veku (Chrisp et al. 1989) i od tada se širi u ostale delove sveta. Kila kupusa je u XIII veku opisana i kao „sifilis kupusa“. U Španiji je registrovana u XV veku (Karling, 1968), južnoj Nemačkoj u XVI veku (Crisp et al, 1989), Britaniji 1750, Francuskoj 1820, Severnoj Americi 1852. godine (Karling 1968). Na Novom Zelandu prvi put je opisana na kupusu, karfiolu i krmnom bilju 1894. godine (Kirk, 1894). U našoj zemlji detaljne informacije o patogenu, biologiji i epidemiologiji kao i načinu suzbijanja daje Josifović (1964). Dalja istraživanja se vrše u Južnomoravskoj regiji (Perišić i Todorović, 1983), Semberiji (Marić i sar., 1990), Leskovcu (Todorović, 2007), Futogu (Vlajić i sar., 2016; Todorović i sar., 2017).

<sup>1</sup> Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija (svlajic89@gmail.com);

<sup>2</sup> Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Srbija;

<sup>3</sup> Poljoprivredna škola sa domom učenika u Futogu, Carice Milice 2, 21410 Futog, Srbija

<sup>4</sup> “Zaštita bilja” d.o.o., Toplički Partizanski Odred 151, 18000 Niš, Srbija

## Krug domaćina i štete

Ova pseudogljiva napada preko 330 rodova i 3700 gajenih i samoniklih vrsta u okviru porodice Brassicaceae (Dixon, 2009). Najčešće se javlja na kupusu, uljanoj repici, kelju, karfiolu i kelerabi, na kojima nanosi značajne štete, posebno ako su u pitanju humusna, kisela i vlažna zemljišta (Balaž i sar., 2010).

U Australiji prouzročivač kile kupusa na osetljivim domaćinima svake godine smanjuje prinos za 10 % (Faggian i sar., 1999), dok je u Alberti zabeležen skoro 100 % gubitak prinosa uljane repice na poljima koja su značajno zaražena ovim patogenom (Strelkov i sar., 2007). Istorijske procene finansijskih gubitaka u poljima gde su bile značajne zaraze, ukazuju na smanjenje prihoda oko 50 % (Dixon, 2009).

## Simptomi

Zaražene biljke u toku toplog dela dana gube turgor, ali se tokom noći oporavljaju. Napretkom bolesti, biljke zakržljavaju i zaostaju u razvoju. Na korenu se formiraju tumoralni izraštaji u vidu guka i gala (Slika 1a). Oboleli koren slabi, ne absorbuje vodu i mineralne materije što dovodi do zaostajanja biljaka u porastu ili čak njihovog propadanja.



Slika 1a. Pojava tipičnih simptoma za *P. brassicae* na korenu kupusa  
*Picture 1a. The occurrence of typical symptoms for P. brassicae at the root of cabbage*



Slika 1b. Propadanje biljaka u oazama  
*Picture 1b. Destroying plants in oases*

Propadanjem biljaka u oazama, formiraju se „ćelava“ mesta na parceli (Sl. 1b). Prilikom dijagnostike na osnovu simptoma, veoma je bitno preseći tkivo i pregledati na prisustvo insekata, koji mogu da dovedu do pojave sličnih simptoma. Glavice kasno zaraženih biljaka su sitnije, lošeg kvaliteta i smanjene tržišne vrednosti. Bolest se pojavljuje i prilikom proizvodnje rasada u toplim lejama, što ukazuje na mogućnost prenošenja patogena rasadom i širenje na nove površine (Balaž, 2001; Todorović, 2007).

## Biologija

Patogen pripada carstvu Protozoa, nema izdiferenciranu miceliju, već telo u obliku plazmoda. Zarazu ostvaruju zoospore oslobađajući se iz trajnih spora koje služe za održavanje (Balaž i sar., 2010). Zoospore u vodi plivaju do korenskih dlačica i vrše zarazu. Nekoliko faktora ima značajan uticaj na zarazu kupusnjača i razvoj patogena, to su pre svega: temperatura (Gossen i sar., 2012), pH vrednost (Donald i Porter, 2004), vlažnost (Rastas i sar., 2012) i količina inokuluma (Hwang i sar., 2011). Optimalna temperatura za razvoj je između 20 i 26 °C, sa napomenom da su ispitivanja temperature za infekciju vršena u kontrolisanim uslovima (Gossen i sar., 2012).

## Praćenje patogena

U periodu 2012-2017. godine na teritoriji opštine Futog, u usevima glavičastog kupusa, kontinuirano je praćena *P. brassicae* i vršeno markiranje parcela na kojima je utvrđena. Sa istih parcela, uzimani su uzorci za ispitivanje pH vrednosti, na osnovu kojih je zaključeno da dolazi do blagog smanjenja pH vrednosti, usled obilne prihrane fiziološki kiselim đubrivima. Najmanji broj zaraženih parcela (2) je zabeležen 2013. godine, dok je najveći broj zaraženih parcela (14) bio 2016. godine (Tabela 1). Razlog povećanja prisustva patogena je monokultura, česta proizvodnja rasada na zaraženim parcelama, obilno navodnjavanje.

Tabela 1. Praćenje pojave *P. brassicae* na proizvodnim poljima u Futogu  
 Table 1. Monitoring the appearance of *P. brassicae* in production fields in Futog

Godina	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Ukupan br. parcela</b>	40	45	53	60	60	62
<b>Broj zaraženih parcela</b>	3	2	7	10	14	11
<b>Procenat zaraženih parcela (%)</b>	<b>7,5</b>	<b>4,4</b>	<b>13,20</b>	<b>16,66</b>	<b>23,33</b>	<b>17,74</b>

## Suzbijanje

Osnovnu meru suzbijanja predstavlja plodored (min. 7 god.) obzirom da trajne spore dugo opstaju u zemljištu (Medić-Pap i sar., 2017). Uništavanje korova iz familije kupusnjača (*Sinapis arvensis* L., *Capsella bursa-pastoris* (L) Medic., *Lepidium draba* L., *Rorippa silvestris* (L.) Besser) koji mogu biti značajni rezervoari inokuluma je takođe bitna mera.

Izbor tolerantnih genotipova u proizvodnji je značajna polazna tačka, kao i sve agrotehničke mere koje doprinose boljem razvoju gajenih biljaka. Piao i sar. (2009) su identifikovali gene otpornosti prema ovom patogenu kod *B. rapa* i *B. napus*.

Međutim, i ova mera nije dugoročna usled razvoja i postojanja više virulentnih rasa parazita (Diederichsen i sar., 2009). U Kanadi je zabeleženo gubljenje otpornosti pojedinih genotipova te se ni ova mera ne može primeniti kao jedinstvena strategija borbe (Hwang i sar., 2014).



Podizanje pH vrednosti zemljišta na 7,2 i više je standardna preporuka za suzbijanje ovog patogena. Alkalna reakcija zemljišta obezbeđuje nepovoljne uslove za razvoj patogena i time smanjuje pojavu tumora na korenu (Hildebrand i McRae, 1998, Donald i sar., 2009). Sa druge strane, pri povećanom broju zoospora u zemljištu i povoljnim uslovima vlage i temperature, tumori na korenu se razvijaju nezavisno od vrednosti pH zemljišta (Gossen i sar., 2014). Ova činjenica predstavlja značajan problem, obzirom da se smatra da na alkalnim zemljištima patogen ne ostvaruje ili pak slabo ostvaruje infekcije, pa ova mera suzbijanja gubi na značaju.

Zbog svega navedenog neophodno je da svaku proizvodnju kupusa prati i agrohemijska analiza zemljišta, radi tačnog određivanja pH vrednosti, sadržaja kalcijuma i sadržaja N.

Noviji pokušaji suzbijanja *P. brassicae* uključuju tretmane biljaka auksinima i citokininima, pospešujući toleranciju na pomenutog patogena. Međutim, manipulacija biljnim hormonima ima i negativne posledice po samu biljku pre svega u vidu aberacije listova, nesrazmernog rasta, formiranja bočnih pupoljaka, proliferacije korena (Auer i Ludwig-Müller, 2015).

Hemijsko suzbijanje ovog patogena je ograničeno ili nije ekonomski isplativo na većim površinama usled potrebe za specifičnom aplikacijom fungicida. Cyazofamid direktno inhibira klijavost spora što utiče na smanjenje zaraze korena (Mitani i sar., 2003). U savremeni koncept suzbijanja ovog patogena, uvode se i biološki agensi, naročito vrste roda *Bacillus* spp. koji štite biljke kroz procese antibioze i podsticanja indukovane otpornosti.

### Zaključak

Nakon svega iznetog, a imajući u vidu ograničen efekat mera suzbijanja prouzrokovač kile kupusa može biti veoma značajan problem u proizvodnji. Preventivne higijensko-sanitarne mere, a pre svega poštovanje plodoreda (bez gajenja bilo koje vrste iz famije kupusnjača duži niz godina) jeste osnovna, ali najefikasnija mera u sprečavanju pojave i širenja patogena.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta „Stvaranje sorata i hibrida povrća za gajenje na otvorenom polju i zaštićenom prostoru“ broj TR 31030 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### Literatura

- Auer S., Ludwig-Müller J. (2015). Biological control of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) by the endophytic fungus *Acremonium alternatum*. Journal of Endocytobiosis and Cell Research, 26: 43-49.
- Balaž F. (2001). Mikoze kupusnjača. Biljni lekar, 6: 548-555.
- Balaž F., Balaž J., Tošić M., Stojšin V., Bagi F. (2010). Fitopatologija – bolesti ratarsko povrtarskih biljaka. Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 1-400.

- Crisp P., Crute I.R., Sutherland R.A., Angell S.M., Bloor K., Burgess H., Gordon P.L. (1989). The exploitation of genetic resources of Brassica oleracea in breeding for resistance to clubroot (*Plasmodiophora brassicae*). *Euphytica* 42: 215-226.
- Diederichsen E., Frauen M., Ludwig-Müller J. (2014). Clubroot disease management challenges from a German perspective. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 36:85–98.
- Dixon G.R. (2009). The occurrence and economic impact of *Plasmodiophora brassicae* and clubroot disease. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28: 194–202.
- Donald C., Porter A.I., Porter I. (2009). Integrated control of clubroot. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28: 289-303.
- Donald E.C., Porter I.J. (2004). A sand–solution culture technique used to observe the effect of calcium and pH on root hair and cortical stages of infection by *Plasmodiophora brassicae*. *Australasian Plant Pathology*, 33: 585–589.
- Faggian R., Bulman S. R., Lawrie A. C., Porter I. J. (1999). Specific polymerase chain reaction primers for the detection of *Plasmodiophora brassicae* in soil and water. *Phytopathology*, 89: 392-397.
- Gossen B.D., Adhikari K.K.C., McDonald M.R. (2012). Effects of temperature on infection and subsequent development of clubroot under controlled conditions. *Plant Pathology*, 61, 593–599.
- Gossen B.D., Deora A., Peng G., Hwang S-F., McDonald M.R. (2014). Effect of environmental parameters on clubroot development and the risk of pathogen spread. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 36:37–48.
- Hildebrand P.D., McRae K.B. (1998). Control of clubroot caused by *Plasmodiophora brassicae* with nonionic surfactants. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 20: 1-136.
- Hwang S.F., Ahmed H.U., Strelkov S.E., Gossen B.D., Turnbull G.D., Peng G., Howard R.J. (2011). Seedling age and inoculum density affect clubroot severity and seed yield in canola. *Canadian Journal of Plant Science*, 91, 183–190.
- Hwang S.F., Howard R., Strelkov S., Gossen B., Peng G. (2014). Management of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) on canola (*Brassica napus*) in western Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 36: 49–65.
- Josifović M. (1964). Poljoprivredna fitopatologija. III izmenjeno i dopunjeno izdanje Beograd, 1-573.
- Karling J.S. (1968). The Plasmodiophorales, 2 nd edition, New York, Hafner Publishing Co. Pp. 112-180.
- Kirk T.W. (1894). Report of the Acting Biologist T.W. Kirk. Report of the Department of Agriculture (New Zealand) 2: 55-56.
- Marić A., Stojšin V., Mitrović P. (1990). Kila kupusa (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) u Semberiji i mogućnost suzbijanja bolesti fungicidima. *Zaštita bilja*, 41(1): 13–20.
- Medić-Pap S., Červenski J., Danojević D. (2017). Plodored u proizvodnji kupusa kao prevencija pojave štetnih organizama. *Biljni lekar* 45(3): 293-302.
- Mitani S., Sugimoto K., Hayashi H., Takii Y., Ohshima T., Matsuo N. (2003). Effects of cyazofamid against *Plasmodiophora brassicae* Woronin on Chinese cabbage. *Pest Management Science*, 59 (3): 287–293.
- Perišić D., Todorović D. (1983). Proučavanje *Plasmodiophora brassicae* Wor. parazita kupusa u Južnomoravskoj regiji. *Neum, Zbornik radova* 5: 399-402.

- Piao, Z., N. Ramchiary and Y.P. Lim, 2009. Genetics of clubroot resistance in Brassica species. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28: 252-264.
- Rastas M., Latvala S., Hannukkala A. (2012). Occurrence of *Plasmodiophora brassicae* in Finnish turnip rape and oilseed rape fields. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 21, 141–158.
- Strelkov S. E., Manolii V. P., Cao T., Xue S. Hwang S. F. (2007). Pathotype classification of *Plasmodiophora brassicae* and its occurrence in *Brassica napus* in Alberta. *Canada Journal Phytopathology* 155: 706-712.
- Todorić S., Vlajić S., Maširević S., Barać R., Stošić N., Iličić R. (2017). Pojava kile kupusa (*Plasmodiophora brassicae* Wornin) na lokalitetu Futog tokom 2016. godine. *Letopis naučnih radova, Poljoprivredni fakultet Novi Sad*, 41 (1): 16-21.
- Todorović D. (2007). Četvrt veka prisustva i širenja kile kupusa (*Plasmodiophora brassicae*) u okolini Leskovca. *Biljni lekar*, 5: 505–510.
- Vlajić S., Maširević S., Barać R., Iličić R., Gvozdanović–Varga J., Božić V. (2017). Bolesti kupusa tokom 2016. godine. XXII Savetovanje o biotehnologiji, Zbornik radova I, Čačak, 10-11. Mart, 309 – 314.
- Wallenhammar, A.C. (1996). Prevalence of *Plasmodiophora brassicae* in a spring oilseed rape growing area in central Sweden and factors influencing soil infestation levels. *Plant Pathology* 45: 710-719.

## CLUBROOT - DOES IT BE A DANGER?

Slobodan Vlajić<sup>1</sup>, Jelica Gvozdanović – Varga<sup>1</sup>, Stevan Maširević<sup>2</sup>,  
Renata Iličić<sup>2</sup>, Rade Barać<sup>3</sup>, Janko Červenski<sup>1</sup>, Vladimir Božić<sup>4</sup>

### Abstract

The causal agent of cabbage clubroot, historically is one of the oldest diseases and today is getting more and more important. The reason for this is primarily increase the area under brassicas, short crop rotation or rotation within the same family, as well as the difficulty in pathogen control. In recent years there has been a more intensive appearance of this pathogen at locations where brassicas is traditionally grown, but also on new ones which indicate its spread. Certain control measures slowly lose their importance, while respecting crop rotation as basic measures are often ignored. Everything indicates that cabbage is a threat and that it is necessary to apply all hygienic and sanitary measures in order to stop the pathogen.

**Key words:** *Plasmodiophora brassicae*, risk, brassicas, crop rotation

<sup>1</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, Novi Sad, Serbia 4 (svlajic89@gmail.com);

<sup>2</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad, Serbia

<sup>3</sup>Agricultural School with boarding school Futog, Carice Milice 2, 21410 Futog, Serbia 3

<sup>4</sup>“Zaštita bilja“ d.o.o., Toplički Partizanski Odred 151, 18000 Nis, Serbia

## ANALIZA METODA ZA KVANTIFIKACIJU SUŠE

Radoš Zemunac<sup>1</sup>, Milica Rajić<sup>1</sup>, Atila Beždan<sup>1</sup>

**Izvod:** Ekstremne klimatske pojave poput suše, u mnogim delovima sveta nanose velike štete privredi, pa i šire. Analiza ove pojave je od velikog značaja za sve one koji su izloženi njenom uticaju. Indeksi suše se čine najjednostavnijim alatom za njenu analizu. U radu su korišćena četiri indeksa suše: De-Martonne-ov indeks suše, standardizovani indeks padavina, standardizovani indeks klimatskog vodnog bilansa i indeks anomalija padavina. Analiza je sprovedena za meteorološku stanicu Rimski Šančevi, za period od 1971-2014. godine. Rezultati ukazuju na smenjivanje sušnih i vlažnih godina, a korelaciona analiza pokazuje u kojoj meri ovi indeksi mogu predstavljati jedan drugome alternativu.

**Ključne reči:** klima, suša, indeksi suše, korelacija

### Uvod

Vekovima unazad, klimatski uslovi predstavljaju jedan od glavnih faktora koji utiču na život i opstanak ljudi na nekom području. Klimu područja karakterišu meteorološki parametri (temperatura, padavine, isparavanje, vetar i dr.), kao i ekstremne pojave koje se javljaju sa različitim učestalošću. Jedna od tih pojava je suša, koja je od strane WMO (1975) okarakterisana kao jedan od najgorih čovekovih neprijatelja. Suša se najsporije razvija i dugo traje, i verovatno je najmanje predvidiva od svih atmosferskih nepogoda (Dunkel, 2009). Uticaj suše na životnu sredinu ogleda se u degradaciji zemljišta, koju prati smanjenje prirodnog potencijala područja. Pored toga, negativan uticaj suše se odražava na uslove života i ekonomski napredak stanovništva koje je ovome izloženo. Iako je glavni uzrok suša nedostatak padavina na nekom području, manifestacija suša je dosta različita, pa je zbog toga ovaj pojam definisan u nekoliko naučnih disciplina, sve u zavisnosti sa kog aspekta se proučava ova pojava (WMO, 1992; Heim, 2002). U literaturi se često sreće podela suše na sledeće kategorije (Dracup et al., 1980; Mishra and Singh, 2011; Rad et al., 2017): meteorološka, poljoprivredna, hidrološka i socio-ekonomska suša.

Analizom i kvantifikacijom sušnih pojava dobijaju se važne informacije koje mogu biti od koristi prilikom donošenja odluka u oblastima poljoprivrede, vodoprivrede, kao i svima onima koji se bave klimatskim promenama i problemima zaštite životne sredine. Identifikacija i kvantifikacija suše sprovodi se primenom različitih metoda razvijanih proteklih decenija, pri čemu se indeksi suše čine najjednostavnijim i najadekvatnijim alatom pri njenoj analizi. Prema WMO (1986), indeks suše je *indeks koji se odnosi na neki od kumulativnih efekata produženog i prekomernog deficita vlage* (Dunkel, 2009). Za izračunavanje indeksa suše, koji se koriste pri analizi prostorne i vremenske raspodele ove pojave, koriste se uglavnom meteorološki parametri, koji se redovno osmatraju na meteorološkim stanicama. U radu su korišćeni meteorološki parametri

<sup>1</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad, Srbija (zemunac.rados@polj.uns.ac.rs).

dobijeni sa meteorološke stanice (MS) Rimski Šančevi, osmotreni u periodu 1971-2014. godine. Za kvantifikaciju suše na godišnjem nivou, korišćeni su: De Martonne-ov indeks suše (I), standardizovani indeks padavina (Standardised Precipitation Index, SPI), standardizovani indeks klimatskog vodnog bilansa (Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index, SPEI), indeks anomalija padavina (Rainfall Anomaly Index, RAI). Proračunom ovih indeksa suše na godišnjem nivou, dobijena je vremenska varijacija sušnih godina u posmatranom periodu i izdvojene su najekstremnije sušne godine. Takođe, izvršena je i korelaciona analiza među samim indeksima, koja pokazuje njihovu usaglašenost i odgovara na pitanje da li, i u kojoj meri mogu predstavljati jedan drugome alternativu pri kvantifikaciji ove važne meteorološke pojave.

### Materijal i metode rada

Za Vojvodansku ravnicu, kao izrazito poljoprivredni region, suša predstavlja veoma negativnu pojavu. U radu je sprovedena analiza suše, za period od 1971-2014. godine, korišćenjem podataka dobijenih sa MS Rimski Šančevi (45°19'19" N, 19°49'46" E), koja se geografski nalazi na području južne Bačke. Ovo područje je tipičan predstavnik agroekoloških i klimatskih uslova koji vladaju u Vojvodini. Klima ovog područja može se okarakterisati kao umereno kontinentalna, sa izražena sva četiri godišnja doba. Raspored padavina je neravnomeran, što utiče na naizmeničnu pojavu poplava i suša (Stojić i Skorić, 1996). Za posmatrani period, prosečna visina padavina, izmerena na MS Rimski Šančevi, bila je 636,8 mm, a srednja godišnja temperatura vazduha 11,4°C.

Analizom suše na ovom području su se bavili mnogi autori (Rajić and Bezdán, 2012; Gocić and Trajković, 2013; Rajić i Zemunac, 2017). Pored preporučenog i široko primenjivanog standardizovanog indeksa padavina (SPI), subjektivnim izborom autora i zbog mogućnosti međusobnog poređenja, u radu su korišćeni i De Martonne-ov indeks suše (I), standardizovani indeks klimatskog vodnog bilansa (SPEI), indeks anomalija padavina (RAI). Proračun je sproveden za godišnju vremensku skalu.

*De Martonne-ov indeks suše* jedan je od najprikkladnijih za analizu suše na području Vojvodine. Pomoću ovog indeksa mogu se odrediti sušne, vlažne i umerene oblasti (Hrnjak et al., 2014).

*Standardizovani indeks padavina* (Standardised Precipitation Index, SPI) je razvijen za potrebe definisanja i osmatranja suše (McKee et al., 1993). Za njegovo određivanje koriste se samo podaci o količini padavina. Njegova osnovna karakteristika je da može biti izračunat za različite vremenske intervale (Guttman, 1999). Osobina SPI koja omogućava da se posmatraju različiti vremenski intervali omogućava da se suša pravovremeno registruje i vremenski prati. Računanje SPI-a za određeni vremenski period zahteva najmanje 30-to godišnji niz mesečnih podataka o količini padavina. SPI je jedna od najčešće primenjivanih metoda, i to u svim delovima sveta bez obzira na klimatske ili topografske karakteristike. Prema zahtevu Svetske meteorološke organizacije, od 2010. godine i Republički Hidrometeorološki zavod Srbije je uvrstio u svoje operativne procedure određivanje vrednosti SPI.

*Standardizovani indeks klimatskog vodnog bilansa* (Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index, SPEI) je razvijen za potrebe kvantifikovanja stanja suše (Vicente-Serrano et al., 2010). Za njegovo određivanje koriste se dugogodišnji nizovi

(najmanje 30-to godišnji niz) mesečnih podataka o količini padavina i srednjim mesečnim temperaturama vazduha. Korišćenje podataka o temperaturi vazduha pored podataka o padavinama, za razliku od standardizovanog indeksa padavina (SPI) koji koristi samo podatke o padavinama, omogućava kompletnije sagledavanje efekata globalnog zagrevanja i klimatskih promena na pojavu suše. SPEI, slično kao i SPI se može izračunati za različite vremenske intervale. Kategorizacija uslova vlažnosti na osnovu SPEI je preuzeta od McKee et al. (1993) koji su predložili kategorizaciju uslova vlažnosti na osnovu SPI.

*Indeks anomalija padavina* (Rainfall Anomaly Index, RAI), razvijen je od strane Van Rooy-a (1965). Može se svrstati u grupu meteoroloških indeksa za identifikaciju suše, jer koristi samo padavine kao ulazni parametar (Zargar et al., 2011). U zavisnosti od rasporeda padavina na ispitivanom području, RAI može da se računa za različite vremenske skale: nedelju, mesec ili godinu. Prilikom izračunavanja RAI, vrši se poseban proračun za pozitivne i negativne anomalije. Izračunavanje ovog indeksa i determinacija sušnih uslova izvršena je prema Shen et al. (2003).

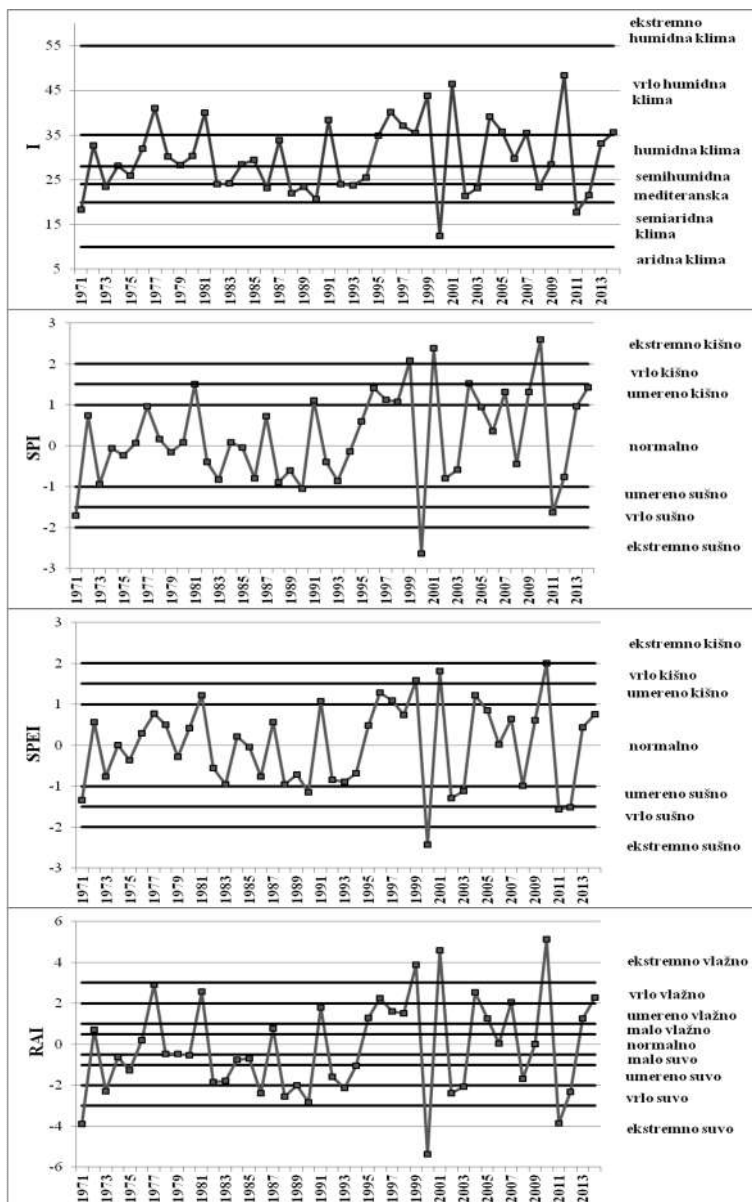
Izvorne klasifikacije za svaki od ovih indeksa suša, predstavljene su uz vremensku raspodelu dobijenih vrednosti indeksa na godišnjem nivou, radi lakšeg kvantifikovanja i praćenja intenziteta suše kroz godine (Slika 1). Međusobna usaglašenost analiziranih indeksa kvantitativno je izražena pomoću Pirsonovog produkt-moment koeficijenta korelacije. Koeficijent korelacije nije računat na osnovu dobijenih vrednosti svakog od indeksa, već na osnovu toga na koji način svaki od indeksa kvantifikuje sušu. To je postignuto uspostavljanjem zajedničke klasifikacije i dodeljivanjem ocena od 1 do 7 (od najsušnije do najvlažnije klase, respektivno), kao što je prikazano u Tabeli 1. Ovde je zapravo modifikovana samo izvorna klasifikacija RAI-a, gde je broj klasa smanjen sa 9 na 7, kako bi bila u saglasnosti sa klasifikacijama ostalih analiziranih indeksa.

Tabela 1. Zajednička klasifikacija za kvantifikaciju suše  
*Table 1. Common classification for drought quantification*

I	SPI i SPEI	RAI	Opis klase	Ocene
>55	2,0 ≤	≥ 3,00	ekstremno vlažno	7
35 do 55	1,5 do 1,99	2,00 do 2,99	vrlo vlažno	6
28 do 35	1,0 do 1,49	1,00 do 1,99	umereno vlažno	5
24 do 28	-0,99 do 0,99	0,99 do -0,99	u granicama normale	4
20 do 24	-1,0 do -1,49	-1,00 do -1,99	umereno sušno	3
10 do 20	-1,5 do -1,99	-2,00 do -2,99	vrlo sušno	2
< 10	≤ -2,0	≤ -3,00	ekstremno sušno	1

### Rezultati istraživanja i diskusija

Dobijene vrednosti analiziranih indeksa suše, sa svojim izvornim klasifikacijama prikazane su na Slici 1. Rezultati pokazuju veliku varijaciju vrednosti indeksa tokom posmatranog perioda, odnosno potvrđuju ranije pomenutu konstataciju da se na predmetnom području naizmenično javljaju sušne i vlažne godine.



Slika 1. Vremenska varijacija vrednosti indeksa suše De Martonne-a (I), standardizovanog indeksa padavina (SPI), standardizovanog indeksa klimatskog vodnog bilansa (SPEI) i indeksa anomalija padavina (RAI) za MS Rimski Šančevi (1971-2014)  
 Picture 1. The time variation of values of the De Martonne drought index (I), Standardised Precipitation Index (SPI), Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI) and Rainfall Anomaly Index (RAI) for MS Rimski Šančevi (1971-2014)

Prema modifikovanoj klasifikaciji koja je uspostavljena radi lakšeg međusobnog poređenja indeksa (Tabela 1), analizirani indeksi izdvajaju različit broj sušnih godina tokom izučavanog vremenskog perioda. Tako indeks De-Martonne-a izdvaja 13 sušnih godina, od čega ni jedna nije kvantifikovana kao ekstremno sušna. SPI, za razliku od indeksa De-Martonne-a izdvaja samo četiri sušne godine, od čega jednu kao ekstremno sušnu. Slično, i SPEI izdvaja šest sušnih godina, sa takođe samo jednom okarakterisanom kao ekstremno sušnom. Indeks anomalija padavina (RAI) pokazao se kao „najrigorozniji” prilikom kvantifikacije suše na godišnjem nivou, izdvojivši čak 18 sušnih godina, od čega tri spadaju u kategoriju ekstremno sušnih. Tri od četiri analizirana indeksa (svi osim indeksa De-Martonnea) svrstavaju 2000. godinu u ekstremno sušnu kategoriju.

Pirsonov produkt-moment koeficijent korelacije korišćen je kako bi se ispitala međusobna usaglašenost analiziranih indeksa suše. Vrednosti koeficijenata korelacije između indeksa prikazane su korelacionom matricom (Tabela 2). Prema statističkim kriterijumima, koje daje Taylor (1990), među svim analiziranim indeksima se javljala statistički značajna visoka korelacija (za  $\alpha=0,05$ ). Međutim, i unutar dobijenih rezultata, izdvajaju se veoma visoke korelacije među indeksima. Te visoke korelacije se javljaju između preporučenog SPI-a i SPEI-a ( $r=0,922$ ), kao i između SPI-a i RAI-a ( $r=0,820$ ). Visoka korelacija se javljala i između indeksa De-Martonne-a i RAI-a ( $r=0,946$ ).

Tabela 2. Koeficijenti korelacije (r) za analizirane indekse suše  
 Table 2. Correlation coefficients (r) for analysed drought indices

	I	SPI	SPEI	RAI
I	1	0,732	0,713	0,946
SPI		1	0,922	0,820
SPEI			1	0,780
RAI				1

### Zaključak

Suša, kao ekstremna meteorološka pojava, zauzima veoma važno mesto u proučavanju klimatskih prilika nekog područja. Njeno praćenje i kvantifikacija su od velike važnosti za sve subjekte čije delatnosti zavise od prirode i pojava koje se u njoj dešavaju. Stoga se suša proučava u nekoliko naučnih disciplina, u zavisnosti od aspekta sa koga se posmatra ovaj fenomen. Indeksi suše se čine najjednostavnijim alatom za analizu i kvantifikaciju ove pojave. Oni mogu biti izračunati za individualnu meteorološku stanicu ili za šire područje i mogu se računati za različite periode (godina, sezona, mesec, nedelja). U radu je dat pregled četiri indeksa suše i analiziran je način na koji svaki od njih kvantifikuje ovu pojavu na godišnjem nivou, na primeru MS Rimski Šančevi, za period 1971-2014. godine. Svaki od indeksa je kvantifikovao različit ukupan broj sušnih godina i svi potvrđuju da je 2000. godina bila najsušnija unutar posmatranog perioda. Korelacijom je utvrđena veza između načina na koji svaki od ovih indeksa kvantifikuje sušu. SPEI i RAI su bili u veoma visokoj korelaciji sa



preporučenim i široko primenjivanim SPI-em, i mogu predstavljati adekvatnu alternativu ovom indeksu. Posebna prednost RAI-a može biti jednostavnost njegovog izračunavanja, kao i mogućnost proračuna za različite vremenske skale. Međutim, imajući u vidu da ne postoji jedinstvena definicija suše i perspektiva sa koje se posmatra ova pojava, i uzimajući u obzir sve osobenosti koje poseduju različita područja, ne može se uspostaviti jedinstven i preporučiti apsolutno univerzalan indeks suše.

### Literatura

- Dracup J. A., Lee K. S., Paulson Jr. E. G. (1980). On the statistical characteristics of drought events. *Water Resour. Res.* 16: 289–296.
- Dunkel Z. (2009). Brief surveying and discussing of drought indices used in agricultural meteorology. *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. 113 (1-2): 23–37.
- Gocić M., Trajković S. (2013). Analysis of precipitation and drought data in Serbia over the period 1980–2010. *Journal of Hydrology*. 494: 32–42.
- Guttman N. B. (1999). Accepting the standardized precipitation index: A calculation algorithm. *Journal of the American Water Resources Association*. 35: 311–322.
- Heim R. (2002). A review of twentieth-century drought indices used in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 83: 1149–1165.
- Hrnjak I., Lukić T., Gavrilov M. B., Marković S. B., Unkašević M., Tošić I. (2014). Aridity in Vojvodina, Serbia. *Theor. Appl. Climatol.* 115: 323–332. DOI 10.1007/s00704-013-0893-1.
- McKee T. B., Doesken N. J., Kleist J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*. Boston MA: American Meteorological Society. 179–184.
- Mishra K.A., Singh P.V. (2011). Drought modelling - A review. *Journal of Hydrology*. 403 (1-2): 157–175.
- Rad A. M., Ghahraman B., Khalili D., Ghahremani Z., Aedakani S. A. (2017). Integrated meteorological and hydrological drought model: A management tool for proactive water resources planning of semi-arid regions. *Advances in Water Resources*. 107: 336–353.
- Rajić M., Bezdán A. (2012). Contribution to Research of Droughts in Vojvodina Province. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. 7 (3): 101–107. Romania.
- Rajić M., Zemunac R. (2017). Poređenje različitih metoda za ocenu suše na području Južne Bačke. *Letopis naučnih radova*. 42 (1): 68–76. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Srbija.
- Shen S., Howard A., Yin H., Khurshed F., Akbar M. (2003). *Statistical Analysis of Drought Indices and Alberta Drought Monitoring*. pp. 11. Alberta Agriculture, Food and Rural Development.
- Stojić M., Škorić M. (1996). Klimatske prilike u slivu Jegričke. *Monografija Jegrička*. Veselin Lazić. 25–33. Novi Sad, Srbija: Edicija Tija voda. PČESA.
- Taylor R. (1990). Interpretation of the Correlation Coefficient: A Basic Review. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*. 1: 35–39.

- Van-Rooy M.P. (1965). A rainfall anomaly index (RAI) independent of time and space. *Notos*. 14: 43–48.
- Vicente-Serrano S.M., Beguería S., López-Moreno J.I. (2010). A Multi-scalar drought index sensitive to global warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index - SPEI. *Journal of Climate*. 23: 1696–1718. DOI:10.1175/2009JCLI2909.1.
- WMO. (1975). Drought and agriculture. WMO Technical Note 138. Geneva.
- WMO. (1986). Report on drought and countries affected by drought during 1974–1985. WCP-118. Geneva.
- WMO. (1992). International Meteorological vocabulary. 2d ed. No. 182.
- Zargar A., Sadiq R., Naser B., Khan F., I. (2011). A review of drought indices. *Environ. Rev.* 19: 333–349.

## ANALYSIS OF DROUGHT QUANTIFICATION METHODS

*Radoš Zemunac<sup>1</sup>, Milica Rajić<sup>1</sup>, Atila Bezdán<sup>1</sup>*

### Abstract

Extreme climatic events such as drought, in many parts of the world are causing great damage to the economy and even wider. An analysis of this event is of great importance to all those who are exposed to its influence. Drought indices seem to be the simplest tool for its analysis. Four drought indices were used: De-Martonne drought index, Standardised Precipitation Index, Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index and Rainfall Anomaly Index. The analysis was conducted for the meteorological station Rimski Šančevi, over the period 1971-2014. The results indicate shifting of dry and wet years, and the correlation shows to what extent these indices can represent each other's alternative.

**Key words:** climate, drought, drought indices, correlation

---

<sup>1</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad, Serbia (zemunac.rados@polj.uns.ac.rs)

## LIGAND-PROTEIN INTERAKCIJE 3-(1-(3-HIDROKSIPROPILAMINO)ETILIDEN)HROMAN-2,4-DIONA SA HUMANIM C REATIVNIM PROTEINOM

*Edina Avdović<sup>1</sup>, Dejan Milenković<sup>2</sup>, Svetlana Jeremić<sup>3</sup>, Jelena Đorović<sup>2</sup>, Nenad Vuković<sup>1</sup>, Zana Dolićanin<sup>3</sup>, Srećko Trifunović<sup>1</sup>, Zoran Marković<sup>3</sup>*

**Izvod:** Struktura novo sintetisanog derivata kumarina, 3-(1-(3-hidroksipropilamino)-etiliden)-hroman-2,4-diona, ispitana je primenom teorijskih metoda. Za optimizaciju strukture ispitivanog kumarinskog derivata korišćena je teorija funkcionalne gustine: B3LYP funkcional ( sa empirijskim ispravkama disperzije D3BJ) u kombinaciji sa 6-311+G(d, p) bazisnim setom. Urađen je molekulski doking, kao i analiza dobijenih rezultata kako bi se utvrdio potencijal inhibicije molekula ispitivanog jedinjenja prema humanom C-reaktivnom proteinu. Aktivnost inhibicije izračunata je za deset potencijalnih konformacija liganda unutar proteina.

**Ključne reči:** 3-(1-(3-hidroksipropilamino)-etiliden)-hroman-2,4-dion; CRP, molekulski doking

### Uvod

Kumarini (benzopironi) su velika grupa heterocikličnih jedinjenja čiju osnovu čine kondenzovani benzenov i  $\alpha$ -pironov prsten. Proučavanje kumarina je počelo 1820-te godine, kada je A. Vogel prvi put izolovao kumarin 2H-hromen-2-on (John Leo Abernethy, 1969) koji je poznat po mirisu vanile ili sveže pokošene trave, iz biljke *Coumarouna odorata* Aube (*Dipetryx odorata*), po kojoj je i dobio ime (kumaru, što na jeziku južnoameričkih indijanaca iz Francuske Gvajane znači drvo, Slika 1)



Slika 1. Drvo *Coumarouna odorata* Aube (*Dipetryx odorata*) i njegov plod  
Figure 1. Wood *Coumarouna odorata* Aube (*Dipetryx odorata*) and its fruit

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet u Kragujevcu, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Srbija (edinanp@hotmail.com);

<sup>2</sup>Istraživačko-razvojni centar za bioinženjering – BioIRC, Prvoslava Stojanovića 6, Kragujevac, Srbija;

<sup>3</sup>Državni univerzitet u Novom Pazaru, Vuka Karadžića bb, 36 300 Novi Pazar, Srbija.

Kumarini i njegovi derivati su veoma rasprostranjeni u prirodi, naročito u biljnom svetu, odakle je do danas izolovano više od 1300 različitih jedinjenja, koji se nalaze u različitim delovima biljaka (korenu, kori, stablu, plodu i listu) (Hoult i Paya, 1996). Osim u biljkama, kumarini su pronađeni i u proizvodima metabolizma nekih mikroorganizama i životinja (Moore, 1962).

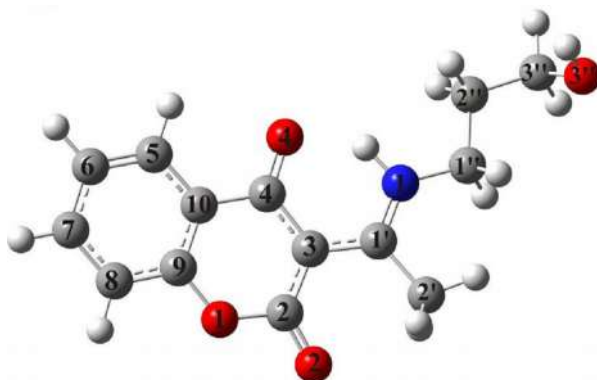
Kumarini pokazuju širok spektar bioloških aktivnosti koje uključuju antibakterijsku, antitumorsku, antioksidativnu, antiinflamatornu, antifungalnu, (Talapatra i Talapatra, 2015) itd. Zahvaljujući širokom spektru delovanja ova jedinjenja su našla široku primenu u medicini u poboljšanju tretmana lečenja raznih bolesti. Međutim, neki derivati kumarina se ne mogu koristiti u terapeutske svrhe zbog njihovih toksičnih, kancerogenih i mutagenih osobina. Pored toga, kumarini se koriste koriste i kao aditivi u hrani, kao kumarinske boje, u kozmetičkoj industriji itd.

Derivati kumarina su postali interesantni za hemičare zbog njihove izražene biološke aktivnosti, što je prouzrokovalo intenzivan razvoj brojnih tehnika za njihovu sintezu (Zabradnik, 1992). U ovom radu je opisana sintezanje novog derivat kumarina 3-(1-(3-hidroksipropilamino)-etiliden)-hroman-2,4-dion i ispitivana je njegova interakcija sa humanim C reaktivnim proteinom (CRP) korišćenjem molekuskog dokinga.

### **Materijal i metode rada**

Ispitivano jedinjenje je sintetisano u reakciji 3-acetil-4-hidroksi kumarina sa 3-amino-1-propanolom u metanolu, korišćenjem procedure koju su opisali Budzisz i saradnici (Budzisz, 2003).

Simulacija molekuskog dokinga urađena je korišćenjem AutoDock 4.0 softvera (Morris i sar., 2009). Trodimenzionalna kristalna struktura CRP proteina uzeta je iz the Protein Data Bank (PDB ID: 1B09) (Thompson i sar., 1999). Discovery Studio 4.0 je korišćen za pripremu proteina za dokingovanje; da se uklonile ko-kristalizovani ligand, molekuli vode i kofaktori (BIOVIA Discovery Studio 2016). Za izračunavanje Kollman-ovih naelektrisanja i dodavanje polarnih vodonika korišćen je grafički interfejs AutoDockTools (ADT). Ispitivani molekul (Slika 2) je pre dokingovanja najpre optimizovan na B3LYP-D3BJ/6-311+ G (d, p) nivou teorije, i potvrđena je njegova X-ray struktura. Razmatrana je fleksibilnost liganda, dok je protein fiksiran u ADT-u. Sve veze liganda su postavljene kao rotirajuće. Primenjena je Geistengerova metoda za izračunavanje parcijalnih naelektrisanja. Svi proračuni za fleksibilno dokingovanje proteina i liganda su urađeni korišćenjem Lamarckian Genetic Algorithm (LGA) metode.



Slika 2: Optimizovana struktura ispitivanog jedinjenja na B3LYP-D3BJ/6–311+G(d,p) nivou teorije sa numeracijom atoma

Figure 2. The optimized structure of investigated molecule obtained at the B3LYP-D3BJ/6–311+G(d,p) level of theory with with atom numbering

### Rezultati istraživanja i diskusija

Procena inhibitorne aktivnosti ispitivanog jedinjenja prema humanom CRP proteinu, urađena je molekulskim dokingom. U ovoj studiji su određena mesta potencijalnih vezivanja liganda za protein, kao i energije njihovog vezivanja. Konformacija liganda koja je pokazala najnižu energiju vezivanja (najbolja pozicija) određena je na osnovu rezultata dokinga liganda i receptora. Položaj i orijentacija liganda unutar receptora (CRP) i interakcije sa aminokiselinama, koji su vezani za ligand, analizirani su i prikazani pomoću Discovery Studio 4.0 i AutoDockTools-a.

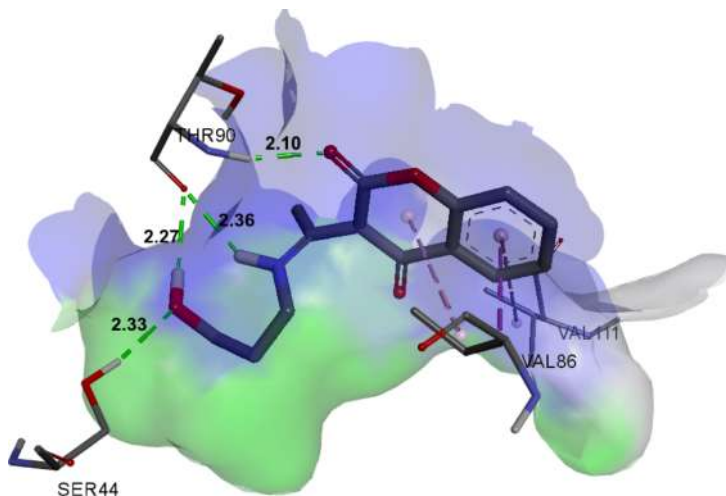
U Tabeli 1 navedene su vrednosti procenjene slobodne energije vezivanja i konstante inhibicije ( $K_i$ ) za deset različitih konformacija ispitivanog liganda. Što je niža vrednost  $K_i$  smatra se da je veći stepen inhibicije.

Tabela 1. Vrednosti slobodne energije vezivanja ( $\Delta G_{vez}$ ) u kcal/mol i konstantne inhibicije  $K_i(\mu M)$  različitih položaja liganada prema C reaktivnom proteinu  
 Table 1. Estimated free energy of binding ( $\Delta G_{bind}$ ) in kcal/mol and estimated inhibition constant  $K_i$  ( $\mu M$ ) of different poses of ligand against C-reactive protein.

Konformacije liganda	$\Delta G_{vez}$ (kcal/mol)	$K_i$ ( $\mu M$ )	Vodonične veze	Hidrofobni kontakti
1	-4.70	$3.6 \times 10^2$	A:THR90 A:SER44	A: VAL86 A: VAL111
2	-4.49	$5.1 \times 10^2$	A:VAL30	A:GLN31 A:VAL34
3	-4.41	$5.9 \times 10^2$	A:GLN31 A:VAL34	A:VAL30 A:ALA27

4	-4.07	1.0x10 <sup>3</sup>	A:VAL34	A:VAL30 A:ALA27
5	-4.02	1.1x10 <sup>3</sup>	A:VAL30 A:GLN31	A:GLN31 A:VAL34
6	-3.88	1.4x10 <sup>3</sup>	A:VAL34	A:VAL30 A:ALA27
7	-3.52	2.6x10 <sup>3</sup>	/	A:GLN31 A:VAL34
8	-3.50	2.7x10 <sup>3</sup>	/	A:VAL30 A:VAL34
9	-3.29	3.9x10 <sup>3</sup>	/	A:VAL30 A:VAL34
10	-3.26	4.1x10 <sup>3</sup>	A:GLN35	A:ASP32 A:TYR33

Najniže vrijednosti  $\Delta G_{vez}$  i  $K_i$  su dobijene za konformaciju 1 (Tabela 1). Analizirajući položaje aktivnih amino kiselina, može se zaključiti da se ligand vezuje na katalitičkom mestu substrata slabim nekovalentnim interakcijama. Najistaknutije su H-veze, alkil- $\pi$  i  $\pi$ - $\sigma$  interakcije. Treonin i Serin na pozicijama 90 i 44, u primarnim strukturama lanca A, imaju dominantnu ulogu kao aktivna mesta humanog CRP proteina za inhibitornu aktivnost, bez obzira na konformaciju ispitivanog liganda (slika 3). THR90 formira tri vodonične veze (2.10, 2.27 i 2.36 Å dužine) sa C = O, OH i amino grupama liganda, dok SER44 formira vodoničnu vezu od 2.33 Å dužine sa kiseonikom iz hidroksilne grupe liganda (Slika 3). Val86 formira slabe interakcije  $\pi$ - $\sigma$  i alkil- $\pi$  sa benzenom i hromanskim prstenovima liganda, dok VAL111 formira alkil- $\pi$  slabu interakciju sa benzenskim prstenom (Slika 3).



Slika 3: Interakcija između liganda i amino kiselina iz humanog C reaktivnog proteina  
**Figure 3.** Picture showing interaction between ligand and amino acids in human C-reactive protein.

### Zaključak

Novo sintetisani derivat kumarina 3-(1-(3-hidroksipropilamino)-etiliden)-hroman-2,4-dion je ispitivan primenom teorijskih metoda. Izabrani DFT model (B3LYP-D3BJ/6-311+G(d,p)) je veoma dobro reprodukovao X-ray strukturu sintetisanog molekula. Rezultati molekuskog dokinga pokazuju da ispitivano jedinjenje formira stabilan kompleks sa humanim CRP-om, što je evidentno iz dobijenih vrednosti energija vezivanja ( $\Delta G_{vez}$  u kcal/mol). Najznačajnije interakcije između liganda i proteina su ostvarene vodonične veze, alkil- $\pi$  i  $\pi$ - $\sigma$  interakcije. Na osnovu dobijenih preliminarnih rezultata može se zaključiti da ligand 1 (ispitivano jedinjenje) pokazuje inhibitornu aktivnost prema humanom C-reaktivnom proteinu.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekata "Metode modeliranja na više skala sa primenama u biomedicini" (broj: 174028), „Sinteza, modelovanje, fizičko-hemijske i biološke osobine organskih jedinjenja i odgovarajućih kompleksa metala" (broj: 172016) i „Dinamika nelinearnih fizičko-hemijskih i biohemijskih sistema sa modeliranjem i predviđanjem njihovih ponašanja pod neravnotežnim uslovima" (broj: 172015), koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.

### Literatura

- Abernethy J.L., (1969) The Historical and Current Interest in Coumarin, *Journal of Chemical Education*, 46: 561-568.
- BIOVIA Discovery Studio 2016, (2016). Accelrys Studio Inc, San Diego.
- Budzisz E., Brzezinska E., Krajewska U., Rozalski M., (2003) Cytotoxic effects, alkylating properties and molecular modelling of coumarin derivatives and their phosphonic analogues, *European Journal of Medicinal Chemistry*, 38: 597-603.
- Hoult J. R. S. and Paya M., (1996) Pharmacological and biochemical actions of simple coumarins: natural products with therapeutic potential, *General Pharmacology*, 27: 713-722
- Moore B. P., (1962), Coumarin-like Substances from Australian Termites, *Nature*, 195: 1101-1102
- Morris G. M., Huey R., Lindstrom W., Sanner M. F., Belew R. K., Goodsell D. S., Olson A. J., (2009) AutoDock4 and AutoDockTools4: Automated docking with selective receptor flexibility, *Journal of Computational Chemistry*, 30: 2785-2791.
- Talapatra S. K., and Talapatra B., (2015), *Chemistry of Plant Natural Products*, Berlin Heidelberg, Germany, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Thompson D., Pepys M. B., Wood S. P., (1999) The physiological structure of human C-reactive protein and its complex with phosphocholine, *Structure*, 7: 169-177.
- Zabradnik M., (1992) *The Production and Application of Fluorescent Brightening Agent*, New York, USA, John Wiley and Sons Ltd

**LIGAND-PROTEIN INTERACTION OF 3-(1-(3-HYDROXYPROPYLAMINO)ETHYLIDENE)CHROMAN-2,4-DIONE WITH HUMAN C REACTIVE PROTEIN**

*Edina Avdović<sup>1</sup>, Dejan Milenković<sup>2</sup>, Svetlana Jeremić<sup>3</sup>, Jelena Đorović<sup>2</sup>, Nenad Vuković<sup>1</sup>, Zana Dolićanin<sup>3</sup>, Srećko Trifunović<sup>1</sup>, Zoran Marković<sup>3</sup>*

**Abstract**

The structure of the newly synthesized coumarin derivative, 3-(1-(3-hydroxypropylamino)-ethylidene)-chroman-2,4-dione, was investigated theoretically. The density functional theory calculations, with B3LYP functional (and with empirical dispersion corrections D3BJ) in combination with the 6-311+G(d,p) basis set, are performed in order to optimized the molecular structure of the investigated coumarin derivative. Molecular docking analysis was carried out in order to identify the potency of inhibition of the title molecule against human C-reactive protein. The inhibition activity was obtained for ten conformations of ligand inside protein.

**Key words:** 3-(1-(3-hydroxypropylamino)ethylidene)chroman-2,4-dione, CRP, Molecular docking

---

<sup>1</sup>University of Kragujevc, Faculty of Science, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Serbia (edinanp@hotmail.com);

<sup>2</sup>Bioengineering Research and Development Center – BioIRC, Prvoslava Stojanovića 6, Kragujevac, Serbia;

<sup>3</sup>State University of Novi Pazar, Vuka Karadžića bb, 36 300 Novi Pazar, Serbia.



## ANTIOKSIDATIVNA I INHIBITORSKA AKTIVNOST ALIZARIN-2-GLIKOZIDA

*Edina Avdović<sup>1</sup>, Svetlana Jeremić<sup>2</sup>, Ana Amić<sup>3</sup>, Marijana Pirković<sup>4</sup>,  
Dejan Milenković<sup>5</sup>, Jelena Đorović<sup>5</sup>, Zoran Marković<sup>2</sup>*

**Izvod:** U ovom radu je ispitana antioksidativna aktivnost alizarin-2-glikozida. Svi rezultati dobijeni su primenom DFT metode. Za izračunavanja je korišćena M06-2X metoda u kombinaciji sa 6-311++G(d,p) bazisnim skupom. Kao rastvarač korišćena je voda. Vrednosti entalpija korišćene su kao termodinamički parametri na osnovu kojih je procenjen antioksidativni kapacitet alizarin-2-glikozida. Molecular Docking metodom procenjena je sposobnost alizarin-2-glikozida da inhibira negativan uticaj P-glikoproteina.

**Gljučne reči:** alizarin-2-glikozid, antioksidativna aktivnost, DFT, entalpija, P-glikoprotein

### Uvod

Uloga antioksidanata koji se primenjuju u prehrambenoj tehnologiji jeste zaustavljanje lančanog procesa kvarenja hrane izazvanog prisustvom slobodnih radikala. Trenutno se sve više pažnje posvećuje testiranju i upotrebi prirodnih antioksidanata. Među jedinjenjima koja pokazuju antiradikalisku aktivnost mnogo je onih sa antrahinonskim jezgrom u svojoj strukturi. Većina prirodnih antrahinona izolovana je iz biljnih ekstrakata. Otuda primena ovih biljnih ekstrakata u tradicionalnoj medicini nekih naroda (Cai i sar., 2004). Jedan od prirodnih antrahinona sa već potvrđenom antiradikalskom aktivnošću jeste i alizarin (Jeremić i sar., 2014).

Alizarin (1,2-dihidroksiantrahinon) je crveni pigment, koji se može izolovati iz korena zelene višegodišnje vrste *Rubia tinctorum L.* (Slika 1). Alizarin se u svojim prirodnim izvorima najčešće nalazi u formi glikozida. Ranija istraživanja su pokazala da glikozidi alizarina, od kojih su najčešći ruberitrinska kiselina i alizarin-2-glikozid, imaju veći značaj pri bojenju vune nego sam alizarin (Ford i sar., 2017). Osim za bojenje tkanine, alizarin i njegovi glikozidi primenjuju se i kao boje za hranu i osvežavajuće bezalkoholne napitke (Kawasaki i sar., 1992).

Polihidroksilni antrahinoni svoju ulogu antioksidanta ostvaruju tako što, uklanjanjem atoma vodonika iz hidroksilne grupe, i sami formiraju radikal stabilizovan rezonancom unutar antrahinonskog jezgra. Ovako nastali radikal nema tendenciju da dalje učestvuje u radikalnoj reakciji. U ovom radu ispitani su mehanizmi nastanka radikala alizarin-2-glikozida (u daljem tekstu AG) (Slika 1).

---

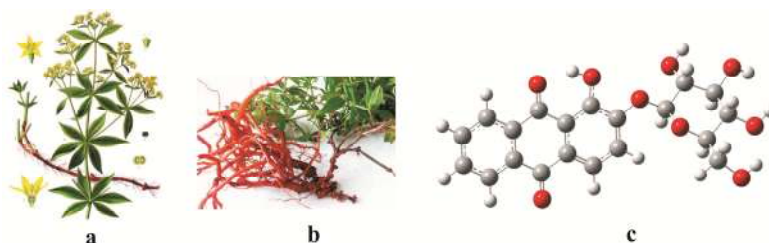
<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet, Radoja Domanovića 12, 34000 Kragujevac, Srbija (edinanp@hotmail.com);

<sup>2</sup>Državni Univerzitet u Novom Pazaru, Vuka Karadžića bb, 36300 Novi Pazar, Srbija;

<sup>3</sup>Josip Juraj Strossmayer Univerzitet u Osijeku, Departman za kemiju, Cara Hadrijana 8a, 31000 Osijek, Hrvatska

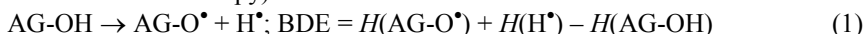
<sup>4</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet medicinskih nauka, Svetozara Markovića 69, 34000 Kragujevac, Srbija

<sup>5</sup>Istraživačko razvojni centar za bioinženjering BioIRC, Prvoslava Stojanovića 6, 34000 Kragujevac, Srbija



Slika 1. a) Rizom biljke *Rubia tinctorum* L.; b) Fotografija korena biljke *Rubia tinctorum* L.; c) optimizovana struktura alizarin-2-glikozida  
 Figure 1. a) Rhizome of the plant *Rubia tinctorum* L.; b) Photography of the root of *Rubia tinctorum* L.; c) Optimized structure of alizarin-2-glucoside

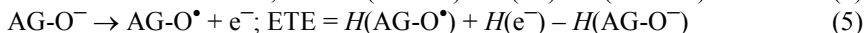
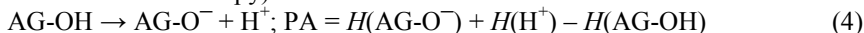
Postoje najmanje tri poznata mehanizma pomoću kojih AG može nagraditi radikal (Jeremić i sar., 2014). Prvi od njih, poznat je kao HAT mehanizam (Hydrogen Atom Transfer), i podrazumeva homolitičko raskidanje O-H veze. Termodinamička povoljnost ovog mehanizma određuje odgovarajuća entalpija raskidanja veze, BDE (Bond Dissociation Enthalpy):



Po drugom mehanizmu nazvanom SET-PT (Single-Electron Transfer followed by Proton Transfer), AG-radikal može nastati iz dva reakciona koraka. U prvom koraku dolazi do transfera elektrona, čime nastaje nestabilna vrsta radikal-katjon. Ovaj korak reakcije karakteriše termodinamička veličina IP (Ionisation Potential). Drugi korak reakcije podrazumeva stabilizaciju radikal-katjona odlaskom protona, a termodinamičku povoljnost ovog koraka reakcije procenjujemo na osnovu PDE vrednosti (Proton Dissotiation Enthalpy):



Treći mehanizam nazvan je SPLET (Sequential Proton Loss Electron Transfer). U prvom koraku ovog mehanizma dolazi do odlaska protona i nastanka AG-anjona, dok u drugom koraku iz anjona nastaje AG-radikal odlaskom elektrona. Prvi korak reakcije karakteriše PA vrednost (Proton Affinity), dok drugi korak karakteriše ETE vrednost (Electron Transfer Enthalpy):



U prethodnim jednačinama (1-5)  $H(\text{AG-OH})$ ,  $H(\text{AG-O}^\bullet)$ ,  $H(\text{AG-OH}^{+\bullet})$  i  $H(\text{AG-O}^-)$ , predstavljaju entalpije molekula, radikala, radikal-katjona i anjona alizarin-2-glikozida, dok  $H(\text{H}^\bullet)$ ,  $H(\text{e}^-)$  i  $H(\text{H}^+)$  predstavljaju entalpije atoma vodonika, zatim entalpiju elektrona, i protona.

P-glikoprotein (Pgp) je važan protein ćelijske membrane koji ima ulogu u odstranjivanju ksenobiotika iz ćelije, čime štiti ćeliju. Ksenobiotici su supstance koje su prisutne u organizmu, ali se u njemu ne proizvode, nisu su deo uobičajene ishrane, pa se njihovo prisustvo u organizmu i ne očekuje. Na žalost, ovaj enzim ima i malu selektivnost, zbog čega i mnoge lekove prepoznaje kao ksenobiotike, pa ne dozvoljava njihov prolaz u intracelularni prostor. U tim slučajevima organizam pokazuje rezistentnost na neke lekove, prouzrokovanu malom selektivnošću Pgp (Sharom, 2008). Iz tog razloga postoje težnje da se nađe odgovarajući inhibitor ovog proteina. U ovom radu je ispitana mogućnost AG-anjona da inhibira negativno dejstvo Pgp na antikancer lek mitoksantron (na dalje MX). MX u svojoj osnovnoj strukturi sadrži antrahinonsko jezgro.

### Materijal i metode rada

Termodinamički parametri koji ukazuju na povoljnost nastanka AG-radikala dobijeni su optimizacijom svih potrebnih neutralnih, jonskih i radikalskih vrsta primenom M06-2X/6-311++G(d,p) metode implementirane u Gaussian 09 programski paket (Zhao i Truhlar, 2008; Frisch i sar., 2009). U svim izračunavanjima efekat vode kao rastvarača simuliran je primenom PCM/SMD solvatacionog modela (Polarizable Continuum Model / Solvation Model based on Density). Solvatacione entalpije protona i elektrona uzete su iz literature (Marković i sar., 2016).

Za procenu inhibitorskog potencijala AG-anjona korišćena je Molecular Docking metoda. U tu svrhu korišćen je program AutoDock 4.2 (Morris i sar., 2009). Za analizu rezultata i vizuelizaciju mesta vezivanja korišćen je program BIOVIA Discovery Studio (BIOVIA, 2016). Struktura Pgp preuzeta je iz PDB baze (Protein Data Bank; PDB ID: 3G5U) (Aller i sar., 2009).

### Rezultati istraživanja i diskusija

AG molekul ima samo jednu slobodnu hidroksilnu grupu čijim raskidanjem može nastati stabilan AG-radikal. BDE, IP, PDE, PA i ETE vrednosti izračunate primenom M06-2X/6-311++G(d,p) nivoa teorije u vodi kao rastvaraču date su u Tabeli 1.

Tabela 1. Parametri antioksidativnih mehanizama izračunati primenom DFT-metode (u  $\text{kJ mol}^{-1}$ )

Table 1. DFT calculated parameters of antioxidant mechanisms (in  $\text{kJ mol}^{-1}$ )

HAT	SET-PT		SPLET	
BDE	IP	PDE	PA	ETE
393	536	30	138	428

Upoređujući prikazane vrednosti entalpije, jasno se vidi da najnižu vrednost ima PA, koja karakteriše prvi korak SPLET mehanizma. To znači da se u vodenoj sredini lako odvija disocijacija uz nastanak anjona kao intermedijerne vrste, koji je stabilizovan solvatacijom. Sa druge strane, upoređujući ETE vrednosti sa BDE vrednostima, može se zaključiti da je nastanak AG-radikala otpuštanjem elektrona iz AG-anjona gotovo

jednako energetski zahtevno kao i direktan nastanak AG-radikala, homolitičkim raskidanjem O-H veze. Stoga se pretpostavlja da su ova dva mehanizma konkurentna, ali da se reakcije odvijaju različitim brzinama. Zbog vrlo visoke IP vrednosti, SET-PT mehanizam se isključuje kao moguć mehanizam nastanka AG-radikala.

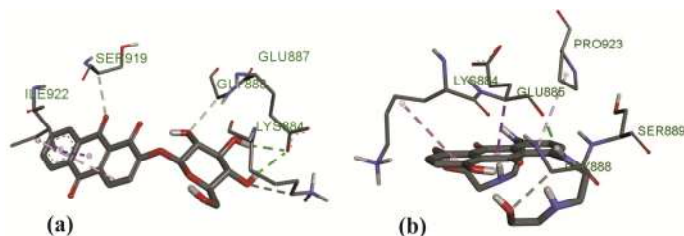
U vodi kao polarnom rastvaraču je termodinamički najpovoljniji proces nastanka AG-anjona. Primenom Molecular Docking analize ispitivana je mogućnost ovog anjona da se veže za P-glikoprotein i spreči njegov negativan uticaj na transport antikancer leka MX. MX je uzet kao parametar jer u svojoj strukturi ima antrahinonsko jezgro, pa je jačina njegovog vezivanja za ovaj protein uporediva sa jačinom vezivanja AG-anjona. Rezultati doking analize su dati u Tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati doking-analize AG-anjona i MX sa P-glikoproteinom.  $E_b$  je energija vezivanja liganda sa proteinom, a  $K_i$  je konstanta inhibicije

Table 2. . Results of docking analysis of AG-anion and MX with P- glycoprotein.  $E_b$  is energy of binding and  $K_i$  is inhibition constant

Ligand <i>Ligand</i>	Aminokiselina <i>Amino acid</i>	Udaljenost atoma (Å) <i>Atom distance (Å)</i>	$E_b$ (kcal mol <sup>-1</sup> )	$K_i$ (μM)
AG <sup>-</sup>	Lys 884	3.370	-4.68	372.34
	Glu 887	2.388		
	Glu 887	2.259		
	Gly 888	2.871		
	Ser 919	2.817		
	Ile 922	3.986		
	Ile 922	4.164		
MX	Lys 884	4.584	-0.01	$9.85 \cdot 10^5$
	Glu 885	1.996		
	Glu 885	3.223		
	Gly 888	2.322		
	Gly 888	3.223		
	Pro 923	4.535		

Kao što se iz prethodne tabele može videti, AG-anjon se vezuje sa Pgp na istim reakcionim mestima kao i lek MX. To su pre svega veze ostvarene preko aminokiselina lizin (Lys 884) i glicin (Gly 885), ali i međusobno susednih aminokiselina: glutaminska kiselina (Glu 887 i Glu 885), serin (Ser 919), izoleucin (Ile 922) i prolin (Pro 923) (Slika 2). Što energija vezivanja i konstanta inhibicije imaju nižu vrednost, to se dati ligand jače vezuje za protein. Obe ove veličine su nekoliko desetina puta niže za AG-anjon nego za ispitivani lek. To znači da će se na datim reakcionim mestima AG-anjon vezati lakše i brže za Pgp nego MX, pa će time inhibirati negativni uticaj Pgp na transport ovog leka, i time sprečiti pojavu rezistentnosti na lek.



Slika 2. a)  $AG^-$  – Pgp (a) i MX – Pgp (b) mesta vezivanja  
 Figure 2.  $AG^-$  – Pgp (a) and MX – Pgp (b) docking positions.

### Zaključak

U ovom radu je primenom DFT metode ispitana mogućnost AG da nagradi stabilan AG-radikal. Izračunavanja su vršena u vodi kao najčešćem rastvaraču. Termodinamički parametri ukazuju na to da u ovim uslovima AG u najvećoj meri gradi radikal prateći SPLET mehanizam. Po ovom mehanizmu, u prvom koraku reakcije se formira AG-anjon, koji zatim prelazi u radikal oslobađajući elektron. Molecular Docking metodom je utvrđeno da AG-anjon može biti vrlo efikasan inhibitor Pgp. Time bi se sprečio negativan efekat Pgp koji se ogleda u pojavi rezistentnosti na neke lekove kao što je MX. Zbog toga se pretpostavlja da bi primena ekstartkata koji u svom sastavu imaju AG, kao prehrambenih boja, imala višestruki pozitivan uticaj na zdravlje ljudi.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekata “Metode modeliranja na više skala sa primenama u biomedicini“ (broj: 174028), „Sinteza, modelovanje, fizičko-hemijske i biološke osobine organskih jedinjenja i odgovarajućih kompleksa metala“ (broj: 172016) i „Dinamika nelinearnih fizičko-hemijskih i biohemijskih sistema sa modeliranjem i predviđanjem njihovih ponašanja pod neravnotežnim uslovima“ (broj: 172015), koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.

### Literatura

- Aller S.G., Yu J., Ward A., Weng Y., Chittaboina S., Zhuo R., Harrell P.M., Trinh Y.T., Zhang Q., Urbatsch I.L., Chang G. (2009). Structure of P-glycoprotein reveals a molecular basis for poly-specific drug binding. *Science*. 323 (5922) 1718-1722.
- BIOVIA Discovery Studio, 2016, <http://accelrys.com/products/collaborative-science/biovia-discovery-studio/>.
- Cai Y., Luo Q., Sun M., Corke H. (2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer, *Life Science*. 74 (17) 2157-2184.
- Ford L., Rayner C.M., Blackburn R.S. (2017). Comparative sorption isotherms for colorants present in Dyers' madder (*Rubia tinctorum L.*) provide new insights into

- historical dyeing. *Coloration Technology*. 0 (0) 1-10. Dostupno: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cote.12327/epdf>
- Jeremić S., Filipović N., Peulić A., Marković Z. (2014). Thermodynamical aspect of radical scavenging activity of alizarin and alizarin red S. Theoretical comparative study. *Computational and Theoretical Chemistry*. 1047 (0) 15-21.
- Kawasaki Y., Goda Y., Maitani T., Yoshihira K., Takeda M. (1992). Determination of madder color in foods by high performance liquid chromatography. *Food Hygiene and Safety Science*. 33 (6) 563-568.
- Marković Z., Tošović J., Milenković D., Marković S. (2016) Revisiting the solvation enthalpies and free energies of the proton and electron in various solvents. *Computational and Theoretical Chemistry*. 1077(0):11-17.
- Morris G.M., Huey R., Lindstrom W., Sanner M.F., Belew R.K., Goodsell D.S., Olson A.J. (2009). AutoDock4 and AutoDockTools4: Automated docking with selective receptor flexibility. *Journal of Computational Chemistry*. 30 (16) 2785-2791.
- Sharom F. (2008). ABC multidrug transporters: structure, function and role in chemoresistance. *Pharmacogenomics*. 9 (1) 105-127.

## ANTIOXIDATIVE AND INHIBITOR ACTIVITY OF ALIZARIN-2-GLYCOSIDE

*Edina Avdović<sup>1</sup>, Svetlana Jeremić<sup>2</sup>, Ana Amić<sup>3</sup>, Marijana Pirković<sup>4</sup>,  
Dejan Milenković<sup>5</sup>, Jelena Đorović<sup>5</sup>, Zoran Marković<sup>2</sup>*

### Abstract

In this paper was investigated the antioxidative activity of alizarin-2-glycoside. All results were obtained using the DFT method. For calculations, the M06-2X method was used in combination with the 6-311++G(d,p) base set. Water was used as a solvent. The values of enthalpy were used as thermodynamic parameters on the basis of which the antioxidative capacity of alizarin-2-glycoside was evaluated. The Molecular Docking method was used for assessing the ability of alizarin-2-glycoside to inhibit the negative effect of P-glycoprotein.

**Key words:** alizarin-2-glycoside, antioxidant activity, DFT, enthalpy, P-glycoprotein

---

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Science, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Serbia ([edinanp@hotmail.com](mailto:edinanp@hotmail.com));

<sup>2</sup>State University of Novi Pazar, Vuka Karadžića bb, 36 300 Novi Pazar, Serbia.

<sup>3</sup>Department of Chemistry, Josip Juraj Strossmayer University, Osijek, Croatia

<sup>4</sup>Faculty of Medical Sciences, University of Kragujevac, Svetozara Markovića 69, Kragujevac, Serbia

<sup>5</sup>Bioengineering Research and Development Center – BioIRC, Prvoslava Stojanovića 6, Kragujevac, Serbia;

## EFEKAT FORMI I KONCENTRACIJA AZOTA NA RASTENJE I SADRŽAJ PIGMENATA *Ocimum basilicum* L. U KULTURI *IN VITRO*

*Biljana Bojović, Dragana Jakovljević, Milan Stanković, Marina Topuzović*

**Izvod:** Cilj istraživanja obuhvata utvrđivanje uticaja azota na rast i koncentraciju fotosintetičkih pigmenata bosiljaka (*Ocimum basilicum* L.) proizvedenog u kulturi *in vitro*. Za istraživanje je upotrebjeno šest hranljivih podloga, koje su se razlikovale po formi i koncentraciji azota. Prema dobijenim rezultatima, značajniji efekat na rast i koncentraciju hlorofila i karotenoida imala je nitratna forma azota u odnosu na kombinaciju nitratne i amonijačne forme. Utvrđeno je da je u procesu gajenja bosiljka kalijum-nitrat pogodan za oplemenjavanje zemljišta.

**Ključne reči:** kalijum-nitrat, amonijum-nitrat, izduživanje, hlorofili, karotenoidi

### Uvod

Bosiljak (*Ocimum basilicum* L.) je jednogodišnja zeljasta biljka iz familije Lamiaceae. Poreklom je iz Indije, ali je danas, zbog višestruke primene, veoma rasprostranjena gajena vrsta. Ubraja se među najeksploatisanije aromatične biljke, pre svega zbog značajne upotrebe listova (Puccinelli i sar., 2017.). Dodatno, značajna je i medonosna biljka jer dugo cveta, a cvet je bogat nektarom i polenom (Jevđović i sar., 2011.).

Gajenje ekonomski važnih sorti bosiljka globalno je intenzivirano, pre svega zbog njihovog farmaceutskog i nutritivnog značaja, kao i širokog opsega prilagodljivosti različitim tipovima zemljišta i klimatskim uslovima. Višedecenijska upotreba ovog taksona, zajedno sa širokom distribucijom i selekcijom, znatno je doprinela varijabilnosti među korišćenim sortama koje su jako brojne, a mogu se razlikovati na osnovu habitualnih karakteristika (Carović-Stanko i sar., 2011.).

Produktivnost ove biljne vrste zavisi u velikoj meri od fotosintetički aktivnih pigmenata (Matsumoto i sar., 2013.). Autori brojnih studija utvrdili su postojanje korelacije između sadržaja fotosintetičkih pigmenata i koncentracije azota primenjenog u obliku hraniva (Biczak i sar., 1998; Smith, 1999; Baghour i sar., 2000; Swiader i Moore, 2002.).

U današnje vreme je veoma zastupljena tehnika razmnožavanja i dobijanja novih genotipova biljaka u kulturi *in vitro*, koja dosadašnje znanje o rasteњу i razviću biljnog organizma ujedinjuje sa novim metodama i idejama (Greenway i sar., 2012.). Tehnike *in vitro* kulture postale su sastavni deo istraživanja poljoprivrednih, hortikulturnih i šumarskih vrsta, kao i važan deo biljne biotehnologije.

Cilj ovog rada bio je ispitivanje uticaja različitih formi i koncentracija azota na rasteње i koncentraciju fotosintetičkih pigmenata hloroplasta bosiljka gajenog u kulturi *in vitro*.

### Materijal i metode rada

U eksperimentu su korišćena semena bosiljka vrste *Ocimum basilicum* L., (sorta Genovese) dobijena iz komercijalnih izvora (proizvođač „Semeseмена“, d.o.o. Beograd, godina proizvodnje 2016.). Semena su zasejana na 6hranljivih podloga, koje su sadržavale isti sastav i koncentracije makro- i mikroelemenata:  $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O} - 0.150 \text{ g l}^{-1}$ ,  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O} - 0.250 \text{ g l}^{-1}$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O} - 0.150 \text{ g l}^{-1}$ ,  $\text{MnSO}_4 \times 4\text{H}_2\text{O} - 22.3 \text{ mg l}^{-1}$ ,  $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O} - 8.6 \text{ mg l}^{-1}$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3 - 6.2 \text{ mg l}^{-1}$ ,  $\text{KJ} - 0.83 \text{ mg l}^{-1}$ ,  $\text{NaMoO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O} - 0.25 \text{ mg l}^{-1}$ ,  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O} - 0.025 \text{ mg l}^{-1}$ ,  $\text{CoCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O} - 0.025 \text{ mg l}^{-1}$ ,  $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O} - 27.8 \text{ mg l}^{-1}$  i  $\text{Na}_2\text{EDTA} - 37.3 \text{ mg l}^{-1}$ . Hranljive podloge su se jedino razlikovale po koncentraciji azota i formi u kojoj je bio primenjen (nitratna –  $\text{KNO}_3$  i amonijačna –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) (Tabela 1).

Tabela 1. Forma i koncentracija azota u ispitivanim hranljivim podlogama  
*Table 1. Form and concentration of nitrogen in investigated media*

Hranljiva podloga <i>Medium</i>	Forma azota <i>Form of nitrogen</i>	Koncentracija (g) <i>Concentration (g)</i>
M1	$\text{KNO}_3$	2,50
M2	$\text{KNO}_3$	1,25
M3	$\text{KNO}_3$	0,63
M4	$\text{KNO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3$	1,90+1,65
M5	$\text{KNO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3$	0,95+0,83
M6	$\text{KNO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3$	0,50+0,40

Semena bosiljka su pre početka eksperimenta površinski sterilisana 70% etanolom (30 sekundi) i 4% rastvorom natrijum hipohlorita ( $\text{NaOCl}$ , 15 minuta) i isprana 2 do 3 puta sterilnom destilovanom vodom. Nakon sterilizacije, semena su aseptično zasejana u epruvete, na 20 ml sterilne hranljive podloge. Kulture su gajene četiri nedelje u komori za isključivanje, na temperaturi  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ , pri vlažnosti vazduha od 60%, sa fotoperiodom od 16 h svetlosti i 8 h mraka, pri svetlosti fluorescentnih belih cevi i gustinom fotonskog fluksa od  $50 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ . Na svaku od hranljivih podloga zasejano je najmanje 100 semena. Merenja su vršena u tri serije, pri čemu je dužina korena i izdanakameraena pomoću digitalnog kalipera, dok je određivanje koncentracije fotosintetičkih pigmenta vršeno spektrofotometrijskom metodom (Bojović i Stojanović, 2005).

### Rezultati istraživanja i diskusija

#### Efekat azota na dužinu korenova i *in vitro* izdanaka bosiljka

Efekat različitih formi i koncentracija azota na rastenje utvrđivan je merenjem dužine korena i dužine izdanaka bosiljka gajenog u kulturi *in vitro*. Dobijeni rezultati su pokazali da se dužina korena razlikovala u različitim hranljivim podlogama (Tabela 2). Najveća dužina (43,60 mm) zabeležena je u podlozi koja je sadržavala nitratnu formu azota primenjenu u najmanjoj koncentraciji (M3), dok je najmanja dužina (32,83 mm) bila u podlozi sa najvećom koncentracijom nitratne forme azota (M1). U ostalim hranljivim podlogama dužina korenova je bila između 37,45 i 42,19 mm.



Dužina izdanaka bosiljka u hranljivim podlogama sa različitom formom i koncentracijom azota varirala je u zavisnosti od korišćene podloge. Dobijene vrednosti bile su u opsegu od 22,51 mm do 26,96 mm, pri čemu je najveća vrednost zabeležena u hranljivoj podlozi koja je sadržavala kombinaciju najmanje koncentracije nitratne i amonijačne forme azota (M6).

Dobijeni rezultati ukazuju da različita koncentracija azota ispoljavaznačajniji efekat na izduživanje korenova nego izdanaka, pri čemu je evidentniji stimulatorni efekat imala nitratna forma azota ( $KNO_3$ ) u odnosu na kombinaciju nitratne i amonijačne forme ( $KNO_3+NH_4NO_3$ ). Ranijim istraživanjima je potvrđeno da i forma i koncentracija azota utiču na prinos bosiljka (Golcz i sar., 2006; Biesiada i Kus, 2010).

Tabela 2. Efekat različitih koncentracija i formi azota na dužinu korena i izdankabosiljka (prosečne vrednosti  $\pm$  standardna greška)

Table 2. Effect of different concentrations and forms of nitrogen on the root and shoot length of basil (means  $\pm$  standard error)

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Dužina korena(mm) <i>Root length(mm)</i>	32,83 $\pm$ 0,65	39,81 $\pm$ 0,57	43,60 $\pm$ 0,89	37,45 $\pm$ 0,72	39,57 $\pm$ 1,13	42,19 $\pm$ 1,62
Dužina stabla(mm) <i>Shoot length (mm)</i>	22,82 $\pm$ 0,46	23,11 $\pm$ 0,51	22,51 $\pm$ 0,60	22,91 $\pm$ 0,45	23,23 $\pm$ 1,11	26,96 $\pm$ 0,48

### Efekat azota na koncentraciju fotosintetičkih pigmenta *in vitro* izdanaka bosiljka

Uticaoj različitih formi i koncentracija azota na koncentraciju fotosintetičkih pigmenta ispitivan je kroz merenje sadržaja hlorofila *a*, hlorofila *b*, ukupnog hlorofila (*a+b*), odnosa hlorofila *a/b*, kao i kroz sadržaj karotenoida. Dobijeni rezultati, prikazani u Tabeli 3, ukazuju da sadržaj fotosintetičkih pigmenta zavisi od forme i koncentracije azota. Azot je ispoljio veći efekat na koncentraciju hlorofila *a*, nego na hlorofil *b*. Najveća koncentracija hlorofila *a* (2,95  $mg\ g^{-1}$ ) izmerena je u hranljivoj podlozi sa nitratnom formom azota primenjenoj u najvećoj koncentraciji (M1), dok je najmanja koncentracija ovog pigmenta (1,96  $mg\ g^{-1}$ ) zabeležena u hranljivoj podlozi sa kombinacijom najvećih koncentracija nitratne i amonijačne forme azota (M4). Količina hlorofila *b* je u manjoj meri zavisila od koncentracije i forme azota, a izmerene vrednosti su bile u opsegu od 1,06 do 1,60  $mg\ g^{-1}$ . Shodno dobijenim rezultatima, najveći sadržaj ukupnog hlorofila je izmeren u medijumu M1, a najmanji u medijumu M4. Na odnos hlorofil *a/b* nisu bitno uticale forme i koncentracije azota. Ovaj odnos je bio prilično ujednačen u svim medijumima i iznosio je približno 2:1.

Koncentracija karotenoida je, takođe, varirala u hranljivim podlogama kojima se bosiljak razvijao, ali su ustanovljene razlike bile manje u odnosu na sadržaj hlorofila (Tabela 3). Veće koncentracije karotenoida izmerene su u hranljivim podlogama koje su sadržavale nitratne forme azota, nezavisno od primenjene koncentracije, nego u hranljivim podlogama sa kombinacijom nitratne i amonijačne forme. Fotosintetički

pigmenti imaju ključnu ulogu u procesu fotosinteze i potvrđeno je da nedostatak mineralnih elemenata direktno utiče na fotosintetički aparat, pre svega kroz biosintezu i funkcionisanje ključnih komponenti procesa (Kalaji i sar., 2014; Gengmao i sar., 2015). Niža koncentracija fotosintetičkih pigmenata u listovima bosiljka ukazuje na redukciju fotosintetičkog procesa usled neadekvatne koncentracije mineralnih elemenata. Negativni efekti amonijačne ishrane potvrđeni su i u slučaju sitnoslisne sorte bosiljka (Jakovljević i sar., 2017).

Tabela 3. Sadržaj fotosintetičkih pigmenata bosiljka (mg/g) u zavisnosti od forme i koncentracije azota (prosečne vrednosti ± standardna greška)

*Tabela 3. Contents of photosynthetic pigments of basil (mg/g) depending on nitrogen form and concentration (means ± standard error)*

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Hlorofil a <i>Chlorophyll a</i>	2,95 ± 0,15	2,21 ± 0,05	2,51 ± 0,06	1,96 ± 0,08	2,14 ± 0,08	2,14 ± 0,08
Hlorofil b <i>Chlorophyll b</i>	1,60 ± 0,15	1,39 ± 0,07	1,36 ± 0,06	1,06 ± 0,08	1,12 ± 0,09	1,09 ± 0,04
Ukupni hlorofil (a+b) <i>Total chlorophyll (a+b)</i>	4,55 ± 0,23	3,60 ± 0,15	3,87 ± 0,13	3,02 ± 0,08	3,26 ± 0,10	3,23 ± 0,11
Hlorofil a/b <i>Chlorophyll a/b</i>	1,84 ± 0,03	1,59 ± 0,01	1,85 ± 0,02	1,85 ± 0,02	1,91 ± 0,05	1,96 ± 0,06
Karotenoidi <i>Carotenoids</i>	0,31 ± 0,02	0,32 ± 0,04	0,29 ± 0,07	0,23 ± 0,06	0,23 ± 0,08	0,26 ± 0,01

### Zaključak

Azot je makrometabolički mineralni element koji ima veliki uticaj na rastenje biljka i sadržaj fotosintetičkih pigmenata. Ovaj efekat azota se ispoljio i u izduživanju korena i izdanaka bosiljka (*Ocimum basilicum* L.) koji je gajen u kulturi *in vitro*, kao i sadržaju hlorofila i karotenoida, pri čemu su se evidentne razlike pojavile u zavisnosti od forme i koncentracije azota. Veći efekat na dužinu korena i izdanaka, kao i sadržaj fotosintetičkih pigmenata imala je nitratna forma azota u odnosu na amonijačnu, pri čemu su za izduživanje izdanaka povoljnije bile niže koncentracije, a za sadržaj hlorofila i karotenoida više koncentracije ove forme.

### Napomena

Istraživanja sprovedena u ovom radu deo su projekta III41010 (Preklinička testiranja bioaktivnih supstanci) koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

**Literatura**

- Baghour M., Ruiz J.M., Romero L. (2000). Metabolism and efficiency in nitrogen utilization during senescence in pepper plants: Response to nitrogenous fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 23(1): 91-101.
- Biczak R., Gurgul E., Herman B. (1998). The effect of NPK fertilization on yield and content of chlorophyll, sugars and ascorbic acid in celery. *Folia Horticulturae*, 10(2): 23-34.
- Biesiada A., Kus A. (2010). The effect of nitrogen fertilization and irrigation on yielding and nutritional status of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Acta Scientiarum Polonorum*, 9: 3-12.
- Bojović B., Stojanović J. (2005). Chlorophyll and carotenoid content in wheat cultivars as a function of mineral nutrition. *Archives of Biological Sciences*, 57:283-290.
- Carović-Stanko K., Šalinović A., Grdiša M., Liber Z., Kolak I., Satovic Z. (2011). Efficiency of morphological trait descriptors in discrimination of *Ocimum basilicum* L. accessions. *Plant Biosystematics*, 145: 298-305.
- Greenway M. B., Phillips I.C., Lloyd M.N., Hubstenberger J.F., Phillips G.C. (2012). A nutrient medium for diverse applications and tissue growth of plant species *in vitro*. *In vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, 48(4): 403-410.
- Gengmao Z., Yu H., Xing S., Shihui L., Quanmei S., Changhai W. (2015) Salinity stress increases secondary metabolites and enzyme activity in safflower. *Industrial Crops and Products*, 64:175-181.
- Golcz A., Polytycka B., Seidler-Lozykowska K. (2006). The effect of nitrogen fertilization and stage of plant development on the mass and quality of sweet basil leaves (*Ocimum basilicum* L.). *Herba Polonica*, 52: 22-30.
- Jakovljević D., Stanković M., Bojović B., Topuzović M. (2017). Regulation of early growth and antioxidant defense mechanism of sweet basil seedlings in response to nutrition. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39(11): 243.
- Jevdović R., Todorović G., Kostić M. (2011). Efekti primene biostimulatora na prinos nadzemne biomase bosiljka (*Ocimum basilicum* L.) na različitim tipovima zemljišta. *Lekovite sirovine*, 31: 33-38.
- Kalaji H.M., Oukarroum A., Alexandrov V., Kouzmanova M., Brestic M., Zivcak M., Samborska I., Cetner M., Allakhverdiev I., Goltsev V. (2014) Identification of nutrient deficiency in maize and tomato plants by *in vivo* chlorophyll a fluorescence measurements. *Plant Physiology and Biochemistry*, 81:16-25.
- Matsumoto S.N., Araujo G., Viana A.E. (2013). Growth of sweet basil depending on nitrogen and potassium doses, horticultura Brasileira. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362013000300024>
- Puccinelli M., Malorgio F., Rosellini I., Pezzarossa B. (2017). Uptake and partitioning of selenium in basil (*Ocimum basilicum* L.) plants grown in hydroponics. *Scientia Horticulturae*, 225: 271-276.
- Smith D.L. (1999). Field evaluation of the chlorophyll meter to predict yield and nitrogen concentration of switchgrass. *Journal of Plant Nutrition*, 22(6): 1001-1010.

Swiader J.M., Moore A. (2002). SPAD-chlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins Journal of Plant Nutrition, 25(5): 1089-1100.

## **EFFECT OF NITROGEN FORMS AND CONCENTRATIONS ON GROWTH AND THE PIGMENTS CONTENT OF *Ocimum basilicum* L. CULTURED *IN VITRO***

*Biljana Bojović, Dragana Jakovljević, Milan Stanković, Marina Topuzović*

### **Abstract**

The aim of this study was to examine the effect of nitrogen on the growth and concentration of photosynthetic pigments of *Ocimum basilicum* L. cultured *in vitro*. Six media were used for research, which differed in form and concentration of nitrogen. According to the obtained results, a significant effect on the roots and shoots length, as well as the concentration of chlorophyll and carotenoids had a nitrate form of nitrogen in contrast to the combination of nitric and ammonium forms. Based on obtained results, it is recommended cultivation basil plants in media with potassium nitrate.

**Key words:** potassium nitrate, ammonium nitrate, growth, chlorophyll, carotenoids.

## AROMATICITY OF ROESKY'S KETONE

Igor Đurović<sup>1</sup>, Slađana Đorđević<sup>2</sup>, Slavko Radenković<sup>2</sup>

**Abstract** The polythiazyl polymer (SN)<sub>x</sub> is an intrinsic electric polymeric conductor at room temperature and superconductor at temperatures close to absolute zero, having diverse applications in chemistry and chemical technology. In this work, electronic properties of the compounds with a (SN)<sub>2</sub> unit enclosed in the ring structure were examined. Namely, the aromaticity of Roesky's ketone and its isomers was investigated by means of current density maps, multicentre delocalization indices (MCI) and nucleus-independent chemical shifts indices (NICS). The relative stability of the studied compounds was compared based on the calculated BLYP and CASSCF energies.

**Keywords:** ketone, aromaticity, NICS, multicentre delocalization index, current density maps

## Introduction

Starting from the discovery of the metallic properties of polymeric (SN)<sub>x</sub> in the early 1970s (Walatka Jr., Labes and Perlstein, 1973) compounds containing (SN)<sub>2</sub> fragments have been the subject of interest of theoretical and experimental chemists. In the polymer (SN)<sub>x</sub> the sulfur and nitrogen atoms donate two  $\pi$ -electrons and one  $\pi$ -electron, respectively, making these compounds electron-rich and very reactive. The polythiazyl polymer (SN)<sub>x</sub> is a unique material being the only example of an intrinsic electric polymeric conductor at room temperature and superconductor at temperatures close to absolute zero. It also exhibits the behaviour of a quasi one-dimensional metal with the conductivity along the polymeric chain three orders of magnitude greater than in the transverse direction. On the other hand, compounds with a (SN)<sub>2</sub> unit enclosed in the rings of different size are found to be stable. The cyclic systems containing a (SN)<sub>2</sub> unit have been much studied in the past (Gerratt *et al.*, 1996; Jung *et al.*, 2004). An intensive theoretical research has been performed in order to understand the electronic structure and bonding patterns in the S<sub>2</sub>N<sub>2</sub> monocyclic molecule (Gerratt *et al.*, 1996; Jung *et al.*, 2004). The structure, aromaticity and reactivity of molecules containing (SN)<sub>2</sub> fragments involved in the five- and six-membered rings have also been examined (Van Droogenbroeck *et al.*, 2004). The most important among the molecules having (SN)<sub>2</sub> fragments involved within the five-membered ring is 5-oxo-1,3,2,4-dithiadiazole or Roesky's ketone (**1**).

In a series of recent papers, Blockhuys and coworkers have presented a detailed study of the structure, aromaticity and reactivity of Roesky's ketone and Roesky's sulfoxide (Van Droogenbroeck *et al.*, 2004). Since there is no unique definition of

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia (igor.djurovic@kg.ac.rs)

<sup>2</sup>University of Kragujevac, Faculty of Science, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Serbia

aromaticity, it is possible to measure the aromaticity through its different manifestations (Cyranski, 2005). There is a series of different aromaticity indices, namely energetic, geometric, electron delocalization, reactivity-based and magnetic indices (Cyranski, 2005). The fact that all these indices do not correlate mutually has resulted in the so-called multidimensional concept of aromaticity.

In the previous studies, the aromatic character of **1** has been examined by means of NICS (Schleyer *et al.*, 1996) and geometry parameters obtained from the optimized structures of these compounds. Although, the NICS index is one among the most popular aromaticity indices, the problem with NICS is that although usually a negative (or aromatic) NICS value reflects the existence of a ring current, there is no direct way to prove the existence of an underlying ring current. There are many examples showing that the NICS and ring current results do not agree. For this reason the calculated NICS-values were compared with the current density maps.

In the present study the current density maps were obtained by means of the BLYP functional using the diamagnetic-zero (DZ) variant of the continuous transformation of origin of current density (CTOCD) method (Keith and Bader, 1992). In the CTOCD-DZ method, also known as the ipsocentric method, the current density at each point in the molecule is calculated by choosing itself as the origin of the vector potential. The ipsocentric method enables a direct visualization of the induced current density, and of its decomposition into orbital contributions.

In order to assess the extent of electron delocalization in the studied molecules the multicentre delocalization index (MCI) (Giambiagi *et al.*, 2000) was employed. In the present work different constitutional isomers of Roesky's ketone were also included (Figure 1) in order to perform a more detailed analysis of the aromatic nature of molecules containing (SN)<sub>2</sub> fragments. This way, we aim to establish the nature of the aromaticity in terms of sustaining of a ring current and in terms of assessing cyclic electron delocalization for Roesky's ketone.

### Theoretical methods

The structures of the molecules presented in Figure 1 were optimized at the BLYP/6-311+G(d,p) level of theory using the Gaussian 03 program (Frisch *et al.*, 2003). The single-point CASSCF(6,5) energy calculation with the same basis set was also performed. The NICS (Schleyer *et al.*, 1996) were obtained at the BLYP/6-311+G(d,p) level of theory through the gauge-including atomic orbital method (GIAO). The NICS was calculated in the ring centre (NICS(0)), and 1 Å above (NICS(1)) the ring centre. The NICS is a tensor, and its component along z-axis can also be used as aromaticity descriptor (NICS(1)zz). The MCI was calculated from the BLYP/6-311+G(d,p) NAO density matrix obtained from Natural Bond Orbital analysis (Reed, Curtiss and Weinhold, 1988).

The current density calculations were performed by the same level of theory BLYP/6-311+G(d,p). In all calculations a unit magnetic field perpendicular to the molecular plane was used and the calculated ring currents were plotted on a grid in the plane parallel to the molecular plane with a diatropic (aromatic) current represented by a

counter clockwise circulation. The plotting planes were chosen to be 1Å above the molecular plane.

Calculations of MCI and ring currents were performed using in-house Fortran routines.

## Results and discussion

The geometries of investigated molecules were obtained at the BLYP/6-311+G(d,p) level of theory. Roesky's ketone and its isomers are shown in Figure 1. The so-obtained geometries were used in the complete active space calculations (CASSCF) with the active space of 6  $\pi$ -electrons and 5  $\pi$ -molecular orbitals. The CASSCF calculations were used to predict stability order of the investigated molecules. The relative energies of the studied molecules are presented at Table 1. Both methods, BLYP and CASSCF, confirmed that **2** is the most stable molecule among the examined isomers. Both methods also agree on the order of stability in the given series of molecules.

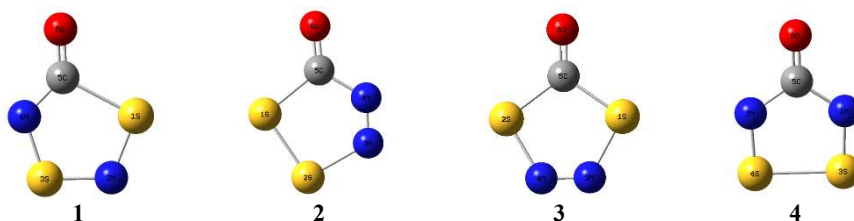


Figure 1. Roesky's ketone (1) and its isomers

Different approaches were used to assess the aromaticity of the studied molecules. First of all, the studied molecules were found to be planar and all have 6  $\pi$ -electrons coming from two SN fragments, plus 2  $\pi$ -electrons coming from carbonyl CO group. Hückel's Rule states that every cyclic planar molecule that has  $4n+2$   $\pi$ -electrons can be considered as aromatic. It is evident that the Hückel's Rule cannot give a straightforward answer of aromaticity in these molecules. Aromaticity is usually related to an electron delocalization. If a molecule has large electron delocalization, it can be aromatic. Quantitative description of electron delocalization is the MCI. The MCI values for the studied molecules were calculated and these results are presented in Table 1. The extent of cyclic electron delocalization in studied molecules is significant. Molecules **1** and **4** have the highest MCI values, which suggest a remarkable electron delocalization in these molecules. The problem with MCI is that it gives a measure of electron delocalization, but it still does not reveal whether the given ring is aromatic or antiaromatic. For instance, cyclobutadiene, the famous antiaromatic system, also has a significant value of MCI. For these reasons, the interpretation of the MCI as an indicator of aromaticity should be performed together with some other aromaticity indices, such as NICS or current density maps.

According to the NICS values there is significant aromatic character, as predicted by MCI values. Note that rings with negative NICS values qualify as aromatic, and the

more negative the NICS, the more aromatic the rings. The data given in Table 1 reveal that all structural isomers of **1** have the aromatic character which varies from very pronounced in **4** to almost non-aromatic in **3**. Different NICS indices predict the same order of aromaticity character in the studied molecules. In addition, according to the MCI values **1** is more aromatic than **2**, whereas the NICS values predict reverse order of aromaticity. The NICS index measures the shielding calculated at the centre of a given ring, as a result of the ring currents in the molecule. In the case of non-symmetric current density distribution in **1** and **2** (Figure 2), the MCI values are more relevant index than the corresponding NICS. Therefore, it can be concluded that **1** has more pronounced aromatic character compared to **2**.

Table 1. Relative energies (in kJ mol<sup>-1</sup>) calculated at BLYP/6-311+G(d,p) and CASSCF(6,5)/6-311+G(d,p) levels of theory, MCI and NICS values of the studied molecules.

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
BLYP	102.39	0.00	13.13	149.65
CAS	35.20	0.00	25.98	62.74
MCI	0.0465	0.0342	0.0313	0.0557
NICS(0)	-11.70	-16.34	-3.00	-19.42
NICS(1)	-7.69	-10.43	-3.45	-12.11
NICS(1)zz	-19.17	-24.78	-3.93	-29.18

The current density maps of the investigated molecules were examined (Figure 2). There is a significant diatropic circulation in molecules **1**, **2** and **4**. It is noticeable that the current density is the strongest in molecule **4**.

Based, on the MCI and current density maps results, the order of aromaticity in the studied molecules is the following: **4**>**1**>**2**>**3**. On the other hand, the order of stability is found to **2**>**3**>**1**>**4**. As can be seen, the aromaticity of the studied molecules is not related to their relative stability measured through the total energy of molecules.

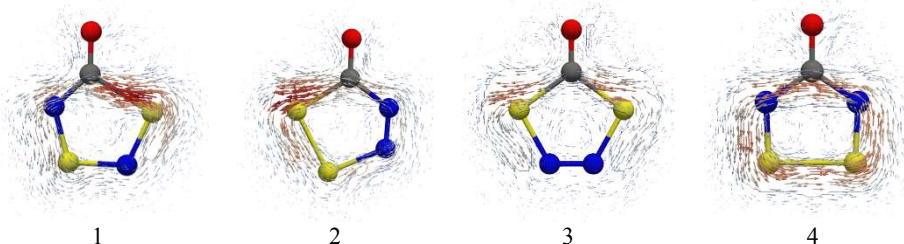


Figure 2. Current density maps; arrows coloured red represent strong, while blue arrows represent weak current density vectors.

One can consider that the obtained results as unexpected, and in disagreement with a "chemical intuition" which relates the aromaticity and thermodynamic stability. The presented results can be used as an instructive example how complex is the concept of aromaticity. According to the IUPAC definition, the aromaticity is "the concept of



*spatial and electronic structure of cyclic molecular systems displaying the effects of cyclic electron delocalization, which provide for their enhanced thermodynamic stability (relative to acyclic structural analogues) and tendency to retain the structural type in the course of chemical transformations. A quantitative assessment of the degree of aromaticity is given by the value of the resonance energy. It may also be evaluated by the energies of relevant isodesmic and homodesmotic reactions"*(Minkin, 1999). It is worth noting that the resonance energy provides the measure of the thermodynamic stabilization coming from the cyclic electron delocalization effects. On the other hand, the relative energies given in Table 1 are based on the total energies of the studied molecules. The total energy of a molecule has all possible structural contribution of the given molecule (including the effects of cyclic delocalization, all kind of strains, etc.). For instance, different isomers **1** – **4** have the different cyclic delocalization stabilization effects, but also, they have different steric strain due to their cyclic structure with different bond angles (Table 2). The comparison of the steric strain in the given series of molecules is another intriguing topic, but this is not the aim of this work. To conclude, the total energies are not suitable to be used as aromaticity measure.

Table 2. Selected bond angles of the studied molecules.

<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
5C-1S-2N	96.06°	5C-4N-3N	122.85°	5C-1S-3N	96.46°	5C-1N-3S	121.54°
1S-2N-3S	112.69°	4N-3N-2S	117.00°	1S-3N-4N	119.36°	1N-3S-4S	92.61°
2N-3S-4N	109.20°	3N-2S-1S	94.75°	3N-4N-2S	119.36°	3S-4S-2N	92.61°
3S-4N-5C	117.46°	2S-1S-5C	94.59°	4N-2S-5C	96.46°	4S-2N-5C	121.54°
4N-5C-1S	106.59°	1S-5C-4N	110.81°	2S-5C-1S	108.46°	2N-5C-1N	111.71°

### Conclusion

The polythiazyl polymer (SN)<sub>x</sub> found application in several diverse fields of chemistry and chemical technology, because these polymers were found to be electric polymeric conductor at room temperature and superconductor at temperatures close to absolute zero. In this work, the aromaticity of Roesky's ketone and its isomers, the compounds with a (SN)<sub>2</sub> unit enclosed in the ring structure, were examined. Current density maps together with MCI indices were found to be suitable for measuring the aromaticity in the studied series. It was demonstrated that one can come to wrong conclusions if the aromaticity is measured only based on the values of NICS index.

It was found, contrary to a "chemical intuition", that the aromatic character of the studied molecules does not follow the trend of the relative stability measured through the BLYP or CASSCF energies. The obtained results can be used as an instructive example how complex is the concept of aromaticity. The total energy of a molecule is influenced by all possible structural details of the given molecule. In order to measure the energetic aspect of aromaticity, one should use the corresponding resonance energy which, by definition, assesses only the energetic effects of cyclic electron delocalization.

### Acknowledgment

This work was supported by the Ministry of education, science and technological development of the Republic of Serbia (Project Nos. 174033 and 172016).

### References

- Cyrański, M. K. (2005). Energetic aspects of cyclic  $\pi$ -electron delocalization: Evaluation of the methods of estimating aromatic stabilization energies, *Chemical Reviews*. 105(10), 3773–3811.
- Van Droogenbroeck, J., Tersago, K., Van Alsenoy, C., Aucott, S. M., Milton, H. L., Woollins, J. D. and Blockhuys, F. (2004). Roesky's Ketone: Structure, Aromaticity and Reactivity, *European Journal of Inorganic Chemistry*. (19), 3798–3805.
- Frisch, M. J.*et al.* (2003) 'Gaussian 03, Revision C.02'.
- Gerratt, J., McNicholas, S. J., Karadakov, P. B., Sironi, M., Raimondi, M. and Cooper, D. L. (1996). The Extraordinary Electronic Structure of N<sub>2</sub>S<sub>2</sub>, *Journal of the American Chemical Society*. 118(27), 6472–6476.
- Giambiagi, M., de Giambiagi, M. S., dos Santos Silva, C. D. and de Figueiredo, A. P. (2000). Multicenter bond indices as a measure of aromaticity, *Physical Chemistry Chemical Physics*. 2(15), 3381–3392.
- Jung, Y., Heine, T., Schleyer, P. v. R. and Head-Gordon, M. (2004). Aromaticity of Four-Membered-Ring 6 $\pi$ -Electron Systems: N<sub>2</sub>S<sub>2</sub> and Li<sub>2</sub>C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>, *Journal of the American Chemical Society*. 126(10), 3132–3138.
- Kasha, M. (1952). Collisional perturbation of spin orbital coupling and the mechanism of fluorescence quenching. A visual demonstration of the perturbation, *The Journal of Chemical Physics*. 20(1), 71–74.
- Keith, T. A. and Bader, R. F. W. (1992). Calculation of magnetic response properties using atoms in molecules, *Chemical Physics Letters*, 194(1–2), 1–8.
- Minkin, I. (1999). Glossary of terms used in theoretical organic chemistry, *Pure and Applied Chemistry*. 1919–1981.
- Reed, A. E., Curtiss, L. A. and Weinhold, F. (1988). Intermolecular interactions from a natural bond orbital, donor-acceptor viewpoint, *Chemical Reviews*, 88(6), 899–926.
- Schleyer, P. von R., Maerker, C., Dransfeld, A., Jiao, H. and Hommes, N. J. R. van E. (1996). Nucleus-Independent Chemical Shifts: A simple and efficient aromaticity probe, *Journal of the American Chemical Society*. 118(26), 6317–6318.
- Walatka Jr., V. V., Labes, M. M. and Perlstein, J. H. (1973). Polysulfur Nitride—a One-Dimensional Chain with a Metallic Ground State, *Physical Review Letters*. 31(18), 1139–1142.

## KARAKTERIZACIJA KVALITATIVNIH PARAMETARA „VISOČKOG SUĐŽUKA“ U CILJU ZAŠTITE NA NACIONALNOM NIVOU

*Amir Ganić<sup>1</sup>, Munevera Begić<sup>1</sup>, Enver Karahmet<sup>1</sup>, Saud Hamidović<sup>1</sup>*

**Izvod:** Provedena istraživanja u ovom radu potvrdila su da jesenzornom analizom „Visočkog suđžuka“ konstatovan vrhunski kvalitet. Rezultati hemijskih analiza su pokazali da je prosječan sadržaj vode u uzorcima odmah nakon sušenja i dimljenja iznosio 35,01%, masti 31,70%, proteina 26,84%, pepela 6,29%, NaCl-a 5,27%, pH je iznosila 5,21 i  $a_w$  0,80. Mikrobiološkom analizom su ustanovljeni negativni nalazi na prisustvo Pravilnikom definisanih mikrokultura.

**Ključne reči:** „Visočki suđžuk“, tradicionalni proizvod, kvalitet, zaštita proizvoda

### Uvod

Suđžuk je proizvod od usitnjenog govedeg mesa, masnog tkiva goveda, kuhinjske soli ili zamjene za kuhinjsku so, šećera, aditiva, začina ili ekstrakata začina I starter kultura. Nadjev za suđžuk puni se u tanka goveđa crijeva ili u druge goveđe prirodne ili vještačke omotače odgovarajućeg promjera. Sadržaj proteina mesa u proizvodu ne smije biti manji od 16%, a relativan sadržaj protein vezivnog tkiva u proteinima mesa (sadržaj kolagena) ne smije biti veći od 20% (*Pravilnik*).

Pored govedeg, istina više u eksperimentalne svrhe, bilo je pokušaja pravljenja suđžuka sa kombinacijama govedeg i ovčijeg mesa (Džinleskiisar. 1994.), samo ovčijeg mesa (Čaušević i Omanović, 2013.), kao i korištenje pilećeg mesa (Ganić i sar. 2008.).

Tradicionalni je proizvod u Turskoj (KayaardıGök, 2004.; Ercoşkunisar. 2010; Kaban, 2013.) i zemljama Bliskog Istoka. Pretpostavlja se da je na prostore Balkana stigao dolaskom Turaka. Na prostorima ex Jugoslavije poznati su suđžuk “Zlatiborac”, “Sjenički suđžuk”, koji je ujedno zaštićen oznakom geografskog porijekla, kao i Bosanski suđžuk.

„Visočki suđžuk“ je tradicionalni mesni proizvod, koji spada u grupu trajnih-fermentisanih kobasica. Proizvodnja ima višestoljetnu tradiciju. Za njegovo spravljanje koristi se goveđe meso, kuhinjska so, bijeli luk i biber. Cilj istraživanja je bio definisati osnovne tehnološke i kvalitativne parametre „Visočkog suđžuka“, u svrhu zaštite ovog tradicionalnog proizvoda na nacionalnom nivou.

### Materijal i metode rada

#### *a) Tehnologija proizvodnje „Visočkog suđžuka“*

Proizvodnja „Visočkog suđžuka“ je karakteristična za zanatsku radinost i potrebe domaćinstva šireg područja općine Visoko (BiH). U tehnologiji proizvodnje, najčešće se koriste mesni obresci sa najkvalitetnijih mesnih partija koje se koriste za spravljanje tradicionalne „Visočke pečenice“. Pored toga, kao sirovina se koristi goveđe meso druge i

<sup>1</sup>Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu, Zmaja od Bosne 8, 71000 Sarajevo ([ganicamir@yahoo.com](mailto:ganicamir@yahoo.com); [a.ganic@ppf.unsa.ba](mailto:a.ganic@ppf.unsa.ba))

treće kategorije. Meso se isiječe na manje komade (cca. 5-7 cm), nasoli odstoji sedam do 10 dana da se izvrši prosoljavanje, na temperaturi do 4 °C). Potom se dodaju bijeli luk (0,3-0,5%) i biber (0,2-0,3 %) i sve skupa se usitnjava. Usinjavanje se vrši na mašini sa dijametrom šajbe od 0,5-0,6 cm. Ukoliko sirovina sadrži manji udio masnog tkiva, proizvođač na osnovu iskustvenih spoznaja, po vlastitoj procjeni vrši dodavanja masnog tkiva. Specifičnost „Visočkog sudžuka“, po čemu se razlikuje od ostalih trajnih kobasica se ogleda u činjenici što se od dodataka koristi samo kuhinjska, a od začina bijeli luk i biber.

Nadjev se poluautomatskom vakum punilicom puni u goveđa crijeva sa dijametrom gotovog proizvoda koji se kreće u rasponu od 25-40 mm (u zavisnosti od jednog do drugog proizvođača). Prave se potkovice koje se vežu kudelnim konopcom, ili se puni u ovtak dužine do jednog metra koji se spiralno uvija na drvene štapove. Nadjeven sirovi sudžuk u ovcima se na nekoliko mjesta izbode iglom kako bi se lakše odstranila suvišna vlaga. Potom se unosi u tradicionalne pušnice za hladno dimljenje sa otvorenim ložištem. Sirovi sudžuk se u pušnici ostavlja minimalno 12,00 sati kako bi se jedan dio vode odstranio, te kako bi se dimljenje i sušenje obavili za kraći period. Za dimljenje se koristi isključivo suho ili prosušeno bukovo drvo sa istočnih ili jugoistočnih šumskih pozicija. Bukovina nesmije biti sa sjeverne strane šume, niti u fazi truljenja. Dimljenje se vrši na laganoj vatri u trajanju od sedam do 10 dana. Po završenom dimljenju, sudžuk se unosi u hladne i zamračene prostorije sa temperaturom (10-15°C), kako bi se obavilo zrenje. Sudžuk koji je nadjeven u spiralu prilikom prodaje siječe se na odgovarajuću veličinu.

Za potrebe istraživanja uzeto je 10 uzoraka „Visočkog sudžuka“ u potkovicama, koji je proizveden od jednog zanatskog proizvođača. Uzorci veličine cca. 450-500 g (potkovice) su uzeti neposredno nakon završenog sušenja i dimljenja, upakovani u papir i prenešeni u laboratorijski frižider sa temperaturnim intervalom 0-4 °C, do analiza.

#### *b) kvalitativna istraživanja*

Senzorno ocjenjivanje sudžuka vršeno je na gotovom proizvodu, korištenjem kvantitativno-deskriptivnog metoda (Baltić i Karabasil, 2011.). Primjenjen je linearni sistem bodovanja za slijedeća senzorna svojstva: spoljašnji izgled (3), boja poprečnog presjeka (3), izgled presjeka (3), konzistencija (4) miris (3) i okus (4 boda). Ocjenjivanje je obavila petočlana stručna komisija. Dijametar je određivan pomičnim mjerilom (0,00 mm).

Sadržaj vode utvrđivan je metodom sušenja (na 105 °C do konstantne mase), protein metodom po Kjeldahl-u, masti metodom po Soxhlet-u, pepela spaljivanjem do 580 °C, NaCl-a metodom po Mohr-u, pH vrijednost ph-metrom (Metler-toledo) i  $a_w$ -metrom (LabSwift –  $a_w$ , Novasina). Mikrobiološke analize su vršene u skladu sa važećim Pravilnikom. Sva istraživanja su izvršena u tri paralelna ponavljanja.

Za statističku obradu dobijenih podataka korištena je deskriptivna statistika, inferencijalna statistika za dokazivanje hipoteze (ANOVA-test). Pored toga, urađen je post hoc test LSD (multipla komparacija), da bismo vidjeli među kojim uzorcima ili grupama je ustanovljena statistički značajna razlika. Testiranje je rađeno na nivou značajnosti  $p \leq 0,05$  (sa 95% pouzdanosti).

### Rezultati istraživanja i diskusija

U Tabeli 1 prikazani su rezultati senzornih ispitivanja na „Visočkom sudžuku“. Na osnovu rezultata i mišljenja stručne komisije, konstatovan je vrhunski senzorni kvalitet uzoraka.

Tabela 1. Senzorni kvalitet „Visočkog sudžuka“  
 Table 1. Sensory of quality of the „Visočki sudžuk“

Parametri <i>Parameters</i>	n	$\bar{x} \pm S \times$
Spoljašnji izgled <i>External appearance</i>	10	2,83±0,14
Boja poprečnog presjeka <i>Color at the intersection</i>	10	2,79±0,21
Izgled presjeka <i>Appearance intersection</i>	10	2,67±0,00
Konzistencija <i>Consistency</i>	10	3,84±0,31
Miris <i>Smell</i>	10	2,91±0,37
Okus <i>Taste</i>	10	3,73±0,29

Obzirom da su ovo prva istraživanja na ovom proizvodu, izvršili smo upoređivanje sa drugim autorima koji su se bavili senzornim ocjenama sudžuka (Sinanović i sar. 2005.; Operta i sar. 2007.; Operta i sar. 2008.; Kurćubić i sar. 2016.).

Tabela 2. Fizičko-hemijske karakteristike „Visočkog sudžuka“  
 Table 2. Physical-chemical characteristics of the „Visočki sudžuk“

Parametri <i>Parameters</i>	n	$\bar{x} \pm S \times$
Sadržaj vode (%) <i>Moisture content (%)</i>	10	35,01±0,52
Sadržaj masti (%) <i>Fat content (%)</i>	10	31,59±0,31
Sadržaj proteina (%) <i>Protein content (%)</i>	10	26,76±0,51
Sadržaj pepela (%) <i>Ash content (%)</i>	10	6,29±0,12
Sadržaj NaCl-a (%) <i>NaCl content (%)</i>	10	5,27±0,14
pH <i>pH</i>	10	5,21±0,02
$a_w$ $a_w$	10	0,80±0,01
Dijametar (cm) <i>Diameter (cm)</i>	10	3,15±0,03

Prosječan sadržaj vode (Tab. 2) u uzorcima „Visočkog sudžuka“ iznosio je 35,01%. Približne vrijednosti za sudžuk proizveden u domaćinstvu (38,74%) navodi Kurćubić i sar. (2016.), Operta i sar. (2012a.) za sudžuk proizveden u kontrolisanim uslovima.

Nivo proteina u „Visočkom sudžuku“ iznosio je 26,76%, što je u saglasnosti sa rezultatima istraživanja Operta i sar. (2008.) na bosanskom sudžuku porijeklom iz domaćinstva (27,67%) i Operta i sar. (2007) u uzorcima istog sudžuka proizvedenog u industrijskim uslovima (25,18%). Uprosijeku je u uzorcima „Visočkog sudžuka“ nađeno 31,59 % masti. Nešto niže vrijednosti (27,35%) u svojim istraživanjima navode Čaušević i sar. (1985.). S druge strane, Gajić (2000.) je u uzorcima sudžuka ustanovila sadržaj masti u prosjeku 36,64 %. S druge strane, Operta i sar. (2008.) navode da je u uzorcima bosanskog sudžuka sadržaj masti imao zantno niže vrijednosti (22,14%). Dobijeni rezultati prisustva sadržaja ukupnog pepela (6,29%), NaCl-a (5,21%) u „Visočkom sudžuku“ odgovaraju rezultatima istraživanjado kojih su došli Kurćubić i sar. (2016.), Čaušević i sar. (1985.), Gajić (2000.), Operta i sar. (2012b.). Prosječne vrijednosti pH (5,21) i  $a_w$  (0,80) za „Visočki sudžuk“ približne su rezultatima do kojih su došli Operta i sar. (2012b), Kurćubić i sar. (2016.), odnosno nešto niži u usporedbi sa rezultatima Gasparik-Reichardta i sar. (2005.) i Kozačinski i sar. (2008.).

Mikrobiološki kvalitet uzoraka „Visočkog sudžuka“ je zadovoljavajući (Tab. 3). Rezultati mikrobioloških pretraga uzoraka su bili negativni na prisustvo Salmonela, Koagulaza pozitivnih stafilokoka, Sulfitoredukujućih klostridija, Proteus vrsta i *E.coli*. Analizirajući istraživanja drugih autora koji su također ispitivali mikrobiološki kvalitet sudžuka (Operta i sar. 2007.; Operta i sar. 2008.; Čaušević i Omanović 2013.), uočljivo je da rezultati nemaju značajnija odstupanja.

Tabela 3. Mikrobiološka analiza „Visočkog sudžuka“  
Table 3. Microbiological analysis of the „Visočki sudžuk“

Uzorci Samples	Salmonella vrste <i>Salmonella spp.</i>	Koagulaza pozitivne stafilokoke/ <i>Coagulasa positive staphylococci</i>	Sulfitoredukujuće klostridije <i>Sulfite reduced clostridia</i>	Proteus vrste <i>Proteus type</i>	<i>E.coli</i> <i>E.coli</i>	Koliformne bakterije <i>Coliform bacteria</i>	Lipolitičke bakterije <i>Lipolytic bacteria</i>
1.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	$0,8 \times 10^3$
2.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	$1,4 \times 10^3$
3.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	$1,2 \times 10^3$
4.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	$2,4 \times 10^3$
5.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	$0,9 \times 10^3$
6.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	$2,8 \times 10^3$
7.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	$1,9 \times 10^3$
8.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	$3,1 \times 10^3$
9.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	$2,6 \times 10^3$
10.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	$1,3 \times 10^3$

### **Zaključak**

Na osnovu provedenih istraživanja može se zaključiti da je senzorni kvalitet „Visočkog sudžuka“ na vrlo visokom nivou. Rezultati hemijskih analiza pokazuju da bi sadržaj masti i vode trebalo smanjiti. Mikrobiološki kvalitet je besprijekoran. S toga, uz određene korekcije u tehnološkom postupku proizvodnje, „Visočki sudžuk“ može s pravom da se zaštiti na nacionalnom nivou oznakom geografskog porijekla, i kao takav da bude zaštitni brend Visočke regije.

### **Napomena**

Istraživanja u ovom radu dio su završnih radova na dodiplomskom studijskom programu Prehrambene tehnologije Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta Univerziteta u Sarajevu.

### **Literatura**

- Čaušević Z., Milanović A., Glogovac A., Lelek M. (1985). Prilog poznavanju proizvodnje sudžuka. Radovi poljoprivrednog fakulteta u Sarajevu XXXIII, 37, 115-121.
- Čaušević A., Omanović H. (2013). Karakteristike sudžuka proizvedenog od mesa ovaca različite starosne dobi. Radovi Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, 63(2), 163-179.
- Džinleski B., Sokolov N., Kocarev P., Kocovski D. (1994). Makedonska suva kobasica. Tehnologija mesa, 6, 252-254.
- Ercoskun H., Tağış., Ertuş A.H. (2010). The effect of different fermentation intervals on the quality characteristics of heat-treated and traditional sucuks. Meat Science, 85(1), 174-181.
- Gajić B. (2000). Kontaminiranost suhomesnatih proizvoda supstancama štetnim po zdravlje ljudi. Magistarski rad, Poljoprivredni fakultet Sarajevo.
- Ganić A., Smajić A., Omanović H., Operta Sabina (2008). Kvalitet čajne kobasice od pilećeg mesa proizvedene u domaćinstvu. Radovi Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta Univerziteta u Sarajevu 59(1), 191-197.
- Gasparik-Reichardt J., TóthSz., CocolinL., Comi G., Drosinos E., Cvrtila Ž., Kozačinski L., Smajlović A., Saičić S., BorovićB. (2005). Technological, physicochemical and microbiological characteristics of traditionally fermented sausages in Mediterranean and central European country. Tehnologija mesa, 46(3-4), 143-153.
- Kaban G. (2013). Sucuk and pastırma: Microbiological changes and formation of volatile compounds. Meat Science, 95(4), 912-918.
- Kayaardı S., GökV. (2004). Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk). Meat Science, 66(1), 249-257.
- KozačinskiL., Drosinos E., Čaklović F., Cocolin L., Gasparik-Reichardt J., Vesković S. (2008). Investigation of Microbial Association of Traditionally Fermented Sausages. Food Technology and Biotechnology, 46(1), 93-106.
- Kurčić V., Mašković P., Lilić S. (2016). Senzorni i hemijski kvalitet sudžuka proizveden različitim tehnološkim postupcima. Zbornik radova XXI savjetovanje o biotehnologiji, 21(24), 679-684.

- Milan Ž. Baltić, Nedeljko Karabasil: Kontrola namirnica animalnog porekla. Veterinarska komora Srbije, Beograd, 2011. ISBN: 978-86-82301-83-7
- SRPS ISO 6658:2013 Senzorske analize - Metodologija – Opšte uputstvo, Institut za standardizaciju Srbije, Beograd.
- Operta Sabina, Smajić A., Ganić A. (2007). Kvalitet bosanskog sudžuka proizvedenog u industrijskim uslovima. Radovi Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta, Univerziteta u Sarajevu, God. LII, broj 58(1), 239-247.
- Operta Sabina, Smajić A., Ganić A., Karahmet E. (2008). Tehnologija i kvalitet bosanskog sudžuka porijeklom iz domaćinstva. Radovi Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, LIII, broj 59(1), 199-207.
- Operta S., Dževdetbegović M., Čorbo S., Tahmaz J., Šehović A. (2012a). Utjecaj sirovine na fizikalno-kemijska i senzorna svojstva bosanskog sudžuka proizvedenog u kontroliranim uvjetima. Meso, XIV(6), 472-479.
- Operta S., Dževdetbegović M., Čorbo S., Tahmaz J., Šehović A. (2012). Fizičko hemijska i senzorna svojstva bosanskog sudžuka proizvedenog u kontrolisanim uslovima od svežeg ohlađenog i zamrznutog goveđeg mesa. Tehnologija mesa, 53(2), 148-156.
- Pravilnik o usitnjenom mesu, poluproizvodima i proizvodima od mesa (Službeni glasnik BiH, 82/13).
- Pravilnik o mikrobiološkim kriterijima zahanu (Službeni glasnik BiH 11/13).
- Sinanović N., Smajić A., Ganić A. (2005). Senzorna ocjena kvaliteta suhomesnatih proizvoda na tržištu Sarajevskog Kantona. Radovi Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Sarajevu, God. L(55), 177-187.
- <https://www.agrarije.com/hrana/proizvodi-sa-oznakom-geografskog-porekla/sjenicki-sudzuk/>

## CHARACTERIZATION OF QUALITATIVE PARAMETERS OF "VIŠOČKI SUĐŽUK" IN THE PROTECTION OF THE NATIONAL LEVEL

*Amir Ganić<sup>1</sup>, Munevera Begić<sup>1</sup>, Enver Karahmet<sup>1</sup>, Saud Hamidović<sup>1</sup>*

### Abstract

The research carried out in this paper confirmed that the sensory analysis of "Višočki sudžuk" high quality. The results of the chemical analyzes showed that the average water content in the samples immediately after drying and smoke was 35,01%, fats 31,70%, protein 26.84%, ash 6.29%, NaCl 5.27%, pH was 5.21 and  $a_w$  0,80. The results of the microbiological analysis were in accordance with the applicable regulations.

**Key words:** "Višočki sudžuk", tradicional product, quality, product protection

<sup>1</sup>Faculty of Agriculture and Food Science, University of Sarajevo, Zmaja od Bosne 8, 71000 Sarajevo, Bosnia and Hercegovina ([ganicamir@yahoo.com](mailto:ganicamir@yahoo.com); [a.ganic@ppf.unsa.ba](mailto:a.ganic@ppf.unsa.ba))



## MIKROFLORA SVIJEŽEG KRAVLJEG SIRA TRADICIONALNO PROIZVEDENOG NA PODRUČJU TUZLANSKOG KANTONA

Darja Husejnagić<sup>1</sup>, Snježana Hodžić<sup>1</sup>, Aldijana Avdić<sup>1</sup>, Suad Širanović<sup>1</sup>,  
Vildana Hadžić<sup>2</sup>

**Izvod:** Ciljevi ovog istraživanja bili su utvrditi mikrobiološku ispravnost i karakterističnu mikrofloru sviježeg kravljeg sira proizvedenog u domaćinstvima na području Tuzlanskog kantona, te identificirati bakterije mliječne kiseline (BMK) koje imaju esencijalnu ulogu tokom proizvodnje ovih fermentisanih namirnica. Svježi kravljji sir predstavlja jednu od najznačajnijih, a ujedino i najbrojniju porodicu fermentiranih mliječnih proizvoda. Veliki dio ovih namirnica se još uvijek proizvodi na tradicionalan način, u malim količinama u domaćinstvima, a proizvodi su najčešće namijenjeni lokalnim potrošačima. Međutim ovakav način proizvodnje često za posljedicu ima lošu higijensku ispravnost ovih namirnica. Istraživanje je pokazalo da od ukupno 50 uzoraka ispitanih na higijensku ispravnost, čak 39 je bilo mikrobiološki neispravno, i to uglavnom zbog prisustva *Escherichia coli* fekalnog porijekla. Metode identifikacije BMK, pokazale su da mikrofloru sviježeg kravljeg sira čine vrste *Lactobacillus plantarum 1*, *Lactobacillus plantarum 2*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus paracasei 3*, *Lactobacillus fermentum 1*, *Lactobacillus brevis 1* i *Lactococcus lactis ssp lactis 1*, koje svojom metaboličkom aktivnošću utiču na proces zrenja sireva, dovodeći do stvaranja željenih senzornih osobina proizvoda.

**Ključne riječi:** bakterije mliječne kiseline (BMK), svježi kravljji sir, mikroflora

### Uvod

Pored razvijene industrijske proizvodnje u Tuzlanskom kantonu još uvijek je značajno zastupljena autohtona proizvodnja mladih sireva. Svježi sir je po svom biohemijском sastavu visokovrijedna namirnica. Vrlo je bogat visokokvalitetnim proteinima i sadrži sve esencijalne aminokiseline u količinama proporcionalnim tjelesnim potrebama (Steinkraus,1998.). Svježi kravljji sir se može proizvoditi zgrušavanjem pasteriziranog mlijeka sa određenim udjelom mliječne masti ili zgrušavanjem obranog mlijeka. Ne podvrgava se zrenju, već se stavlja u promet u svježem stanju (Taborščak,1978.).

Budući da ovakvi proizvodi ne prolaze procese pasterizacije, koji se primjenjuju u industrijskoj proizvodnji, higijenska ispravnost ovh namirnica je često upitna. Mladi kravljji sir ima karakterističnu mikrofloru koju uglavnom čine bakterije mliječne kiseline koje imaju esencijalnu ulogu tokom proizvodnje fermentisanih namirnica. Svojom metaboličkom aktivnošću utiču na proces zrenja sireva, dovodeći do stvaranja željenih senzornih osobina proizvoda, ali istovremeno produkcijom kiselina i drugih produkata metabolizma, ove bakterije inhibiraju i rast različitih sojeva neželjenih mikroorganizama (Tratnik,1998.).

Bakterije mliječne kiseline posjeduju svojstvo da izlučuju u okolnu sredinu razne produkte metabolizma kao što su organske kiseline, vodik-peroksid, ugljik-dioksid,

diacetil, ruterin i bakteriocine. Antimikrobno djelovanje organskih kiselina kao što je mliječna, octena i propionska dobro je poznato. Kiseline djeluju na staničnu membranu bakterija, mijenjaju potencijal membrane i inhibiraju aktivni transport (Stiles i Holzapfel, 1997.). Bakterije mliječne kiseline imaju sposobnost da sintetiziraju i karakteristične proteine-bakteriocine, koji djeluju inhibitorno na neke mikroorganizme koji izazivaju kvar namirnica, ali i na neke druge patogene mikroorganizme (De Vuyst i sar., 1994.).

Ciljevi ovog istraživanja bili su ispitati mikrobiološku ispravnosti i karakterističnu mikrofloru svježeg kravljeg sira proizvedenog u domaćinstvima na području Tuzlanskog kantona, a zatim izvršiti izolaciju i mliječno kiselinskih bakterija iz svježeg kravljeg sira i identificirati ih do nivoa vrste.

### Materijal i metode

Mikrobiološka analiza sprovedena je na 50 uzoraka svježeg kravljeg sira. Uzorci svježeg kravljeg sira proizvedeni su u domaćinstvima na području Tuzlanskog kantona uključujući općine Tuzla, Živinice, i Kalesija, sa okolnim naseljima. Uzorci su transportovani u laboratoriju u priručnim hladnjacima sa ledom, a u laboratoriju su čuvani u frižideru na temperaturi od 4 °C, a potom su analizirani (u roku od 6 sati od momenta uzorkovanja).

Mikrobiološka ispravnost namirnica ispitivana je u skladu sa propisima Pravilnika o mikrobiološkim kriterijumima za hranu (Službeni glasnik BiH 11/13), a za ispitivanje preporučenih parametara korištene su slijedeće metode:

1. Za utvrđivanje prisustva *Salmonella* vrsta: BAS EN ISO 6579:2005
2. Za utvrđivanje prisustva *Escherichia coli* vrste fekalnog porijekla: BAS EN ISO 16649-2:2008
3. Za utvrđivanje prisustva koagulaza pozitivnih stafilokoka: BAS EN ISO 6888-1:2005
4. Za utvrđivanje prisustva ukupnog broja mikroorganizama: BAS EN ISO 4833-1:2014

Za izolaciju i identifikaciju bakterija mliječne kiseline do nivoa vrste iz namirnica (svježeg kravljeg sira) vršena je prema opisanoj metodi (Lengkey, HAW, 2009). Iz osnovnog razrjeđenja (20g namirnice/180 mL fizioliške otopine) su napravljena decimalna razrjeđenja koja su zasijavana na De Man, Rogosa, Sharpe (MRS) agar. Zasijane podloge su inkubirane na 37 °C 48-72h u u anaerobnim uslovima. Porasle okrugle mliječno bijele kolonije su testirane na produkciju enzima katalaze. Sa kolonija poraslih na MRS agaru napravljeni su mikrokopski preparati i obojeni metodom po Gramu, a identifikacija mliječno kiselinskih bakterija do nivoa vrste izvedena je pomoću API CHL 50 testova (bioMerieux, API).

### Rezultati i diskusija

Rezultati mikrobiološke analize svježeg kravljeg sira proizvedenog i uzorkovanog na području Tuzlanskog kantona, prikazani su Tabeli 1.

Tabela 1: Rezultati mikrobiološke analize svježeg kravljjeg sira uzorkovanog sa područja Tuzlanskog kantona  
 Table 1: Results of microbiological analysis of fresh cow's cheese collected from the Tuzla Canton area

Lokalitet uzorkovanja <i>Sampling area</i>	Broj uzoraka <i>Number of samples</i>	Mikrobiološki parametri <i>Microbiological parameters</i>			
		E.coli <i>E.coli</i>	Salmonella sp. <i>Salmonella sp.</i>	S. aureus <i>S.aureus</i>	Ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija <i>Total number of aerobic mesophylic bacteria</i>
		m=10 M=10 <sup>2</sup>	n.n 25g	m=10 M=10 <sup>2</sup>	m=10 <sup>4</sup> M=10 <sup>5</sup>
Živinice	6	2x10 <sup>3</sup>	0	0	3x10 <sup>5</sup>
Šerići	2	3x10 <sup>3</sup>	0	0	3x10 <sup>5</sup>
Šerići	1	0	0	0	5x10 <sup>3</sup>
Bašigovci	3	4x10 <sup>2</sup>	0	0	2x10 <sup>3</sup>
Tupkovići	3	3x10 <sup>2</sup>	0	0	5x10 <sup>3</sup>
Tupkovići	1	0	0	0	5x10 <sup>2</sup>
Toplice	2	0	0	0	5x10 <sup>3</sup>
Toplice	5	3x10 <sup>2</sup>	0	0	3x10 <sup>5</sup>
Kikači	4	4x10 <sup>2</sup>	0	0	4x10 <sup>3</sup>
Kikači	1	2x10 <sup>2</sup>	izolovano	0	5x10 <sup>4</sup>
Kikači	1	3x10 <sup>2</sup>	0	2x10 <sup>2</sup>	5x10 <sup>4</sup>
Kikači	1	0	0	0	3x10 <sup>3</sup>
Vukovije	2	3x10 <sup>2</sup>	0	0	5x10 <sup>4</sup>
Vukovije	2	0	0	0	1x10 <sup>2</sup>
Gornja Tuzla	5	5x10 <sup>2</sup>	0	0	2x10 <sup>3</sup>
Gornja Tuzla	1	0	0	0	1x10 <sup>2</sup>
Donje Dubrave	3	3x10 <sup>2</sup>	0	0	1x10
Donje Dubrave	1	0	0	0	1x10 <sup>2</sup>
Lukavac	1	1x10 <sup>2</sup>	0	0	1x10 <sup>4</sup>
Poljice	1	4x10 <sup>3</sup>	0	0	3x10 <sup>5</sup>
Gornji Rainci	1	5x10 <sup>2</sup>	0	0	5x10 <sup>3</sup>
Pasci	1	0	0	0	5x10 <sup>3</sup>
Međaš	2	3x10 <sup>2</sup>	0	0	5x10 <sup>3</sup>

\*m - granična vrijednost - rezultati se smatraju zadovoljavajućim ako su dobivene vrijednosti manje ili jednake vrijednosti m

M - gornja granična vrijednost iznad koje se rezultati smatraju nezadovoljavajućim

n.n. – odsutnost mikroorganizama u uzorku

Svježi kravljji sir proizveden u domaćinstvima na području Tuzlanskog kantona dobija se tradicionalnim postupkom, bez provođenja procesa pasterizacije i bez dodavanja starter kultura, tako da se proces fermentacije odigrava pod uticajem bakterija mliječne kiseline koje su prirodno prisutne u mlijeku. Upravo zbog takvog načina proizvodnje, mikrobiološka slika analiziranih uzoraka ukazuje na lošu higijensku ispravnost ovih namirnica. Od ukupno pedeset analiziranih uzoraka, čak 39 bilo je

mikrobiološki neispravno, i to uglavnom zbog prisustva *Escherichie coli* fekalnog porijekla. U uzorcima pronađene su takođe i koagulaza pozitivne *Staphylococcus* vrste, te *Salmonella* vrste.

Prisustvo *Escherichie coli* fekalnog porijekla u uzorcima svježeg kravljeg sira ukazuju na loše higijenske uvjete prilikom proizvodnje sira. Jedan od glavnih uzroka kontaminacije sira sa ovim bakterijama je nedovoljno čisto posuđe koje se koristi za proizvodnju, kao i loši higijenski uvjeti prilikom manipulacije i skladištenja sira. Fekalna kontaminacija takođe može poticati od nečistih životinja, te zbog ne primjenjivanja postupaka dezinfekcije vimena ili ruku osoba koje vrše mužu (Markov i sar., 2011.). Prisustvo koagulaza pozitivnih stafilokoknih vrsta najčešće je posljedica korištenja sirovog mlijeka za proizvodnju svježeg sira od muznih životinja kod kojih je došlo do infekcije vimena, budući da je *Staphylococcus aureus* u 90% slučajeva uzročnik pojave subkliničkog i kliničkog mastitisa. Izvor *Staphylococcus aureus* u namirnicama može biti i čovjek kliconoša, koji kapljičnim putem ili kontaminiranim rukama prenosi bakteriju dalje (Kožačinski i sar., 2003). Prirodno stanište *Salmonella* vrste je probavni trakt životinja, te se njihovo prisustvo u ovim namirnicama povezuje sa neadekvatnim i nehigijenskim načinom mužnje životinja čije se mlijeko koristi za dobijanje svježeg sira, kao i sa nehigijenskim uslovima u kojima se vrši proizvodnja i čuvanje sira (Markov i sar., 2009).

Iz uzoraka svježeg kravljeg sira izolovane su bakterije mliječne kiseline. Porasle kolonije na selektivnoj podlozi MRS agar pokazivale su karakterističan makroskopski aspekt - bijele, okrugle, sitne ili srednje krupne kolonije, katalaza negativne, a mikroskopski preparat pokazivao je Gram pozitivne koke ili štapičaste bakterije. Pomoću standardizovanih API testova, izolovane bakterije su identificirane do nivoa vrste. Dobijeni rezultati pokazuju da je rod *Lactobacillus* dominantan u ispitanim uzorcima (85%), a samo u manjem broju uzoraka pronađene su vrste iz roda *Lactococcus* (15%). Postupcima identifikacije utvrđeno je da mikrofloru svježeg sira sa područja Tuzlanskog kantona čine slijedeće vrste: *Lactobacillus plantarum 1*, *Lactobacillus plantarum 2*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus paracasei 3*, *Lactobacillus fermentum 1*, *Lactobacillus brevis 1*, *Lactococcus lactis ssp lactis 1*. Najveću zastupljenost među izolovanim vrstama imao je *Lactobacillus plantarum 1*, te *Lactobacillus plantarum 2*.

Sastav mikroflora je specifičan za svaku vrstu sira. Budući da mikroorganizmi u proizvodnji sira imaju višestruku ulogu, željena svojstva u siru ovise o mikrobnjoj kulturi koja izaziva zrenje sira. Najvažniji zadatak mikrobne kulture je proizvodnja mliječne kiseline, koja utiče na ukus sirnog gruša, što je od naročitog značaja kod proizvodnje svježeg sira. Za proizvodnju mliječne kiseline najvećim djelom su odgovorne homofermentivne bakterije mliječne kiseline roda *Lactobacillus*, koje proizvode više mliječne kiseline od bakterija iz roda *Lactococcus* (Gregurek i sar., 1997.). Pored mliječne kiseline ove bakterije u okolnu sredinu izlučuju i neke druge produkte svog metabolizma kao što su vodik-peroksid, ugljik-dioksid, diacetil i ruterin. Ove supstance pored toga što značajno utiču na stvaranje senzornih osobina svježeg kravljeg sira, takođe posjeduju i antimikrobni efekat. Najveću antimikrobnu aktivnost imaju organske kiseline (mliječna, sirćetna i druge) koje svojom niskom pH vrijednošću inhibitorno djeluju na rast patogenih organizama.

Za identifikovane bakterijske vrste je takođe je karakteristično da posjeduju sposobnost produkcije supstanci proteinske prirode kao što su bakteriocini. To su ribozomalno sintetisani proteini, koji imaju veoma značajno antimikrobno svojstvo. Produkcijom bakteriocina, bakterije mliječne kiseline na selektivan, kompetitivan način djeluju na okolnu mikrofloru koja može da sadrži bakterije koje izazivaju kvar namirnica ili patogene mikroorganizme (Rajaram i sar., 2010).

### Zaključak

Mikrobiološka neispravnost velikog broja uzoraka svježeg kravljeg sira, proizvedenog i sakupljenog na području Tuzlanskog kantona, najvećim dijelom potiče od nezadovoljavajućih higijenskih uvjeta u kojima se vrši proizvodnja i skladištenje ovih namirnica, a na šta ukazuju prisutne bakterijske vrste (*Escherihia coli*, *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus*) identificirane analizom ovih namirnica. Od bakterija mliječne kiseline identificirane su vrste *Lactobacillus plantarum 1*, *Lactobacillus plantarum 2*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus paracasei 3*, *Lactobacillus fermentum 1*, *Lactobacillus brevis 1*, *Lactococcus lactis ssp lactis 1*. Determinisane vrste velikim dijelom doprinose u stvaranju senzorskih osobina svježeg kravljeg sira, a pored toga poznato je da ove vrste imaju sposobnost i produkcije specifičnih proteina - bakteriocina koje imaju bakteriocidno ili bakteriostatsko dejstvo na veliki broj patogenih bakterija. Iz tog razloga predstavljaju veoma interesantan potencijal za aplikaciju u industriji hrane, kao prirodni bioprezervativi.

### Literatura

- De Vuyst L., Vandame E.J. (1994). Antimicrobial potential of Lactic Acid Bacteria in Bacteriocines of Lactic Acid Bacteria: Microbiology, genetics and Application, 91-142. London, Blackie Academic and Profesional.
- Gregurek Lj., Borović A. (1997). Mljekarske kulture mikroorganizama u proizvodnji fermentiranih mlijeka. Mljekarstvo, 47(2), 103-113.
- Kozačinski L., Cvrtila Ž., Hadžiosmanović M., Majnarić D., Kukuruzović B. (2003). Mikrobiološka ispravnost mlijeka i mliječnih proizvoda. Mljekarstvo 53(1), 17-22.
- Lengkey H.A.W., Balia R.L., Togoe I., Tasbac B.A., Ludong M. (2009). Isolation and identificaton of Lactic acid bacteria isolated from raw poutery meat. Biotechnology in Animal Husbandry, 25, 1071-1077.
- Markov K., Frece J., Čvek D., Delaš F. (2009). *Listeria monocytogenes* i drugi kontaminanti u svježem siru i vrhnju domaće proizvodnje sa područja grada Zagreba. Mljekarstvo 59(3), 225-231.
- Markov K., Perši N., Pleadin J., Čvek D., Radošević V., Delaš F. i ostali (2011). Karakterizacija prirodne mikroflore i kemijski parametri u svježem domaćem siru. Veterinarska stanica 42(3), 211-218.
- Rajaram G., Manivasagan P., Thilagavathi B. (2010). Purification and Characterization of a Bacteriocin Produced by *Lactobacillus lactis* isolated from marine enviroment. Advanced Journal of Food Science and Technology, 2(2),138-144.

- Steinkraus K.H. (1998). Microbiology of fermented foods, 603-619. London, Blackie Academic and Profesional.
- Stiles M.E., Holzapfel W.H. (1997). Lactic acid bacteria of food and their current taxonomy. International Journal of Food Microbiology, 36(1), 1-29.
- Taborščak N. (1978). Mogućnosti proizvodnje domaćeg svježeg sira na industrijski način. Mljekarstvo, 28, 212-218.
- Tratnik Lj. (1998). Mlijeko. Tehnologija, biohemija i mikrobiologija, 217-238. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.

## MICROFLORA OF FRESH COW'S CHEES TRADICIONALY MADE IN TUZLA CANTON AREA

Darja Husejnagić<sup>1</sup>, Snježana Hodžić<sup>1</sup>, Aldijana Avdić<sup>1</sup>, Suad Širanović<sup>1</sup>,  
Vildana Hadžić<sup>2</sup>

### Abstract

The aim of this study was to determine the microbiological quality and specific microflora of fresh cow's cheese produced in households in the Tuzla Canton area and to identify lactal acid bacteria (LAB) that play an essential role in the production of these fermented foods. Fresh cow's cheese is one of the most important fermented dairy product. A great number of these foods are still produced in a traditional way, in small quantities in households, and products are mostly intended for local consumers. However, this kind of production often results in poor hygiene quality of these foods. The study showed that out of a total of 50 samples tested, even 39 were microbiologically not acceptable, mainly due to the presence of *Escherichia coli* faecal origin. The methods of identification of LAB showed that the microflora of the fresh cow's cheese is consisted from of *Lactobacillus plantarum* 1, *Lactobacillus plantarum* 2, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus paracasei* 3, *Lactobacillus fermentum* 1, *Lactobacillus brevis* 1 and *Lactococcus lactis ssp lactis* 1, which have a metabolic activity affecting the ripening process of cheese, leading to the creation of desired sensory properties of the product.

**Key words:** lactic acid bacteria (LAB), fresh cow's cheese, microflora

## MIKROBIOLOŠKI KVALITET MESNIH PRERAĐEVINA I ANALIZA RADNIH POVRŠINA

*Enver Karahmet<sup>1</sup>, Saud Hamidović<sup>1</sup>, Amir Ganić<sup>1</sup>, Senita Salkić<sup>1</sup>,  
Almir Toroman<sup>1</sup>, Munevera Begić<sup>1</sup>*

**Izvod:** Mikrobiološka bezbjednost i kvalitet mesnih prerađevina su veoma značajni za proizvođače i potrošače, s obzirom na potencijalnu opasnost od njihove mikrobiološke kontaminacije. Brisevi su uzimani sa ruku radnika, dasaka za sječenje i noževa u januaru i februaru 2016. godine na pijaci Vogošća-Sarajevo. Uzorci pršute, stelje i sudžuka su uzeti iz istih objekata i u isto vrijeme kad i brisevi iz tih objekata. U ovim mesnim prerađevinama, određeno je prisustvo aerobnih mezofilnih bakterija, kvasaca, gljiva, *E. coli*, *Salmonella* spp. i klostridija. Veći stepen kontaminacije radnih površina zabilježen je u januarskom uzorkovanju. Ruke radnika su bile veoma kontaminirane svim ispitivanim bakterijama, dok su noževi za sječenje bili najmanje kontaminirani. I mesne prerađevine su bile više kontaminirane u januaru 2016. godine. Aerobne mezofilne bakterije su bile najzastupljenije u sudžuku, *E. coli*, kvasci i gljive u stelji, a *Salmonella* spp. i klostridije nisu detektovane ni u jednom uzorku, pa se može zaključiti da je sigurnost mesnih prerađevina dobra.

**Ključne reči:** mikrobiološki kvalitet, radne površine, mesne prerađevine, mikroorganizmi

### Uvod

Meso je jedan od najznačajnijih prehrambenih proizvoda u ishrani savremenog čovjeka (Korać, 2016.) jer predstavlja izvor vitamina, mineralnih materija i gvožđa (Stojanovski i sar., 2011.). Postoji veliki broj mesnih prerađevina, među kojima tradicionalni imaju značajno mesto, a čije karakteristike i kvalitet najčešće zavise od općih karakteristika podneblja, koje su veoma često specifične za region u kojem se obavlja njihova proizvodnja (Korać, 2016.).

Osim nutritivne vrijednosti mesnih prerađevina, pri njihovoj proizvodnji je bitna i zdravstvena bezbjednost, koja može biti narušena tokom bilo koje faze proizvodnje, pakovanja, transporta itd. Zbog toga se moraju poštovati principi dobre higijenske prakse od momenta rađanja životinje do odlaska u klanicu i vršiti kontrola kritičnih tačaka, što je značajno i za same proizvođače ali i potrošače (Varnam i Sutherland, 1995.).

Mesne prerađevine mogu biti kontaminirane različitim patogenim mikroorganizmima. Pravilnici i regulative o njihovoj dozvoljenoj brojnosti u finalnim proizvodima se razlikuju u zavisnosti od država, tipa proizvoda, vrste patogena itd. Tako brojnost bakterije *Escherichia coli* u mesnim prerađevinama ne bi trebalo da bude veća od  $10^4$  CFU/g (ICMSF, 2011.; IFST, 1997.). U svježem mesu se mogu naći i

<sup>1</sup>Univerzitet u Sarajevu, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet, BiH (enverkarahmet@yahoo.com);

predstavnici porodice *Enterobacteriaceae* (Ahmad i sar., 2013.), dok se kvasci i plijesni znatno manje razvijaju u svježem mesu (Doyle, 2007.). Svježe meso može da sadrži mnoge patogene kao što su *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni*, *Staphylococcus aureus* i *Listeria monocytogenes*, koje mogu učiniti meso neprikladnim za ishranu ljudi (Norrung i sar., 2009.). Ovi podaci ukazuju da patogeni mikroorganizmi mogu da dospiju u mesne prerađevine preko mesa i aditiva koji se dodaju prerađevinama, ali i preko kontaminiranih radnih površina (Lues i sar., 2007.). Zbog toga je neophodno da sva oprema za obradu mesa bude napravljena od materijala sa kojih se lako uklanjaju nečistoće (Lelieveld i sar., 2003.). Bez adekvatne kontrole higijene, sve radne površine u mesarama se mogu smatrati potencijalnim izvorom kontaminacije (Gill i sar., 1998.).

### Materijal i metode rada

U ovim istraživanjima obavljene su mikrobiološke analize briseva sa ruku radnika, radne odjeće, daske za sječenje mesa i mesnih prerađevina i noževa za sječenje iz tri objekta (prodavnica, mesara i pijaca) na području općine Vogošća - Sarajevo. Uzorkovanje briseva je obavljeno u januaru i februaru 2016. godine. Mikrobiološke analize briseva obuhvatale su ispitivanje aerobnih mezofilnih bakterija (AMB) na podlozi PCA (Biolife), enterobakterija na podlozi VRB (Biolife) i *Pseudomonas* sp. na Cetrimide agaru. Pri uzorkovanju, uzeto je po dva uzorka pršute, sudžuka i stelje iz svakog objekta, i to prema Pravilniku o metodama vršenja mikrobioloških analiza i superanaliza životnih namirnica ("Sl. list RBiH", br. 80/11). Aerobne mezofilne bakterije (AMB) su ispitane na isti način kao i kod radnih površina, dok je broj kvasaca i plijesni određen na podlozi Sabouraud agar (Biolife), *Escherichia coli* i *Salmonella* spp. na podlozi XLD agar (Biolife) i sulfitredukujuće klostridije na podlozi sulfadni agar (Biolife). Poslije inkubacije, broj mikroorganizama izražen je kao jedinica formiranih kolonija (CFU) po gramu. Dobijeni rezultati upoređeni su sa graničnim vrijednostima Pravilnika o mikrobiološkim kriterijima za hranu („Službeni glasnik BiH“, broj 11/13).

### Rezultati istraživanja i diskusija

Brojnost ispitivanih grupa mikroorganizama u prodavnici bila je najveća na rukama radnika u oba mjeseca uzorkovanja. Brojnost mikroorganizama u brisevima sa radne odjeće bila je manja u odnosu na briseve daske za sječenje u oba mjeseca istraživanja. Najmanji broj bakterija detektovan je u brisevima sa noževa. U najvećem broju uzoraka briseva brojnosti ispitivanih grupa mikroorganizama opada u drugom februarskom uzorkovanju (Tab. 1). U mesari je najveći broj AMB u mjesecu januaru konstatovan u brisevima daske za sječenje (2,9 CFU/mL), dok je najmanji broj u brisevima sa noža (0,6 CFU/mL). Enterobakterije su detektovane samo u brisevima sa ruku radnika i radne odjeće u oba mjeseca istraživanja. I u brisevima sa radnih površina na pijaci, najveći broj AMB u mjesecu januaru konstatovan je u brisevima daske za sječenje (5,8 CFU/mL), a najmanji u brisevima sa noža (1,4 CFU/mL). U mjesecu februaru, broj bakterija u brisevima sa noža je veći (1,9 CFU/mL) u odnosu na januar (1,44 CFU/mL), dok je na ostalim radnim površinama brojnost bakterija uglavnom bila manja u februarskom uzorkovanju.



Tabela 1. Mikrobiološka analiza briseva sa radnih površina  
*Table 1. Microbiological analysis working surfaces*

Objekat	brisevi	AMB (CFU/mL)		Enterobakterije (CFU/mL)		<i>Pseudomonas</i> sp. (CFU/mL)	
		januar	februar	januar	februar	januar	februar
Prodavnica	Ruke radnika	3,3	3,1	1,1	0,9	0,8	0,6
	Radna odjeća	2,2	2,2	0,6	0,4	0,1	0,1
	Daske za sječenje	2,8	2,6	0,8	0,8	0,5	0,4
	Noževi	1,1	1,2	0,3	0,1	0,1	0,1
Mesara	Ruke radnika	2,3	1,2	0,4	0,3	0,7	0,4
	Radna odjeća	1,3	1,0	0,2	0,1	0,1	0,1
	Daske za sječenje	2,9	3,4	0,0	0,0	0,1	0,0
	Noževi	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Pijaca	Ruke radnika	4,6	3,8	2,1	1,0	1,5	1,1
	Radna odjeća	3,1	2,5	1,6	0,8	0,5	0,3
	Daske za sječenje	5,8	5,4	2,9	2,3	0,9	0,6
	Noževi	1,4	1,9	0,7	0,8	0,4	0,2

Dobijeni rezultati u ovim istraživanjima ukazuju da je samo broj AMB sa briseva noževa u mesari ispod graničnih vrijednosti. Smanjenje broja AMB u mjesecu februaru ukazuje na povećanje stepena higijene u prodajnim objektima, ali su dobijene vrijednosti i dalje bile iznad graničnih vrijednosti predviđenih Pravilnikom. Sa druge strane, brojnost enterobakterija je uglavnom bila ispod graničnih vrijednosti predviđenih Pravilnikom. Patogeni mikroorganizmi se lako mogu prenijeti sa ruku radnika na finalne proizvode (Ivanović i sar., 2013.). Rašeta i sar. (2012.) ukazuju da je najčešće porijeklo oboljenja čovjeka kontaminacija hrane.

Rezultati ukazuju da su u ispitivanim uzorcima mesnih prerađevina prisutne AMB, kvasci i plijesni. U oba mjeseca broj AMB bio je najveći u uzorcima sudžuka u svim prodajnim objektima. Uzorci sudžuka sa pijace imali su najveći broj bakterija u januaru ( $4,4$ , odnosno  $4,9 \times 10^3$  CFU/mL) i februaru ( $3,4$ , odnosno  $4,0 \times 10^3$  CFU/mL) u poređenju sa vrijednostima iz drugih objekata. U svim uzorcima brojnost bakterija je manja u februaru u odnosu na januarsko uzorkovanje (Tab. 2). Brojnost kvasaca i plijesni je, slično kao i kod AMB, najveća u uzorcima sa pijace. Međutim, njihova brojnost je najmanja u uzorcima sudžuka a najveća u uzorcima stelje. Kao i kod AMB i gljiva, brojnost *Escherichia coli* bila je najveća u uzorcima mesnih prerađevina sa pijace. U svim uzorcima, *Salmonella* spp. i sulfiredukujuće klostridije nisu detektovane (Tab. 2).

Tabela 2. Mikrobiološki kvalitet mesnih prerađevina  
 Table 2. Microbiological quality of meat products

Objekat	Uzorak	<i>Escherichia coli</i> (x10 <sup>3</sup> CFU/mL)		<i>Salmonella</i> spp.		Sulfitred. klostridije		AMB (x10 <sup>3</sup> CFU/mL)		Kvasci i plijesni (x10 <sup>2</sup> CFU/mL)	
		Jan.	Febr.	Jan.	Febr.	Jan.	Febr.	Jan.	Febr.	Jan.	Febr.
Prodavnica	Pršuta 1	1,2	1,0	0	0	0	0	2,4	2,1	4,1	3,8
	Pršuta 2	1,5	1,2	0	0	0	0	2,5	2,4	4,1	3,8
	Sudžuk 1	0,6	0,4	0	0	0	0	3,2	3,0	3,4	3,2
	Sudžuk 2	0,5	0,3	0	0	0	0	3,4	3,0	3,8	3,8
	Stelja 1	1,3	1,0	0	0	0	0	2,6	2,2	4,9	4,1
	Stelja 2	1,9	1,0	0	0	0	0	2,8	2,5	5,1	4,9
Mesara	Pršuta 1	0,5	0,3	0	0	0	0	2,3	1,9	3,2	3,3
	Pršuta 2	0,6	0,4	0	0	0	0	2,5	2,2	3,4	3,6
	Sudžuk 1	0,3	0,1	0	0	0	0	3,1	2,5	2,4	2,5
	Sudžuk 2	0,4	0,2	0	0	0	0	3,0	2,1	2,3	2,5
	Stelja 1	1,3	1,0	0	0	0	0	2,4	1,9	3,8	4,0
	Stelja 2	1,1	0,9	0	0	0	0	2,5	1,3	3,6	4,0
Pijaca	Pršuta 1	3,2	2,9	0	0	0	0	3,1	2,4	5,2	5,0
	Pršuta 2	2,8	2,5	0	0	0	0	3,2	2,9	5,7	4,9
	Sudžuk 1	1,3	1,2	0	0	0	0	4,4	3,4	4,1	3,6
	Sudžuk 2	1,4	1,4	0	0	0	0	4,9	4,0	3,9	3,4
	Stelja 1	3,5	3,1	0	0	0	0	3,5	3,2	6,3	5,9
	Stelja 2	3,1	3,0	0	0	0	0	3,3	3,1	7,1	5,9

Najveće prisustvo *Escherichia coli* u januaru konstatovano je u uzorcima stelje sa pijace (3,5, odnosno 3,1x10<sup>3</sup> CFU/mL), zatim u uzorcima pršute (2,9, odnosno 2,5x10<sup>3</sup> CFU/mL) a najmanje u uzorcima sudžuka (1,2, odnosno 1,4x10<sup>3</sup> CFU/mL). U februaru, broj *Escherichia coli* takođe je bio najveći u stelji sa pijace. Njena brojnost je najmanja u mesari kod sva tri ispitivana uzorka. U svim uzorcima, broj *Escherichia coli* je veći u januarskom uzorkovanju.

*Escherichia coli* je često detektovana bakterija u različitim proizvodima od mesa. Alvarez-Astorga i sar. (2002.) su utvrdili da je više od 80% ispitanih mesnih prerađevina bilo neispravno usled prisustva *Escherichia coli* i *Staphylococcus aureus*, dok su Pointon i sar. (2008.) detektovali bakteriju *Escherichia coli* u više od 90% ispitanih uzoraka mesa. U prodajnim objektima, temperatura je važan faktor koji utiče na mikrobiološki kvalitet i zdravstvenu bezbjednost mesnih prerađevina (Delhalle i sar., 2009.).

## Zaključak

Rezultati ovih istraživanja ukazuju da je broj bakterija u brisevima sa radnih površina bio veoma visok i, osim briseva sa noža, prevazilazio je vrijednosti predviđene Pravilnikom. Sa druge strane, mikrobiološki kvalitet tradicionalnih mesnih prerađevina može se okarakterisati kao podesan za upotrebu, jer je broj svih ispitivanih grupa mikroorganizama bio ispod graničnih vrijednosti korištenog Pravilnika. Ova istraživanja ukazuju da se principi dobre higijenske prakse moraju poštovati u svim prodajnim objektima kako bi se postigao odgovarajući kvalitet mesnih prerađevina.

## Literatura

- Ahmad M.U.D., Sarwar A., Najeeb M.I., Nawaz M., Anjum A.A., Ali M.A., Mansur N. (2013). Assessment of microbial load of raw meat at abattoirs and retail outlets. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 23(3), 745-748.
- Alvarez-Astorga M., Capita R., Alonso-Calleja C., Moreno B., Del M., Garcia-Fernandez C. (2002). Microbiological quality of retail chicken by-products in Spain. *Meat Science*, 62(1), 45-50.
- Delhalle L., Saegerman C., Farnir F., Korsak N., Maes D., Messens W., De Sadeleer L., De Zutter L., Daube G. (2009). Salmonella surveillance and control at post-harvest in the Belgian pork meat chain. *Food Microbiology*, 26, 265-271.
- Doyle M.E. (2007). Microbial food spoilage - Losses and control strategies, (A brief review of the Literature), FRI Briefings ([www.wisc.edu/fri/](http://www.wisc.edu/fri/)).
- Gill C.O.B., Deslande K., Rahn A.H., Baryant J. (1998). Evaluation of the hygienic performance of the processes for beef carcass dressing at 10 packing plants. *Journal of applied microbiology*, 84, 1050-1058.
- ICMSF (2011). Microorganisms in foods. Use of data for assessing process control and product acceptance. New York: Springer, pp. 400.
- IFST (1997). Development and use of microbiological criteria for foods. *Food Science Technology Today*, 11(3), 137-176.
- Ivanović J., Baltić Ž.M., Karabasil N., Dimitrijević M., Antić N., Janjić J., Đorđević J. (2013). Ispitivanje mikrobiološke kontaminacije površina koje dolaze u kontakt sa mesom u objektu za preradu mesa. *Tehnologija mesa* 54(2), 110-116.
- Korać A. (2016). Ispitivanje mikrobiološke ispravnosti suhomesnatih proizvoda u zanatskoj proizvodnji. Master rad. Univerzitet u Sarajevu. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet.
- Lues J.F.R., Theron M.M., Venter P., Rasephei M.R. (2007). Microbial composition of bioaerosols of a high throughput chicken slaughtering facility. *Poultry Science*, 86, 142-149.
- Norrung B., Andersen J.K., Buncic S. (2009). Main concerns of pathogenic microorganisms in meat safety of meat and processed meat (Toldra, F., Ed.), Springer New York, pp. 3-29.
- Pointon A., Sexton M., Dowsett P., Saputra T., Kiermeier A., Lorimer M., Holds G., Arnold G., Davos D., Combs B., Fabiansson S., Raven G., McKenzie H., Chapman A., Sumner J. (2008). A baseline survey of the microbiological quality of chicken

- portions and carcasses at retail in two Australian states (2005 to 2006). *Journal of Food Protection*, 71(6), 1123-1134.
- Pravilnik o mikrobiološkim kriterijima za hranu („Službeni glasnik BiH“, broj 11/13).
- Pravilnik o učestalosti kontrole i normativima mikrobiološke čistoće u objektima pod sanitarnim nadzorom Republike Hrvatske (NN 137/09).
- Rašeta M., Matekalo Sverak V., Đorđević V., Vranić V., Branković, Lazić I., Grbić Z., Grubić M., Lončina J. (2012). The hand hygiene of workers from the aspect of the process hygiene in retail sale of food. *Proceedings of Biological Food Safety and Quality BFSQ 2012*, 4-5 October 2012, Belgrade, Serbia, pp. 171-174.
- Stojanovski M., Hristovski N., Radevska M. (2011). Nutritivni i zdravstveni aspekti od korišćenja mesa i mesnih proizvoda. *Zbornik radova “Agrosym”*, Jahorina, pp. 226-233.
- Varnam A.H., Sutherland J.P. (1995). *Meat and meat products. Technology, chemistry and microbiology*. Chapman & Hall.

## MICROBIOLOGICAL ANALYSES OF WORKING SURFACES AND QUALITY OF MEAT PRODUCTS

*Enver Karahmet<sup>1</sup>, Saud Hamidović<sup>1</sup>, Amir Ganić<sup>1</sup>, Senita Salkić<sup>1</sup>,  
Almir Toroman<sup>1</sup>, Munevera Begić<sup>1</sup>*

### Abstract

The microbiological safety and quality of meat products are important to producers and consumers and involve microbial contaminants on the final products. The swabs were obtained from workers hands, plank for meat cutting, and knives in January and February 2016. Beef and sheep prosciutto and Sudžuk sausage sampling was also performed at the same locations in the same time as swabs sampling. In these meat products, aerobic mesophilic bacteria, yeast, molds, *E. coli*, *Salmonella* spp., and clostridia were determined. Higher level of contamination was obtained in January. Workers hands were highly contaminated with all examined bacteria, while in knife swabs lowest contamination level was detected. Higher level of meat products contamination was also noticed in January 2016. Aerobic mesophilic bacteria were most abundant in Sudžuk sausage samples, *E. coli*, yeasts and molds in sheep prosciutto, while *Salmonella* spp. and clostridia were not detected in any sample. Good microbiological quality of meat products was noticed.

**Key words:** microbiological quality, working surfaces, meat products, microorganisms

---

<sup>1</sup>University of Sarajevo, Faculty of Agriculture and Food Science, BiH ([enverkarahmet@yahoo.com](mailto:enverkarahmet@yahoo.com));

## KORELACIJA SADRŽAJA UKUPNIH FENOLA SA ANTIOKSIDATIVNOM AKTIVNOŠĆU CRVENIH VINA SA PODRUČJA REGIJE BANJA LUKA

*Zoran Kukrić<sup>1</sup>, Ivan Samelak<sup>2</sup>, Goran Vučić<sup>1</sup>, Ladislav Vasilišin<sup>1</sup>,  
Novak Kukrić<sup>3</sup>*

**Izvod:** U ovom radu određena je antioksidativna aktivnost 3 uzorka crvenih vina primjenom gašenja 1,1- difenil- 2- pikrilhidrazil (DPPH)- stabilnog radikala, 2,2'- azino-bis- (3-etilbenzotiazolin- 6- sulfonska kiselina) (ABTS) stabilnog radikala, kao i Briggs-Rauscherove oscilatorne reakcije. Urađena je i korelacija ovih antioksidativnih metoda sa sadržajem ukupnih fenola u navedenim uzorcima crvenih vina. Sadržaj ukupnih fenola se mijenjao u rasponu 1790,67- 3209,97 mgGAE/L. Antioksidativna aktivnost dobijena DPPH testom od 15,45- 17,08 mmol<sub>Trolox</sub>/L<sub>vina</sub>, ABTS testom od 23,21- 24,14 mmol<sub>Trolox</sub>/L<sub>vina</sub>, te Briggs - Rauscherovom oscilatornom metodom 1,826- 3,848 mmol<sub>Trolox</sub>/L<sub>vina</sub> respektivno.

Sadržaj ukupnih fenola pokazuje značajnu korelaciju sa ABTS testom (0.55), te vrlo visoku korelaciju sa Briggs- Rauscherovim oscilatornim reakcijama (0.99).

**Gljučne reči:** crveno vino, Antioksidativna aktivnost, ukupni fenoli, DPPH, ABTS, Briggs- Rauscherove oscilatorne reakcije.

### Uvod

Prirodno je da se u ljudskom organizmu stvaraju slobodni radikali. Pretjerana produkcija ovih reaktivnih specija za vrijeme oksidativnog stresa može prouzrokovati oštećenje biomolekula i indukovati razvoj hroničnih kardiovaskularnih bolesti, starenje i rak. Štetni uticaj slobodnih radikala može biti inhibiran sredstvima s antioksidativnom sposobnošću.

Crvena vina imaju visok sadržaj fenolnih jedinjenja i blagotvorno djeluju na zdravlje ljudi upravo zbog svojih antioksidativnih osobina (J. Yang i sar., 2009, Marković i Talić, 2013). Takođe imaju veliki uticaj na organoleptička svojstva, naročito na boju, gorčinu i trpkost (Hernanz i sar., 2007).

Jedna od metoda za određivanje antioksidativne aktivnosti fenola u vinu je i Briggs-Rauscher oscilatorne reakcije. Nakon dodavanja antioksidansa u Briggs-Rauscher smjesu dolazi do trenutnog gašenja oscilacija. Ovo vrijeme bez oscilacije predstavlja inhibiciju oscilirajuće reakcije (vrijeme inhibicije IT) koja je linearno zavisna od koncentraciji antioksidansa. Kada je inhibicija završena, oscilacije se nastavljaju (Höner i sar., 2002).

---

<sup>1</sup>Tehnološki fakultet Banja Luka, Stepe Stepanovića 75, Banja Luka, Republika Srpska (z.kukric@gmail.com)

<sup>2</sup> Prirodno-matematički fakultet Banja Luka, Mladena Stojanovića 2, Banja Luka, Republika Srpska

<sup>3</sup>Makros, Banja Luka, Đure Jakšića 5, Republika Srpska

Cilj rada je da se u tri uzorka crvenog vina sa područja Banjaluke odredi sadržaj fenola te njihova antioksidativna aktivnost koristeći tri različita testa, kao i da se te aktivnosti međusobno uporede.

### Materijal i metode rada

U istraživanju su korišćena tri uzorka crvenog vina sorte *Cabernet Sauvignon*. Uzorci su nabavljeni od tri individualna proizvođača sa tri različita lokaliteta uzgoja (Aleksandrovac, Slatina, Verići) na području opštine Banjaluka, i označeni kao V1, V2, V3. Ukupni fenoli su određeni modifikovanom metodom Folin-Ciocalteu (Wolfe, 2003). Rezultati su izraženi kao fenoli ekvivalentni galnoj kiselini, tj. mgGAE/L<sub>vina</sub>.

Antioksidativna aktivnost uzorka na neutralizaciju 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil radikala (DPPH test) određen je metodom Liyana-Pathiranan i Shahidi (Liyana-Pathirana, 2005), a za neutralizaciju 2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfonske kiseline (ABTS<sup>+</sup> test) korišćena je modifikovana metoda Re i saradnika (Re, 1999).

Rezultati su predstavljeni TEAC vrijednošću (Trolox ekvivalent antioksidativne aktivnosti), tj. kao mmol<sub>Trolox</sub>/L<sub>vina</sub> i za DPPH i za ABTS<sup>+</sup> test. Određivanje antioksidativne aktivnosti uzoraka određen je i Briggs-Rauscher-ovim oscilatornim reakcijama (Cervellati i sar, 2001) koje se odvijaju u nizu međusobno povezanih redox reakcija tačno definisanih sastojaka. Rezultati su predstavljeni kao mmol Trolox/L<sub>vina</sub>. Sve korištene hemikalije i rastvarači su bili p.a. stepena čistoće. Eksperimenti su rađeni u 3 paralelna ponavljanja, a rezultati su izraženi kao srednja vrijednost ± standardna devijacija. Korištena je analiza varijanse (ANOVA) a najmanja značajna razlika (LSD) pri p<0.05 je izračunata korištenjem programa Origin Pro 8.0. Koeficijent korelacije je određen prema Pearson-u.

### Rezultati istraživanja i diskusija

U tabeli 1 prikazane su vrijednosti koncentracije ukupnih fenola, kao i antioksidativne aktivnosti u odnosu na stabilne slobodne radikale ABTS<sup>+</sup> i DPPH, te antioksidativna aktivnost izražena Briggs- Rauscher-ovim oscilatornim reakcijama za analizirane uzorke crvenih vina. Koncentracija ukupnih fenola u ispitivanim uzorcima se kretala od 1790.67 (V3) do 3209.97 mg GAE/L (V2). Statističkom analizom rezultata, primjenom analize varijanse Anova, utvrđeno je da se rezultati statistički razlikuju (p<0,05). Rezultati su bili u skladu sa literaturnim (Marković, Talić, 2013; Seruga i dr, 2011; Porgali 2012; Di Majo 2008; Jiang 2012). Ovako velike razlike u sadržaju ukupnih fenola istraženih crvenih vina iz različitih zemalja vjerovatno su rezultat različitih ispitivanih sorti grožđa, položaja vinograda, različite klime, tipa tla, različite tehnike obrade vina i starenja.

Antioksidativna aktivnost uzoraka u odnosu na DPPH radikal je u opsegu 15,44 do 17,08 mmol<sub>Trolox</sub>/L<sub>vina</sub> i značajno je manja od aktivnosti prema ABTS radikalima koja se kretala u opsegu od 23,36 do 24,12 mmol<sub>Trolox</sub>/L<sub>vina</sub>. Kod DPPH testa statistički značajnu razliku pokazuju uzorci V1 i V3 (p<0,05) dok kod ABTS testa nema statistički značajne razlike među uzorcima. Ukupni antioksidativni kapaciteti određeni DPPH i ABTS testom kod drugih autora pokazuju slične vrijednosti i kretao se DPPH test u opsegu 3,86 – 37,8 mmol<sub>Trolox</sub>/L<sub>vina</sub>, a za ABTS test u opsegu 7,9-44,78 mmol<sub>Trolox</sub>/L<sub>vina</sub>

(Büyüktuncel i sar., 2014; Fernandez- Pachon i sar., 2004; Seruga i sar., 2011; Li i sar., 2009; Jiang i sar., 2012; Xi i sar., 2013.

Tabela 1. Sadržaj ukupnih fenola i antioksidativne aktivnosti izražene različitim antioksidativnim metodama za ispitivane uzorke crvenih vina  
 Table 1. Total phenols content and antioxidative activities presented by different antioxidative methods for tested samples of red wines

Uzorak vina Wine Sample	V1	V2	V3
Ukupni fenoli mgGAE/L Total Phenols mgGAE/L	2987.65±101.92 <sup>a</sup>	3209.97±126.09 <sup>b</sup>	1790.67±75.14 <sup>c</sup>
ABTS mmolTrolox/L vina ABTS mmolTrolox/L wine	23.52 ±5.18 <sup>a</sup>	24.12±4.73 <sup>a</sup>	23.36±3.94 <sup>a</sup>
DPPH mmolTrolox/L vina DPPH mmolTrolox/L wine	15.44±3.90 <sup>a</sup>	16.6 ±7.50 <sup>a,b</sup>	17.08 ±9.84 <sup>b</sup>
Briggs-Rausher mmolTrolox/L vina Briggs-Rausher mmolTrolox/L wine	3.848±0.15 <sup>a</sup>	3.203±0.16 <sup>b</sup>	1.826±0.08 <sup>c</sup>

(± standardna devijacija 3 paralelna ponavljanja)

<sup>abc</sup>različita slova u eksponentu u tabeli ukazuju na statistički značajnu razliku između vrijednosti, pri nivou značajnosti od  $p < 0.05$  (na osnovu post-hoc Tukey-evog HSD testa)

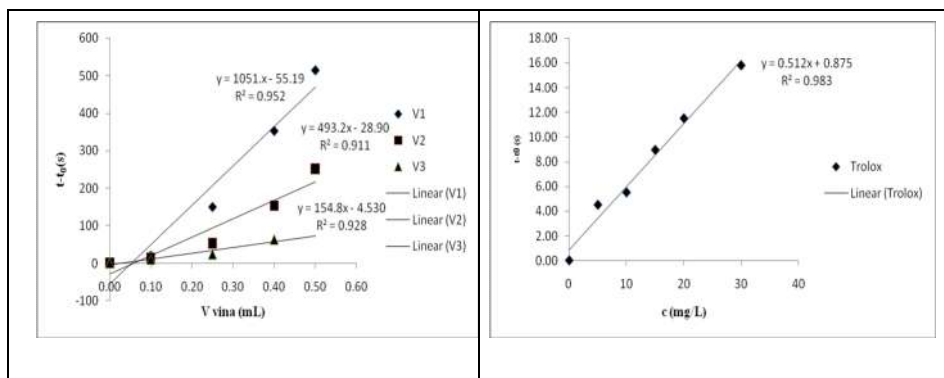
Iz navedenih literaturnih podataka, kao i iz dobijenih rezultata vidljivo je da vrijednosti Trolox ekvivalenta za navedene antioksidativne testove DPPH i ABTS osciluju u širokom rasponu. Ovo je i očekivano jer se prvenstveno razlikuju metodologije navedenih antioksidativnih testova, kao i eksperimentalni uslovi, a prvenstveno i vrste crvenih vina kao i način njihove pripreme.

Antioksidativne aktivnosti određene Briggs- Rausherovim oscilatornim reakcijama prikazana je na grafikonu 1, kao odnos inhibicionog vremena i zapremine ispitivanog vina. Relacija je linearna a veličina nagiba ukazuje na jačinu antioksidativne aktivnosti. Što je veći nagib to antioksidant ima veću aktivnost. Vrijednosti nagiba su bile za V3-154,8, V2-493,2 i V1-1051, i bile su u saglasnosti sa literaturim podacima (Marković i sar. 2015, Marković i Talić 2013). Takođe, kapacitet antioksidansa (u ovom slučaju vino) je kvantifikovan izračunavanjem „Relativnog djelovanja antioksidansa“ (Relative Antioxidant Performance RAP), koji predstavlja odnos nagiba standardnog jedinjenja (u ovom slučaju Troloxa, grafikon 2) i uzorka. Vrijednosti antioksidativne aktivnosti dobijene Briggs - Rausherovim oscilatornim reakcijama imale su vrijednosti 3,848 (V1); 3,203 (V2) i 1,826 (V3) mmol<sub>Trolox</sub>/L<sub>vina</sub> i međusobno su se statistički razlikovale.

Izvršena je korelaciona analiza antioksidativnih aktivnosti koje su određene na tri načina sa sadržajem ukupnih fenola u uzorcima vina, kao i međusobna korelacija samih antioksidacionih metoda što je prikazano u tabeli 2. Ukupni fenoli pokazuju visoku povezanost sa Brigs-Rauscher-ovim reakcijama i značajnu povezanost sa ABTS testom što je u potpunosti u skladu sa literaturnim podacima (Marković i sar., 2015; Marković i Talić, 2013), međutim prema DPPH testu pokazuju značajnu ali negativnu povezanost.

DPPH test pokazuje laganu povezanost sa ABTS testom dok sa Brigs-Rauscher-ovim reakcijama značajnu ali negativnu povezanost. Povezanost ABTS testa i Brigs-Rauscher-ovih reakcija je značajna što ukazuje na sličan reakcioni mehanizam.

Kao što je rečeno, nije pronađena značajna korelacija između antioksidativne aktivnosti određene pomoću DPPH i Briggs- Rauscherove reakcijske metode. To je , vjerovatno, zbog različitih antioksidativnih mehanizama uključenih u korišćene metode. Neki nalazi iz literature pokazuju visoke korelacije za vino između navedenih analiza (Marković i Talić, 2013; Katalinić, 2004,). Međutim, naši su rezultati u saglasnosti s onima koje je dobio Fotakis (Fotakis i sar., 2015) i koja je pokazala slabu povezanost ovih reakcionih metoda.



Grafikon 1. Nagib pri Briggs Rausherovim oscilatornim reakcijama za ispitivane uzorke vina  
Graph 2. Slope at Briggs Rausher's oscillatory reactions for examined wine samples

Grafikon 2. Nagib pri Briggs Rausherovim oscilatornim reakcijama za Trolox  
Graph 3. Slope at Briggs Rausher's oscillatory reactions for Trolox

Tabela 2. Koeficijent korelacije za date metode  
Table 2. Correlation coefficient for the given methods

	Ukupni fenoli Total phenols	DPPH	ABTS	B-R-T
Ukupni fenoli	1	-0,5559	0,5502	0,9946
DPPH		1	0,3882	-0.46669
ABTS			1	0,6336
B-R-T				1

### Zaključak

Očito da se antioksidativna aktivnost ne može pripisati samo sadržaju ukupnih fenola nego se moraju uzeti u obzir i ostali sekundarni metaboliti koji su prisutni u vinu. Takođe, da bi se donio određen zaključak pri ispitivanju antioksidativnih osobina nekog uzorka ne bi se trebalo osloniti samo na jedan antioksidativni test nego pri određenim uslovima koristiti više testova koji su na raspolaganju. Jedna od prednosti korišćenja Briggs-Rauscher oscilatornih reakcija je pH vrijednost izvođenja ovih reakcija koja je oko 2, što je slično onom pH u fluidima glavnog probavnog procesa



(ljudski želudac), tako da se mogu dobiti *in vitro* informacije o antioksidativnoj aktivnosti u "stvarnim uslovima digestije". Ove informacije mogu pomoći u procjeni ishrane za održavanje zdravlja i prevencije bolesti.

### Literatura

- Büyüktuncel, E., Porgali, E., Colak, C. (2014). Comparison of Total Phenolic Content and Total Antioxidant Activity in Local Red Wines Determined by Spectrophotometric Methods. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 1660-1667
- Cervellati, R., Höner, K., Furrow, S.D., Needens, C., Costa, S. (2001). The Briggs-Rauscher Reaction as a Test of measure the activity of antioxidants. *Helv. Chim. Acta*, 84, 3533-3547.
- Di Majo, D., La Guardia, M., Giammanco, S., La Neve, L., Giammanco, M. (2008) The Antioxidant Capacity of Red Wine in Relationship with Its Polyphenolic Constituents. *Food Chemistry*, 111, 45-49.
- Fernández-Pachón, M.S., Villano, D., Garcí a-Parrilla, M.C. and Troncoso, A.M. (2004) Antioxidant Activity of Wines and Relation with Their Polyphenolic Composition. *Analytica Chimica Acta*, 513, 113-118.
- Fotakis C., Christodouleas D., ZervouM., PapadopoulosK. and Calokerinosa A. C.(2012). Classification of wines based on different antioxidant responses to spectrophotometric analytical. *Analytical Letters*, 45,581–591
- Hernanz, D., Recamales, A.F., Gonzales- Miret, M.I., Gomez- Miguez, M.J., Vicario, I.M., Heredia, F.J. (2007). Phenolic composition of white wines with a prefermentative maceration at experimental and industrial scale. *Int. J. Food Eng.*, 80, 327-335.
- Höner, K., Cervellati, R. (2002). Measurements of antioxidant capacity of fruits and vegetables using the BR reaction method. *European Food Research and Technology*, 215(5), 437-442.
- Jiang, B. and Zhang, Z.W. (2012) Comparison on Phenolic Compounds and Antioxidant Properties of Cabernet Sauvignon and Merlot Wines from Four Wine Grape-Growing Regions in China. *Molecules*, 17, 8804-8821.
- Katalinić, V., Miloš, M., Modun, D., Boban, M. (2004). Antioxidant effectiveness of selected wines in comparasion with (+)-catechin. *Food Chem.*, 86, 593–600.
- Li, H., Wang, X.Y., Li, Y., Li, P.H. and Wang, H. (2009) Polyphenolic Compounds and Antioxidant Properties of Selected China Wines. *Food Chemistry*, 112, 454-460.
- Liyana-Pathiranan, C.M., Shahidi, F. (2005). Antioxidant Activity of Commercial Soft and Hard Wheat (*Triticum aestivum* L.) as Affected by Gastric pH Conditions. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53 (7), 2433-2440.
- Marković, M., Talić, S. (2013). Antioksidacijska aktivnost odabranih hercegovačkih vina. *Kem. Ind.*, 62 (1-2), 7-12.
- Marković, M., Martinović Bevanda, A., Talić S.; (2015 ) *Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina* 44, 1-4
- Porgali, E. and Buyuktuncel, E. (2012) Determination of Phenolic Composition and Antioxidant Capacity of Native Red Wines by High Performance Liquid Chromatography and Spectrophotometric Methods. *Food Research International*, 45, 145-154.

- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26 (9–10), 1231–1237.
- Seruga, M., Novak, I. and Jakobek, L. (2011) Determination of Polyphenols Content and Antioxidant Activity of Some Red Wines by Differential Pulse Voltammetry, HPLC and Spectrophotometric Methods. *Food Chemistry*, 124, 1208- 1216.
- Wolfe K., Wu, X., Liu, R.H. (2003). Antioxidant Activity of Apple Peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (3), 609-614 .
- Xi, Z.M., Meng, J.F., Huo, S.S., Luan, L.Y., Ma, L.N. and Zhang, Z.W. (2013) Exogenously Applied Abscisic Acid to Yan73 (*V. vinifera*) Grapes Enhances Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Its Wine. *International Journal of Food Sciences Nutrition*, 64, 444-451.
- Yang, J., Martinson, T.E., Liu, R.H. (2009). Phytochemical profiles and antioxidant activities of wine grapes. *Food Chemistry*, 116, 332-339.

## CORRELATION OF THE TOTAL FENOL CONTENT WITH THE ANTI-OXIDATIVE ACTIVITY OF RED WINES FROM THE REGION OF BANJA LUKA

*Zoran Kukrić<sup>1</sup>, Ivan Samelak<sup>2</sup>, Goran Vučić<sup>1</sup>, Ladislav Vasilišin<sup>1</sup>,  
Novak Kukrić<sup>3</sup>*

### Abstract

In this paper, the antioxidant activity of 3 red wine samples was determined using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil (DPPH)- radical scavenging assay, 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging assay, so as Briggs-Raushers oscillatory reactions. Correlation of these antioxidant methods with the total phenol content in these red wine samples was also performed. The total phenol content was found to vary from 1790,67- 3209,97 mgGAE/L<sub>wine</sub>. Antioxidant activity determined by DPPH method 15,45- 17,08 mmol<sub>Trolox</sub>/L<sub>wine</sub>, ABTS method 23,21- 24,14 mmol<sub>Trolox</sub>/L<sub>wine</sub>, and Briggs- Raushers oscillatory reactions 1,826- 3,848 mmol<sub>Trolox</sub>/L<sub>wine</sub> respectively.

The total phenol content shows significant correlation with ABTS method (0,55), and very significant correlation with Briggs- Raushers oscillatory reactions (0,99)

**Key words:** Red Wine, Antioxidant activity, Total phenols, DPPH, ABTS, Briggs-Raushers oscillatory reactions.

---

<sup>1</sup>Tehnološki fakultet Banja Luka, Stepe Stepanovića 75, Banja Luka, Republika Srpska (z.kukric@gmail.com)

<sup>2</sup> Prirodno-matematički fakultet Banja Luka, Mladena Stojanovića 2, Banja Luka, Republika Srpska

<sup>3</sup> Makros, Banja Luka, Đure Jakšića 5, Republika Srpska

## HEMIJSKE KARAKTERISTIKE ANALOGA SIRA SA DODATKOM BILJNIH MASTI I MLEČNIH PROTEINA

*Vladimir Kurćubić<sup>1</sup>, Pavle Mašković<sup>1</sup>*

**Izvod:** U radu su ispitivane hemijske karakteristike analoga sira, koji se proizvodi sa dodatkom biljnih masti i mlečnih proteina. Dokazani sadržaj masti u analogu sira je 41,39%, što ukazuje da je to punomasni proizvod. Prosečan sadržaj ukupnih proteina je bio 6,96% (niže od uobičajenog opsega za analoge sireva - 11,60% do 14,40%), što se može objasniti odabirom sirovine i tehnologijom proizvodnje. Srednja vrednost pH je nešto niža (4,85) u odnosu na podatke drugih autora (4,7 do 5,7), i može se pripisati visokom sadržaju slobodnih masnih kiselina poreklom od mešavine biljnih masti. Sadržaj NaCl je bio 4,19%. Sadržaj pepela je bio nešto viši u (5,24%) u odnosu na rezultate drugih autora (4,36%).

**Ključne reči:** analog sira, hemijske karakteristike, dodatak biljnih masti, dodatak mlečnih proteina

### Uvod

Analozi sireva se definišu kao proizvodi napravljeni mešanjem pojedinačnih konstituenata, uključujući masti ili proteine koji nisu mlečnog porekla, da bi bili slični siru, od kojih se očekuje da ispune specifične zahteve. Rast potražnje za ovakvim proizvodima je prevashodno uslovljena nižom cenom koštanja, pripisanoj jednostavnoj proizvodnji i zameni odabranih sastojaka mleka jeftinijim proizvodima biljnog porekla (Eymery i Pangborn, 1988; Ahmed i sar., 1995). Interesovanje potrošača za prehrambene proizvode koji sadrže manje masti, zasićenih masti, holesterola, sa nižom energijskom vrednošću, ima trend kontinuiranog rasta. Da bi analozi siru bili kvalitetni i privlačni za potrošače, razvijaju se pogodni režimi prerade koji mogu uspešno kombinovati konstituente koji se dodaju, uz istovremeno obezbeđivanje poželjnih svojstva teksture i funkcionalnosti gotovog proizvoda. Analozi sireva se smatraju inženjerskim proizvodima. Mlekarska industrija smatra da su takve „imitacije“ sireva rezultat razvoja novih tehnologija i zahteva tržišta. Ukoliko se ne bi proizvodili, usporavalo bi se inoviranje proizvoda i smanjivale tržišne pogodnosti za potrošače (Carić i Milanović, 1997; Bachmann, 2001; Tamime, 2011). U Sjedinjenim Američkim Državama komercijalno je dostupna široka paleta analoga sireva, u čijim su formulacijama nemasne čvrste materije i mlečne masti zamenjene kazeinatima i biljnim uljima (Kiely i sar., 1991).

U analogima sireva emulgatori igraju ključnu ulogu. Maslac u prahu, koji sadrži obilje fosfolipida, posebno se ceni kao emulgator. U upotrebi su i drugi konvencionalni emulgatori, kao što su mono- i digliceridi, fosfolipidi, polisorbati, estri sorbitana i

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (vkurcubic@kg.ac.rs);

polioksol estri. Koriste se i bezmasno sušeno mleko, surutka (proteini) ili kazein (Kratochvil, 1986). Sastav analoga sireva značajno određuje njihovu teksturu (Lobato-Calleros i sar., 1997). Istraživanja grupe autora ukazuju da najveći uticaj na teksturu analoga sireva imaju sadržaj vlage, sadržaj masti, pH vrednost, kao i odabir i sadržaj emulgatora (Cavalier i sar., 1991). Navedene mogućnosti pokazuju da analozi sirevima mogu biti odlična zamena tradicionalnih proizvoda, koji omogućavaju iste ili bolje nutritivne i teksturalne karakteristike, koristeći kazeinate kao izvore proteina, a upotrebom polinezasićenih biljnih masti i ulja dobijaju se proizvodi bez holesterola (Giese, 1992; Kneifel i Seiler, 1993).

## **Materijal i metode rada**

### **Materijal**

Osnovni materijal (uzorak) za ispitivanje hemijskih karakteristika je analog sira „Delikates fetisimo“, čiji je proizvođač Mlekara „Mihajlović“ iz Paraćina. Za naše tržište „Delikates fetisimo“ je deklarisan kao mešovita hrana sa sadržajem biljnih masti i mlečnih proteina, čiji su sastojci: Biljna mast maks. 19%, Obrano mleko u prahu (pre rekonstituisanja) 11,5%, Mlečni proteini min. 5%, So 2%, Emulgator E471 0,27%, Limunska kiselina 0,1%, Starter kultura 0,004%, Sirilo 0,0016%, energijske vrednosti 207/866 kcal/KJ. Sadrži i laktozu. Čuva se na temperaturama od +2 °C do +8 °C.

### **Tehnologija proizvodnje analoga sira „Delikates fetisimo“**

Ispod levka u koji se ubacuju sirovine postavljene su cevi kroz koje protiče voda zagrejana na temperaturi od 45 °C do 55 °C, da bi se sirovine bolje rastvarale. Redosled dodavanja sirovina u levak je sledeći: prvo se dodaje mleko u prahu (sušara Subotica ili Pančevo, rekonstituisano po preporuci proizvođača - 1 kg praha u 9 L vode, temperature 45-55 °C), zatim dodatak natrijum-kazeinata kao mlečnog proteina (Epi Ingrédients, Z.I. De L'Hermitage - BP. 80108, 44153 ANCENIS CEDEX, France), i na kraju biljna mast (“Ngo Chew Hong Edible Oil Pte Ltd”, 231 Pandan Loop, Singapore 128418). Pošto biljna mast dolazi u većim komadima, a u proces proizvodnje ulazi u tečnom stanju, ista se otopi na temperaturi od 40 °C. Dodaje se i emulgator E471 - mono- i digliceridi masnih kiselina u količini od 0,27% (“Ngo Chew Hong Edible Oil Pte Ltd”, 231 Pandan Loop, Singapore 128418).

Nakon formiranja smeše mleka u prahu, mlečnih proteina i biljne masti, ista se provodi cevovodom na homogenizaciju i pasterizaciju, koje se vrše u pasterizatoru čiji je protok 5 t/h (Frau Impianti S.r.l., via L. Dalla Via 19, 36015 Schio (VI), Italy). U pasterizatoru se masa prvo zagreva na temperaturu od 65 °C, odakle se sistemom cevi dovodi u homogenizator. Nakon homogenizacije, smeša se vraća u pasterizator, gde se obrađuje na temperaturi visoke pasterizacije (90 °C). Kroz pasterizator smeša cirkuliše preko cevastog zadrživača toplote, pri čemu je vreme prolaska 7 minuta. Nakon pasterizacije, smeša se odvodi na hlađenje, u duplikator ručne izrade, (između duplih zidova nalazi spiralna cev kroz koju protiče topla ili hladna voda - u zavisnosti od potrebe). Hlađenje navedene smeše se vrši do postizanja optimalne temperature (43 °C)

za zasejavanje starter kulture mikroorganizama LACTOFERM MFC (Cheese-Tek® DVI®, Biochem S.r.l., Via Fratelli Rosselli, 38, 00015 Monterotondo, Roma, Italy). U sastavu starter kulture su sledeći mikroorganizmi: *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. Prema uputstvu proizvođača, starter kultura LACTOFERM MFC se dodaje u količini od 0,004%. Limunska kiselina se kao konzervans dodaje salamuri u količini od 0,1% ("Ngo Chew Hong Edible Oil Pte Ltd", 231 Pandan Loop, Singapore 128418) i sirilo u količini od 0,0016% (Cheese-Tek® DVI®, Biochem S.r.l., Via Fratelli Rosselli, 38, 00015 Monterotondo, Roma, Italy). Nakon zasejavanja starter kulturom dodaje se sirilo. Smeša zasejana starter kulturom se pakuje u plastičnu ambalažu (neto mase 1,8 kg i 5 kg), prethodno dezinfikovano rastvorom persirćetne kiseline. Smeša zapakovana u plastičnu ambalažu se zatim transportuje do termokomore, gde ostaje oko 6 časova na temperaturi od 40 °C. Nakon „odležavanja“ smeše u termokomori i postizanja određenog stepena kiselosti (pH= 4,8-4,9) smeša se iznosi, vadi iz plastične ambalaže i seče na kockice pomoću sirarske harfe. Kockice analoga sira se ubacuju u ambalažno pakovanje (metalne kante) i nalivaju salamuro (rastvor vode, u kome je procenat soli 8%). Kante se zatvaraju i transportuju do hladnjače gde ostaju oko 2 dana, na temperaturi ispod 8 °C. U hladnjači se gotov proizvod pakuje na palete i distribuira na tržište. Rok trajanja za analog sira „Delikates fetisimo“ je 6 meseci, uz čuvanje na temperaturi od 2 °C do 8 °C.

### Metode rada

U ovom radu izvršeno je određivanje sadržaja masti gravimetrijski merenjem rezidua nakon digestije sira hlorovodoničnom kiselinom, ekstrakcije masti iz kiselohlorovodoničnog rastvora pomoću dietil-etera i petrol-etera i uparavanja rastvarača, suve materije sušenjem na temperaturi  $102 \pm 1$  °C do konstantne mase, kiselosti metodom po Soxlet-Henkel-u, pH vrednosti, sadržaja natrijum-hlorida (NaCl) metodom po Volhard-u, pepela metodom spaljivanja i ukupnih proteina metodom po Kjeldahl-u, kao najvažnijih parametara kvaliteta ispitivanog analoga sira „Delikates fetisimo“.

Sva navedena određivanja izvršena su u tri paralelna ponavljanja.

### Statistička obrada rezultata

Od pokazatelja centralne tendencije izračunata je aritmetička sredina ( $\bar{x}$ ), a od mera varijabilnosti izračunate su standardna devijacija (Sd), standardna greška aritmetičke sredine ( $S\bar{x}$ ), koeficijent varijacije (Cv) i interval varijacije (Iv):

### Rezultati istraživanja i diskusija

Dobijeni rezultati ispitivanja hemijske analize analoga sira „Delikates fetisimo“ su prikazani tabelarno (Tabela 1). Poželjna pH vrednost analoga sira je u opsegu od 5,1 do 5,7, zbog postizanja određenog ukusa (Kratochvil, 1986). U ovom radu utvrđena srednja vrednost pH je nešto niža za uzorke ispitivanog analoga sira „Delikates fetisimo“ (4,85).

Nešto niža vrednost pH se može pripisati visokom sadržaju slobodnih masnih kiselina poreklom od mešavine biljnih masti (During i sar., 2000).

Tabela 1. Rezultati hemijske analize analoga sira „Delikates fetisimo“  
 Table 1. Results of chemical analysis of the analogue of the cheese "Delikates fetisimo"

Ispitivani parametar Examined parameter	n	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Sd	Cv	Interval varijacije Interval of variation	
					xmin	xmax
Sadržaj suve materije (maseni %) Moisture content (weight %)	3	25,98 ± 1,89	3,27	12,60	21,45	29,06
Sadržaj masti (maseni %) Fat content (weight %)	3	41,39 ± 0,84	1,46	5,13	39,97	43,39
Kiselost sira (° SH) Acidity of cheese (° SH)	3	44,30 ± 0,87	1,51	5,14	43,20	46,40
pH vrednost na 20,6 °C pH value on 20,6 °C	3	4,85 ± 0,07	0,13	2,63	4,81	4,87
Sadržaj NaCl (maseni %) NaCl content (weight %)	3	4,19 ± 0,01	0,01	0,04	4,18	4,21
Sadržaj pepela (maseni %) Ash content (weight %)	3	5,24 ± 0,03	0,05	0,05	5,17	5,30
Sadržaj ukupnih proteina (maseni %) Total protein content (weight %)	3	6,96 ± 0,02	0,03	0,02	6,91	7,00

Muir i sar. (1999) su ukazali na značajne razlike u sadržaju vlage, masti i ugljenih hidrata između različitih analoga sira. Sadržaj masti se može svrstati u dve kategorije: pravi, regularni, standardni ili punomasni proizvodi gde je prosečan sadržaj masti 22,6%, i druga, proizvodi sa niskim (smanjenim) sadržajem masti (od 12,3% do 13,1%). Razlika u sadržaju proteina (11,6% do 14,4%) i ugljenih hidrata (3,2% do 9,9%) između uzoraka reflektuju razlike između različitih receptura. Glavni efekti na hemijski sastav su povezani sa različitim tipovima proteinske osnove mleka i sa lagerovanjem na 5 °C. Proizvodi koji u svom sastavu imaju obrano mleko u prahu sa visokim sadržajem proteina (high protein skimmed milk powder - HPSMP) imaju viši sadržaj proteina i niži sadržaj ugljenih hidrata nego kada su proizvedeni od retentata. Dokazano je da se proteoliza odvija tokom lagerovanja; sadržaj proteina opada dok rastvorljivi i neproteinski azot rastu. Sadržaj pepela u različitim analogima sireva je bio u opsegu od 3 do 4%, a vrednost pH od 5,84 do 6,0. Mohamed i sar. (2013.) su utvrdili da u analogu sira sadržaj proteina iznosi 13,56%, sadržaj suve materije 55,14%, pepela 4,36% i vrednost pH od 5,80. Sadržaj proteina je bio viši u eksperimentalnim grupama kojima je dodavana alga *Chlorella vulgaris*.

Dokazani sadržaj masti u analogu sira “Delikates fetisimo” je 41,39%, što je znatno više nego u radu Okorie i Adedokun (2013.) - 13,59%. Ispitani osnovni hemijski sastav turskog „kashar“ sira sa dodatkom mešavine biljnih masti, imao je sledeće vrednosti: čvrsta materija 51,49%, sadržaj masti 25,17%, sadržaj ukupnih proteina 19,47%, sadržaj NaCl 2,46% i vrednost pH 5,60 (Kesenkaş i sar., 2009).

Sadržaj proteina utvrđen u uzorcima analoga sira "Delikates fetisimo" iznosio je 6,96%, što je niže od uobičajenog opsega (11,60% do 14,40%) za analoge sireva ispitivane od strane drugih autora. Niži sadržaj ukupnih proteina u uzorcima analoga sira iz našeg ispitivanja se može objasniti kvalitetom sirovine (mleka u prahu), koji se razlikuje od obranog mleka koje su koristili drugi istraživači, ali i samog tehnološkog postupka proizvodnje analoga siru.

Sadržaj pepela u ovom radu je bio nešto viši u analogu sira (5,24%) u odnosu rezultate (3-4,36%) drugih autora (Mohamed i sar., 2013; Okorie i Adedokun, 2013).

### Zaključak

Analog sirevima „Delikates Fetisimo“ može biti odlična zamena tradicionalnih proizvoda, koji omogućava iste nutritivne karakteristike (natrijum-kazeinat kao izvor proteina, a upotreba polinezasićenih biljnih masti daje proizvod bez holesterola). Malim izmenama recepture i tehnologije proizvodnje „Delikates Fetisimo“ bi mogao biti unapređenog nutritivnog kvaliteta.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta III 46009 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### Literatura

- Ahmed N.S.S., Hassan F.A.M., Salama F.M.M., Enb A.K.M. (1995). Utilization of plant proteins in the manufacture of cheese analogs. *Egyptian Journal of Food Science*, 23: 37-45.
- Bachmann H.P. (2001). Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*, 11: 505-515.
- Carić M., Milanović S., *Processed Cheese*, Beograd, Nauka, 1997 (in Serbian).
- Cavalier C., Queguiner C., Cheftel J.C. (1991). Preparation of cheese analogues by extrusion cooking. In Zeuthen P., Cheftel J.C., Eriksson C., Gormley R., Link P. (Eds.), *Processing and quality of foods, vol. 1, High temperature-short time processing*, p. 373. London, England: Elsevier Applied Science Pub.
- During A., Mazette S., Combe N., Entressangles B. (2000). Lipolysis and oxidative stability of soft ripened cheeses containing vegetable oils. *Journal of Dairy Research*, 67: 461-468.
- Giese J. (1992). Developing low-fat meat products. *Food Tehnology*, 46 (4): 100-108.
- Kesenkaş H., Dinkçia N., Seçkinb A., Kinik Ö, Gönç S. (2009). The effect of using a vegetable fat blend on some attributes of kashar cheese. *Grasas Y Aceites*, 60 (1): 41-47. doi: 10.3989/gya.032408
- Kiely L.J., McConnell S.L., Kindstedt P.S. (1991). Observations on the melting behavior of imitation Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 74: 3568-3572.
- Kneifel W., Seiler A. (1993). Water holding properties of milk protein products - A review. *Food Structure*, 12: 297-308.
- Kratochvil J.F. (1986). Imitation cheese product. United Kingdom Patent Application, 2165134 A, pp.1-8.

- Lobato-Calleros C., Vernon-Carter E.J., Guerrero-Legarreta I., Soriano-Santos J., Escalona-Beundia H. (1997). Use of fat blends in cheese analogs: Influence on sensory and instrumental textural characteristics. *Journal of Texture Studies*, 28: 619-632.
- Mohamed A.G., Abo-El-Khair B.E., Shalaby S.M. (2013). Quality of Novel Healthy Processed Cheese Analogue Enhanced with Marine Microalgae *Chlorella vulgaris* Biomass. *World Applied Sciences Journal*, 23 (7): 914-925.
- Muir D.D., Tamime A.Y., Shenana M.E., Dawood A.H. (1999). Processed Cheese Analogues Incorporating Fat-Substitutes 1. Composition, Microbiological Quality and Flavour Changes During Storage at 5 °C. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 32: 41-49.
- Okorie S.U., Adedokun I.I. (2013). Effect of Partial Substitution of Fresh Cow Milk with Bambaranut Milk on Nutritional Characteristics and Yield of Soft ('Unripe') Cheese - 'Warankashi'. *Advance Journal of Food Science and Tehnology*, 5 (6): 665-670.
- Tamime A.Y. (2011). Processed Cheese and Analogues: An Overview. *Processed Cheese and Analogues, First Edition*, A.Y. Tamime (ed.). Oxford, England: Blackwell Publishing Ltd.

## CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE ANALOGUE OF CHEESES WITH ADDITIONAL VEGETABLE FATS AND DAIRY PROTEIN

*Vladimir Kurćubić<sup>1</sup>, Pavle Mašković<sup>1</sup>*

### Abstract

The chemical characteristics of the cheese analogue, which is produced with the addition of vegetable fats and milk proteins, were investigated. The proven fat content in the cheese analogue is 41,39%, which indicates that it is a full-fat product. The average content of total proteins was 6,96% (lower than the usual range for cheese analogues – 11,60% to 14,40%), which can be explained by selecting raw materials and production technology. The mean pH value is slightly lower (4,85) compared to the data of other authors (4,7 to 5,7), and can be attributed to the high content of free fatty acids originating from a mixture of vegetable fats. The NaCl content was 4,19%. The ash content was slightly higher (5,24%) than the results of other authors (4,36%).

**Key words:** analog cheese, chemical characteristics, vegetable fat supplement, milk protein supplement

---

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia (vkurcubic@kg.ac.rs);



## DOZIRANJE MIKROELEMENATA I KOREKCIJA pH VREDNOSTI U OBLASTI ZALIVNIH SISTEMA; TEHNIČKO-TEHNOLOŠKO REŠENJE

*Srboljub Đurić<sup>1</sup>, Jovana Maričić<sup>1</sup>*

**Izvod:** Savremeni način poljoprivredne proizvodnje podrazumeva korišćene različitih zalivnih sistema. Veliki doprinos uzgoju poljoprivrednih kultura daje mogućnost doziranja različitih mikroelemenata i korekcije pH vrednosti pomoću dozirne tehnike. Višegodišnjim gajenjem biljaka na jednom staništu, prinosom dolazi do osiromašenja zemljišta i gubitka plodnosti. Kao posledica toga, u zemljištu se javlja deficit mikroelemenata potrebnih za optimalnu ishranu biljaka. S toga se ti mikroelementi moraju nadomestiti u procesu biljne proizvodnje.

**Ključne reči:** zalivni sistem, dozirna tehnika, mikroelementi, pH

### Uvod

Mineralne materije, neorganske soli i njihovi joni, od velikog su značaja za normalno održavanje i funkcionisanje pojedinih strukturnih sistema ćelije, ćelije kao celine, tkiva, organa i biljnog organizma u celini. Mikroelenti su važni za rast i razvoj biljke. Nedostatak mikroelemenata sve se češće javlja u savremenoj biljnoj proizvodnji. Razlozi za to su: visoki prinosi koji iznose velike količine hranljivih materija iz zemljišta, korišćenj NPK đubriva koja ne sadrže dovoljne količine mikroelemenata i sve manja upotreba oragniskih đubriva.

Nedostatak mikroelenata u zemljištu može se pokazati hemijskom analizom zemljišta i biljnog materijala.

U mikroelemente spadaju: bor (B), bakar (Cu), gvožđe (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), cink (Zn) i hlor (Cl) (Džamić i Stevanović, 1997). Usled nedostatka bora biljke su uvenulog izgleda, takođe bor obezbeđuje transport asimilanata, cvetanje i klijavost. Nedostatak bora vezuje se za kisela zemljišta, izložena velikoj količini padavina. Bakar je neophodan u metabolizmu ugljenih-hidrata i kiseonika, neophodan je i za sintezu lignina, što ukazuje na to da nedostatak bakra dovodi do zastoja u razvoju biljke. Usvajanje bakra iz zemljišta raste sa samnjenjem pH vrednosti tla. Gvožđe je uključeno u produkciju hlorofila, što ukazuje da njegov nedostatak dovodi do žutila lista. Nedostatak gvožđa se vezuje za zemljišta sa visokom pH vrednošću. Mangan je potreban za procese fotosinteze i metabolizma kiseonika. Nedostatak mangana izaziva nekrotične pege i opadanje listova biljke. Usvajanjem mangana iz zemljista smanjuje se pH vrednost. Toksičnost mangana vezuje se za jako kisela zemljišta. Molibden je uključen u rad enzima pri fiksaciji kiseonika kod bakterija na korenu leguminoza. Usvajanje molibdena raste sa porastom pH vrednosti tla. Cink učestvuje u sintezi proteina, produkciji energije i regulaciji rasta. Nedostatak cinka manifestuje se

---

<sup>1</sup>Vodoinženjering, Omladinska 24, 32000 Čačak, Srbija (vodoing@gmail.com).

skraćivanjem internodija i smanjenjem lisne površine. Hlor je vrlo mobilan anjon u biljci. Uloga hlora jeste održavaje električnog potencijala pri različitim fiziološkim procesima. Regulise rast preko regulacije aktivnosti stoma i gubitka vode.

Na većini lokaliteta na teritoriji Srbije nema dovoljne količine padavina ili je njihov raspored tokom vegetacije nepogodan, pa se javlja potreba za navodnjavanjem, čak i u područjima gde se javlja izobilje padavina. Navodnjavanje je obavezna mera nege, a najracionalnije je korišćenje zalivnih sistema tipa kap po kap. Vrlo je važno imati dovoljne količine vode za navodnjavanje. Optimalnim navodnjavanjem u fazi intezivnog porasta ploda, veličina ploda se može povećati i do 20%. Pored dovoljnih količina vode za navodnjavanje, jako je bitan i kvalitet te vode. Važni parametri su pH vrednost vode, sadržaj gvožđa i karbonata. Navodnjavanje sistemom kap po kap, osim što omogućava ravnomerno snabdevanje biljke vodom, omogućava i pravilnu fertigaciju (unošenje hranjivih elemenata kroz sistem navodnjavanja). Ovaj sistem ima i niz drugih prednosti, kao što su racionalna potrošnja vode i manji razvoj bolesti, naročito u vreme zrenja jer se biljke ne kvase.

### Materijal i metode rada

Tehničko-tehnološko rešenje sistema za pH korekciju (Vodoiznjenje, 2016- 2017) predstavlja ekonomski najracionalnije rešenje i istovremeno dovoljno sigurno imajući u vidu kapacitet sistema. Rešenje je bazirano na kontinualnom doziranju sredstava za pH korekciju (u ovom slučaju azotne kiseline  $\text{HNO}_3$ , jer je po zahtevu bilo potrebno regulisati pH vrednost hidronijum jonima, kao i obezbediti povoljnu koncentraciju nitratnih jona kao nutrijenata). Pomoću hemijske dozir pumpe (*Athena ATAM, Injecta Italia*) iz odgovarajuće posude vrši se kontinualno doziranje pripremljenog tečnog rastvora za pH korekciju. Hemijska dozir pumpa paralelno je vezana sa sondom za uzorkovanje vode koja daje signal istoj o pH vrednosti koju je potrebno korigovati.

Sistem se sastoji od: hemijske dozir pumpe sa svim pripadajućim delovima, analizatora pH vrednosti, sonde za uzorkovanje (merenje) vode, posude za doziranje, međusobno povezanih odgovarajućim brojem ventila, injektora, račvi i drugog fittinga i potrebne količine osnovnog sredstava za pH korekciju (u ovom slučaju azotne kiseline  $\text{HNO}_3$ ). Opšte karakteristike hemijske dozir pumpe: pumpa sa proporcionalnim protokom (proporcionalan digitalnom signalu sa merača protoka, proporcionalan strujnom signalu 4-20mA), sa mogućnošću zadavanja maksimalnog protoka u procentima, mogućnost izbora načina rada, poseduje priključak za nivo sondu i sve spoljne signale.

Neophodne mikroelemente biljka usvaja uglavnom iz zemljišta u obliku jona (u našem slučaju radi se o nitratom jonu  $\text{NO}_3^-$ ). Ovakav način usvajanja jona iz zemljišta je osnovni način ishrane biljaka, dok folijarna ishrana (ishrana preko lista biljke) predstavlja dopunsku meru ishrane.

**Rezultati istraživanja i diskusija**

Kvalitet vode za navodnjavanje u velikoj meri zavisi od sadržaja mikroelemenata i ostalih karakteristika te vode. Svaka biljna vrsta zadaje određene zahteve u vidu hemijskog sastava vode, tj. mikroelemenata u njoj (Tabela 1).

Tabela 1. Granične vrednosti sadržaja mikroelemenata i ostale karakteristike vode za navodnjavanje (Parris i Abraham, 2013.)

*Table 1. Limit values of the content of microelements and other characteristics of irrigation water (Parris and Abraham, 2013.)*

	Preporuka, mg l <sup>-1</sup> <i>Recommendation, mg l<sup>-1</sup></i>	Vrednost preko koje je tretman vode neophodan <i>The value through which water treatment is necessary</i>	Preporučena vrednost za proizvodnju rasada <i>Recommended value for seedling production</i>
Alkalitet <i>Alkalinity</i>	1-100	≥200	60-80
Aluminijum <i>Aluminum</i>	0-5	-	-
Bikarbonati <i>Bicarbonates</i>	30-50	≥150	30-50
Kalcijum <i>Calcium</i>	40-120	-	40-120
Hlor <i>Chlorine</i>	0-50	≥140	≤90
Bakar <i>Copper</i>	0.08-0.15	≥0.2	≤0.2
Fluor <i>Fluorine</i>	0	≥1	≤1
Gvožđe <i>Iron</i>	1-2	≥5	≤5
Magnezijum <i>Magnesium</i>	6-25	-	6-25
Mangan <i>Manganese</i>	0.2-0.7	≥2	≤2
Molibden <i>Molybdenum</i>	0.02-0.05	≥0.07	≤0.02
Kalijum <i>Potassium</i>	0.5-5	-	≤10
Natrijum <i>Sodium</i>	0-30	≥50	≤40
Cink <i>Zinc</i>	0.1-0.2	≥5	≤5
Sulfat <i>Sulfate</i>	24-240	-	24-240
pH <i>pH</i>	5-7	-	5.5.-6.5

Pored materija koje su u vodi rastvorene, postoje čvrste čestice koje nisu rastvorljive i koje sa vodom formiraju mešavine - suspenzije. Čvrsti delovi, pesak i druge primese, ukoliko nisu hemijski i biološki aktivni, ne smetaju biljkama, ali mogu da blokiraju otvore za navodnjavanje i filtere. Donja granica veličine nerastvorenih čestica u vodi za navodnjavanje određena je finoćom filtera. Filter koji se najčešće primenjuje u sistemima za navodnjavanje preko kapaljki je finoće 300 u.m. (Đurić, 1984). Kod sistema kap po kap ta vrednost je i 5 puta veća, a sistemi potapanjem mogu biti izvedeni i bez filtera.

Idealna temperatura vode je od 20 do 24<sup>o</sup>C. Minimalna temperatura vode za navodnjavanje većine povrtarskih kultura je 12<sup>o</sup>C. Ukoliko je temperatura vode ispod 12<sup>o</sup>C voda mora da se dogreje. Grejanje se obavlja u rezervoaru koji je postavljen u prostoriji koja se greje i/ili grejnim telima u samom rezervoaru. Osim temperiranja vode, rezervoar služi i kao skladište za vodu za određeni vremenski period, obično 1 dan, i kao taložnik. Tretman vode u cilju izdvajanja soli obavlja se jedinicom za reverzibilnu osmozu (RO) (Đurić, 1994). Tehnologija reverzibilne osmoze zasniva se na principu membranske separacije, što je fizički proces separacije u kome upotrebljene membrane imaju sposobnost propuštanja molekula vode, a zadržavaju rastvor soli. Membrane su spiralne i u zavisnosti od finoće su u stanju da odstrane 98 do 99% soli. Za vreme procesa reverzibilne osmoze voda se razdvaja na dva dela, na čistu vodu, sa minimalnim sadržajem soli i na vodu sa visokom koncentracijom soli - otpadnu vodu. Sirova voda pre upotrebe u jedinici reverzibilne osmoze mora da se pripremi. Vrlo je važno da se odstrane svi materijali (npr. gvožđe, svi plutajući materijali, materijali organskog porekla) koji nepovoljno utiču na funkcionisanje jedinice za reverzibilnu osmozu. U slučaju da je voda velike tvrdoće i da stvara kamenac, potrebno je izvršiti omekšavanje vode da ne bi došlo do blokiranja kapaljki zalivnog sistema.

Hranivo se najčešće biljkama dovodi rastvoreno u vodi. To se naziva fertigacija. Količina potrebnog hraniva određuje se na osnovu analize vode i zemljišta, biljne vrste, faze razvoja biljaka, doba godine i dnevne korekcije -osvetljenja. Količina hraniva meri se indirektno prisustvom soli u vodi, EC-metrom. U tabeli 2 su prikazane potrebne vrednosti EC-a za neke povrtarske vrste.

Tabela 2. Dozvoljene EC vrednosti za neke povrtarske kulture (Džamić i Stevanović,1997.)

Table 2. Allowed EC values for some vegetable crops (Džamić and Stavanović, 1997.)

Biljna vrsta <i>Plant species</i>	EC vrednost $\mu S\ cm^{-1}$ <i>EC value <math>\mu S\ cm^{-1}</math></i>
Zelena salata <i>Lettuce</i>	1.0
Paradajz <i>Tomatoes</i>	2.6-2.8
Paprika <i>Papper</i>	2.3-2.6

Količina vode i hraniva zavisi od biljne vrste, perioda razvoja i trenutnih uslova za razvoj, pre svega svetlosti. Količina se definiše na osnovu poznavanja prethodnih

uticaja, a pokazatelj je, pri proizvodnji na supstratu, i količina drenažne vode. Ukoliko je nema, navodnjavanje (Slika 1; Slika 2) je nedovoljno, a ukoliko je previše, treba smanjiti dotok vode.

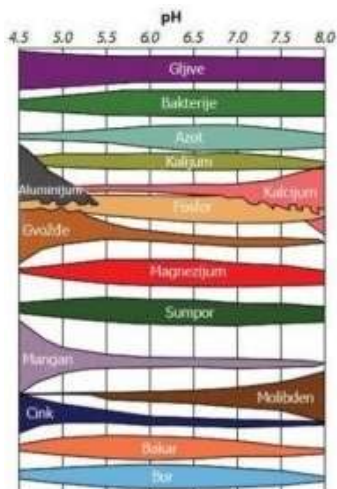


Slika 1. Sistem za navodnjavanje kap po kap  
Figure 1. Drip irrigation system



Slika 2. Zasad gerbera  
Figure 2. Plantation gerber

Količina hraniva određuje se recepturama, a dodavanje se vrši dozirnomo tehnikom pomoću hemijske dozir pumpe. Računarski upravljana postrojenja za umešavanje i navodnjavanje obavljaju dodavanje hraniva automatski u skladu sa zadatim programom. Količina rastvora koji se dovodi biljkama menja se u zavisnosti od osvetljenja, odnosno aktivnosti biljaka. Tako se, ne samo postiže veći prinos, već se i štedi voda i hraniva.



Graf. 1. Zavisnost nutrijenata od pH  
Graph. 1. Nutrients dependence of pH

### Zaključak

Hemijski sastav pepela biljaka razlikuje se u pogledu sadržaja pojedinih elemenata. Analize prinosa istih biljaka, gajenih na različitim zemljištima i u različitim uslovima, pokazuju znatne razlike u sadržaju pojedinih hranljivih elemenata. S toga, ovakvim

tehničko-tehnološkim rešenjem, doziranja hraniva preko vode kod zalivnih sistema postizemo potrebno i efikasno dodavanje izvesnih mikroelemenata kao hraniva za biljnu kulturu, ali istovremeno vršimo i korekciju pH vrednosti, jer kao što je i objašnjeno na početku ovog rada, povećan ili smanjen sadržaj svakog od mikroelemenata prati i povećanja odnosno smanjenje pH vrednosti zemljišta. Na ovaj način omogućeno je delovanje na efikasnost i optimizaciju savremene poljoprivredne proizvodnje (Grafikon 1).

### Napomena

Istraživanja u ovom projektu deo su rada firme Vodoinženjering iz Čačka, koja se bavi tretmanom vode u različite svrhe.

### Literatura

- Džamić R., Stevanović D. (1997). Agrohemija, Beograd, Srbija: Partenon.
- Đurić S. (1984). Rezultati ispitivanja upoterbe različitih flokulanata. Hemija i zaštita životne sredine, Beograd, Srbija.
- Đurić S. (1994). Kvalitet vode za navodnjavanje na području Čačka. Udruženje za tehnologiju vode, Međunarodna konferencija, kvalitet vode, Čačak, Srbija.
- Parris A., Abraham M. (2013). Green chemistry and engineering, Alche, Wiley, 215-246.
- Vodoinženjering (2016-2017). Tehničko-tehnološka dokumentacija, Čačak, Srbija.

## DOSING OF MICROELEMENTS AND CORRECTION OF pH VALUE IN THE FIELD OF WATERING SYSTEMS; TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTION

*Srboljub Đurić<sup>1</sup>, Jovana Maričić<sup>1</sup>*

### Abstract

The modern way of agricultural production involves the use of various watering systems. A large contribution to the cultivation of agricultural crops provides the possibility of dosing various microelements and correction of pH values by dosing technique. With the multi-annual cultivation of plants in one habitat, yield leads to depletion of the soil and loss of fertility. As a consequence, in the soil there is a deficit of microelements needed for optimum nutrition of plants. Therefore, these microelements must be replaced in the process of plant production.

**Key words:** watering system, dosing technique, microelements, pH

---

<sup>1</sup>Vodoinženjering, Omladinska 24, 32000 Čačak, Srbija (vodoing@gmail.com).

## OPTIMIZACIJA USLOVA MIKROTALASNE EKSTRAKCIJE FENOLNIH JEDINJENJA PLODA DIVLJE TREŠNJE (*PRUNUS AVIUM* L.)

Nevena Mihailović<sup>1</sup>, Tijana Maksimović<sup>1</sup>, Andrija Ćirić<sup>1</sup>, Ljubinka Joksović<sup>1</sup>

**Izvod:** Cilj ovog rada bila je optimizacija uslova mikrotalasne ekstrakcije za određivanje sadržaja ukupnih flavonoida ploda divlje trešnje (*Prunus avium* L.). Uslovi koji su optimizovani su procenat metanola, odnos mase uzorka i rastvarača, vreme i temperatura ekstrakcije. Na osnovu eksperimentalnog dizajna i softverskog paketa Design Expert 7.0.0., određeni su optimalni uslovi ove vrste ekstrakcije i to su: procenat metanola 70%, odnos mase uzorka i rastvarača 0,03 g/mL, vreme ekstrakcije 1,80 min i temperatura 78 °C. Primenom DPPH metode ispitana je antioksidativna aktivnost ekstrakta dobijenog pod optimalnim uslovima ( $IC_{50} = 5,14 \text{ mg mL}^{-1}$ ).

**Ključne reči:** *Prunus avium* L., mikrotalasna ekstrakcija, optimizacija, flavonoidi, antioksidativna aktivnost

### Uvod

Divlja trešnja (*Prunus avium* L.) je listopadno drvo iz porodice Rosaceae i rasprostranjena je u većem delu Evrope, u umerenim klimatskim zonama američkog kontinenta, severnoj Africi, Bliskom i Dalekom istoku, južnoj Australiji i Novom Zelandu (Mariette i sar., 2010; Basanta i sar., 2014). Poznato je da se plod divlje trešnje od davnina koristi u ljudskoj ishrani. U plodu divlje trešnje identifikovani su različiti antioksidanati, uključujući fenolne kiseline, flavonoide i vitamine, za koje je potvrđeno da pokazuju korisne efekte na zdravlje čoveka, pre svega u prevenciji kardiovaskularnih oboljenja i bolesti povezanih sa oksidativnim stresom (Beattie i sar., 2005; Serra i sar., 2011).

Mikrotalasna ekstrakcija je jedna od najboljih metoda za ekstrakciju fenolnih jedinjenja zbog posebnih interakcija između mikrotalasa i materije, kao i veoma brzog vremena ekstrakcije (Li i sar., 2011). Sistem za mikrotalasnu ekstrakciju brzo stvara toplotu i ova osobina rezultuje kratkim vremenom ekstrakcije i dobrim kvalitetom ekstrakata sa boljim vrednostima iskorišćenja ciljanog jedinjenja (Barbero i sar., 2006). Efikasnost procesa mikrotalasne ekstrakcije zavisi od vremena ekstrakcije, temperature ekstrakcije, odnosa čvrste i tečne faze, kao i od tipa i sastava upotrebljenog rastvarača (Pizarro i sar., 2007).

Design Expert predstavlja statistički softverski paket iz Stat-Ease Inc (Minneapolis, Minnesota, USA), koji je posebno namenjen za pravljenje dizajna eksperimenata. Nudi uporedne testove, snimanje, karakterizaciju, optimizaciju, dizajn smeša i kombinovani dizajn. Statistički značaj ovih faktora se određuje pomoću analize varijanse (ANOVA).

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet, Institut za hemiju, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Srbija (i.nevena@kg.ac.rs)

Grafičke alatke služe za identifikaciju uticaja svakog faktora na željeni rezultat, kao i za otkrivanje nepravilnosti u podacima. Hemometrijski pristupi zasnovani na eksperimentalnom dizajnu mogu se uspešno primeniti za procenu promenljivih koje utiču na efikasnost mikrotalasne ekstrakcije (Zhong i sar., 2010).

Cilj ovog rada bilo je određivanje optimalnih uslova mikrotalasne ekstrakcije flavonoida ploda divlje trešnje, kao i određivanje antioksidativne aktivnosti ekstrakta dobijenog pod optimalnim uslovima.

## **Materijal i metode rada**

### **Biljni materijal i priprema ekstrakata**

Divlje trešnje su ubrane u Čestinu (43° 53' 21" SGŠ, 20° 48' 56" IGD) u maju 2016. godine. Masa ubranih trešanja bila je oko 1 kg. Trešnje su očišćene od koštica i zamrznute do dalje upotrebe. Deo ovih trešanja je odmrznut, izblendiran i homogenizovan. Za ekstrakciju je odmeravan po 1 g ovako pripremljenih trešanja. Urađeno je trideset različitih eksperimenata ekstrakcije korišćenjem mikrotalasne pećnice MicroSYNTH (Milestone, Italija), pri čemu su korišćene različite zapremine smeše rastvarača (metanol/voda) i različiti uslovi ekstrakcije (vreme, temperatura i odnos mase uzorka i zapremine rastvarača).

### **Optimizacija uslova ekstrakcije**

Eksperimentalni dizajn optimizacije uslova ekstrakcije, analiza podataka i funkcija poželjnosti određeni su korišćenjem programa Design-Expert<sup>®</sup> verzija 7.0.0.(Stat-Ease Inc., Minneapolis, MN, US).

### **Određivanje sadržaja flavonoida**

U dobijenim ekstraktima, količina ukupnih flavonoida određena je spektrofotometrijski (UV-Vis спектрофотометар Cary 300, Agilent, USA), metodom sa  $AlCl_3$  i izražena u ekvivalentima rutina, mg RU/g ekstrakta (Brighente i sar., 2007).

### **Antioksidativna aktivnost ekstrakta**

Merenje antioksidativne osobine ekstrakta divlje trešnje dobijenog pod optimalnim uslovima izvršeno je primenom DPPH metode (Kumarasmy i sar., 2007.). Rezultat je izražen kao  $IC_{50}$  vrednost (tri ponavljanja  $\pm$  standardna devijacija), dobijen postupkom nelinearne regresije, korišćenjem softvera za analizu podataka OriginPro 8.

## **Rezultati istraživanja i diskusija**

Metodologija odgovora površine je korišćena za ispitivanje promenljivih koje utiču na efikasnost mikrotalasne ekstrakcije. Razvijen je složen, centralni kompozitni dizajn, i frakcioni eksperimentalni dizajn sa tri nivoa/četiri faktora za ispitivanje uticaja



promenljivih faktora na efikasnost ekstrakcije flavonoida, kao i šest ponavljanja u centralnoj tački, korišćen je za određivanje greške ekstrakcije uzoraka divlje trešnje. Nezavisne promenljive su kodirane na tri nivoa (-1, 0 i +1) i svaki nivo je odabran na osnovu stabilnosti flavonoida pod uslovima mikrotalasne ekstrakcije. Kompletan eksperimentalni dizajn sastojao se od 30 eksperimentalnih tačaka i promenljive čiji je uticaj na ekstrakciju ispitivan bile su u opsegu: procenat metanola (60 – 100%), temperatura (60 – 100 °C), vreme ekstrakcije (1 – 3 min) i odnos uzorka i rastvarača (0,03 – 0,05 g/mL).

Navedeni podaci su iskorišćeni za dobijanje odgovora površine prilagođavanjem podataka polinomnom modelu. Procenjeni su efekti svakog faktora kao i interakcije između faktora. Najbitnija funkcija za centralni kompozitni dizajn je prikazana u jednačini 1:

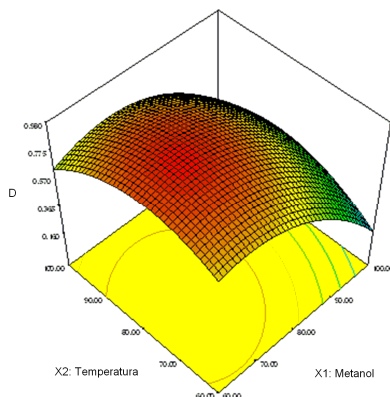
$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n \beta_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^n \beta_{ii} X_i^2 \quad (1)$$

gde  $X_i$  predstavlja proučavane promenljive ( $X_1$ , procenat metanola;  $X_2$ , temperatura;  $X_3$ , vreme ekstrakcije i  $X_4$ , odnos uzorka i rastvarača), a  $Y$  predstavlja odgovor koji je meren (količina flavonoida dobijena ekstrakcijom). Koeficijenti  $\beta$  su dobijeni metodom najmanjih kvadrata.

Odgovor za svaku ekstrakciju u eksperimentalnom dizajnu je izračunat kao ukupna količina flavonoida sa nivoima iznad granica kvantifikacije. Zatim je izračunat regresioni koeficijent za svaku od kombinacija nezavisnih promenljivih dok je značajnost određena preko  $p$  – vrednosti koja je izračunata iz  $t$  – testa. Značaj efekata nezavisnih promenljivih i njihov uticaj na zavisne promenljive je proveren upotrebom ANOVA analize.

Promenljiva koja daje najveći uticaj na efikasnost ekstrakcije od glavnih promenljivih je procenat metanola ( $X_1$ ), i ona je visoko značajna ( $p < 0,01$ ). Nasuprot tome, vreme ekstrakcije ( $X_3$ ) nije imalo značajan efekat ( $p > 0,1$ ). Interakcije između ekstrakcionih promenljivih, procenta metanola i temperature ( $X_1X_2$ ), temperature i odnosa mase uzorka i rastvarača ( $X_2X_4$ ), su značajne ( $p < 0,05$ ). Što se tiče kvadratnih efekata ekstrakcionih promenljivih, na flavonoide u ekstraktu značajno ( $p < 0,05$ ) je uticao kvadratni član procenta metanola ( $X_1^2$ ) i temperature ( $X_2^2$ ). Ostale interakcije i kvadratni članovi ekstrakcionih promenljivih nisu bile značajne ( $p > 0,1$ ).

Statistički podaci koji ukazuju na dobru optimizaciju su: značajnost modela ( $p$  – vrednost), podešen korelacioni faktor ( $R^2$ ), koeficijent varijacije (C.V. %) i adekvatna preciznost. Faktori koji nisu značajni ( $p > 0,05$ ) su eliminisani iz modela (Jednačina 1), korišćenjem povratne eliminacije kako bi se dobio jednostavan i realan model. Rezultati statističke analize (ANOVA) izračunatog modela su: regresioni model =  $+0,015 + 6,518 \times 10^{-3} X_1 + 4,487 \times 10^{-4} X_2 + 5,485 \times 10^{-5} X_4 + 6,376 \times 10^{-4} X_1 X_2 + 3,519 \times 10^{-4} X_2 X_4 + 1,193 \times 10^{-3} X_1^2 + 8,069 \times 10^{-4} X_2^2$ ;  $p$  – vrednost  $< 0,0001$ ; koeficijent varijacije (%CV) 5.64; adekvatna preciznost 22,274 i podešen korelacioni faktor ( $R^2$ ) 0,9284. Odgovor površina je prikazan na Slici 1.



Slika 1. Odgovor površina za ekstrakciju flavonoida.  
 Figure 1. Response surface for flavonoids extraction.

Analiza grafika perturbacija i odgovora površina optimizovanog modela pokazuje da faktori X<sub>1</sub> (procenat metanola) i X<sub>2</sub> (temperatura) imaju značajan efekat na ekstrakciju flavonoida, dok X<sub>3</sub> (vreme ekstrakcije) ne utiče bitno na proces ekstrakcije. Dobijeni optimalni uslovi prikazani su u Tabeli 1.

Tabela 1. Poređenje eksperimentalnih i predviđenih vrednosti odgovora pod optimalnim uslovima.

Table 1. Comparison of experimental and predicted response values under optimal conditions.

Optimalni uslovi <i>Optimal conditions</i>	% MeOH, % MeOH	Temperatura (°C), Temperature (°C)	Vreme (min), Time (min)	Odnos čvrste i tečne faze, (g/mL) <i>Solid to liquid ratio, (g/mL)</i>	Ukupna količina flavonoida, mg RU/g ekstrakta <i>Total flavonoids content, mg RU/g extract</i>
Predviđeno <i>Predicted</i>	69,38	78,00	1,82	0,03	0,1389
Eksperimentalno <i>Experimental</i>	70,00	78,00	1,80	0,03	0,1402 ± 0,004
Prosečna greška <i>Average error</i>	0,88	0,00	1,01	0,00	0,94 ± 0,007
Vrednost poželjnosti (D) = 0,978 <i>Desirability value (D) = 0,978</i>					

Dalje je izvedena mikrotalasna ekstrakcija flavonoida iz uzoraka divlje trešnje pod navedenim (optimalnim) uslovima. Koncentracija flavonoida nakon ekstrakcije pod optimalnim uslovima iznosila je 0,1402 ± 0,004 mg RU/g ekstrakta.

Antioksidativna aktivnost izražena preko IC<sub>50</sub> vrednosti izračunata je iz sigmoidalne krive zavisnosti procenta inhibicije DPPH radikala od koncentracije ekstrakta i iznosila je 5,14 ± 0,28 mg mL<sup>-1</sup>.

## Zaključak

U ovom radu izvršena je optimizacija mikrotalasne ekstrakcije za izolovanje flavonoida iz uzoraka divlje trešnje (*Prunus avium* L.). Parametri za ekstrakciju su istovremeno optimizovani korišćenjem statističkih alata: centralnog kompozitnog dizajna i Deringove funkcije, koji omogućavaju sagledavanje celokupnog procesa ekstrakcije. Predložena metoda za izlovanje flavonoida je brza, jednostavna, ne sadrži velike količine štetnih hemikalija i odvija se na relativno niskoj temperaturi. Ovako optimizovana metoda ekstrakcije može se primeniti u laboratorijama za kontrolu kvaliteta hrane za rutinske analize.

## Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta broj OI 172016 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Republika Srbija.

## Literatura

- Barbero, G. F., Palma, M., Barroso, C. G. (2006). Determination of capsaicinoids in peppers by microwave-assisted extraction–high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Analytica Chimica Acta*, 578, 227–233.
- Basanta, M. F., Plá, M. F. E., Raffo, M. D., Stortz, C. A., Rojas, A. M. (2014). Cherry fibers isolated from harvest residues as valuable dietary fiber and functional food ingredients. *Journal of Food Engineering*, 126, 149-155.
- Beattie, J., Crozier, A., Duthie, G. G. (2005). Potential health benefits of berries. *Current Nutrition and Food Science*, 1, 71-86.
- Brighente, I. M. C., Dias, M., Verdi, L. G., Pizzolatti, M. G., 2007. Antioxidant activity and total phenolic content of some Brazilian species. *Pharm. Biol.*, 45, 156–161.
- Mariette, S., Tavaud, M., Arunyawat, U., Capdeville, G., Millan, M., Salin, F. (2010). Population structure and genetic bottleneck in sweet cherry estimated with SSRs and the gametophytic self-incompatibility locus. *BMC Genetics*, 11, 77-80.
- Serra, A. T., Duarte, R. O., Bronze, M. R., Duarte, C. M. M. (2011a). Identification of bioactive response in traditional cherries from Portugal. *Food Chemistry*, 125, 318-325.
- Kumarasamy, Y., Byres, M., Cox, P. J., Jaspars, M., Nahar, L., Sarker, S.D., 2007. Screening seeds of some Scottish plants for free-radical scavenging activity. *Phytother. Res.* 21, 615–621.
- Pizarro, C., Pérez-del-Notario, N., González-Saiz, J. M. (2007). Optimization of a microwave-assisted extraction method for the simultaneous determination of haloanisoles and halophenols in cork stoppers. *Journal of Chromatography A*, 1149, 138–144.
- Zhong, M., Huang, K., Zeng, J., Li, S., She, J., Li, G., et al. (2010). Optimization of microwave-assisted extraction of protopine and allocryptopine from stems of *Macleaya cordata* (Willd) R. Br. using response surface methodology. *Journal of Separation Science*, 33, 2160–2167.

## OPTIMIZATION OF MICROWAVE-ASSISTED EXTRACTION OF WILD CHERRY FRUIT (*PRUNUS AVIUM* L.) PHENOLIC COMPOUNDS

Nevena Mihailović<sup>1</sup>, Tijana Maksimović<sup>1</sup>, Andrija Ćirić<sup>1</sup>, Ljubinka Joksović<sup>1</sup>

### Abstract

The aim of this study was to optimize the conditions of microwave extraction for determining the content of the total flavonoids of wild cherry fruits (*Prunus avium* L.). The conditions that are optimized are the percent of methanol, solvent to liquid ratio, the time and temperature of the extraction. Based on the experimental design and software package Design Expert 7.0.0, the optimal conditions for this type of extraction were determined: methanol percentage 70%, solid to liquid ratio 0.03 g / mL, extraction time 1.80 min and temperature 78 ° C. Using the DPPH method, the antioxidant activity of the extract obtained under optimal conditions was determined ( $IC_{50} = 5.14 \text{ mg mL}^{-1}$ ).

**Key words:** *Prunus avium* L., microwave extraction, optimization, phenolics, antioxidant activity.

---

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Science, Department of chemistry, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Serbia (i.nevena@kg.ac.rs)

## KINETIKA EKSTRAKCIJE VANILINSKE KISELINE IZ SEMENA BUNDEVE

*Milan Mitić<sup>1</sup>, Pavle Mašković<sup>2</sup>, Nemanja Miletić<sup>2</sup>, Snežana Mitić<sup>1</sup>,  
Gordana Kocić<sup>3</sup>*

**Izvod:** U ovom radu proučena je ekstrakcija vanilinske kiseline iz semena bundeve primenom postupka meceracije. Ispitan je uticaj temperature (25-45°C) i vremena (10-100 min) ekstrakcije na sadržaj vanilinske kiseline u ekstraktima. Na osnovu eksperimentalnih rezultata kinetike ekstrakcije izvešeno je modelovanje ekstrakcionog sistema seme bundeve-40% etanol (v/v) primenom hiperbolnog modela. Takođe, na osnovu srednjih vrednosti RMS, SD i  $R^2$  modelovanih i eksperimentalnih vrednosti sadržaja vanilinske kiseline, utvrđeno je da hiperbolni model pokazuje prihvatljivo slaganje.

**Ključne reči:** kinetika ekstrakcije, seme bundeve, vanilinska kiselina, hiperbolni model

### Uvod

Pod pojmom ekstrakcija rastvaračem podrazumeva se preuzimanje neke supstance iz jedne faze u kojoj je ona rastvorena ili suspendovana u drugu, tečnu fazu. Ovom tehnološkom operacijom se rastvorljivi sastojak čvrste ili tečne faze izoluje rastvaračem. Ukoliko se rastvorljiva supstanca ekstrahuje iz čvrstog materijala, govori se o ekstrakciji čvrsto-tečno (Ponomarev, 1976).

Klasična ekstrakcija ili maceracija se najčešće primenjuje za dobijanje preparata prirodnih jedinjenja. Ona se izvodi šaržno, tako što se biljni material potapa u rastvarač, pri određenoj temperaturi i odnosu biljni material-rastvarač (Ponomarev, 1976). U novije vreme, ekstrakti se sve više dobijaju primenom nekonvencionalnih tehnika ekstrakcije, kao što su: super- i sub-kritična ekstrakcija ili ekstrakcija pod dejstvom električne energije, povišenog pritiska, mikrotalasa i ultrazvuka (Vinatoru, 2001).

Na kinetiku i efikasnost ekstrakcije utiču mnogi faktori: osobine i kvalitet biljnog materijala (geografsko poreklo, sadržaj vlage, stepen usitnjenosti, poroznost biljne sirovine), rastvarač, tehnika ekstrakcije, temperature, vreme procesa ekstrakcije i dr. (Kitanović i sar., 2008)

Cilj ovog rada bio je da se analizira uticaj temperature i vremena ekstrakcije na efikasnost ekstrakcije vanilinske kiseline iz semena bundeve, kao i da se ispita primenljivost hiperbolne jednačine za modelovanje kinetike ekstrakcije.

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet, Višegradska 33, Niš, Srbija (milanmitic83@yahoo.com)

<sup>2</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (pavlemaskovic@yahoo.com);

<sup>3</sup>Univerzitet u Nišu, Medicinski fakultet, Bulevar dr Zorana Đinđića 81, Niš, Srbija

## Materijal i metode rada

*Biljni materijal:* Za analizu su korišćene semenke bundeve kupljene u prodavnici zdrave hrane u Nišu, koje su sušene na sobnoj temperaturi i neposredno pre eksperimenta samlevene električnim blenderom.

*Ekstrakcija:* Ekstrakcija je vršena vodenim rastvorom etanola koncentracije 40% (v/v), pri hidromodulu  $20 \text{ cm}^3/\text{g}$  na temperaturama 25, 35 i  $45^\circ\text{C}$ .

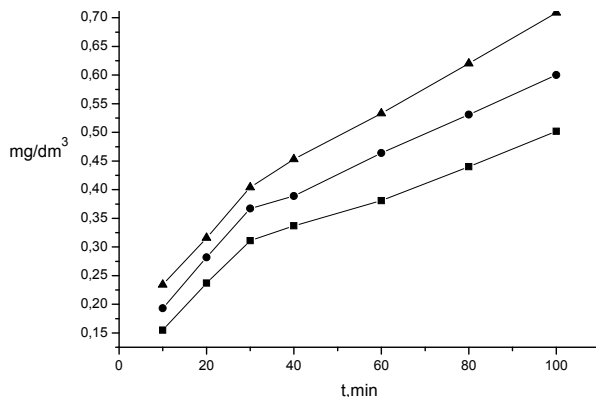
*Inicijalni sadržaj vanilinske kiseline u semenima tikve ( $q_0$ ):* Biljni materijal (2 g) se u erlenmajeru od  $250 \text{ cm}^3$  prelije sa  $100 \text{ cm}^3$  ekstrakcionog rastvarača (40 % etanol). Ekstrakcija je vršena postupkom maceracije u toku 120 minuta. Ekstrakti su odvojeni od ostatka filtriranjem kroz Whatman No. 1 filter papir. Nakon filtriranja, iscrpljena biljna sirovina se prelije sa istom zapreminom istog rastvarača, i macerira još 30 minuta, a zatim se filtrira i ispire sa  $20 \text{ cm}^3$  rastvarača. Ekstrakti se spoje i uparavaju, a zatim i suše pod vakumom na  $45^\circ\text{C}$  do konstantne mase. Osušeni, suvi i koncentrovani ekstrakti su rastvoreni u ekstrakcionom rastvaraču neposredno pre analize. Osušeni ekstrakti su pripremljeni tri puta, a rezultat je izražen kao srednja vrednost.

*HPLC analiza etanolnih ekstrakata semena bundeve:* Kao mobilna faza korišćen je sistem rastvarača: A – ( $\text{H}_2\text{O} + 5\% \text{HCOOH}$ ) i B – ( $80\% \text{HCN} + 5\% \text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O}$ ). Razdvajanje komponenti je izvedeno primenom sledećeg linearnog gradijenta: 0-28 min, 0% B; 28-35 min, 25% B; 35-40 min, 50% B; 40-45 min, 80% B, i na kraju poslednjih 10 min ponovo 0% B. Protok mobilne faze je iznosio  $0,8 \text{ ml/min}$ . Injektovano je  $5 \mu\text{L}$  rastvora uzorka, automatski, korišćenjem autosampler-a. Kolona je termostatisirana na temperaturi od  $30^\circ\text{C}$ . Vanilinska kiselina prisutna u ekstraktima je identifikovana poređenjem retencionih vremena i spektara sa retencionim vremenom i spektrom standarda za vanilinsku kiselinu.

Kvantifikacija vanilinske kiseline je izvršena metodom spoljašnjeg standarda. Pripremljen je osnovni rastvor standarda masene koncentracije  $1,0 \text{ mg/cm}^3$ , rastvaranjem u metanolu. Od ovog rastvora je pripremljena serija razblaženih rastvora standarda odgovarajućih masenih koncentracija. Konstruisana je kalibraciona kriva na osnovu dobijenih površina pikova u zavisnosti od masene koncentracije standarda. Iz dobijene jednačine linearne zavisnosti izračunate su masene koncentracije komponenti u ekstraktima.

## Rezultati istraživanja i diskusija

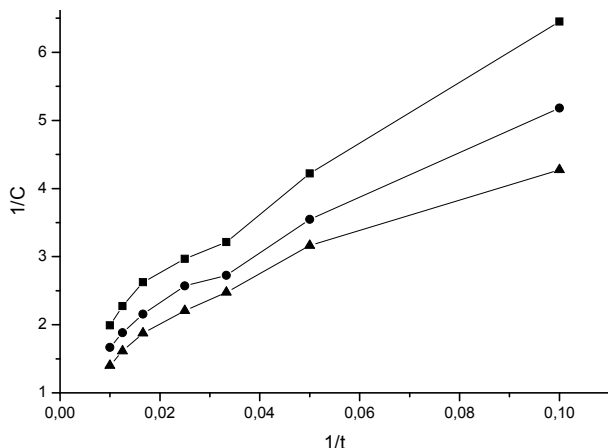
Rezultati određivanja sadržaja vanilinske kiseline u ekstraktima semena bundeve dobijenih ekstrakcijom 40% etanolom pri različitim temperaturama i vremenima ekstrakcije prikazani su na Slici 1. Prikazane zavisnosti pokazuju da se proces ekstrakcije odvija u dve faze. Na početku vanilinska kiselina koja se nalazi na površini čestica semena bundeve rastvara se u kratkom vremenskom periodu (za dvadesetak minuta), i ova faza je poznata kao ispiranje ili brza ekstrakcija. U drugoj fazi, poznatoj kao spora ekstrakcija, koncentracija vanilinske kiseline sve sporije raste i rezultat je difuzija vanilinske kiseline iz unutrašnjosti čestica semena bundeve.



Slika 1. Promena koncentracije vanilinske kiseline u toku ekstrakcije sa vodenim rastvorom etanola 40% (temperatura: ■-25°C; ●-35°C; ▲-45°C;)

Figure 1. Change of the vanilic acid concentration with time during extraction with aqueous 40% ethanol (temperatura: ■-25°C; ●-35°C; ▲-45°C;)

Modelovanje kinetike ekstrakcije vanilinske kiseline iz semena bundeve izvršeno je primenom hiperbolnog modela, koji se može predstaviti hiperbolnom funkcijom:  $c=c_{\max}(t/K_s+t)$ , gde je  $c$ -koncentracija vanilinske kiseline u ekstraktu u trenutku  $t$ ,  $c_{\max}$ -maksimalna koncentracija vanilinske kiseline koja se može postići pri datim uslovima ekstrakcije iz semena bundeve, a  $K_s$ -vreme posle kojeg koncentracija vanilinske kiseline u ekstraktu dostiže vrednost  $c_{\max}/2$ . Vrednosti kinetičkih parametara  $c_{\max}$  i  $K_s$  mogu se izračunati iz linearnog oblika jednačine  $1/c=K_s/c_{\max} \cdot 1/t + 1/c_{\max}$ . Ova jednačina je više puta uspešno korišćena kod modelovanja kinetike ekstrakcije iz biljnog materijala (Menkiti i sar., 2015; Racketondramasy i sar., 2007). Slika 2 prikazuje zavisnost  $1/c$  od  $1/t$  za slučaj ekstrakcije vanilinske kiseline iz semena bundeve na 25, 35 i 45°C. Za izračunavanje parametara empirijskog modela zasnovanog na hiperbolnoj jednačini korišćeni su eksperimentalni podaci od 10 do 80 min, a izračunavanje je vršeno pomoću metode linearne regresije.



Slika 2. Zavisnost  $1/C$  od  $1/t$  za ekstrakciju vanilinske kiseline (vodeni rastvor etanola 40%; hidromodul  $20\text{ cm}^3/\text{g}$ ; temperatura: (temperatura: ■-25°C; ●-35°C; ▲-45°C;)  
 Figure 2. Plot of  $1/C$  versus  $1/t$  for the extraction of vanilic acid (aqueous solution of ethanol 40%; hydromodul  $20\text{ cm}^3/\text{g}$ ; temperature: (temperature: ■-25°C; ●-35°C; ▲-45°C;)

Vrednosti parametara dati su u Tabeli 1. Maksimalna koncentracija vanilinske kiseline iz semena bundeve ( $0,710\text{ g}/\text{dm}^3$ ) izračunata prema modelu zasnovanom na hiperbolnoj jednačini dobijena je pri ekstrakciji 40% (v/v) etanolom pri 45°C. Takođe, najveće skraćenje vremena potrebnog da koncentracija ekstrahovane vanilinske kiseline dostigne polovinu svoje maksimalne vrednosti zabeleženo je u slučaju ekstrakcije 40% (v/v) etanolom pri 45°C.

Tabela 1. Vrednosti koeficijenata  $c_{\max}$  i  $K_s$  u jednačinama kinetike ekstrakcije vanilinske kiseline

Table 1. The value of  $c_{\max}$  and  $K_s$  coefficients in the equations of extraction kinetics of vanilic acid

	$c_{\max}, \text{g}/\text{dm}^3$	$K_s, \text{min}$
25°C	0,569	26,83
35°C	0,647	23,94
45°C	0,710	20,90

Prihvatljivost kinetičkog modela je ocenjena na osnovu slaganja kinetičkih jednačina sa eksperimentalnim podacima, odnosno na osnovu vrednosti koeficijenata linearne korelacije ( $R^2$ ), vrednosti standardne devijacije (SD) i na osnovu vrednosti korena kvadratnog srednjeg odstupanja (RMS) izračunatih od eksperimentalnih vrednosti koncentracija vanilinske kiseline. Usvojeno je da je model prihvatljiv ukoliko je srednja vrednost odstupanja izračunatih od eksperimentalnih vrednosti sadržaja ekstraktivnih supstanci manja od  $\pm 10\%$ .



Tabela 2. Procentne vrednosti RMS, SD i  $R^2$  za različite temperature  
 Table 2. Percentage RMS, SD and  $R^2$  for different temperatures

	% RMS	% SD	% $R^2$
25°C	5,07	5,03	97,84
35°C	3,60	3,93	98,42
45°C	5,77	6,30	96,58

Na osnovu rezultata prikazanih u Tabeli 2 može se zaključiti da su jednačine hiperbolnog modela primenljive za opisivanje kinetike ekstrakcije vanilinske kiseline iz semena bundeve u periodu i brze i spore ekstrakcije.

### Zaključak

Ispitivanjem kinetike ekstrakcije utvrđeno je da postoje brzi i spori process ekstrakcije. Sadržaj vanilinske kiseline određen je HPLC metodom. Najveći sadržaj vanilinske kiseline pokazao je ekstrakt dobijen na 45°C u vremenu od 100 minuta. Za modelovanje kinetike ekstrakcije vanilinske kiseline iz semena bundeve maceracijom primenjen je hiperbolni model koji je pokazao dobro slaganje sa ekperimentalnim podacima.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta TR 31060 koji finansira ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja republike Srbije.

### Literatura

- Ponomaryov V.D. (1976). Medicinal Herbs Extraction, Medicina, Moscow
- Vinatoru M. (2001). An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. Ultrasonic Sonochemistry. 8 (3): 303-313.
- Kitanović S., Milenović D., Veljković V.B. (2008). Empirical kinetic models for the resinoid extraction from aerial parts of St. John,s wort (*Hypericum perforatum*L.). Biochemical Engineering Journal. 41: 1-11.
- Menkity M.C., Agu C.M., Udeigwe T.K. (2015). Extraction of oil from Terminalia catappa L.: Process parameter impacts, kinetics, and thermodynamics. Industrial Crops and Products. 77: 713-723.
- Rackotondramasy R.L., Haret J.L., Porte C., Faudet H. (2007). Solid-liquid extraction of protopiine from *Fumaria officinalis* L-analysis determination, kinetic reaction and model builing. Sep. Purif. Technol. 54: 253-261.

## KINETICS OF EXTRACTION OF VANILLIC ACID FROM PUMPKIN SEEDS

*Milan Mitić<sup>1</sup>, Pavle Mašković<sup>2</sup>, Nemanja Miletić<sup>2</sup>, Snežana Mitić<sup>1</sup>,  
Gordana Kocić<sup>3</sup>*

### Abstract

In this study, the extraction of vanillic acid from pumpkin seeds, using the maceration process, were investigated. The influence of temperature (25-45°C) and time (10-100 min) on the content of vanillic acid in extracts was confirmed. Based on the experimental results of the extraction of kinetics, a modeling of pumpkin seeds-40% ethanol (v/v) extraction system was performed using hyperbolic model. Also, based on the average values of the RMS, SD and R<sup>2</sup>, it was found that the hyperbolic model show acceptable agreement.

**Key words:** kinetic of extraction, pumpkin seeds, vanilic acid, hyperbolic model

---

<sup>1</sup>University of Niš, Faculty of Science and Mathematics, Višegradska 33, Niš, Serbia (milanmitic83@yahoo.com)

<sup>2</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia (pavlemaskovic@yahoo.com)

<sup>3</sup>University of Niš, Faculty of Medicine, dr Zorana Đinđića 81, Niš, Serbia

## UTICAJ PRIRODNOG EKSTRAKTA RUZMARINA NA OKSIDATIVNU STABILNOST PRŽENOG KUKURUZNOG ČIPSA

Marko Petković<sup>1</sup>, Duška Dimitrijević<sup>2</sup>, Vladimir Filipović<sup>3</sup>, Jelena Filipović<sup>4</sup>

**Izvod:** U ovom radu posmatran je uticaj prirodnog ekstrakta ruzmarina na promenu oksidativne stabilnosti i senzornih osobina kukuruznog čipsa bez antioksidansa, sa antioksidansom i antioksidansom i semenkama lana (4%). Prirodni ekstrakt ruzmarina Synerox HT (antioksidans) dodat je u količini od 1250 ppm (0,125%) na količinu palminog ulja za prženje kukuruznog čipsa. Kukuruzni čips bez antioksidansa nakon 3. meseca čuvanja u laboratorijskim uslovima (30 °C), već je blago užegao (1,53 mg malonaldehida kg<sup>-1</sup> gotovog proizvoda). Kukuruzni čips sa antioksidansom ne pokazuje znake užeglosti nakon 4. meseca čuvanja u laboratorijskim uslovima (1,05 mg malonaldehida kg<sup>-1</sup> gotovog proizvoda).

**Ključne reči:** ruzmarin, kukuruzni čips, akrilamid, TBA test, lan.

### Uvod

Prirodni ekstrakti mnogih biljaka imaju različite antioksidativne aktivnosti na masti i ulja. Jedan od najdominantnijih uticaja ima prirodni ekstrakt ruzmarina (*Rosemarinus officinalis*, Che Man Y. B. i Tan C. P., 1999). Antioksidansi se dodaju mastima, uljima i hrani koja sadrže masti/ulja radi inhibiranja produkata oksidacije nezasićenih masnih kiselina (Houlihan i Ho, 1985). Prva upotreba ekstrakta ruzmarina kao antioksidansa datira iz 1955. godine; on štiti prirodne tokoferole ulja i “lovi” radikale superoksida (Yanishlieva i sar., 2006).

Kukuruzni čips jedan je od popularnijih snek proizvoda. Često se poistovećuje sa nazivom tortilja čips, koji dolazi iz Meksika (Gomez i sar., 1992). Proces proizvodnje kukuruznog (tortilja) čipsa podrazumeva kuvanje kukuruza u alkalnoj sredini, močenje (natapanje), pranje i mlevenje. Tako dobijena samlevena kukuruzna masa (kukuruzno testo) se mesi i oblikuje, a zatim peče i prži (Serna-Saldivar i sar., 1990). Udeo ulja u kukuruznom čipsu varira u intervalu 21 – 34% i zavisi od vrste kukuruza i tehnološkog postupka (proces kuvanja i mlevenja, pečenje, hlađenje nakon pečenja tj. ekvibracija itd., Lee, 1991).

Prženje hrane u ulju (*deep-fat frying*) je jedan od najpopularnijih metoda za pripremanje hrane. Lipidna oksidacija je proces koji se dešava tokom prženja, pri čemu se menja kvalitet pržene hrane. Lipidna oksidacija dovodi do promena u funkcionalnim, senzornim i nutritivnim vrednostima hrane, dovodeći u pitanje njenu zdravstvenu ispravnost (Che Man, 1999). Švedska nacionalna agencija za hranu objavila je 2002.

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (marko.petkovic@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>Vitiva d.d., Nova vas pri Markovcih 98, 2281 Markovci, Slovenija;

<sup>3</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet u Novom Sadu, Bulevar Cara Lazara 1, Novi Sad, Srbija;

<sup>4</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Naučni institut za prehrambene tehnologije u Novom Sadu, Bulevar Cara Lazara 1, Novi Sad, Srbija.

godine podatke o povećanju nivoa akrilamida u pečenim i prženim proizvodima (Taeymas i sar., 2004).

Akrilamid (2-propenamid, CAS No. 79-06-1) je bezbojna čvrsta supstanca, bez mirisa; rastvorljiva je u vodi, etanolu i acetonu (Smith i sar., 1997). Prema Weisshaar-u (2004), za formiranje akrilamida u termički tretiranoj hrani, potrebno je da budu ispunjena četiri uslova: prisustvo slobodnog asparagina, prisustvo slobodnih redukujućih šećera (jedan od produkata razgranje šećera na visokoj temperaturi jesu redukujući šećeri, koji ubrzavaju stvaranje akrilamida), nizak nivo vode (na površini hrane) i temperatura  $> 100^{\circ}\text{C}$ . Najčešći mehanizam za formiranje akrilamida je Maillard-ova reakcija, između aminokiseline asparagina i redukujućih šećera (Weisshaar, 2004). Takođe, oksidovani i neoksidovani lipidi doprinose konverziji asparagina u akrilamid, gde se neoksidovani lipidi prvo moraju oksidovati (Zamora i Hidalgo, 2008). Tokom prženja trigliceridi se delimično hidrolizuju a zatim sledi dehidracija glicerola u akrolein. Akrolein lako oksiduje u akrilnu kiselinu koja reaguje sa amonijakom, formirajući akrilamid (Gertz i Klostermann, 2002). Akrolein se može javiti tokom pirolize triacilglicerola, pri čemu se monoacilgliceroli na temperaturama  $> 150^{\circ}\text{C}$  lako razgrade do akroleina i slobodnih masnih kiselina. Hidrolitička razgradnja ulja, dakle, može biti predkursor formiranja akrilamida (Mestdagh i sar., 2007).

Jedna od najzastupljenijih metoda za određivanje oksidativnih promena u hrani je metoda sa 2-tiobarbiturnom kiselinom (TBA). Metoda je zasnovana na spektrofotometrijskom merenju crvenog jedinjenja, koje se obrazuje između 2-tiobarbiturne kiseline i malonaldehida pri termičkom tretmanu (pečenje, prženje) (Schmedes i Høllmer, 1989). Malonaldehid je produkt sekundarne oksidacije polinezasićenih masnih kiselina (Tarladgis i sar., 1960).

Cilj ovog rada je ispitivanje oksidativne stabilnosti i senzornih osobina kukuruznog čipsa, sa dodatkom prirodnog ekstrakta ruzmarina kao antioksidansa i lana, kao dodatka kukuruznom čipsu.

### Materijal i metode rada

*Eksperiment:* Eksperiment je izveden u industrijskim uslovima, sa ciljem da se utvrdi oksidativna stabilnost kukuruznog čipsa tj. produži njegov rok trajanja. Kukuruzni čips prolazi kroz 2 termička tretmana: pečenje (na temperaturi  $360 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ) i prženje u palminom ulju ( $180 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ). Prvi ispitivani uzorak je kukuruzni čips bez antioksidansa (prirodnog ekstrakta ruzmarina), drugi uzorak sadrži semenke lana (4 %, na gotov proizvod) i antioksidans Synerox HT, u količini od 1250 ppm na količinu ulja za prženje, dok treći uzorak sadrži samo antioksidans Synerox HT, u identičnoj količini. Analizirani uzorci dobijeni su nakon 3h prženja u svežem palminom ulju (sadržaj ukupnih polarnih masnoća palminog ulja % TPM = 8 – 9).

*Materijal:* Synerox HT je prirodni ekstrakt ruzmarina (*Rosmarinus officinalis*); sadrži biljno ulje i citrate (E 472c, citratni estri mono- i digliceridi masnih kiselina). Udeo antioksidanasa (polifenola), izražen kao karnozinska kiselina i karnozol, je min 4,2% (42000 ppm,  $42 \pm 1\text{mg g}^{-1}$ , Product specification, 2014). Kukuruz za izradu čipsa je domaći hibrid ZP 633. Palmina mast (RBD, refined bleached and deodorized – rafinisana, beljena i deodorisana), dobijena je od palme (*Elaeis guineensis*).

*Metode:* Metode koje su korišćenje za definisanje kvaliteta ulja su standardne AOAC metode za indeks refrakcije, gustinu, saponifikacioni, kiselinski i jedni broj, sadržaj vode, peroksidni broj itd. (Codex Stan, 1999; AOCC, 1990).

*Priprema uzoraka:* Ispitivani uzorci kukuruznog čipsa čuvaju se na temperaturi od 30°C. Jedan mesec čuvanja ispitivanih uzoraka na temperaturi od 30°C odgovara uzorku od 3 meseca starosti, koji je čuvan na sobnoj temperaturi. Analizirani su sveži uzorci i uzorci nakon 1, 2, 3 i 4 meseca čuvanja u laboratorijskim uslovima.

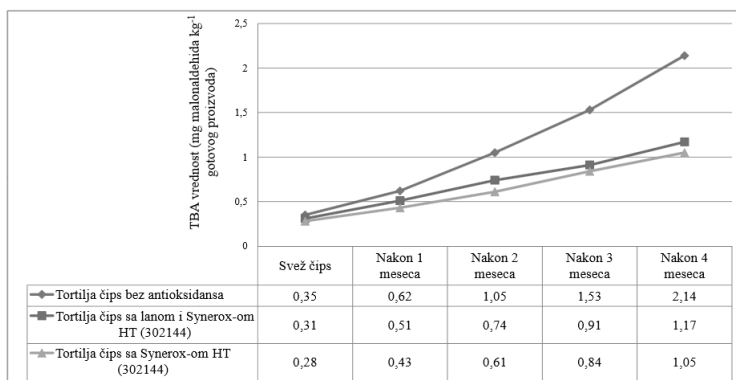
*TBA test:* ispitivani uzorci kukuruznog čipsa se samelju, a zatim na samlevenim uzorcima radi TBA test (test sa 2-tiobarbiturnom kiselinom). TBA test koristi se za određivanje oksidativnih promena – oksidativne užeglosti masti i hrane koja sadrži različite masti (Tarladgis i sar., 1960). Rezultat TBA testa izražava se u TBA jedinicama (miligrami malonaldehida po kilogramu gotovog proizvoda); proizvod je oksidativno stabilniji ako ima niže TBA vrednosti (Fernandez i sar., 1997).

*Senzorna analiza:* Senzornom analizom definiše se stepen užeglosti (oksidacije masti) u ispitivanom kukuruznom čipsu. Izražava se jedinicama 1 – 5; 1 – nije užegao proizvod (svež proizvod), 5 – veoma užegao proizvod. Senzorna analiza urađena je od strane iskusnih ocenjivača (Žlender, 1997).

## Rezultati istraživanja i diskusija

### TBA test

Nakon 1., 2., 3. i 4. meseca sadržaj malonaldehida kod svih ispitivanih uzoraka kukuruznog čipsa je povećan (Slika 1). Uzorak kukuruznog čipsa bez dodatog antioksidansa sadrži većinu sekundarnih proizvoda oksidacije malonaldehida, dok takve produkte najmanje sadrži uzorak kukuruznog čipsa sa dodatkom prirodnog ekstrakta ruzmarina Synerox HT.



Graf. 1. Rezultati TBA testa

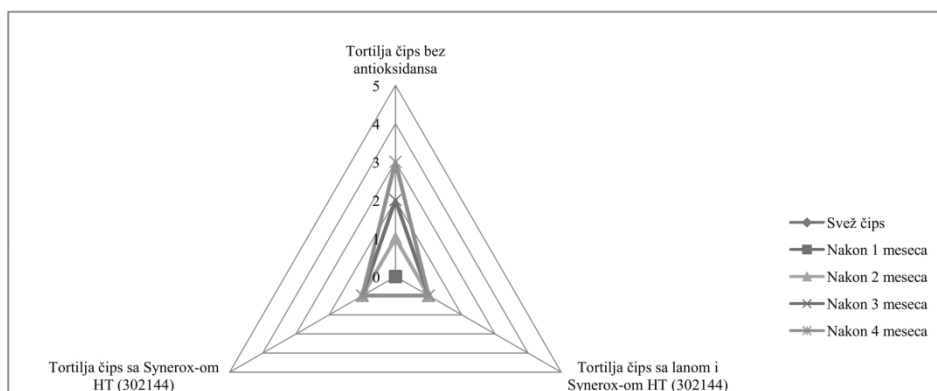
Graph. 1. Results of TBA test

Lan sadrži mnoge nezasićene masne kiseline, pre svega  $\alpha$ -linoleinsku kiselinu, u udelu 47 – 55%, koje su podložnije oksidaciji, pa je i sadržaj produkata sekundarne

oksidacije malonaldehida veći kod kukuruznog čipsa koji sadrži lan i antioksidans u odnosu na kukuruzni čips bez lana, sa antioksidansom. Dobijeni rezultati su u skladu sa rezultatima objavljenim od strane Brüher-a i saradnika (2008). Takođe, nešto veći sadržaj produkata sekundarne oksidacije u kukuruznom čipsu sa dodatkom lana daje mogućnost da se udeo lana u gotovom proizvodu poveća (> 4%). Pozitivan uticaj prirodnog ekstrakta ruzmarina Synerox HT na oksidativnu stabilnost kukuruznog čipsa je primetan, bez obzira na to da li kukuruzni čips sadrži lan kao dodatak. Najveću oksidativnu stabilnost ima uzorak kukuruznog čipsa sa dodatkom prirodnog ekstrakta ruzmarina Synerox HT i bez dodatka lana.

### Senzorna analiza

Nakon 1. i 2. meseca ispitivani uzorci kukuruznog čipsa su sveži, bez stranog ukusa i užeglog mirisa (Slika 2). Nakon 3. i 4. meseca ispitivani uzorci kukuruznog čipsa sa dodatkom prirodnog ekstrakta ruzmarina Synerox HT su sveži, bez stranog ukusa i užeglog mirisa, dok je kukuruzni čips bez dodatog antioksidansa već blago užegao posle 3. meseca, dok je posle 4. meseca primetna osetna užeglost.



Graf. 2. Rezultati senzorne analize  
Graph. 2. Results of sensory analysis

### Zaključak

Posle 1., 2., 3. i 4. meseca očigledno je da prirodni ekstrakt ruzmarina Synerox HT štiti kukuruzni čips od oksidacije i poboljšava oksidativnu stabilnost kukuruznog čipsa sa rokom trajanja. Kukuruzni čips sa lanom i prirodnim ekstraktom ruzmarina je blago nestabilniji (oksidativno nestabilniji) u odnosu na čips bez lana i sa prirodnim ekstraktom ruzmarina, kao posledica dodatka semenki lana. Udeo lana u kukuruznom čipsu može se povećati iznad 4%, uz dodatak prirodnog ekstrakta ruzmarina kao antioksidansa. Prirodni ekstrakt ruzmarina može da sačuva svojstvene senzorne osobine kukuruznog čipsa i nakon 6 meseci trajanja (2 meseca u laboratorijskim uslovima), a čak može i udvostručiti rok trajanja kukuruznog čipsa, bez uticaja na njegove senzorne osobine.

## Napomena

Autori ovog rada zahvaljuju se kompanijama AD Čokolend – Paraćin (Srbija) i Vitiva d.d. – Markovci (Slovenija) na nesebičnoj saradnji i pružanju stručne pomoći.

## Literatura

- AOAC (1990). Official Methods of analysis of association of official analytical chemists. 15th ed. Association of official analytical chemists. Washington DC.
- Brüher L., Matthäus B., Scheipers A., Hofmann T. (2008). Bitter off-taste in stored cold-pressed linseed oil obtained from different varieties. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 110: 625–631.
- Che Man Y. B., Tan C. B. (1999). Effects of natural and synthetic antioxidants on changes in refined, bleached, and deodorized palm olein during deep-fat frying of potato chips. *Journal of the American oil chemists' society*. Vol 96 (3): 331–339. doi:10.1007/s11746-999-0240-y
- Codex Stan (1999). Recommended methods of analysis and sampling. ISO/IEC 17025: 1–48. Dostupno: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/agns/pdf/CXS\\_234e.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/CXS_234e.pdf)
- Fernandez J., Perez-Alvarez J., Fernandez-Lopez J. (1997). Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry* 59(3): 345–353.
- Gertz C., Klostermann S. 2002. Analysis of acrylamide and mechanisms of its formation in deep-fried products. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104: 762–771.
- Gomez M. H., Lee J. K., McDonough C. M., Waniska R. D., Rooney L. W. (1992). Corn Starch changes during tortilla and tortilla chip processing. *Cereal chemists* 69 (3): 275–279.
- Houlihan C. M., HO C. T. (1985). Natural antioxidants, in flavor chemistry of fats and oils. *American oil chemists' society*. Champaign: 117.
- Lee J. K. (1991). Effect of processing conditions and maize varieties on physicochemical characteristics of tortilla chips. Ph.D. dissertation, Texas A & M University, College Station.
- Mestdagh F., Lachat C., Baert K., Moons E., Kolsteren P., Van Peteghem C., De Meulenaer B. 2007. Importance of a canteen lunch on the dietary intake of acrylamide. *Molecular Nutrition and Food Research*, 51, 5: 509-516.
- Product specification (2014). Synerox HT (product code 302144). Vitiva, 1–2. Markovci, Slovenija: Vitiva d.d.
- Schmedes A., Helmer G. (1989). A new thiobarbituric acid(TBA) method for determining free malondialdehyde (MDA) and hydroperoxides selectively as a measure of lipid peroxidation. *Journal of the American oil chemists' society*. Vol 66 (6): 331–339. doi:10.1007/BF02653674
- Serna-Saldivar S. O., Gomez M. H., Rooney L. W. (1990). Technology, chemistry, and nutritional value of alkaline-cooked corn products. *Advances in Cereal Science and Technology*. Vol. 10: 243–307. Y. Pomeranz, ed. Am. Assoc. Cereal Chem.: St. Paul, MN.

- Smith E.A., Prues S.L., Oehme F.W. 1997. Enviromental degradation of polyacrilamides. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 37: 76-91.
- Tatladgis G., Watts B. M., Younathan M. T. 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 37, 1: 44–48.
- Taeymans D., Wood, J., Ashby, P., Blank, I., Studer, A., Stadler, R. H., Gondé P., Van Eijck P., Lalljie S., Lingnert H., Lindblom M., Matissek R., Müller D., Tallmadge D., O'Brien J., Thompson S., Silvani D., Whitmore, T. 2004. A review of acrylamide: An industry perspective on research, analysis, formation, and control. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44: 323-347.
- Weissnar R. 2004. Acrylamide in heated potato products – analytics and formation routes. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106: 786-792.
- Yanishlieva N. V., Marinova E., Pokorný J. 2006. Natural antioxidants from herbs and spices. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108, 9: 776-793.
- Zamora R., Hidalgo F.J. 2008. Contribution of lipid oxidation products to acrylamide formation in model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 6075-6080
- Žlender B. (1997). *Senzorična kakovost perutninskih izdelkov*. V: *Strokovni seminar in prezentacija*. Ptuj, Perutnina Ptuj: 10.

## EFFECTS OF NATURAL EXTRACT OF ROSEMARY ON THE OXIDATIVE STABILITY OF DEEP-FRIED CORN CHIPS

*Marko Petković<sup>1</sup>, Duška Dimitrijević<sup>2</sup>, Vladimir Filipović<sup>3</sup>, Jelena Filipović<sup>4</sup>*

### Abstract

In this paper, the effects of the natural extract of rosemary on oxidative stability and the sensory properties of corn chips without antioxidant, with antioxidant and antioxidant and linseed (4%) was observed. The natural extract of rosemary Synerox HT (antioxidant) was added in an amount of 1250 ppm (0.125%) on the amount of palm oil for frying the corn chips. Corn chips without antioxidant after 3 months of storage in laboratory conditions (30 °C), is already slightly rancid (1.53 mg of malonaldehyde kg-1 of the final product). Corn chips with antioxidant do not show signs of rancidity after 4 months of storage in laboratory conditions (1.05 mg of malonaldehyde kg-1 of the final product).

**Key words:** rosemary, corn chips, acrylamide, TBA test, linseed.

---

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia (marko.petkovic@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>Vitiva d.d., Nova vas pri Markovcih 98, 2281 Markovci, Slovenija;

<sup>3</sup>University of Novi Sad, Faculty of Technology Novi Sad, Bulevard Cara Lazara 1, Novi Sad, Serbia;

<sup>4</sup>University of Novi Sad, Institute of food technology, Bulevard Cara Lazara 1, Novi Sad, Serbia.



## **UTICAJ TERMIČKOG TRETMANA NA HIGIJENSKI KVALITET MLEKA**

*Aleksandra Petrović<sup>1</sup>, Slobodanka Stanojević-Nikolić<sup>2</sup>, Milan Nikolić<sup>2</sup>*

**Izvod:** U sprovedenom ispitivanju analiziran je uticaj režima pasterizacije i sterilizacije na higijenski kvalitetet sirovog i termički tretiranog mleka. Ispitivanja su obavljena u mlekari „MEGGLE Srbija, d.o.o.“ u Kragujevcu. Primenjene su sledeće metode termičke obrade: kratkotrajna HTST pasterizacija sirovog mleka na 75°C, visoka HTST pasterizacija sirovog mleka na 95°C i protočna UHT sterilizacija na 139°C prethodno pasterizovanog mleka na 75°C. Efikasnost termičkih tretmana na higijenski kvalitet mleka utvrđivana je sledećim mikrobiološkim analizama: određivanjem ukupnog broja bakterija indirektnom metodom po Koch-u i metodom interne analize koja se primenjuje u mlekari „MEGGLE Srbija, d.o.o.“. Na osnovu obavljenih ispitivanja ustanovljena je značajna redukcija broja bakterija nakon procesa pasterizacije uzoraka mleka i njihova potpuna inhibicija nakon procesa sterilizacije.

**Ključne reči:** mleko, pasterizacija, sterilizacija, kvalitet.

### **Uvod**

Zbog svoje visoke nutritivne vrednosti, mleko predstavlja važnu namirnicu u ishrani ljudi. Sa druge strane, mleko je i povoljna sredina za razvoj mikroorganizama koji mogu dovesti do njegovog kvarenja i dobijanja proizvoda lošijeg kvaliteta. Takođe, prisustvo patogenih mikroorganizama može ugroziti zdravlje ljudi koji takvo mleko konzumiraju. Zbog toga je od velikog značaja da proizvođači i prerađivači mleka primenjuju sve potrebne higijenske mere kojima bi se sprečilo potencijalno prisustvo i inhibirala aktivnost kontaminenata u mleku. Higijenski ispravno mleko predstavlja mleko sa malim brojem mikroorganizama, niskim sadržajem somatskih ćelija i rezidua (Petrović i sar., 2006.). Higijenski kvalitet mleka zavisi od većeg broja faktora od kojih su najznačajniji zdravstveno stanje muzne životinje, način muže i postupanje sa mlekom nakon muže. Danas se veliki naponi ulažu u očuvanje kvaliteta sirovog mleka pri samoj proizvodnji, sprovođenjem različitih aktivnosti kao što su: edukacija proizvođača, primena laktofriza, određivanje prisustva mikroorganizama kao kriterijuma koji određuje otkupnu cenu mleka i dr. (Petrović, 2017).

Sa ciljem da se dobije zdravstveno bezbedan proizvod visokog kvaliteta i produži trajnost mleka i mlečnih proizvoda, primenjuju se procesi termičke obrade koji predstavljaju obaveznu fazu u procesu prerade. Iako postoje novije metode obrade mleka, procesi pasterizacije i sterilizacije se najčešće primenjuju u mlekarama

Osnovni cilj procesa pasterizacije je inhibicija patogenih mikroorganizama i produženje trajnosti proizvoda. Pasterizacijom se uništavaju gotovo svi prisutni mikroorganizmi, sa izuzetkom termorezistentnih sojeva i spora. Pravilno izvedena pasterizacija mleka na temperaturama do 100°C može redukovati i do 99,9% prisutnih

---

<sup>1</sup>(petrovic.aleksandra@live.com);

<sup>2</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija

mikroorganizama (FDA, 2009). Pasterizacijom se produžava rok trajanja mleka 10-20 dana uz imperativ čuvanja na 6°C (Fromm i Boor, 2004).

Sterilizacija mleka je termički tretman koji podrazumeva primenu temperature više od 100°C i ima za cilj inhibiranje svih vegetativnih ćelija mikroorganizama i njihovih spora. Sterilisano mleko se aseptičnim punjenjem pakuje u sterilnu i hermetički zatvorenu ambalažu i predstavlja dugotrajan proizvod, koji se može skladištiti na sobnoj temperaturi (Gedam, 2007).

Cilj ovog rada je bio potvrda efikasnosti procesa pasterizacije i sterilizacije na izmenjivačima toplote i utvrđivanje stepena redukcije obima bakterija, komparacijom rezultata dobijenih za sirovo mleko i mleko nakon termičkih tretmana pasterizacije i sterilizacije.

### **Materijal i metode rada**

Za ispitivanje efikasnosti metoda termičke obrade mleka korišćeno je sirovo sabirno mleko sa područja centralne Srbije. Sprovedena ispitivanja obavljena su u laboratorijama mlekare “MEGGLE Srbija, d.o.o.” u Kragujevcu.

Ispitivanje efikasnosti termičkih tretmana obuhvatalo je sledeće režime: (a) kratkotrajnu HTST pasterizaciju na 75°C sirovog mleka klase I i klase II; (b) visoku HTST pasterizaciju na 95°C prethodno pasterizovanog mleka na 75°C, dobijenog od sirovog mleka klase II i (c) protočnu UHT sterilizaciju na 139°C prethodno pasterizovanog mleka na 75°C, dobijenog od sirovog mleka klase I.

Analizirano je ukupno 6 uzoraka: Uzorak I - sirovo mleko klase I; Uzorak II - sirovo mleko klase II; Uzorak III - mleko nakon kratkotrajne pasterizacije sirovog mleka klase I; Uzorak IV - mleko nakon kratkotrajne pasterizacije sirovog mleka klase II; Uzorak V - mleko nakon sterilizacije uzorka III i Uzorak VI - mleko nakon visoke pasterizacije uzorka IV.

Kratkotrajna HTST pasterizacija na 75°C u trajanju od nekoliko sekundi i boravku u zadrživaču 15s, primenjena je kod uzorka sirovog mleka (Uzorak I i Uzorak II). Pasterizacija je obavljena u pločastom protivstrujnom izmenjivaču Alfa Laval, tip CLIP 8-RM. Prethodno je izvršena separacija mleka na separatoru Westfalia, tip MSD 130-01-076. Visoka HTST pasterizacija na 95°C obavljena je kod prethodno pasterizovanog uzorka mleka na 75°C (Uzorak IV) u pločastom protivstrujnom pasterizatoru Alfa Laval FRONT6-FRD. Protočna UHT sterilizacija na temperaturi od 139°C je sprovedena kod uzorka prethodno pasterizovanog mleka na 75°C (Uzorak III). Proces sterilizacije mleka je obavljen u cevastom izmenjivaču toplote, sa snopom cevi i omotačem, na uređaju Tetra Spiraflo MTR. Neposredno pre tretiranja visokom temperaturom izvršena je homogenizacija mleka na homogenizatoru Tetra Alex M6.

Mikrobiološke analize uzoraka mleka obuhvatale su ispitivanje uticaja režima pasterizacije na smanjene broja bakterija kod početne sirovine (sirovog mleka), kao i proveru sterilnosti dobijenih uzoraka mleka nakon procesa sterilizacije. Za ispitivanje uticaja procesa pasterizacije na ukupan broj bakterija (UBB) primenjena je indirektna metoda po Koch-u (Radulović i Petrušević, 2011).

Ispitivanje uticaja procesa sterilizacije na brojnost bakterija obavljeno je prema internom protokolu koji se sprovodi u mlekari “MEGGLE Srbija, d.o.o.” u Kragujevcu (Interni pravilnik mlekare Meggle, 2012).

### Rezultati istraživanja i diskusija

U Tabeli 1 prikazani su rezultati za ukupan broj bakterija u uzorcima sirovog (Uzorak I i Uzorak II) i pasterizovanog mleka (Uzorak III, Uzorak IV i Uzorak VI).

Ukupan broj bakterija u ispitivanim uzorcima sirovog mleka kretao se od  $2,6 \times 10^5$  /mL (Uzorak I) do  $9,9 \times 10^5$  ćelija/mL (Uzorak II). Do sličnih rezultata došli su Petrović i sar. (2006.) koji su utvrdili da je prosečan broj bakterija u sirovom mleku iznosio  $8,4 \times 10^5$  ćelija/mL. Dobijene vrednosti za UBB uzoraka sirovog mleka bile su u saglasnosti sa Pravilnikom o kvalitetu sirovog mleka („Sl. glasnik RS”, br. 21/2009), s tim da je kod Uzorka II zapažen izuzetno veliki broj bakterija koji je blizu maksimalno propisanih vrednosti.

Primenom različitih režima termičke obrade kod ispitivanih uzoraka mleka ustanovljena je značajna redukcija broja bakterija (Tabela 1). Nakon kratkotrajne pasterizacije Uzorka I na temperaturi od  $75^\circ\text{C}$  ukupan broj bakterija se smanjio oko 10 puta i kod Uzorka III iznosio je  $2,7 \times 10^4$  ćelija/mL. Iz Tabele 1 se može zapaziti da je primenjeni termički tretman Uzorka I doveo do značajne redukcije broja bakterija i da su dobijene vrednosti za ukupan broj bakterija kod uzorka pasterizovanog mleka (Uzorak III) u okviru granica propisanih važećim Pravilnikom („Sl. glasnik RS”, 6p. 33 18/2010).

Tabela 1. Ukupan broj bakterija u uzorcima sirovog i pasterizovanog mleka  
*Table 1. Total number of bacteria in samples of raw and pasteurized milk*

Uzorcima mleka <i>Milk samples</i>	Ukupan broj bakterija/mL <i>Total number of bacteria/mL</i>
Uzorak I	$2,6 \times 10^5$
Uzorak II	$9,9 \times 10^5$
Uzorak III	$2,7 \times 10^4$
Uzorak IV	$1,7 \times 10^5$
Uzorak VI	$6,3 \times 10^2$

Primenom kratkotrajne pasterizacije na temperaturi od  $75^\circ\text{C}$  kod uzorka sirovog mleka kategorije II (Uzorak II) broj bakterija se nakon pasterizacije (Uzorak IV) smanjio za oko 6 puta i iznosio je  $1,7 \times 10^5$  ćelija/mL. Kako je u pasterizovanom mleku (Uzorak IV) i dalje bio zastupljen veliki broj bakterija, sa ciljem da isti bude sveden na prihvatljiv, obavljen je ponovni tretman termičke obrade primenom visoke pasterizacije na temperaturi od  $95^\circ\text{C}$ . Do sličnih rezultata došli su Habeš (2002.) i Saxena i Rai (2013.). Ovi autori takođe navode da jednostepena termička obrada procesom sterilizacije sirovog mleka sa prosečnim ukupnim brojem bakterija od  $9,3 \times 10^5$  ćelija/mL nije dovoljno efikasana i da sterilizovani uzorci mogu sadržati UBB čak 100 ćelija/mL. Visoka pasterizacija fermentnog mleka (uzorak IV) na  $95^\circ\text{C}$  značajno je redukovala broj bakterija. Broj bakterija u pasterizovanom mleku nakon visoke pasterizacije (uzorak VI) je iznosio  $6,3 \times 10^2$  ćelija/mL, što je u skladu sa važećim Pravilnikom o kvalitetu proizvoda od mleka i starter kultura („Sl. glasnik RS”, 6p. 33 18/2010).

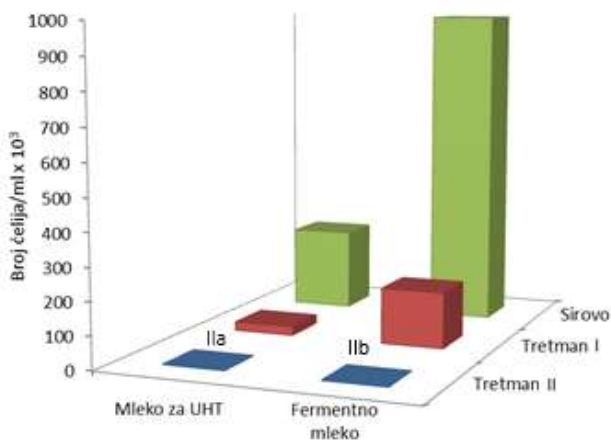
U Tabeli 2 prikazani su rezultati ispitivanja prisustva bakterija u uzorcima sterilisanog mleka (Uzorak V).

Tabela 2. Rezultati ispitivanja prisustva bakterija u uzorcima sterilizovanog mleka  
*Table 2. Results of testing the presence of bacteria in samples of sterilized milk*

Sterilizovani uzorak mleka (Uzorak V) <i>Sterilized milk sample (Sample V)</i>	Prisustvo/odsustvo rasta bakterija na pločama <i>Presence/absence of growth of bacteria on plates</i>
Petri ploča 1	nema rasta
Petri ploča 2	nema rasta
Petri ploča 3	nema rasta

Pasterizovano mleko nakon kratkotrajne pasterizacije (Uzorak III) je dalje korišćeno za ispitivanje termičkog režima sterilizacije na temperaturi od 139°C. Na osnovu podataka prikazanih u Tabeli 2 može se konstatovati da je nakon sterilizacije Uzorka III došlo do potpune inhibicije bakterija, odnosno u Uzorku V nije bilo zapaženog rasta. Dobijeni rezultati su bili u skladu sa važećim Pravilnikom („Sl. glasnik RS”, 6p. 33 18/2010).

Na Grfikonu 1 prikazan je uporedni pregled dobijenih rezultata prisustva bakterija pre (sirovo mleko I i II klase) i nakon termičke obrade (pasterizacije i sterilizacije) mleka.



Grafikon 1. Prisustvo bakterija u uzorcima mleka pre i nakon termičke obrade  
*Graph. 1. Presence of bacteria in milk samples before and after thermal treatment*

Tretman I podrazumevao je pasterizaciju sirovog mleka I i II klase na temperaturi od 75°C. Tretman II se odnosio na: tretman IIa - primenu procesa sterilizacije na temperaturi od 139°C prethodno pasterizovanog mleka (iz tretmana I), dobijenog preradom sirovog mleka I klase, i tretman IIb - primenu procesa visoke pasterizacije na temperaturi od 95°C prethodno pasterizovanog mleka (iz tretmana I) dobijenog preradom sirovog mleka II klase. Primenjeni režimi termičke obrade mleka imali su različiti učinak na smanjenje broja bakterija u ispitivanim uzorcima. Nakon tretmana I

ukupan broj bakterija se smanjio za 6 odnosno 10 puta, dok je visoka pasterizacija u okviru tretmana IIb, dovela do gotovo potpune redukcije broja bakterija u fermentnom mleku. Proces sterilizacije (tretman IIa) doveo je do potpune inhibicije bakterija prisutnih u ispitivanim uzorcima (Grafikon 1).

### **Zaključak**

Na osnovu obavljenog ispitivanja može se zaključiti da je sirovo mleko prve i druge klase bilo zadovoljavajućeg higijenskog kvaliteta i u skladu sa važećim Pravilnikom o kvalitetu sirovog mleka.

Primenom termičkog tretmana pasterizacije, broj bakterija u mleku se značajno redukovao, i bio je skladu sa vrednostima propisanim važećim Pravilnikom. Na taj način omogućena je dalja obrada mleka procesom sterilizacije, kao i dobijanje kvalitetnih fermentisanih proizvoda.

Proces sterilizacije doveo je do potpune inhibicije svih prisutnih bakterija, čime je dobijeno sterilno UHT mleko.

Generalno, sirovo mleko sa područja centralne Srbije i termički tretirano mleko u mlekari "MEGGLE Srbija, d.o.o." u Kragujevcu ispunjava sve radom obuhvaćene higijenske parametre kvaliteta koje propisuje zakonska regulativa Republike Srbije.

### **Literatura**

- FDA (2009). Grade A pasteurized milk ordinance. Food and Drug Administration, USA, pp: 1-26.
- Fromm H.I., Boor J.K. (2004). Characterization of pasteurized fluid milk shelf-life attributes, *Journal of Food Science*, 69, M-207-M214.
- Gedam K., Prasad R., Vijay K.V. (2007). The study on UHT processing of milk: A versatile option for rural sector. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 2, 49-53.
- Habeš S. (2002). Kvalitativno-kvantitativna analiza biodiverziteta mikroorganizama sirovog i pasterizovanog mlijeka. *Mljekarstvo*, 52, 291-313.
- Interni pravilnik mlekare Meggle za određivanje ukupnog broja bakterija u UHT mleku (12.2012., šifra dokumenta 03-8.2-MI-10).
- Niketić G., Mačej O., Jovanović S. (1998). Hemijske, biohemijske i mikrobiološke promene mleka termički tretiranog na temperaturi od 100-150°C. *Zbornik radova III Jugoslovenskog Simpozijuma Prehrambene tehnologije*, 613, Beograd.
- Petrović A. (2017). Uticaj termičkog tretmana na kvalitet mleka. Master rad, Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku.
- Petrović D.M., Petrović, M.M., Nenadović G., Kurćubić V., Marinkov V. (2006). Hemijski-mikrobiološki parametri kvaliteta sirovog kravljeg mleka. *Biotechnology in Animal Husbandry* 22 (5-6), 109-119.
- Petrović D.M., Petrović P.M., Kurćubić V. (2006a). Higijena mleka. <http://www.sirikajmak.rs/documents/higijena-mleka.pdf>
- Pravilnik o kvalitetu sirovog mleka („Sl. glasnik RS”, br. 21/2009).
- Pravilnik o kvalitetu proizvoda od mleka i starter kultura („Sl. glasnik RS”, br. 33/18/2010).

- Radulović Z., Petrušević M. (2011). Mikrobiološke metode analize hrane, Beograd, Poljoprivredni fakultet.
- Saxena M., Rai P. (2013). Microbiological and chemical analysis of raw, pasteurized and UHT milk during preservation in India. International Journal of ChemTech Research, 5(6), 2804-2809.

## THE IMPACT OF THERMAL TREATMENT ON HYGIENE QUALITY OF MILK

*Aleksandra Petrović<sup>1</sup>, Slobodanka Stanojević-Nikolić<sup>2</sup>, Milan Nikolić<sup>2</sup>*

### Abstract

In the conducted study, the influence of the pasteurization and sterilization regime on the hygienic quality of raw and thermally treated milk was analyzed. Tests were conducted in the dairy "MEGGLE Srbija, doo" in Kragujevac. The following methods of thermal treatment were applied: short-term HTST pasteurization of raw milk at 75°C, high HTST pasteurization of raw milk at 95°C and flow-through UHT sterilization at 139°C of previously pasteurized milk at 75°C. The efficiency of thermal treatments on the hygienic quality of milk was determined by the following microbiological analyzes: by determining the total number of bacteria by the indirect method by Koch and by the internal analysis method applied in the dairy "MEGGLE Srbija, doo". Based on the tests carried out, a significant reduction in the number of bacteria after the pasteurization process of milk samples and their complete inhibition after the sterilization process was determined.

**Key words:** milk, pasteurization, sterilization, quality.

---

<sup>1</sup>(petrovic.aleksandra@live.com);

<sup>2</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia

## QUALITY RED WINES: CHANGING THE CONTENT OF ANTHOCYANINS IN THE PROCESS OF RIPENING GRAPES

Vladimir Radovanović<sup>1</sup>, Dejan Stefanović<sup>2</sup>, Aleksandra Radovanović<sup>3</sup>, Jelena Mladenović<sup>4</sup>, Ljiljana Gojković Bukarica<sup>5</sup>

**Abstract:** The content of anthocyanins in grape affects the color and sensory properties of red wine. This paper deals with the quality of Cabernet Sauvignon wines examining changes in the content of anthocyanins in the process of ripening grapes. The HPLC results show that the skin extracts obtained from the early defoliation plants showed up to 6 % and corresponding wine up to 24 % increase of the content of total anthocyanins as compared to the extracts from the control grape and corresponding wine samples. Partial early defoliation may be an excellent tool for control of anthocyanins in grapes and may be employed as a management practice as parameter for quality of red wines.

**Key words:** *Vitis vinifera* L. grape, red wine, anthocyanins, defoliation

### Introduction

To obtain quality wine, it is important to know the physicochemical characteristics of the grape at the moment of maturity. The brightness, freshness, aroma and the biochemical quality of wine depend on fruit acidity at harvest. Low concentrations of anthocyanins lead to a lack of color in wine (Almanza et al., 2011). A programmed reduction in leaf is an efficient way of reducing yield, but improving the grape quality (Intrieri et al., 2008).

So far, the influence of microclimate of the quality of grapes and wines is investigated. It was found that the sunlight increases the content of total soluble solids in the plants, such as the sugars and the phenolic compounds, especially anthocyanins and reduced the concentration of malic acid, titratable acidity, the pH value and the potassium content. (Coombe, 1987; Crippen et al., 1986; Guidoni et al., 2008; Kliever et al., 1970; Pastore et al., 2013; Smart et al., 1985; Wolf et al., 1986).

The selective removal of grapevine leaves around berry clusters can improve the quality of ripening fruits by influencing the phenolic content at harvest. The outcome depends strongly on the timing of defoliation, which influences the source-sink balance and the modified microclimate surrounding the berries. Thus, defoliation can be implemented at any time between pre- or full-bloom and veraison.

---

<sup>1</sup>University of Niš, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Višegradska 33, Niš, Serbia (vlad\_maxa@yahoo.com);

<sup>2</sup>Agricultural Extension Education Service, Bukovski put, Negotin, Serbia;

<sup>3</sup>Faculty of Chemistry, Studentski trg 12-16, Belgrade, Serbia;

<sup>4</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija

<sup>5</sup>University of Belgrade, Medical Faculty, Dr. Subotica 1, Belgrade, Serbia

The photosynthetic activity of basal leaves at veraison is lower than that of intermediate and apical leaves, so defoliation at this stage has a strong impact on light and temperature exposure. In contrast, the removal of basal leaves before flowering affects the source–sink balance significantly, reducing yields and improving berry quality in many cultivars and vineyard environments (Intrieri et al., 2008; Poni et al., 2009).

Biosynthesis of phenolic compounds is one process most impaired by defoliation in berries but the outcome seems dependent on the timing of defoliation and on the genotype (Cortell et al., 2007; Pereira et al., 2006).

In this work we investigated the content of anthocyanins in Cabernet Sauvignon grape during ripening and corresponding red wines, using HPLC analysis.

### Material and methods

*Chemicals:* Malvidin-3-glucoside chloride was supplied from Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO). Acetonitrile, methanol and formic acid, were obtained from Merck (Darmstadt, Germany). The reagents used were of analytical quality.

*Samples:* The Cabernet Sauvignon *Vitis vinifera* grape samples were taken in Rajački vineyard region (Serbia), during growing season 2012.

*Extraction Procedure:* The samples of Cabernet Sauvignon grape skin were extracted with solvent system 50/50 of methanol/water by stirring continuously at room temperature in dark for 30 min. The obtained extracts were centrifuged at room temperature (Tehnica LC-320, Zelezniki, Slovenia) at 4000 rpm for 10 min. Extracts were filtered through a 0.45 µm syringe filter before analysis.

*HPLC analysis:* Anthocyanins were analyzed by direct injection of each sample into an Agilent 1200 chromatographic system. The HPLC-grade solvents used were (A) formic acid/water (5 : 95 v/v) and (B) acetonitrile/formic acid/water (80 : 5 : 15 v/v). The elution profile was as follows: 0 min, 100% A + 0% B; 10 min, 90% A + 10% B; 20 min, 80% A + 20% B; 30 min, 70% A + 30% B; 35 min, 50% A + 50% B; 40 min, 20% A + 80% B. The detection wavelength was 520 nm. Identification and quantification of the anthocyanins were made by means of calibration curve obtained with standard solutions of malvidin-3-glucoside. Results are expressed as mg/g and mg/L sample.

*Statistical analysis:* Three analytical replicates were carried out on each grape sample. Measurements were averaged and results are given as mean ± standard deviation (SD).

### Results and discussion

Biosynthesis of phenolic compounds is dependent from the timing of defoliation of plants (Pastore et al., 2013). Tannins, such as flavan-3-ols, are the most abundant category of soluble polyphenols in grape berries, found predominantly in the hypodermal layers of the skin and the soft parenchyma of the seeds.



Anthocyanins are the second important group of phenolic compounds, which is co-located with tannins in the thick-walled hypodermal cells of the skin of grape. During grape ripening the concentrations of these compounds were changed.

The results of total anthocyanins and malvidin-3-glucoside, determinate by HPLC analysis of Cabernet Sauvignon grape skin extracts and corresponding red wines, treated (early and late defoliation) and untreated (control) from Rogljevačko-Rajački vineyard region (Serbia) during growing season 2012, are shown in Table 1:

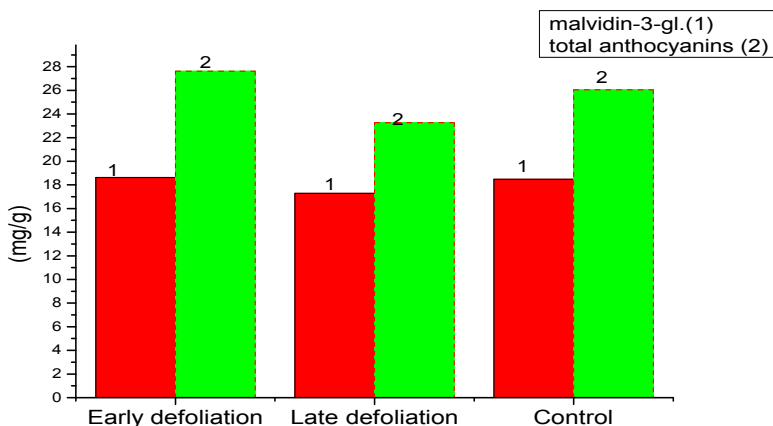
Tabela 1. Sadržaj malvidin-3-glukoyida i ukupnih antocijana određenih HPLC analizom u ekstraktima Kaberne Sovinjon pokožici i vina

Table 1. Content of malvidin-3-glucoside and total anthocyanins, determinate by HPLC analysis in Cabernet Sauvignon skin extracts and wines

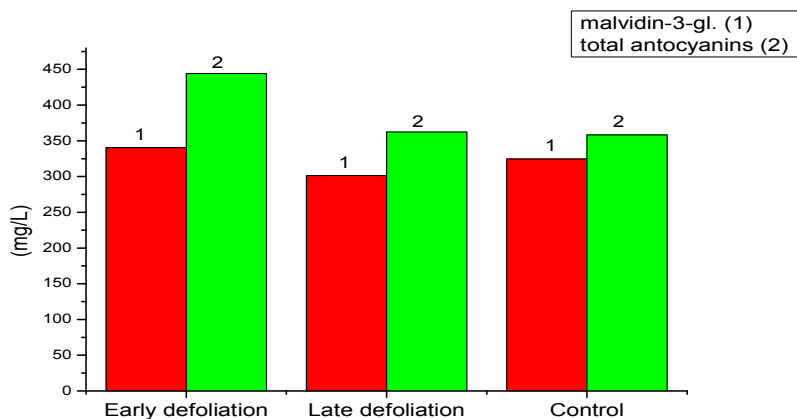
	Malvidin-3-gl. u ekstraktu pokožice (mg/g) <i>Malvidin-3-gl. in skin extract (mg/g)</i>	Malvidin-3-gl. u vinu (mg/L) <i>Malvidin -3-gl. in CS wine (mg/L)</i>	Ukupni antocijani u ekstraktu pokožice (mg/g) <i>Total anthocyanins in CS skin extract (mg/g)</i>	Ukupni antocijani u vinu (mg/L) <i>Total anthocyanins in CS wine (mg/L)</i>
Rana defolijacija <i>Early defoliation</i>	18.84 ± 0.03	340.44 ± 0.02	27.62 ± 0.05	444.27 ± 0.01
Kasna defolijacija <i>Late defoliation</i>	17.29 ± 0.09	301.54 ± 0.04	23.27 ± 0.03	362.23 ± 0.03
Kontrola <i>Control</i>	18.47 ± 0.05	324.55 ± 0.03	26.04 ± 0.01	358.17 ± 0.03

If we compare the results of HPLC analysis of anthocyanins in investigated skin grape extracts obtained from selective removal of grapevine leaves with untreated samples, it can be seen that there is an increase of the content of malvidin-3-glucoside and total anthocyanins. The HPLC results show that the skin extracts obtained from the early defoliation plants showed up to 6 % and corresponding wine up to 24 % increase of the content of total anthocyanins as compared to the extracts from the control grape and wine samples. HPLC analysis, also show that the grape skin extracts obtained from the early defoliation plants showed up to 2 % and corresponding wine up to 5 % increase of the content of malvidin-3-glucoside as compared to the extracts from the control grape and wine samples.

The contents of malvidin-3-glucoside and total anthocyanins of appropriate Cabernet Sauvignon grape and wine samples are shown in Figure 1 and 2:



Graf. 1. Sadržaj malvidin-3-glukoyida i ukupnih antocijana određenih HPLC analizom u ekstraktima Kaberne Sovinjon pokožici (mg/g)  
*Graph. 1. Content of malvidin-3-glucoside and total anthocyanins, determinate by HPLC analysis in Cabernet Sauvignon skin extracts (mg/g)*



Graf. 1. Sadržaj malvidin-3-glukozida i ukupnih antocijana određenih HPLC analizom u Kaberne Sovinjon vinima (mg/L)  
*Graph. 1. Content of malvidin-3-glucoside and total anthocyanins, determinate by HPLC analysis in Cabernet Sauvignon wines (mg/L)*

Both treatments (early and late defoliation) influenced fruit ripening parameters and hence enological berry traits. Defoliation before flowering caused a slight increase in sugar level and anthocyanins, whereas defoliation at veraison reduced the anthocyanin content and increased the negative impact of sunburn (Pastore et al., 2013). We concluded, also that the early defoliation was much more favorable than the late

defoliation for the biosynthesis of the malvidin-3-glucoside and total anthocyanins in investigated Cabernet Sauvignon samples. This is reflected in the content of the anthocyanins in the examination of appropriate Cabernet Sauvignon wines.

### Conclusion

Based on the HPLC analysis, it was concluded that partial early defoliation may be an excellent tool for control of the biosynthesis of the anthocyanins in grape and may be employed as a management practice in grape-growing that improves biochemical quality of red wine.

### Acknowledgment

The present research was supported by the Ministry of Education and Science of the Serbia, the project No. 31020.

### References

- Almanza, P. J., Quijano, G., Fischer, G., Chaves, B., Balaguera H. E. (2010). Physicochemical characterization of Pinot Noir grapevine (*Vitis vinifera* L.) fruit during its growth and development under high altitude tropical conditions. *Agronomia Colombiana*, 28(2), 173-180.
- Coombe, B.G. 1987. Influence of temperature on composition and quality of grapes. *Acta Horticulturae*, 206, 23-35
- Cortell, J.M., Halbleib, M., Gallagher, A.V., Righetti, T.L. and Kennedy, J.A. 2007. Influence of vine vigor on grape (*Vitis vinifera* cv Pinot Noir) anthocyanins. 1. Anthocyanin concentration and composition in fruit. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55(16), 6575-6584
- Crippen, D.D. and Morrison, J.C. 1986. The Effects of sun exposure on the phenolic content of cabernet sauvignon berries during development. *American Journal of Enology and Viticulture*, 37(4), 243-247
- Guidoni, S., Ferrandino, A., Novello, V. (2008). Effects of seasonal and agronomical practices on skin anthocyanin profile of nebiolo grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 59(1), 22-29.
- Kliwer, W.M., 1970. Effect of time and severity of defoliation on growth and composition of Thompson Seedless grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 21, 37-47
- Intrieri, C., Filippetti, I., Allegro, G., Centinari, M., Poni, S. (2008). Early defoliation (hand vs mechanical) for improved crop control and grape composition in Sangiovese (*Vitis vinifera* L). *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 14(1), 25-32.
- Pastore, C., Zenoni, S., Fasoli, M., Pezzotti, M., Tornielli, Filippetti, I. (2013). Selective defoliation affects plant growth, fruit transcriptional ripening program and flavonoid metabolism in grapevine. *BMC Plant Biology*, 13, 30-41.

- Pereira, G.E., Gaudillere, J.P., Pieri, P., Hilbert, G., Maucourt, M., Deborde, C., Moing, A. and Rolin, D. 2006. Microclimate influence on mineral and metabolic profiles of grape berries. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54(18), 6765-6775.
- Poni, S., Bernizzoni, F., Civardi, S., Libelli, N. (2009). Effects of pre-bloom leaf removal on growth of berry tissues and must composition in two red *Vitis vinifera* L cultivars. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15(2), 185-193.
- Radovanović, B., Radovanović, A., Souquet, J-M. (2010). Phenolic profile and free radical scavenging activity of Cabernet sauvignon wines of different geographical origins from the Balkan region. *Journal of Science Food and Agriculture*, 90, 2455-2461.
- Smart, R.E., Robinson, J., Due, G.R. and Brien CJ. 1985. Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz. Effect on must and wine composition. *Vitis*, 24, 119-128.
- Wolf, T.K., Pool, R.M. and Mattick, L.R. 1986. Responses of young Chardonnay grapevines to shoot tipping, etephon and basal leaf removal. *American Journal of Enology and Viticulture*, 37, 263-268

## ANTIMIKROBNA AKTIVNOST I FENOLNISTASTAV EKSTRAKTA BILJKE *SALVIA VERTICILLATA* L.

Nikola Srećković<sup>1</sup>, Jelena Katanić<sup>1</sup>, Violeta Ninković<sup>2</sup>, Vladimir Mihailović<sup>1</sup>

**Izvod:** Cilj ovog rada je bio određivanje ukupne količine fenolnih jedinjenja, flavonoida i fenolnih kiselina, ispitivanje antimikrobne aktivnosti metanolnog ekstrakta nadzemnog dela biljke *S. verticillata*, kao i dokazivanje prisustva ruzmarinske kiseline. Ekstrakt je sadržao značajnu količinu ukupnih fenolnih jedinjenja, pri čemu se izdvojio po visokom sadržaju flavonoida. TLC hromatografijom pokazano je prisustvo ruzmarinske kiseline u ovom ekstraktu. Ekstrakt je pokazao umerenu do slabu antibakterijsku aktivnost sa MIK vrednostima od 1,25 do 20 mg/mL i znatno slabiju antifungalnu aktivnost. Dobijeni rezultati sugerišu da se mogu nastaviti dalja ispitivanja farmakološkog potencijala biljke *S. verticillata*.

**Gljučne reči:** *Salvia verticillata* L., antimikrobna aktivnost, ruzmarinska kiselina, fenolna jedinjenja, tankoslojna hromatografija

### Uvod

*S. verticillata*, poznata pod narodnim nazivom sjeruša ili pršljenasta žalfija, je višegodišnja zeljasta biljka iz roda žalfija (*Salvia*), porodica usnatice (Lamiaceae). Biljke roda *Salvia* imaju mnogostruku tradicionalnu upotrebu, pre svega kao biljni čajevi, stimulišu apetit, ublažavaju gastrointestinalne tegobe, koriste se kod prehlade i abdominalnih bolova (Zengin i sar., 2018). Pojedine vrste žalfija primenjuju se u prehrambenoj, parfimerijskoj i farmaceutskoj industriji, zbog visokog sadržaja različitih terpena i flavonoida. Upotreba nekoliko vrsta žalfija u kulinarstvu i u medicinske svrhe datira još iz vremena Antičke Grčke, međutim, i danas postoji veliko interesovanje za ispitivanje ovih biljaka, naročito njihovog polifenolnog sastava (Šulnute i sar., 2017).

*S. verticillata* je poreklom mediteranska biljka, a veoma je rasprostranjena i u unutrašnjosti kontinenta. Smatra se korovskom biljkom i zbog vrlo razvijenog korena teško se iskorenjava (Umeljić, 2003). Sa druge strane, veoma je korisna kao medonosna biljka i veoma je cenjena od strane pčelara. Med poreklom od nektara ove biljke je veoma dobrog kvaliteta, pri čemu ukupna produktivnost meda iznosi 900 kg po hektaru zasada sjeruše (Chopik i sar., 1983). U narodu se smatra da etanolni ekstrakt blagotvorno deluje protiv mioma, tumora i drugih izraslina. I pored velike upotrebe u tradicionalnoj medicini, dejstvo biljke *S. verticillata* nije dovoljno proučeno.

Brojna ispitivanja hemijskog sastava biljaka roda *Salvia* pokazala su da su ove biljke bogate u sadržaju fenolnih kiselina i flavonoida. Najviše proučavana biljka ovog roda je *S. officinalis* (žalfija), za koju je poznato da poseduje jedinjenja dobro antioksidativne aktivnosti poput ruzmarinske kiseline i fenolnih diterpena. Prisustvo

<sup>1</sup>Institut za hemiju, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu, Radoja Domanovića 12, 34000 Kragujevac, Srbija ([nikola.sreckovic@pmf.kg.ac.rs](mailto:nikola.sreckovic@pmf.kg.ac.rs))

<sup>2</sup>Institut za javno zdravlje Kragujevac, Nikole Pašića 1, 34000 Kragujevac, Srbija

ruzmarianske pokazano je u mnogim biljakama ovog roda uključujući i *S. verticillata* (Bandoniene i sar., 2005; Zengin i sar., 2018). Bez obzira na mnoga ispitivanja biljaka roda *Salvia*, literaturni podaci o vrsti *S. verticillata* su veoma oskudni. U tom smislu, cilj ovog rada je da se ispita fenolni sastav i antimikrobna aktivnost metanolnog ekstrakta biljke *S. verticillata*, kako bi se ispitala mogućnost primene ove biljke u različitim biljnim formulacijama koje mogu ispoljiti pozitivan uticaj na zdravlje čoveka.

### Materijal i metode

**Biljni materijal i priprema ekstrakta:** Nadzemni deo biljke *S. verticillata* je sakupljenu Ovčarsko-Kablarskoj klisuri (selo Prijedor) u Srbiji, u julu 2016. godine. Sušenje biljke je obavljeno na vazduhu, u dobro provetrenoj i mračnoj prostoriji, na sobnoj temperaturi. Osušen i usitnjen nadzemni deo biljke (130 g) ekstrahovan je sa trostrukom većom zapreminom metanola, postupkom maceracije. Dobijeni ekstrakt je filtriran i koncentrovan uparavanjem rastvarača pod vakuumom.

**Određivanje sadržaja ukupnih fenola, flavonoida i fenolnih kiselina:** Ukupna fenolna jedinjenja određuju se spektrofotometrijskom metodom po Folin-Ciocalteu (Singleton i sar, 1999.) pri čemu je rezultat izražen u ekvivalentima galne kiseline (mg GA/g ekstrakta). Ukupna količina flavonoida određena je primenom  $AlCl_3$  kao regensa spektrofotometrijskom metodom (Brighente i sar., 2007) i izražena je u ekvivalentima kvercetina (mg QE/g ekstrakta). Količina ukupnih fenolnih kiselina određivana je po metodi iz Poljske Farmakopeje (Polish Pharmacopoeia, 2005) i izražena u ekvivalentima kafeinske kiseline (mg KK/g ekstrakta).

**Određivanje antimikrobne aktivnosti ekstrakata (MIC):** Antimikrobna aktivnost ekstrakta nadzemnog dela biljke *S. verticillata* određena je mikrodulicionom metodom u cilju određivanja minimalne inhibitorne koncentracije – MIK (najniža koncentracija ekstrakta koja inhibira vidljivi rast testiranih sojeva mikroorganizama). Korišćeni su sledeći mikroorganizmi: 8 bakterijskih vrsta *Micrococcus lysodeikticus* ATCC 4698, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70063, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145, *Bacillus cereus* ATCC 10876, *Bacillus mycoides* FSB 1 i *Azobacter chroococcum* FSB 14; i 8 vrsta gljiva i to *Fusarium oxysporum* FSB 91, *Alternaria alternata* FSB 51, *Aspergillus brasiliensis* ATCC 16404, *Aureobasidium pullulans* FSB 61, *Trichoderma harzianum* FSB 12, *Penicillium canescens* FSB 24, *Doratomyces stemonitis* FSB 41 i *Candida albicans* ATCC 10259. Ova metoda koristi mikrotitarske ploče sa 96 konusnih udubljenja zapremine 200  $\mu$ L. Za određivanje MIK kod ispitivanja antibakterijske aktivnosti koristi se redoks indikator rezaurin koji u toku rasta mikroorganizama prelazi u roze obojen redukovan oblik rezorufin (Sarker i sar., 2007). Kao referentni antibiotik je korišćen hloramfenikol. Za određivanje MIK ekstrakta u ispitivanju sa gljivama primenjena je ista metoda samo bez upotrebe rezaurina. Kao referentni antimikotik korišćen je nistatin.

**TLC hromatografija:** Standardizacija, odnosno utvrđivanje prisustva referentnih jedinjenja u ekstraktu biljke *S. verticillata* sprovedena je korišćenjem metode tankoslojne hromatografije. Rastvor ekstrakta nanosi se kapilarom u obliku mrlje na pločicu od silika gela. Na istoj ploči nanete su mrlje rastvora standarda galne i

ruzmarinske kiseline. Za razvijanje hromatograma korišćen je sistem rastvarača hloroform:etilacetat:mravlja kiselina = 45:45:10. Nakon derivatizacije hromatograma sa NPR/PEG reagensom (prirodni proizvodi-polietilen glikol reagens) za detekciju fenolnih jedinjenja, a potom sušenja ploče, vršena je detekcija pomoću UV-lampe na talasnoj dužini 365 nm.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Ukupan sadržaj fenola, flavonoida i fenolnih kiselina metanolnog ekstrakta nadzemnog dela biljke *S. verticillata* predstavljen je u Tabeli 1. Sadržaj ovih prirodnih aromatičnih jedinjenja u ekstraktu je od izuzetnog značaja jer može ukazivati na obim antioksidativne, antimikrobne i antiinflamatorne aktivnosti (Farhat i sar., 2013). Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je metanolni ekstrakt nadzemnog dela biljke *S. Verticillata* bogat u sadržaju svih ispitivanih jedinjenja, a naročito u sadržaju flavonoida. Ne treba zanemariti ni količinu fenolnih kiselina (41,95 mgKK/g), od kojih jedan deo predstavlja ruzmarinsku kiselinu, što je potvrđeno na osnovu TLC hromatografije. Na osnovu dobijenih R<sub>f</sub> vrednosti za ruzmarinsku kiselinu (R<sub>f</sub> ~ 0.735), galnu kiselinu (R<sub>f</sub> ~ 0.765) i ekstrakt (R<sub>f</sub> ~ 0.735) sa sigurnošću se može zaključiti da je u ekstraktu prisutna ruzmarinska kiselina. TLC hromatografijom potvrđeno je prisustvo i nekih drugih fenolnih jedinjenja u ekstraktu, ali je količina ovih jedinjenja znatno niža u odnosu na sadržaj ruzmarinske kiseline.

Tabela 1. Sadržaj ukupnih fenola, flavonoida i fenolnih kiselina  
 Table 1. The content of total phenols, flavonoids and phenolic acids

Biljni materijal <i>Plant material</i>	Ukupna fenolna jedinjenja (mgGK/gekstrakta) <i>Total phenolic content (mgGA/g extract)</i>	Ukupni flavonoidi (mgKV/gekstrakta) <i>Total flavonoid (mgQU/g extract)</i>	Ukupne fenolne kiseline (mgKK/gekstrakta) <i>Total phenolic acid (mgCA/g extract)</i>
Metanolni ekstrakt <i>S. verticillata</i>	175,56±16,27	244,36±4,69	41,95±5,38

Rezultati određivanja antibakterijske aktivnosti ekstrakta izraženi su kao minimalna inhibitorna koncentracija (MIK) u mg/mL prikazani su u Tabeli 2.

Na osnovu dobijenih rezultata, umerenu osetljivost na delovanje ispitivanog ekstrakta ispoljile su bakterije *A. chroococcum*, *B. mycoides*, *M. lysodeikticus* sa MIK 10 mg/mL, dok je vrsta *B. cereus* (MIK 1,25 mg/mL) je pokazala najveću osetljivost na dejstvo ekstrakta biljke *S. verticillata*. Ostale ispitivane bakterijske vrste pokazale suznatno slabiju osetljivost na antibakterijsko dejstvo ispitivanog ekstrakta sa MIK vrednostima od 20 mg/mL. Referentni antibiotik hloramfenikol zaustavio je rast ispitivanih bakterija u mnogostruko nižim koncentracijama.

Tabela 2. MIK vrednosti za antibakterijsku aktivnost ekstrakta biljke *S. Verticillata* (mg/mL)

Table 2. MIC values for antibacterial activity of *S. verticillata* extract(mg/mL)

Vrste bakterija <i>Bacterial strains</i>		MIK MIC	
		<i>Salvia verticillata</i> (mg/mL)	Hloramfenikol (µg/mL) <i>Chloramphenicol</i> (µg/mL)
<i>Micrococcus lysodeikticus</i>	ATCC 4698	10	1.25
<i>Enterococcus faecalis</i>	ATCC 29212	20	10
<i>Escherichia coli</i>	ATCC 25922	20	2,5
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	ATCC 70063	20	2,5
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 10145	20	40
<i>Bacillus cereus</i>	ATCC 10876	1.25	2.5
<i>Bacillus mycoides</i>	FSB 1	10	10
<i>Azobacter chroococcum</i>	FSB 14	10	10

Tabela 3. MIK vrednosti za antifungalnu aktivnost ekstrakta biljke *S. verticillata* (mg/mL)

Tabela 3. MIC values for antifungal activity of *S. verticillata* extract(mg/mL)

Vrste gljiva <i>Fungal strains</i>		MIK MIC	
		<i>Salvia verticillata</i> (mg/mL)	Nystatin µg/mL
<i>Fusarium oxysporum</i>	FSB 91	20	20
<i>Alternaria alternata</i>	FSB 51	>20	40
<i>Aspergillus brasiliensis</i>	ATCC16404	>20	40
<i>Aureobasidium pullulans</i>	FSB 61	>20	> 40
<i>Trichoderma harzianum</i>	FSB 12	>20	> 40
<i>Penicillium canescens</i>	FSB 24	5	10
<i>Doratomyces stemonitis</i>	FSB 41	> 20	> 40
<i>Candidaalbicans</i>	ATCC 10259	10	5

Rezultati antifungalne aktivnosti ekstrakta *S. verticillata* za ispitivane gljive dati su u Tabeli 3. Za većinu ispitivanih gljiva, ekstrakt u koncentracijama do 20 mg/mL nije pokazao sposobnost zaustavljanja njihovog rasta. Među ispitivanimi gljivama, MIK vrednosti su jedino zabeležene za gljive *F. oxysporum*, *C. albicans* i *P.canescens*. U poređenju sa nistatinom, dobro poznatim antimikotikom, ispitivani ekstrakt nije pokazao značajnu antifungalnu aktivnost.

### Zaključak

Ispitivanjem metanolnog ekstrakta nadzemnog dela biljke *S. verticillata* utvrđeno je da ekstrakt poseduje prilično visok sadržaj fenolnih jedinjenja, pri čemu dominiraju flavonoidi i fenolne kiseline. Utvrđeno je da je ekstrakt pokazao najveće antimikrobno



dejstvo na bakteriji *B. cereus* (MIK 1,25 mg/mL) i gljivi *P. Canescens* sa MIK 5 mg/mL, dok prema ostalim mikrobima nije pokazao značajniju aktivnost. Pomoću hromatografije na tankom sloju utvrđeno je da je ekstrakt ove biljke bogat u sadržaju ruzmarinske kiseline, jedinjenja poznatog po višestrukim benefitima za zdravlje čoveka i izuzetnim antioksidativnim osobinama. Sadržaj ruzmarinske kiseline u ekstraktu može biti jedan od razloga za tradicionalnu upotrebu ove biljke.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta broj III 43004, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### Literatura

- Bandoniene D., Murkovic M., Venskutonis P. R. (2005). Determination of rosmarinic acid in sage and Borage leaves by high-performance liquid chromatography with different detection methods. *Journal of Chromatographic Science* 43(7), 372–376.
- [Chopik V.I.](#), [Dudchenko L.G.](#), [Krasnov A.N.](#) (1983). [Wildlife useful plants of Ukraine](#). Kiev, Ukraine: Naukova Dumka 304.
- Polish Pharmacopoeia (2005) (6th ed), Polish Pharmaceutical Society, Warsaw, Poland, 896.
- Sarker S. D., Nahar L. and Kumarasamy Y. (2007). Microtitre plate-based antibacterial assay incorporating resazurin as an indicator of cell growth, and its application in the *in vitro* antibacterial screening of phytochemicals. *Methods* 42, 321–324.
- Šulniute V., Pukalskas A., Venskutonis P.R. (2017). Phytochemical composition of fractions isolated from ten *Salvia* species by supercritical carbon dioxide and pressurized liquid extraction methods, *Food Chemistry* 224, 37–47.
- Umeljić V. (2003). U svetu cveća i pčela: atlas medonosnog bilja. Umeljić V., 508-509
- Zengin G., Llorent-Martínez E.J., Fernández-de Córdoba M.L., Bahadori M.B., Mocan A., Locatelli M., Aktumsek A. (2018). Chemical composition and biological activities of extracts from three *Salvia* species: *S. blepharochlaena*, *S. euphratica* var. *leiocalycina*, and *S. verticillata* subsp. *amasiaca*, *Industrial Crops & Products* 111, 11–21.
- [Farhat, M.B.](#), [Landoulsi, A.](#), [Chaouch-Hamada, R.](#), [Sotomayor, J.A.](#), [Jordán, M.J.](#), (2013). Characterization and quantification of phenolic compounds and antioxidant properties of *Salvia* species growing in different habitats. *Industrial Crops & Products* 49, 904-914

## ANTIMICROBIALACTIVITY AND PHENOLIC COMPOSITION OF THE SALVIA VERTICILLATA L.PLANT EXTRACT

*Nikola Srećković<sup>1</sup>, Jelena Katanić<sup>1</sup>, Violeta Ninković<sup>2</sup>, VladimirMihailović<sup>1</sup>*

### Abstract

The aim of this study was to investigate the total content of phenolic compounds, flavonoids and phenolic acids, examine the antimicrobial activity of the methanolic extract of *S. verticillata* aerial part, and demonstrate the presence of rosmarinic acid. The extract was rich in total phenolic content, especially in the total flavonoids content. Using the thin layer chromatography method, rosmarinic acid was identified in the extract. The extract showed moderate to weak antibacterial activity with MIC values of 1.25 to 20 mg/mL and significantly lower antifungal activity. The obtained results suggest that *S. verticillata* could be subjected to further studies of its pharmacological potential.

**Key words:** *Salvia verticillata* L., antimicrobial activity, rosmarinic acid, phenolic compounds, thin layer chromatography

---

<sup>1</sup>Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Kragujevac, Radoja Domanovića 12, 34000 Kragujevac, Serbia ([nikola.sreckovic@pmf.kg.ac.rs](mailto:nikola.sreckovic@pmf.kg.ac.rs))

<sup>2</sup>Institute for public health Kragujevac, Nikole Pašića 1, 34000 Kragujevac, Serbia

## SASTAV LIPIDA FERMENTISANIH KOBASICA SA DODATKOM LANENOG ULJA

*Slaviša Stajić<sup>1</sup>, Slobodan Lilić<sup>2</sup>, Danijela Vranić<sup>2</sup>, Vladimir Tomović<sup>3</sup>,  
Dušan Živković<sup>1</sup>*

**Izvod:** U ovom ogledu ispitivan je sastav masnih kiselina fermentisanih kobasica kod kojih je deo čvrstog masnog tkiva (ČMT, koje čini 5, 7 i 9% nadeva) zamenjen lanenim uljem pripremljenim kao alginatni gel i emulzijom sa izolatom proteina soje. Zamena dela ČMT-a lanenim uljem imala je značajan uticaj na sastav masnih kiselina koji se progresivno menjao sa povećanjem sadržaja ulja: sadržaj zasićenih masnih kiselina, oleinske i ukupnih mononezasićenih masnih kiselina je značajno smanjen dok je sadržaj  $\alpha$ -linolenske kiseline višestruko veći (15–40 puta) kod varijanti s lanenim uljem. Fermentisane kobasice sa lanenim uljem imale su značajno povoljnije odnose PUFA/SFA i n-6/n-3.

**Ključne reči:** fermentisane kobasice, laneno ulje, masne kiseline

### Uvod

Fermentisane kobasice su proizvodi od mesa koji su poznati od davnina a nastale su kao potreba ljudi da produže održivost mesa i vekovima su bile značajan izvor biološki vrednih proteina i energije zbog visokog sadržaja mesa i masnog tkiva. Međutim, s razvojem novih i usavršavanjem postojećih postupaka konzervisanja mesa, počinju više da se cene zbog svojih senzornih karakteristika. Senzorni kvalitet i stabilnost fermentisanih kobasica umnogome zavisi od količine masnog tkiva i njegovog masnokiselinskog sastava – masno tkivo doprinosi boji, mirisu, ukusu i teksturi, dok zasićenost masnih kiselina utiče na čvrstinu masnog tkiva i manju podložnost oksidaciji.

Međutim, utvrđena je povezanost ishrane bogate zasićenim masnim kiselinama (SFA) s povećanim rizikom od pojave kardiovaskularnih bolesti i pozitivan efekat n-3 polinezasićenih masnih kiselina (n-3 PUFA) na smanjene učestalosti srčanih oboljenja a takođe i u prevenciji i lečenju drugih oboljenja (McAfee i sar., 2010). Zbog toga su sprovedena brojna istraživanja koja su imala cilj da razviju postupke i procedure proizvodnje mesa i proizvoda od mesa s manjim sadržajem SFA i većim sadržajem nezasićenih, i to pre svih n-3 PUFA. Poboljšanje nutritivnih svojstava fermentisanih kobasice u smislu promene profila masnih kiselina moguće je izvesti zamenom dela masnog tkiva uljima bogatim PUFA kao što je laneno ulje koje obično sadrži više od 50%  $\alpha$ -linolenske kiseline (ALA) i oksidativno je stabilno (Stajić i sar., 2017). Međutim, s druge strane, zbog značaja masnog tkiva za senzorni kvalitet fermentisanih kobasica, proces proizvodnje predstavlja izazov, jer je potrebno napraviti proizvod boljih nutritivnih svojstava sa istim ili neznatno promenjenim senzornim svojstvima.

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080 Beograd, Srbija (stajic@agrif.bg.ac.rs);

<sup>2</sup>Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Kačanskog 13, 11000 Beograd, Srbija;

<sup>3</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, Srbija

Cilj ovog ogleda jeste da ispita uticaj nivoa zamene dela čvrstog masnog tkiva (ČMT) lanenim uljem pripremljenim kao emulzija sa izolatom proteina soje (IPS) i alginatnim gelom na sastav lipida fermentisanih kobasica.

### Materijal i metode rada

Napravljeno je 7 različitih varijanti fermentisanih kobasica: kontrolna (KON) od mesa buta svinja i čvrstog masnog tkiva (ČMT) u odnosu 75:25 i šest modifikovanih varijanti kod kojih 20%, 28% i 36% ČMT-a (što čini 5%, 7% i 9% od nadeva KON) zamenjeno lanenim uljem pripremljenim kao alginatni gel (A varijante) i emulzija sa izolatom proteina soje (E varijante) – Tabela 1. Izrada nadeva i proces proizvodnje je bio identičan kao što su prikazali Stajić i sar., (2014.) i trajao je 20 dana.

Tabela 1. Sirovinski sastav nadeva kobasica  
*Table 1. Recipe formulation of experimental batches*

	KON	A5	A7	A9	E5	E7	E9
svinjsko meso	18,75	18,75	18,75	18,75	18,75	18,75	18,75
ČMT	6,25	5,00	4,50	4,00	5,00	4,50	4,00
alginatni gel	-	3,25	4,55	5,85	-	-	-
alginat	-	0,125	0,175	0,225	-	-	-
voda	-	1,875	2,625	3,375	-	-	-
ulje	-	1,25	1,75	2,25	-	-	-
emulzija sa IPS-om	-	-	-	-	2,75	3,85	4,95
IPS	-	-	-	-	0,25	0,35	0,45
voda	-	-	-	-	1,25	1,75	2,25
ulje	-	-	-	-	1,25	1,75	2,25
% prema KON	-	108,00	111,20	114,40	106,00	108,40	110,80
ulje u nadevu (%)	0	4,63	6,29	7,87	4,72	6,46	8,12

Ukupni lipidi, za određivanje masnih kiselina, ekstrahovani su metodom ubrzane ekstrakcije rastvaračima ASE 200 (Dionex, Sanivejl, SAD), smešom n-heksana i izopropanola (60:40, v-v) prema Spirić i sar. (2010.). Potom su konvertovani u metilestre masnih kiselina i analizirani kako su opisali Milićević i sar. (2014.).

Rezultati su obrađeni jednofaktorijskom analizom varijanse, prikazani su kao srednja vrednost ± standardna devijacija. Razlike između srednjih vrednosti testirane su Takejevim testom. Statistička značajnost je određivana na nivou od  $P < 0,05$ .

### Rezultati istraživanja i diskusija

Kao što se i očekivalo, najzastupljenija masna kiselina u KON jeste oleinska kiselina (C18:1n9), a zatim slede zasićene palmitinska (C16:0) i stearinska (C18:0) i polinezasićena linolna kiselina (C18:2n6), dok su ostale (po očekivanju) zastupljene u količini od tragova do nekoliko procenata (Tabela 2).

Table 2. Sastav lipida na kraju procesa proizvodnje  
Table 2. Fatty acid profile after production period

	KON	A5	A7	A9	E5	E7	E9
Miristinska C14:0	1,01±0,01 <sup>e</sup>	0,89±0,02 <sup>d</sup>	0,84±0,01 <sup>c</sup>	0,84±0,01 <sup>c</sup>	0,85±0,01 <sup>c</sup>	0,78±0,01 <sup>b</sup>	0,71±0,01 <sup>a</sup>
Palmitinska C16:0	24,66±0,11 <sup>f</sup>	22,51±0,04 <sup>e</sup>	21,10±0,22 <sup>c</sup>	21,19±0,09 <sup>c</sup>	21,58±0,09 <sup>d</sup>	20,55±0,05 <sup>b</sup>	18,68±0,05 <sup>a</sup>
Stearinska C18:0	11,70±0,03 <sup>e</sup>	11,41±0,10 <sup>d</sup>	10,21±0,05 <sup>b</sup>	10,21±0,09 <sup>b</sup>	10,65±0,07 <sup>c</sup>	10,24±0,03 <sup>b</sup>	9,77±0,06 <sup>a</sup>
<b>Ostale SFA</b>	0,68±0,01 <sup>c</sup>	0,54±0,02 <sup>ab</sup>	0,55±0,03 <sup>ab</sup>	0,56±0,02 <sup>ab</sup>	0,58±0,02 <sup>b</sup>	0,54±0,01 <sup>a</sup>	0,53±0,02 <sup>a</sup>
<b>ΣSFA</b>	38,05±0,13 <sup>f</sup>	35,35±0,10 <sup>e</sup>	32,70±0,18 <sup>c</sup>	32,79±0,17 <sup>c</sup>	33,66±0,10 <sup>d</sup>	32,11±0,07 <sup>b</sup>	29,68±0,09 <sup>a</sup>
Palmitoleinska C16:1	2,28±0,01 <sup>c</sup>	1,97±0,02 <sup>b</sup>	1,83±0,05 <sup>ab</sup>	1,72±0,29 <sup>ab</sup>	1,93±0,02 <sup>b</sup>	1,72±0,01 <sup>a</sup>	1,61±0,02 <sup>a</sup>
Oleinska C18:1n9	45,83±0,10 <sup>f</sup>	42,88±0,05 <sup>e</sup>	42,29±0,05 <sup>cd</sup>	42,11±0,14 <sup>c</sup>	42,46±0,07 <sup>d</sup>	41,04±0,09 <sup>b</sup>	39,27±0,10 <sup>a</sup>
<b>ΣMUFA</b>	49,06±0,09 <sup>f</sup>	44,85±0,07 <sup>e</sup>	44,12±0,09 <sup>cd</sup>	43,83±0,25 <sup>c</sup>	44,40±0,09 <sup>d</sup>	42,75±0,09 <sup>b</sup>	40,87±0,11 <sup>a</sup>
Linolna C18:2n6	11,60±0,20 <sup>a</sup>	12,57±0,06 <sup>b</sup>	12,96±0,15 <sup>c</sup>	12,97±0,16 <sup>c</sup>	13,17±0,12 <sup>cd</sup>	13,30±0,03 <sup>d</sup>	13,86±0,12 <sup>e</sup>
α-Linolenska C18:3n3	0,34±0,01 <sup>a</sup>	6,22±0,06 <sup>b</sup>	9,17±0,11 <sup>d</sup>	9,35±0,25 <sup>d</sup>	7,76±0,06 <sup>c</sup>	10,70±0,05 <sup>e</sup>	14,36±0,03 <sup>f</sup>
<b>Ostale PUFA</b>	0,95±0,01 <sup>a</sup>	1,01±0,02 <sup>b</sup>	1,06±0,02 <sup>cd</sup>	1,08±0,02 <sup>d</sup>	1,02±0,01 <sup>bc</sup>	1,14±0,02 <sup>e</sup>	1,24±0,02 <sup>f</sup>
<b>ΣPUFA</b>	12,89±0,21 <sup>a</sup>	19,80±0,05 <sup>b</sup>	23,19±0,25 <sup>d</sup>	23,38±0,39 <sup>d</sup>	21,95±0,10 <sup>c</sup>	25,14±0,05 <sup>e</sup>	29,45±0,13 <sup>f</sup>
<b>PUFA-SFA</b>	0,34±0,01 <sup>a</sup>	0,56±0,00 <sup>b</sup>	0,71±0,01 <sup>d</sup>	0,71±0,02 <sup>d</sup>	0,65±0,00 <sup>c</sup>	0,78±0,00 <sup>c</sup>	0,99±0,01 <sup>f</sup>
<b>n-6-n-3</b>	29,15±0,57 <sup>d</sup>	2,10±0,03 <sup>c</sup>	1,48±0,01 <sup>ab</sup>	1,46±0,03 <sup>ab</sup>	1,78±0,02 <sup>bc</sup>	1,31±0,01 <sup>ab</sup>	1,02±0,01 <sup>a</sup>

a-f Vrednosti (sred±sd) u istom redu s različitim malim slovom u superskriptu značajno se razlikuju (P < 0,05)

Zamena dela ČMT-a lanenim uljem imala je značajan uticaj na sastav masnih kiselina, što je i očekivano s obzirom na profil masnih kiselina lanenog ulja (g-100g ukupnih masnih kiselina): 54,45 ALA, 9,81 ΣSFA, 20,63 ΣMUFA i 69,52 ΣPUFA. Veći udeo ulja uticao je na smanjenje ΣSFA i ΣMUFA i povećanje ΣPUFA. Efekat je izraženiji kod E varijanti zbog većeg sadržaja lanenog ulja u nadevu (Tabela 1).

Sadržaj svih SFA za koje se smatra da imaju uticaj na povećanje rizika od KVB-a (C14:0, C16:0 i C18:0) značajno je smanjen s dodatkom lanenog ulja. S povećanjem udela ulja u nadevu kobasica smanjuje se i sadržaj navedenih masnih kiselina, ali nisu uvek utvrđene značajne razlike između varijanti A7 i A9. Sadržaj ukupnih zasićenih masnih kiselina (ΣSFA) je, shodno smanjenju pojedinačnih zasićenih masnih kiselina, značajno manji kod varijanti s lanenim uljem, pri čemu je utvrđeno značajno smanjenje s povećanjem udela ulja (osim između A7 i A9).

Sadržaj oleinske kiseline (i ΣMUFA) takođe je značajno manji kod varijanti s lanenim uljem i progresivno se smanjuje s povećanjem udela ulja, jer je njen sadržaj u lanenom ulju manji nego u svinjskom masnom tkivu i u mastima mišića. Sadržaj linolne kiseline (LN, C18:2 n-6) značajno je veći kod kobasica s lanenim uljem, a povećanje sadržaja lanenog ulja u nadevu utiče na porast njenog sadržaja, s tim da su varijante sa 9% imale značajno veći sadržaj od varijanti sa 5% ulja.

Najveći efekat zamena dela ČMT-a lanenim uljem uočen je kod sadržaja α-linolenske kiseline (ALA, 18:3n3) koji je višestruko veći kod varijanti s lanenim uljem. Povećanje sadržaja lanenog ulja u nadevu značajno je uticalo na povećanje sadržaja ALA i izraženiji je kod E varijanti. S obzirom na povećan sadržaj LN-a i ALA, sadržaj ΣPUFA je značajno veći kod varijanti s lanenim uljem, značajno se povećava s povećanjem sadržaja lanenog ulja, a efekat je izraženiji kod E varijanti. Značajno povećanje sadržaja ΣPUFA i smanjenje sadržaja ΣSFA uticali su na značajno povećanje njihovog odnosa, koji je kod svih varijanti s lanenim uljem bio u preporučenom intervalu 0,4–1,0. Povećanje sadržaja lanenog ulja uticalo je na povećanje PUFA-SFA odnosa, a efekat je bio izraženiji kod E varijanti. Promene sadržaja LN-a i ALA uticale su na značajan porast n-6 i, naročito, n-3 PUFA, tako da je njihov odnos višestruko manji kod varijanti s lanenim uljem. Već varijante sa 5% lanenog ulja (A5 i E5) imaju dvostruko manji odnos od gornje granice (ne treba da prelazi 4 (Jiménez-Colmenero, 2007.)) i on se smanjuje s povećanjem sadržaja lanenog ulja, pa je kod E9 postignut odnos oko 1:1.

Zamena dela masnog tkiva lanenim uljem, slično rezultatima ovog istraživanja, značajno je uticala na profil masnih kiselina u sličnim istraživanjima. Valencia i sar., (2006.) utvrdili su značajno smanjenje proaterognih SFA, povećanje sadržaja LN i višestruko povećanje sadržaja ALA, dok sadržaj oleinske kiseline nije značajno promenjen, ali je sadržaj ΣMUFA značajno manji kod varijante s lanenim uljem (3,3% ulja u nadevu). Takođe, slično kao u našem istraživanju, sadržaj ΣSFA je značajno manji, a sadržaj ΣPUFA veći kod varijante s lanenim uljem, dok su odnosi PUFA-SFA povećani sa 0,3 na oko 0,6, a n-6-n-3 smanjeni sa 14–18 na manje od 3. Vrlo slične rezultate dobili su i de Ciriano i sar. (2012.) – smanjenje sadržaja proaterogenih SFA i ΣSFA, smanjenje sadržaja oleinske kiseline i ΣMUFA, povećanje ΣPUFA uz smanjenje sadržaja LN-a i višestruko povećanje sadržaja ALA. Kod odnosa PUFA-SFA utvrđeno je povećanje sa 0,50 na 0,71 i 0,75, dok je odnos n-6-n-3 značajno smanjen sa 16,99 na

mного povoljnije 2,30 i 2,00. Povećanjem sadržaja lanenog ulja 3–6% (zamenom dela ČMT-a) u fermentisanim kobasicama Pelser i sar. (2007.) su, kao u ovom istraživanju, takođe utvrdili progresivno smanjene sadržaja proaterogenih i  $\Sigma$ SFA, smanjenje sadržaja oleinske kiseline i  $\Sigma$ MUFA, dok se sadržaj ALA višestruko progresivno povećao. Odnos PUFA-SFA povećan je sa 0,33 na 0,49–0,71, dok se odnos n-6-n-3 smanjio sa 11,3 na 1,93–1,05 s povećanjem sadržaja lanenog ulja.

Međutim, i pored značajno poboljšanih funkcionalnih svojstava povećanje udela lanenog ulja u fermentisanim kobasicama je ograničeno, budući da su u prethodnom istraživanju Stajić i sar. (2017.) utvrdili smanjenje prihvatljivosti fermentisanih kobasica sa povećanjem sadržaja ulja.

### Zaključak

Povećanjem udela lanenog ulja utvrđen je pozitivan uticaj na nutritivna svojstva fermentisanih kobasica – progresivno smanjenje SFA i povećanje PUFA, naročito ALA, i progresivno poboljšanje parametara koji govore o nutritivnom kvalitetu: odnosi PUFA-SFA i n-6-n-3, uz izraženiji efekat kod kobasica kod kojih je čvrsto masno tkivo zamenjeno laneim uljem pripremljnim kao emulzija sa izolatom proteina soje. Pozitivan nutritivni efekat u preporučenim okvirima postignut je već kod varijanti sa 5% ulja.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta III-46009 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoje Republike Srbije.

### Literatura

- García-Íñiguez de Ciriano M., Berasategi I., Navarro-Blasco Í., Astiasarán I., Ansorena D. (2013). Reduction of sodium and increment of calcium and  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids in dry fermented sausages: effects on the mineral content, lipid profile and sensory quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(4), 876–881.
- Jiménez-Colmenero F. (2007). Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. *Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats*. *Trends in Food Science and Technology*, 18(11), 567–578.
- McAfee A. J., McSorley E. M., Cuskelly G. J., Moss B. W., Wallace J. M. W., Bonham, M. P., Fearon A. M. (2010). Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Science*. 84(1), 1–13.
- Milićević D., Vranić D., Mašić Z., Parunović N., Trbović D., Nedeljković-Trailović J., Petrović Z. (2014). The role of total fats, saturated-unsaturated fatty acids and cholesterol content in chicken meat as cardiovascular risk factors. *Lipids in Health and Disease*, 13, 42–42.
- Stajić S., Lilić S., Danijela V., Stanišić N., Živković D. (2017). Senzorni kvalitet fermentisanih kobasica sa dodatkom lanenog ulja tokom skladištenja. *Zbornik*

- radova XXII Savetovanja o biotehnologiji, 673–678. Čačak, Srbija: Agronomski fakultet Univerziteta u Kragujevcu, Čačak.
- Stajić S., Živković D., Tomović V., Nedović V., Perunović M., Kovjanić N., Lević S., Stanišić N. (2014). The utilisation of grapeseed oil in improving the quality of dry fermented sausages. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(11), 2356–2363.
- Spiric A., Trbovic D., Vranic D., Djinovic J., Petronijevic R., Matekalo-Sverak V. (2010). Statistical evaluation of fatty acid profile and cholesterol content in fish (common carp) lipids obtained by different sample preparation procedures. *Analytica Chimica Acta*, 672(1–2), 66–71.
- Pelser W. M., Linssen J. P. H., Legger A., Houben J. H. (2007). Lipid oxidation in n-3 fatty acid enriched Dutch style fermented sausages. *Meat Science*, 75(1), 1–11.
- Valencia I., Ansorena D., Astiasarán I. (2006). Stability of linseed oil and antioxidants containing dry fermented sausages: A study of the lipid fraction during different storage conditions. *Meat Science*, 73(2), 269–277.

## FATTY ACID PROFILE OF LIPIDS OF FERMENTED SAUSAGES WITH FLAXSEED ADDED

*Slaviša Stajić<sup>1</sup>, Slobodan Lilić<sup>2</sup>, Danijela Vranić<sup>2</sup>, Vladimir Tomović<sup>3</sup>, Dušan Živković<sup>1</sup>*

### Abstract

The study examined the fatty acid profile of fermented sausages in which one part of backfat (making up 5%, 7% and 9% of the control treatment formulation) was replaced with flaxseed oil pre-treated with alginate and soy protein isolate. Increase in the content of pre-treated flaxseed oil had a significant effect on the fatty acid profile, which progressively changed with the increase of the oil content: saturated fatty acid content, content of oleic and total monounsaturated fatty acids were significantly lower while the content of  $\alpha$ -linolenic acid increased multiple times (15–40 times) with the addition of flaxseed oil. Fermented sausages with flaxseed oil had significantly favorable PUFA/SFA and n-6/n-3 ratios.

**Key words:** fermented sausages, flaxseed oil, fatty acids

---

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, 11080 Belgrade, Serbia (stajic@agrif.bg.ac.rs)

<sup>2</sup>Institute of Meat Hygiene and Technology, Kačanskog 13, 11000 Belgrade, Serbia

<sup>3</sup>University of Novi Sad, Faculty of Technology, Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, Serbia



## THE INFLUENCE OF SOME STARTER CULTURES ON THE TEXTURE OF INDUSTRIALLY PRODUCED MACEDONIAN TRADITIONAL SAUSAGE

*Monika Stojanova<sup>1</sup>, Olga Najdenovska<sup>1</sup>, Zlatko Pejkovski<sup>1</sup>*

**Abstract:** The aim of this paper is to monitor the influence of two starter cultures on texture of industrial produced Macedonian traditional sausage. The research covered three variants: Variant 1: Control variant (conventionally produced Macedonian traditional sausages using nitrite salt and powdered acerola); Variant 2: Macedonian traditional sausages where the basic formulation was enriched by the addition of starter culture CS-300 in combination with powder Swiss chard and powdered acerola; Variant 3: Macedonian traditional sausages where the basic formulation was enriched by the addition of starter cultures CS-300 and BLC-78 in combination with powdered Swiss chard and powdered acerola. The greatest strength (penetration force) on the surface was determined in the sausages from variant 3 (8.773 N), and the sausages from variant 2 (8.521 N) are characterized with the smallest hardness.

**Key words:** Macedonian traditional sausage, starter cultures

### Introduction

The processing of meat in meat products records its first beginnings in the Phoenicians, and hence it starts to extend all over the world. According to numerous written data, the first meat preparations have been started with the salting of the meat, and later, other means of conservation began to be applied (Hammes and Hertel, 1998.; Čavlek, 2001.). The various properties of sausages, including their overall quality, are conditioned, above all, by the type and quality of the meat, but also by the added additives, spices, preservatives, and the applied technological procedures in the production (Feiner, 2006.; Leroy et al., 2006.; Honikel, 2008.). One of the most types of sausages that are produced in the Republic of Macedonia is the traditional *Vevcanski* sausage, whose formulation is 1400 years old. Traditional food is considered as a legacy that is transmitted by generations, and consumers expect specific sensory properties and high quality food. At the same time, traditional food must be safe from the microbiological and chemical-physical aspect, without uncontrolled processing and without the presence of preservatives.

The texture of meat products has a significant role on the overall organoleptic properties of the product. One of the most important factors for quality of sausages is the direct impact of the texture as a property, on the formation of consumers' opinion for a particular product through the use of senses of touch and taste (Hathwar et al., 2012.). So, Bourne (2002.) defines the texture as a response to the perception of the

---

<sup>1</sup> Faculty of Agricultural Sciences and Food, University Ss. Cyril and Methodius, Aleksandar Makedonski bb., 1000 Skopje, Republic of Macedonia ([stojanova.monika@yahoo.com](mailto:stojanova.monika@yahoo.com))

consumer created on the basis of the received external incentives, and is caused by the interaction between some part of the body and the food. The specific raw materials added during the industrial production of sausages, as well as the applied technological conditions, are the basic factors responsible for the formation of the overall texture properties. These factors include the process of denaturation of muscle proteins which is responsible for forming a fine texture in sausages. During storage, texture changes as a result of biochemical degradation, which usually results in a loss of product hardness (Lorenzo et al., 2000.). Accordingly, strength is a very important feature of meat products and is one of the factors that define the overall quality and acceptability of the final product by the consumers. In sausages and other meat products, the desired texture is achieved by adding nitrites and other chemicals, and in a natural way it is obtained by adding appropriate starter cultures (Janssens et al., 2012.; Maksimović et al., 2015.).

From the aspect of full realization of this potential, research on the influence of starter cultures and their metabolites on the quality of foodstuffs is of great importance, and in order to become their obligatory part of the regular, industrial production processes (Casaburi et al., 2007.; Bhat et al., 2012.). The use of starter cultures in the food industry is a substitute for many chemical additives (including additives containing natural components), which contributes to the creation of new and attractive products containing less chemical preservatives (Demeyer et al., 2000.; Arihara, 2006.).

Accordingly, obtaining of quality products is possible only if during fermentation dominates useful, homo-enzymatic types of lactic acid bacteria, and otherwise production errors are very common (Djukic et al., 2015.).

The aim of this research paper is to monitor the influence of two starter cultures on instrumental values for texture of industrially produced *Macedonian traditional sausage*.

### Material and methods

As a material for work was used *Macedonian traditional sausage* produced in industrial conditions in the meat industry "Soleta" in Skopje. As a basis for the production of this product the traditional formulation of *Vevcanskisausage* was taken, modified for industrial use. Pork meat (I category) and dorsal bacon were used in the ratio 75:25%. Water was added in an amount of 150 mL/kg mixture. Then additives, spices and starter cultures were added to the mixture. The following starter cultures were used: CS-300 (*Staphylococcus carnosus* ssp. *utilis*+*Staphylococcus carnosus*) and BLC-78 (*Pediococcus acidilactici* + *Staphylococcus carnosus*).

The research in this paper covered three variants:

- *Variant 1*: Control variant (conventionally produced *Macedonian traditional sausages* using nitrite salt and powdered acerola);
- *Variant 2*: *Macedonian traditional sausages* where the basic formulation was enriched by the addition of starter culture CS-300 in combination with Swiss chard powder (as a substitute for nitrite salt) and powdered acerola;
- *Variant 3*: *Macedonian traditional sausages* where the basic formulation was enriched by the addition of starter cultures CS-300 and BLC-78 in combination with Swiss chard powder (as a substitute for nitrite salt) and powdered acerola.

The meat and bacon were ground to pieces of 8 mm. Then all spices and starter cultures were added, according to the determined formulation. The aim of adding Swiss chard powder is to provide a natural source of nitrates that the added starter cultures will convert into nitrites, so it is expected to achieve better results compared to the control variant where nitrite salt is added during production, and the only source of nitrates is the leek that is part of the basic formulation. In this way, not only nitrite salt is completely excluded from use, thus eliminating its adverse effects on the health of consumers, but also improvements in the quality of sausages have been achieved. The meat, together with the added spices and starter cultures, was mechanically mixed in a stirrer. Then, the mixture was left to stand for 48 hours in a refrigerator at a temperature of 1-3 °C.

After leaving the mixture, it was accessed to filling of the sausages in the machine, where between the filling of the mixture of each variant, detailed washing and cleaning of the filler was carried out. Sausages were then thermally treated with following program: 1. Incubation (2h on 42°C); 2. Drying (20 min on 65 °C); 3. Smoking (40 min on 65 °C); 4. Cooking (on 80 °C till reaching 70 °C in the center); 5. Smoking (10 min on 80 °C).

The following analyses were made:

- *Penetration force*: The penetration force was determined on the final product on 4<sup>th</sup> day of the production, and the results are shown as the arithmetic mean of the three analyzed samples taken randomly, separately from each variant. The analysis was made by penetrating the probe on the sausage surface at a speed of 2 mm/s, at a depth of 10 mm, in three places on each specimen, using the Texture analyzer - TA.XT plus, Stable micro systems.

- *TPA test (Texture Profile Analysis)*: The TPA test (Texture Profile Analysis) was determined on the final product on 4<sup>th</sup> day of the production. The results are obtained by moving the probe at a speed of 2 mm/s, at a depth of 2 mm to precisely cut pieces of sausage. They are shown as an arithmetic mean of three analyzed samples taken randomly, separately from each variant. The analysis was performed by penetrating the probe using the Texture Analyzer appliance - TA.XT plus, Stable micro systems.

Data are statistically processed with ANOVA test in SPSS program package.

## Results and discussion

According to data shown in Table 1, can be seen that with the highest hardness (penetration force) on the surface are characterized the sausages from the variant 3 (8,773 N). Minor hardness was measured in sausages from the control variant (8,603 N), while the sausages from the variant 2 (8,521 N) are characterized with the smallest hardness.

Tabela 1. Prosečne vrednosti instrumentalne analize teksture Kobasica na 4. dan proizvodnje  
 Table 1. Average values from the instrumental analysis of texture of sausages on the 4<sup>th</sup> day of production

Mostra Sample	n	Tvrdoća (silapenetracije) Hardness (penetration force) (N)
		$\bar{x} \pm SD$
Varijanta 1 (kontrola) Variant 1 (control)	7	8,603 <sup>a</sup> ± 0,98
Varijanta 2 (CS-300) Variant 2(CS-300)	7	8,521 <sup>a</sup> ± 1,44
Varijanta 3 (CS-300 + BLC-78) Variant 3(CS-300 + BLC-78)	7	8,773 <sup>a</sup> ± 1,33

<sup>a</sup> – the values for texture marked with same letters have no statistically significant difference between the examined variants (p>0.05)

Tabela 2. Prosečne vrednosti iz TPA testa kobasica na 4. dan proizvodnje  
 Table 2. Average values from TPA test of sausages on the 4<sup>th</sup> day of production

Sample	n	TPA test					
		Tvrdoća (napreku) Hardness (of intersection) (N)	Kohezivnost Cohesiveness (%)	Lepljivost Springiness (%)	Elastičnost Resilience (%)	Gumljivost Gumminess (N)	Pogodnost za žvakanje Chewiness (mJ)
		$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
Varijanta 1 (kontrola) Variant 1 (control)	7	13,85 <sup>a</sup> ± 299,19	0,722 <sup>a</sup> ± 0,32	1,363 <sup>a</sup> ± 1,57	0,537 <sup>a</sup> ± 0,13	480,113 <sup>a</sup> ± 136,52	970,707 <sup>a</sup> ± 114,45
Varijanta 2 (CS-300) Variant 2(CS-300)	7	6,86 <sup>a</sup> ± 269,95	0,864 <sup>a</sup> ± 0,01	1,114 <sup>a</sup> ± 0,23	0,605 <sup>a</sup> ± 0,04	647,960 <sup>a</sup> ± 157,74	851,293 <sup>a</sup> ± 271,41
Varijanta 3 (CS-300 + BLC-78) Variant 3(CS-300 + BLC-78)	7	5,85 <sup>a</sup> ± 412,87	0,852 <sup>a</sup> ± 0,06	1,808 <sup>a</sup> ± 1,90	0,578 <sup>a</sup> ± 0,04	783,509 <sup>a</sup> ± 237,72	987,711 <sup>a</sup> ± 243,75

<sup>a</sup> – the values for TPA test marked with same letters have no statistically significant difference between the examined variants (p>0.05)

The highest hardness of intersection have the sausages from the control variant (13,85 N). The highest coefficient of cohesiveness (0,864%), springiness (1,114%) and resilience (0,605 %) have the sausages from the variant 2. On the other hand, the sausages from the variant 3 are characterized with the highest values for gumminess (789,509 N) and chewiness (987,711 mJ).

Accordingly, can be concluded that the best texture characteristics have the samples from the variant 2, where one starter culture was added, i.e. they have medium hardness, maximum cohesiveness and resilience, the slightest stickiness and medium gumminess. However, there are no statistically significant differences in the examined parameters between the variants.

Vesković Moračanin et al. (2013) found that the traditional laundered fermented sausage produced in November is characterized by a higher value for the parameter penetration force (23,55 N), while in its production in January, the value declines to 12,49 N, and the reason for this, according to the authors, is the different production conditions. In their research, Dincer and Çakli (2015) found that bovine sausages have a higher hardness (3,18 N) compared to chicken sausages (2,73 N). But, on the other hand, chicken sausages have greater cohesiveness (0,68%), compared to bovine sausages (0,35%). Pietrasik and Duda (2000) point out that the values of cohesiveness in sausages increase as a result of lowering the fat content.

### Conclusion

According to the analysis, can be concluded that the sausages where starter cultures have been added are characterized with better texture characteristics compared to the sausages from control variant. The best texture properties have the samples from the variant 2 (CS-300), so they have medium hardness, maximum cohesiveness and resilience, the lowest stickiness and the medium gumminess.

Starter cultures have a positive influence on the texture of the industrially produced *Macedonian traditional sausage*. According to the obtained results, with the use of the starter culture CS-300 (*Staphylococcus carnosus ssp. utilis*+ *Staphylococcus carnosus*) good quality of the sausages is achieved. At the same time a safe product is obtained where the use of nitrite salt is completely eliminated.

### References

- Arihara K. (2006). Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Science*, 74, 219-229.
- Bhat R., Allas A.K., PallythG. (2012). 20. Factors Affecting the Growth of Microorganisms in Food. John Willey & Sons Ltd, USA.
- Bourne M.C. (2002). *Food Texture and Viscosity - Concept and Measurement*, 2nd ed., Elsevier, Burlington: 1-30.
- Casaburi A., Aristory M.C., Cavella S., Di Monaco R., Ercolini D., Toldra F., Villani F. (2007). Biochemical and sensory characteristics of traditional fermented sausages

- of Vallo di Diano (Southern Italy) as affected by the use of starter cultures. *Meat Science*, 76(2), 295-307.
- Čavlek B. (2001). Znanost i praksa proizvodnje trajnih kobasica. *Meso*, 12/13, 51-52.
- Demeyer D., Raemaekers M., Rizzo A., Holck A., De Smedt A., Tenbrink B., Hagen B., Montel C., Zanardi E., Murbreek E. (2000). Control of bioflavour and safety in fermented sausages: first results of a European project. *Food research international* 33, 171-180.
- Dincer M.T., Çakli S. (2015). Textural acceptability of prepared fish sausages by controlling textural indicators. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 39, 364-368.
- Djukic, D., Mandic, L., Veskovic, S. (2015). *General and Industrial Microbiology*. University of Kragujevac, Faculty of Agriculture, Cacak.
- Feiner G. (2006). *Raw fermented salami*. *Meat products handbook*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.
- Hammes W.P., Hertel C. (1998). New developments in meat starter cultures. *Meat science*, 49, 125-138.
- Hathwar S.C., Rai A.K., Mosi V.K., Narayan B. (2012). Characteristics and consumer acceptance of healthier meat and meat product formulations-a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(6), 653-664.
- Honikel K.O. (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78, 1-2, 68-76.
- Janssens M., Myter N., De Vuyst, L., Leory F. (2012). Species diversity and metabolic impact of the microbiota are low in spontaneously acidified Belgian sausages with an added starter culture of *Staphylococcus carnosus*. *Food Microbiology*, 29, 167-177.
- Leory F., Verlyten J., De Vuyst, L. (2006): Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation. *International Journal of Food Microbiology* 106: 270-285.
- Lorenzo J.M., Michinel M., Lopez M., Carballo J. (2000). Biochemical characteristics of two Spanish traditional dry-cured sausage varieties: Androlla and Botilho. *Journal of Food Composition and Analysis*, 13, 809-817.
- Maksimović Ž., Hulak A.N., Vuko M., Kovačević V., Kos I., Mrkonjić Fuka M. (2015). Bakterije mliječne kiseline u proizvodnji tradicionalnih trajnih kobasica. *Meso*, Vol. XVII, No. 6, 545-550.
- Pietrasik Z., Duda Z. (2000). Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages. *Meat Science*, 56(2), 181-188.
- Vesković Moračanin S., Karan D., Trbović D., Okanović Dj., Džinić N., Jokanović M. (2013): Colour and texture characteristics of "Užička" fermented sausage produced in the traditional way. *Tehnologija mesa*, 54(2), 137-143.

## PRANJE I DEZINFEKCIJA VODOVODNE MREŽE NA POLIGONU NACIONALNE VOZAČKE AKADEMIJE NAVAK U SUBOTIŠTU

Tomislav Trišović<sup>1,3</sup>, Svetomir Milojević<sup>2</sup>, Branimir Z. Jugović<sup>3</sup>, Milan Nikolić<sup>1</sup>, Zaga Trišović<sup>4</sup>

**Izvod:** U radu je prikazan jednostavan i jeftin postupak za čišćenje i dezinfekciju vodovodnog sistema na poligonu za ispitivanje automobila u Subotištu. Vodovodni sistem je bio u eksploataciji tri godine bez ikakvog tretmana vode. Povećana temperatura vode do čak 28°C i odsustvo dezinfekcionog sredstva uzrok je pojave biofilma u cevovodu. Cevovod je saniran čišćenjem i ispiranjem, neutralizacijom, hiperhlorisanjem i primenom peroksida i srebra. Ustanovljen je efekat operativnih parametara (koncentracija i vrsta sredstva) za proces čišćenja, pranja i dezinfekcije cevovoda. Prikazan je i novi metod frontalnog puštanja „čepova“ testiranih sredstava za čišćenje i pranje, a uz minimalnu potrošnju kako bi troškovi procesa bili što niži. Rezultati su pokazali da je pre tretmana postojalo bakteriološko zagađenje cevovoda bakterijom *Pseudomonas aeruginosa*. Međutim, posle izvršenih procesa čišćenja, pranja i dezinfekcije voda na svim točecim mestima u poslovnim objektima i hidrantskoj mreži, bila po Pravilniku o bakteriološkoj ispravnosti pijaće vode. Pokazano je da je najefikasnije sredstvo za oksidaciju i dezinfekciju kompozitno sredstvo na bazi vodonik peroksida i koloidnog srebra „Silozon“ u koncentraciji do 20 mg/L.

**Ključne reči:** vodovodni sistem, čišćenje, dezinfekcija, vodonik-peroksid, koloidno srebro

### Uvod

Prema zvaničnim statističkim podacima, u odnosu na ukupan broj domaćinstava, u Srbiji je oko 80% domaćinstava priključeno na javni ili lokalni vodovod („Službeni glasnik RS“ broj 37/2011). Prema dokumentu Nacionalna strategija održivog razvoja Srbije, priključak na javni sistem vodosnabdevanja ima 63% stanovništva, dok je lokalnim vodovodima obuhvaćeno još 14% stanovništva (Veljković, 2010). Voda je osnovna životna namirnica za ljude, životinje i biljke. Voda za različite namene ima i zahtev za različitim kvalitetom. Voda za piće mora da ima širok spektar merljivih karakteristika, jedinjenja ili sastojaka koji mogu uticati na njen kvalitet. Postoje šest kategorija pokazatelja koji mogu kontaminirati vodu za piće, a to su: (1) mikroorganizmi, (2) dezinficijensi, (3) nusproizvodi dezinficijensa, (4) neorganske hemikalije, (5) organske hemikalije, i (6) radioaktivni elementi (Australian Government, National Health and Medical Research Council, 2004). Zbog toga je neophodno u vodovodnom sistemu pratiti koncentraciju patogenih bakterija i hemijskih supstanci

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (trisa@tmf.bg.ac.rs);

<sup>2</sup>Fakultet tehničkih nauka, K. Miloša 7, 38220 Kosovska Mitrovica, Srbija;

<sup>3</sup>Institut tehničkih nauka SANU, K. Mihailova 35/4, 11000 Beograd, Srbija;

<sup>4</sup>Mašinski fakultet, Kraljice Marije 16, 11 000 Beograd, Srbija;

koje imaju potencijal da prouzrokuju infekcije i zdravstvene probleme. Najosetljiviji na infekcije su bebe i deca, osobe sa oštećenim imunim sistemom, bolesnici i stara lica. Patogeni organizmi koji predstavljaju posebnu pretnju su: bakterije, virusi i protozoe koji izazivaju različita oboljenja, od blagog gastroenteritisa to ozbiljnih dijareja, dizenterije, hepatitisa, kolere ili tifusne groznice.

Tipična oboljenja koja se prenose vodom, a izazivaju ih mikroorganizmi, vode poreklo iz gastrointestinalnog trakta (želudac, tanko crevo i debelo crevo) ljudi, ali i domaćih životinja. Kontaminacija vode mikroorganizmima nastupa u uslovima kada otpadne materije prodiru u podzemne vode izvorišta vode za piće. U bakterije koje se prenose na ovaj način spadaju *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *enterovirulentne Escherichia coli*, *Vibrio cholera*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni* i *C. coli*.

Postoje različite vrste bakterija koje se normalno javljaju u životnoj sredini i mogu da izazovu infekcije kod ljudi kao što su oportunistički patogeni, odnosno mikroorganizmi koji izazivaju bolest samo ukoliko je izostala normalna otpornost organizma. Najviše su pod rizikom: stari, veoma mladi, osobe s opekotinama, osobe koje su bile podvrgnute hirurškoj intervenciji ili one koje su teško povređene, kao i osobe sa ozbiljnim oštećenjem imuniteta. Ukoliko ovakve osobe koriste vodu za piće ili kupanje koja je bakteriološki neispravna (odnosno, sadrži veliki broj oportunističkih patogena) kod njih se mogu javiti infekcije kože, sluzokože oka, uha, grla i nosa. Primeri ovakvih oportunističkih bakterija su *Pseudomonas aeruginosa* i *Klebsiella sp.*

Posebnu grupu predstavljaju modrozeleno bakterije, cijanobakterije ili modrozeleno alge, koje se javljaju kao pojedinačne ćelije, vlakna ograničene dužine ili kolonije, a njihova brojnost im omogućava da migriraju ka površini vode, što je posledica njihove reakcije na svetlost. Cijanobakterije nastanjuju sve prirodne vode, a problem predstavljaju jedino onda kada ih ima u velikom broju (cvetovima). U uslovima eutrofikacije povećava se i cvetanje cijanobakterija. Prisustvo cijanobakterija u vodi za piće značajno je prvenstveno zbog intracelularnih toksina koje one proizvode. Ovi toksini pripadaju trima vrstama: hepatotoksini, koji oštećuju ćelije jetre; neurotoksini, koji oštećuju nervne ćelije, i cilindrospermopsin, koji može da izazove oštećenja jetre, bubrega, gastrointestinalnog trakta i krvnih sudova. Unošenje toksina koje luče cijanobakterije ne dovodi do letalnog ishoda, ali konzumiranje vode koja sadrži ove toksine može da izazove gastroenteritis. Neprijatan ukus i miris vode može da nastane usled jedinjenja koja stvaraju određene vrste algi, cijanobakterije (modrozeleno alge), bakterije i ponekad protozoe (Nacionalna strategija održivog korišćenja prirodnih resursa i dobara Republike Srbije, 2007).

Unutar cevovoda, ako je temperatura vode iznad 20°C, može doći do stvaranja biofilma što će kao posledicu imati bakteriološki neispravnu vodu u cevovodu. Potencijalni uzroci su još i konstrukcija instalacija, prisustvo jedinjenja fosfora, azota i kiseonika. Prvo se na unutrašnjoj površini cevovoda formiraju naslage određenih jedinjenja (jedinjenja kalcijuma, magnezijuma, gvožđa ili čestica mangana). Tako formirani podsloj je idealna podloga za razvoj biofilma. Bakterije, kvasci i plesni prijanjaju za ove čestice i zatim formiraju biofilm, sluzavi sloj po unutrašnjosti cevovoda. Ovo dovodi do nastanka okruženja koje je idealno za razvoj mikroorganizama. Konstrukcija vodovodnih instalacija je takođe čest uzrok nastanka biofilma. Kada se za instalaciju koriste PVC cevi niske gustine, postoji visoka



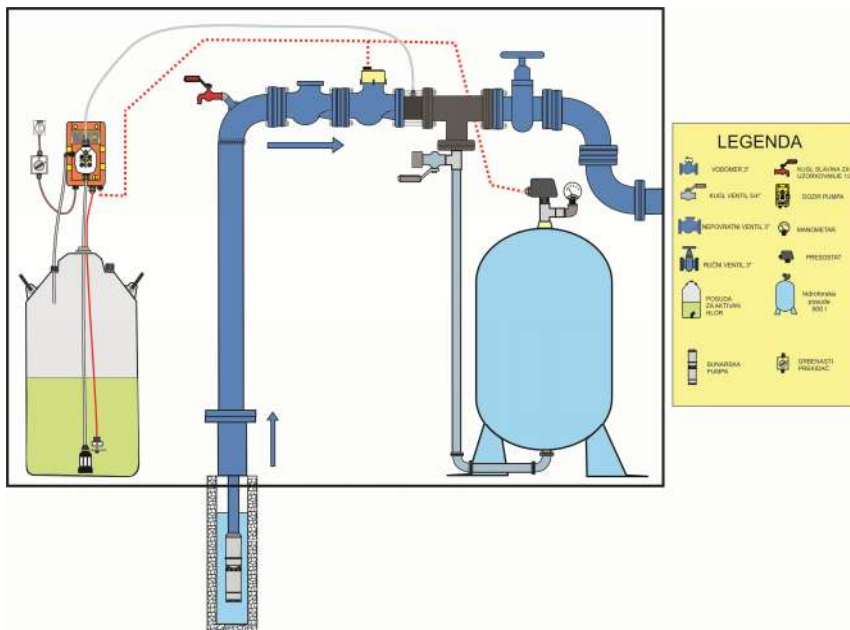
verovatnoća da će doći do razvoja biofilma, ali i upotreba drugih tipova cevi je takođe nedovoljno dobra. Pored navedenog, na mnogim cevovodima često vidamo preduge cevovode sa nepotrebnim krivinama, slepim završecima i zatvorenim cevima. Svaka krivina i svaka zatvorena cev predstavljaju rizik od stajaće vode koja dovodi do stvaranja naslaga materijala, čime se stvaraju uslovi za formiranje biofilma.

Zagađeni cevovodi se mogu očistiti. Čišćenje se može sprovesti u tri koraka:

1. Kiselo – bazno pranje (poželjno je koristiti limunsku kiselinu u 1-2% rastvoru, a potom natrijum-hidroksid do 5%);
2. Razlaganje biofilma tretmanom sa jakim oksidansima. Ovo zahteva visoku dozu hidrogen-peroksida (100 do 300 ppm), hlor-dioksida ili formaldehida.
3. Instalacija uređaja za kontinualnu dezinfekciju kao preventive ponovnom stvaranju biofilma. Neophodno je konstantno pratiti koncentraciju rezidualnog dezinficijensa, a takodje i povremeno koristiti ručne testere.

### **Materijal i metode rada**

Centar NAVAK se nalazi pored autoputa Beograd-Zagreb u selu Subotištu. Na placu od blizu 40 hektara se nalaze poslovni objekti i asfaltna pista sa svim sadržajima za ispitivanje automobila u različitim eksploatacionim uslovima. Ovaj centar ima sopstveni vodovodni sistem koji podeljen na dva dela: sanitarni i hidrantski. Bunar je dubok oko 120 metara, a zacevljen je sa cevima fi 200. Na 80 metara od nivoa tla u bunaru je instalirana štapićasta crpna pumpa koja daje protok od oko 8 litara u sekundi. Iz bunara voda se grana na dva kraka. Jedan krak je zapravo hidrantska mreža i instalirana je neposredno duž auto piste, dok je drugi krak takodje instaliran pored piste (zbog hidranata) i ulazi u poslovne objekte koji se snabdevaju sanitarnom vodom. S obzirom na to da je centar javnog karaktera neophodno je da sanitarna i hidrantska voda ispunjavaju uslove Pravilnika o hemijskoj i bakteriološkoj ispravnosti pijaće vode iz 1998. godine. Na osnovu bakterioloških analiza vodovodnog sistema NAVAK u Subotištu, a koji je radio Zavod za javno zdravlje Beograd (ZZJB), pokazano je da voda nije bakteriološki ispravna na delu hidrantskog cevovoda zbog prisustva bakterije *Pseudomonas aeruginosa*. Kako bi se rešio problem bakteriološke ispravnosti instalirana je oprema 10. 8. 2014. godine za kontinualno hlorisanje vode (Slika 1).



Slika 1. Sklopni crtež za kontinualnu dezinfekciju vode upravljaju protokom vode na vodovodnom sistemu NAVAK

Graph. 1. Scheme for continuous disinfection of water managed by the flow of water on the NAVAK water supply system

Kao što se vidi sa Slike 1 neposredno na izlasku cevovoda iz bunara je instaliran impulsni vodomer koji je električno povezan sa dozirnom membranskom pumpom i presostatom na hidroforskoj posudi (električne veze na Slici 1 su prikazane isprekidanom linijom). Neposredno pre vodomera nalazi se slavina za uzorkovanje sirove vode i posle nje nepovratni ventil. Mesto za doziranje sredstva za dezinfekciju nalazi se neposredno posle vodomera. Na ovaj način moguće je istovremeno uzorkovati i sirovu i dezinfikovanu vodu. Uređaj za doziranje se sastoji od posude u koju se sipa dezinfekciono sredstvo na bazi hlornih jedinjenja ili peroksida. Uključenje crpne i dozirne pumpe diktira presostat koji se nalazi na hidroforskoj posudi. Kada se odvrnu slavina i krene potrošnja vode u vodovodnom sistemu dolazi do pada pritiska u hidroforskoj posudi koji meri presostat. Kada pritisak padne ispod 2 bara presostat uključuje crpnu i dozirnu pumpu. Dozirna pumpa neće dozirati dezinficijens sve dok joj impulsni vodomer ne daje impulse koji uslovljavaju njen intenzitet doziranja. Impulsni vodomer ima relejni brojač koji daje jedan impuls na protekli jedan litar vode.

Hiperhlorisanje (injektiranje povećane koncentracije hlora u cevovodu i do 50 mg/L) je ostvareno sa pomenutim dozirnim sistemom, tako da je pumpa u konstantnom modu na maksimalnom broju otkućaja od 180 otkućaja u minuti ubacivala oko 180 mL rastvora hipohlorita. Koncentracija rastvora natrijum-hipohlorita je iznosila 120 g/L, za protok od 432 L/min. Isticanje pri ovom protoku je ostvareno na svim točecim i hidrantskim mestima. Po dostizanju koncentracije od 50 mg/L, na svim

točecim mestima obustavljeno je dalje doziranje natrijum hipohlorita, i tako hiperhlorisana voda ostavljena je u vremenskom periodu od 24h. Posle kontaktnog vremena od 24h vodovodna mreža je isprana na svim točecim mestima, sve dok nije registrovano potpuno odsustvo rezidualnog hlora.

### Rezultati istraživanja i diskusija

U cilju potvrde uspešnosti hiperhlorisanja vodovodne mreže angažovana je 14.8.2014. godine Akreditovana laboratorija "Anahem". Uzorak je uzet na poslednjem točecem mestu sanitarne vode, na česmi poslovnog objekta i na poslednjem hidrantu na kraju piste. Dobijeni rezultati iz "Anahem" laboratorije br. 14081401 su pokazali da ispunjavaju bakteriološki standard za zatvoreno izvorište i standard za kontinualno dezinfikovane vode. Investitor je nezavisno angažovao i Gradski zavod za javno zdravlje Beograd za uzorkovanje i analizu vode. Rezultati obe analize uzete u poslovnom objektu – NAVAK Subotičke pokazuju da je sanitarna voda bakteriološki ispravna, ali da je voda u hidrantskoj mreži bila još uvek kontaminirana sa bakterijom *Pseudomonas aeruginosa*. Analize takođe pokazuju da je uklonjen i vodonik sulfid koji je davao neprijatan miris. Gradski zavod, a na zahtev nadzornog organa, uzeo je uzorak i sa poslednje tačke hidrantske mreže koja nije adekvatno mesto za uzorkovanje, jer ne zadovoljava standard ISO 5667-5 i ISO 19458-2006 (Republički zavod za statistiku 2007, Službeni glasnik RS", broj 125/04). U tom uzorku je detektovana bakterija *Pseudomonas*.

Zbog toga dalje aktivnosti u procesu dezinfikovanja cevovoda su ostvarene 30.8.2014. godine, pri čemu je primenjeno hiperhlorisanje celokupne mreže i sa hlordioksidom koncentracije 4mg/L. Kao i u prethodnom slučaju, posle 24 h mreža je isprana do nepostojanja rezidua hlordioksida. Po nalogu nadzornog organa Gradski zavod je i posle ovog tretmana uzeo uzorak vode na poslednjem točecem mestu hidrantske mreže. I pored upotrebe hlordioksida, testirani uzorak je ponovo pokazao prisustvo bakterije *Pseudomonas aeruginosa*. Da bi odstranili prisustvo bakterije *Pseudomonas aeruginosa* izvršeni su dodatni radovi (13.9.2014 godine), primenom hiperhlorisanja hidrantske mreže sa hlordioksidom pet puta veće koncentracije nego prvi put (20-25 mg/L). Nažalost i posle ovog tretmana rezultati analize su pokazali prisustvo bakterije *Pseudomonas aeruginosa* u hidrantskom delu mreže.

Posle svih ovih tretmana sredstvima za dezinfekciju pristupilo se operaciji hemijskog čišćenja i pranja hemijskim putem. Takođe su mehanički oprani svi hidranti sa deterdžentom. Proces hemijskog pranja i čišćenja hidrantskog cevovoda je ostvaren 10.11.2014.godine u nekoliko odvojenih procesa, primenom kiselih i baznih sredstava, kao i sredstvima za dezinfekciju na bazi aldehida. U Tabeli 1 su navedene količine i vrste sredstava za hemijski tretman vode tokom 24h.

Tabela 1. Vrste i količine sredstava za hemijski tretman voda  
 Table 1. Types and quantities of chemicals used for water treatment

1.	<i>Limunska kiselina</i>	<i>kg</i>	26
2.	<i>Natrijum-hipohlorit 120 g/L</i>	<i>kg</i>	56
3.	<i>Formaldehid 35%</i>	<i>L</i>	30
4.	<i>Natrijum-hidroksid</i>	<i>kg</i>	10
5.	<i>Silozon 25</i>	<i>kg</i>	50

Posle višečasovnog ispiranja cevovoda uzet je uzorak 11.11.2014. godine i uradene su bakteriološke analize na hidrantskom delu cevovoda, i jedna analiza sanitarne vode u poslovnom objektu. Voda u hidrantskom delu cevovoda je bila mikrobiološki ispravna, ali se bakterijska kultura *Pseudomonas* pojavila u poslovnom objektu tj. u delu cevovoda koji nije bio izložen pranju i čišćenju.

Da bi se uklonila bakterijska kultura i u poslovnom delu objekta 29.12.2014. godine celokupan cevovod tertian je najjačim oksidansom na bazi vodonik-peroksida i koloidnog srebra u dva navrata 29 i 30.12.2014. godine.

Posle ovog tretmana, kontaktnog vremena od 24 h, ispiranja i uzorkovanja kao i u prethodnim slučajevima, dobijene analize od 30.12.2014. i 21.1.2015. godine na hidrantskom i sanitarnom delu vodovoda su pokazale mikrobiološku isravnost vode po standardu za pijaću vodu. Posle poslednjih analiza može se zaključiti da je voda na svim točecim mestima sanitarne vode i na svim hidrantima gde je uziman uzorak, bila bakteriološki ispravna i po standardu koji zahteva naš zakon definisan Pravilnikom o hemijskoj ispravnosti vode za piće (Službeni list SRJ 42/98).

### Zaključak

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da:

1. Sredstva za dezinfekciju i oksidaciju kao što su natrijum-hipohlorit i hlor-dioksid u koncentraciji i do 50 mg/L nisu uspešna u procesima uklanjanja bakterije *Pseudomonas aeruginosa* u hidrantskom cevovodu.

2. Čišćenje i pranje cevovoda pre procesa hiperhlorisanja pozitivno utiče na uspešnije dezinfikovanje i uklanjanje bakterija u cevovodu, kao što je *Pseudomonas aeruginosa*, jer povećava efikasnost dezinfekcionog sredstva, a smanjuje kontaktno vreme.

3. Hidrantski izvodi su tako konstruisani da su dobre podloge za razvoj bakterijskih kultura kakva je i *Pseudomonas aeruginosa*.

4. Najefikasnije sredstvo za uklanjanje bakterije *Pseudomonas aeruginosa* je „Silozon“ - sredstvo na bazi vodonik-peroksida i koloidnog srebra u koncentraciji do 20 mg/L.

### Literatura

Australian Government, Australian drinking water guidelines. National Health and Medical Research Council, 2004

Nacionalna strategija održivog korišćenja prirodnih resursa i dobara Republike Srbije, Radna grupa za vodne resurse, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede/Republička direkcija za vode, 2007

Pravilnik o nacionalnoj listi indikatora zaštite životne sredine („Službeni glasnik RS“ broj 37/2011)

Republički zavod za statistiku, Snabdevanje pitkom vodom, 2007-2009, <http://webrzs.stat.gov.rs>

Veljković N., Unapređenje kvaliteta vode kod lokalnih vodovoda i kanalisanje manjih mesta u Srbiji. Poglavlje – Upravljanje rizicima u lokalnim vodovodnim sistemima, str. 38-57, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd, 2010.

Zakon o sanitarnom nadzoru, "Službeni glasnik RS", broj 125/04.

## WASHING AND DISINFECTION OF AQUEDUCT NETWORK FROM POLYGON OF THE NATIONAL DRIVING ACADEMY NAVAK IN SUBOTIŠTE

*Tomislav Trišović<sup>1,3</sup>, Svetomir Milojević<sup>2</sup>, Branimir Z. Jugović<sup>3</sup>, Milan Nikolić<sup>1</sup>, Zaga Trišović<sup>4</sup>*

### Abstract

Simply and cheap cleaning/disinfection procedure for treatment of aqueduct network from car testing polygon in Subotičte was shown. Aqueduct network was exploited for three years without any water treatment. High water temperature up to 28°C and absence of disinfection, resulted in biofilm formation at pipe surface. Pipe-line was improved by cleaning and washing, neutralization, hyperchlorination and application of peroxide and silver. The effect of the process parameters (concentration and type of agent) on cleaning, washing and disinfection of pipe-line was investigated. A new, low-cost method for the use of tested chemicals based on frontal release of "plugs" was established. The results showed that prior to the treatment there was bacteriological contamination of the pipeline with *Pseudomonas aeruginosa*. However, after the performed cleaning, wash and water disinfection process at all points in the business premises and hydrant network, the quality of water was according to Rulebook on the bacteriological correctness of drinking water. The most effective oxidation and disinfection agent has been shown to be a composite solvent based on hydrogen peroxide and colloidal silver "Silosone" at a concentration of up to 20 mg/L.

**Key words:** aqueduct network, cleaning, disinfection, hydrogen peroxide, colloidal silver

---

<sup>1</sup>Univerzitet of Kragujevac, Faculty of Agronomy in Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia (trisa@tmf.bg.ac.rs);

<sup>2</sup>Faculty of Technical Science, K. Miloša 7, 38220 Kosovska Mitrovica, Serbia;

<sup>3</sup>Institute of Technical Sciences SASA, K. Mihailova 35/4, 11000 Beograd, Serbia;

<sup>4</sup>Faculty of mechanical Engineering, Kraljice Marije 16, 11 000 Belgrade, Serbia;

## COMPOSITION OF GLUTEN-FREE FLOURS WITH SPECIAL REFERENCE TO MINERAL SUBSTANCES

*Aleksandar Veličković<sup>1</sup>, Sanja Petrović<sup>1</sup>, Saša Savić<sup>1</sup>, Živomir Petronijević<sup>1</sup>*

**Abstract:** The aim of this paper is to investigate the composition of gluten free flours, with particular reference to the minerals content (As, Ag, B, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Tl, Zn, Si, and P). The following types of gluten-free flours were analyzed: palenta, gluten-free mix flour, gluten-free palenta, flax flour, white buckwheat flour, corn white flour, as well as gluten flours with the purpose of comparison: flour for integral bread and wheat flour type 400. The samples were prepared by wet digestion process and then subjected to an ICP-OES (Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry) analysis. Based on the results, it can be concluded that the mineral composition of gluten and gluten free flours is different. In terms of nutritive value, the flour which proved to be the richest in term of higher content of macro (K - 7373,215  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Na - 1978,009  $\mu\text{g g}^{-1}$  and Mg - 1818,141  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) and micro essential elements (Zn - 46,001  $\mu\text{g g}^{-1}$  and Cu-4,110  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) is a flax non-gluten-free flour. The lead content detected in white buckwheat (0.518  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) and white corn flour (0.534  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) is beyond the permitted amount, which limits their use in daily human diet.

**Key words:** gluten, mineral, flour, toxic elements, ICP-OES

### Introduction

Gluten is a composite protein composed of gluteline and gliadin that occurs in the endosperm of wheat. The ratio of gluteline and gliadin in the protein mixture is about 1:1. Gliadin, has been identified as poisonous gluten component (Rathi and Zanwar, 2006). Celiac disease (CD) is a chronic systemic autoimmune disorder caused by permanent intolerance to gluten proteins in genetically sensitive individuals. CD was a rare disease with a prevalence of about 0.02%, however, recent studies conducted in Europe, India, South America, Australia and the United States indicate that the prevalence may range from 0.33-1.06% in children and between 0.18-1.2% in adults (Saturni et al., 2010). So far, the only used CD treatment is a strict diet that involves the use of non-gluten foods. Although gluten-free alternatives are available, finding gluten-free quality products is a challenge for itself. Also, the complete characterization of the nutritional properties of such foods is of major importance in order to form a non-glutenous diet that will satisfy the daily needs of the organism.

Flours that have no gluten are rice, buckwheat, millet, teff corn, flax, sesame, quinoa, amarante, and flour of nuts, such as almonds, flour of legumes, brine or soy. Oatmeal also does not contain gluten. The problem with the non-glutinous wheat flour is that forms the dough which has semi-liquid consistency and cannot keep the gases produced by fermentation, that resulting in a bread of compact and crumbly structure,

---

<sup>1</sup>University of Nis, Faculty of Technology, Bulevar Oslobođenja 124, Leskovac, Serbia (milenkovic\_sanja@yahoo.com)

undesirable color and flavor. For this reason, the production of gluten free bread is quite demanding. In the production of non-gluten-free products, as a substitute for wheat flour, most commonly are used different hydrocolloids, enzymes, starch, cereals, gluten-free cereals (millet, corn, rice) or pseudocereals (quinoa, buckwheat), protein sources (Pavlović, 2017). The flour properties, as well as its composition depend on the origin and the type of grain itself and from the grinding method (Araujo et al. 2008). In terms of mineral composition of flour, the most common constituents are calcium, magnesium, phosphorus, potassium, zinc, iron, copper and manganese, while the other elements are present in trace quantities. Grain cereal generally contains very small amounts of calcium and phosphorus that are important for the functioning of the human organism. The content of mineral matters in the grain is about 2%, and the content of mineral matters in the flour that ranges from 0.45% to 2.00% and depend on grinding process (Rajković et al., 2012). Previous studies have indicated the average concentrations of these minerals in the range of 0.89-7.15 mg g<sup>-1</sup> for phosphorus, 0.76-3.16 mg g<sup>-1</sup> for potassium, 0.19-0.51 mg g<sup>-1</sup> for magnesium and 0.11-1.96 mg g<sup>-1</sup> for calcium (Hadžić, 2013). Micronutrients such as copper, iron, manganese and zinc have the average content in flour of 1.00-2.80, 10.5-146.6, 3.9-14.7 and 5.1-13.9 µg g<sup>-1</sup>, respectively (Hadžić, 2013).

The subject of this paper is the determination of the mineral composition of various flours, in order to compare the mineral composition (macro, micro and trace elements) of flours with and without gluten. The results of this paper can be used as basis for further researches on the potential nutritional properties of flour present in the consumer market in Serbia.

### Material and methods

The quantitative analysis of all samples was performed on ICP-OES (Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry, ARCOS FHE12, SPECTRO, Germany), according to the manufacturer's instructions. Preparation of analysis samples was carried out by wet digestion. Before ICP-OES analysis all samples were diluted with distilled water purified by Fisher Chemical (HPLC grade) and filtrated (0.45 µm).

### Results and discussion

In Table 1 are presented summary results of: As, Ag, B, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Tl, Zn, Si and P content in the flour samples. The results are shown in µg g<sup>-1</sup> of flour weight.

Calcium (Ca), potassium (K), phosphorus (P), sodium (Na) and magnesium (Mg) are macroelements that have been analyzed in flour samples. Calcium is the most prevalent microelement in the human body. The organism daily need is 1000 mg (Carruthers and Smith, 1979). In the sample of flax flour calcium was not detected, until flour for integral bread proved to be the richest in term of calcium content -1207.042 µg g<sup>-1</sup>, which represents a value three times higher compared to other analyzed flours.

Table 1. Minerals content in tested flour samples,  $\mu\text{g g}^{-1}$

<i>Elements, <math>\mu\text{g g}^{-1}</math></i>	<i>Wheat flour type 400</i>	<i>Flour for integral bread</i>	<i>Gluten-free mix flour</i>	<i>Gluten-free palenta</i>	<i>Flax flour</i>	<i>White buckwheat flour</i>	<i>Corn white flour</i>	<i>Palenta</i>
	<i>Gluten flours</i>		<i>Gluten-free flours</i>					
<i>As</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ag</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bi</i>	30.275	23.239	30.630	32.380	31.046	27.586	32.673	17,525
<i>Ca</i>	390.825	1207.042	359.459	433.333	0	861.206	498.019	238.144
<i>Cd</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Co</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cr</i>	14.678	12.676	14.414	16.190	17.234	11.206	19.801	8.247
<i>Cu</i>	0	0	0	0	4.110	0.862	0	0
<i>Fe</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>K</i>	1666.055	2592.254	723.423	2670.476	7373.216	3455.172	2882.178	1242.268
<i>Li</i>	3.669	2.816	3.603	3.809	4.104	3.448	3.960	2.061
<i>Mg</i>	29.357	355.633	0	236.190	1818.141	937.931	364.356	98.453
<i>Mn</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Na</i>	1549.541	1280.986	2227.027	1702.857	1978.009	1515.517	1686.139	858.247
<i>Ni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pb</i>	0.246	0.235	0.282	0.401	0.442	0.518	0.534	0
<i>Tl</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Zn</i>	25.688	26.056	24.324	28.571	46.001	34.482	29.702	14.948
<i>Si</i>	344.954	237.323	345.045	335.238	346.065	370.689	300.990	169.587
<i>P</i>	1257.798	2978.873	558.558	2262.857	9054.384	5305.172	3356.436	1054.639

Besides calcium, potassium and sodium concentrations were significant. Minimum daily intake of potassium is 2000 mg (Carruthers and Smith, 1979). Lowest potassium concentration was detected for gluten free mix flour –  $723.423 \mu\text{g g}^{-1}$ , while the highest concentration of  $7373.215 \mu\text{g g}^{-1}$ , was detected in sample of flax flour. The minimum physiological requirement for sodium in humans is 500 mg per day, but the recommended intake is 2-3 g per day. Our analysis showed the highest sodium concentration in gluten-free mix. Magnesium as a very important mineral is a cofactor for over 300 enzymatic reactions, especially those that participate in the metabolism of food components and the creation of new molecules that are important for human health. The average daily intake of magnesium in the body is 350 mg. The magnesium concentrations in flours ranged from  $29.357 \mu\text{g g}^{-1}$  to  $1818.141 \mu\text{g g}^{-1}$ . The drastically



higher Mg concentration is detected in flax flour. The highest concentration of phosphorus is also detected at sample of flax flour - 9054.384  $\mu\text{g g}^{-1}$ . Phosphorus is involved in bone building, protein synthesis, growth, maintenance and healing of cells and tissues, muscle contraction, kidney function, regulation of heart rhythm, genetic material production, maintenance of normal acid-base balance in the organism, etc., and its average daily intake is 800 mg. Based on this overall it can be concluded that flax flour is the richest in term of the content of macroelements, namely Mg, K and P.

From the examined microelements (silver, boron, bismuth, cobalt, chromium, copper, iron, lithium, manganese thallium, zinc, and silicon), silver, boron, cobalt, iron, manganese, nickel and thallium were not detected. Copper is considered as one of the essential microelements with the greatest concentration in liver, brain, kidneys and heart. Copper is also very important in creating an immune response to infections. Allowed daily intake of this mineral is 1.5 - 3 mg (Carruthers and Smith, 1979). Not all analyzed samples have shown copper presence. Only flax flour and white buckwheat flour contained copper in 4.110  $\mu\text{g g}^{-1}$  and 0.862  $\mu\text{g g}^{-1}$ , respectively. Besides copper, second most important microelement for organism functioning is zinc. Zinc participates in over 200 enzymatic reactions in the body. It plays a key role in the synthesis and stabilization of genetic material. It is necessary for cell division, as well as for the structure and normal functioning of cell membranes, for the formation of antibodies, leukocytes, thyroid gland and the functioning of hormones. The average daily intake of this mineral in the body is 15 mg. The zinc concentration in the analyzed samples ranged from 14.948  $\mu\text{g g}^{-1}$  in palenta to 46.001  $\mu\text{g g}^{-1}$  in flax flour. Other microelements that have been detected in analyzed samples (Table 1) are not specifically discussed about.

Heavy metals that usually contaminate foods are lead, mercury, cadmium and arsenic (Carruthers and Smith, 1979), thus further analysis has been focused on lead, cadmium and arsenic presence determination. In analyzed samples, cadmium and arsenic were not detected even in traces, while most of the samples contained lead. According to the rules (Regulation, 1992), allowed concentration of lead, cadmium and arsenic in flours are 0.4  $\mu\text{g g}^{-1}$ , 0.1  $\mu\text{g g}^{-1}$  and 0.5  $\mu\text{g g}^{-1}$ , respectively. Lead is stored mostly in bones and concentration that human body can tolerate is not more than 1-2 mg. Lead poisoning affects the function of the brain and nervous system, reducing the level of intelligence, the power of perception and in worst cases can cause death. The World Health Organization (WHO) considers daily toxic amounts of 7  $\mu\text{g}$  per kg of bodyweight (Hadžić, 2013). In analyzed samples lead was not detected only in palenta flour. In the allowed concentration the lead was detected in wheat flour type 400, flour for integral bread and gluten-free palenta. The detected concentrations in the samples of white buckwheat flour and corn white flour were above permitted values prescribed by the rules. In sample of flax flour a detected lead concentration represents the limit value prescribed by the regulation.

### **Conclusion**

Based on the presented results, it can be concluded that the mineral composition of gluten and gluten free flours is different. In terms of nutritive value, the flour which proved to be the richest in terms of the higher content of macro elements (K, Na and Mg) and micro essential elements (Zn and Cu) is flax gluten free flour. The lead

detected in white buckwheat and white corn flour is not negligible and indicates the need for limited and strictly controlled use in nutrition.

### Acknowledgment

This work was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia under Project No.TR-34012.

### References

- Rathi P.M., Zanwar V.G. (2016). Non-celiac Gluten Sensitivity (NCGS). Journal of The Association of Physicians of India. 64: 46-55.
- Saturni L., Ferretti G., Bacchetti T. (2010). The gluten-free diet: safety and nutritional quality. Nutrients. 2(1): 16-34.
- Pavlović M., (2017). Fizikalno-kemijska karakterizacija pšeničnog brašna. PhD thesis. Polytechnic in Pozega. Biotechnical department.
- Araujo R.G., Macedo S.M., Korn M.D.G.A., Pimentel M.F., Bruns R.E., Ferreira S.L. (2008). Mineral composition of wheat flour consumed in Brazilian cities. Journal of the Brazilian Chemical Society. 19(5): 935-942.
- Hadžić A. (2013). *Minerali u ishrani*. Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo.
- Regulation S. (1992). Pravilnik o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija, hemioterapeutiku, anabolika i drugih supstancija koje se mogu nalaziti u namirnicama (Content of pesticides, metals, metalloids and other toxic substances in foods). Službeni list SRJ, broj, 5.
- Carruthers M., Smith B. (1979). Evidence of cadmium toxicity in a population living in a zinc- mining area: pilot survey of Shipham residents. The Lancet. 313(8121): 845-847.
- Rajković M., Stojanović M., Glamočlija Đ., Tošković D., Miletić V., Stefanović V., Lačnjevac Č. (2012). Wheat samples and heavy metals. Journal of engineering & Processing Management. 4(1): 85-126.

## SASTAV BEZGLUTENSKOG BRAŠNA SA POSEBNIM OSVRTOM NA MINERALNE MATERIJE

*Aleksandar Veličković<sup>1</sup>, Sanja Petrović<sup>1</sup>, Saša Savić<sup>1</sup>, Živomir Petronijević<sup>1</sup>,*

### Abstract

U ovom radu ispitivan je sastav bezglutenskog brašna u cilju određivanja sadržaja mineralnih materija (As, Ag, B, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Tl, Zn, Si i P). Analizirane su sledeće vrste brašna: palenta, bezglutenski mix, gluten-free palenta, laneno, belo heljdino brašno, projino kukuruzno belo brašno kao i glutenska brašna u cilju komparacije: brašno za integralni hleb i pšenično brašno-tip 400. Uzorci su najpre pripremljeni postupkom mokre digestije a potom podvrgavani ICP-OES (Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry) analizi. Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da se mineralni sastav bezglutenskih i glutenskih brašna razlikuje. U pogledu nutritivne vrednosti, brašno koje se pokazalo najbogatije u smislu većeg sadržaja makro (K - 7373,215  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Na - 1978,009  $\mu\text{g g}^{-1}$  i Mg - 1818,141  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) i mikro esencijalnih elemenata (Zn - 46,001  $\mu\text{g/g}$  i Cu-4,110  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) je laneno bezglutensko brašno. Sadržaj olova detektovan kod belog heljdnog (0,518  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) i belog kukuruznog brašna (0,534  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) je izvan granica dozvoljene količine olova u brašnima, što ograničava njihovu upotrebu u ishrani.

**Key words:** gluten, brašno, minerali, toksični elementi, ICP-OES

---

<sup>1</sup> Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet u Leskovcu, Bulevar Oslobođenja 124, 16000 Leskovac, Srbija (milenkovic\_sanja@yahoo.com)

## **PRIMENA HEPA-FILTERA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI**

*Slavica Vesković<sup>1</sup>, Dragutin Đukić<sup>2</sup>, Vladimir Kurćubić<sup>2</sup>, Nurgin Memiši<sup>3</sup>*

**Izvod:** Prevencija mikrobne kontaminacije vazduha različitih proizvodnih i drugih prostora u prehrambenoj industriji, kao i izgradnja biološki čistih soba, veoma su važni tehnološki zadaci koji obezbeđuju zdravstveno bezbednu sredinu za život i rad čoveka, ali i za nastanak bezbednih prehrambenih proizvoda i zaštitu životne sredine. Upotreba filtracije se smatra najefikasnijim, najekonomičnijim i najprilagodljivijim sistemom za sterilizaciju vazduha. Stalna poboljšanja konstrukcije filtera, izbor novih filtracionih materijala, kao i metoda kontrole njihove efikasnosti su osnova za postizanje sterilnosti vazduha u procesnim prostorima.

**Ključne reči:** hepa-filter, vazduh, sterilizacija, industrija hrane

### **Izvori kontaminacije vazduha u prehrambenoj industriji**

Vazduh u proizvodnom delu bilo koje industrije hrane sadrži veliku količinu čestica prašine, od kojih su većina veoma male i nevidljive golim okom. Veličina im se kreće u rasponu od 0.0001  $\mu\text{m}$  do 100  $\mu\text{m}$ . Čestice veće od 10  $\mu\text{m}$ , po pravilu, se talože, dok čestice manje od 1  $\mu\text{m}$ , a naročito one manje od 0.3  $\mu\text{m}$ , lebde u vazduhu. Takođe, procesni vazduh sadrži i značajan nivo mikroorganizama i hemijskih zagađivača poreklom iz gasova, koji se u uslovima proizvodnje hrane moraju obavezno kontrolisati i smanjivati na nivo koji nije povezan sa nastankom rizika po bezbednost gotovog proizvoda. Iskustva nekih istraživača pokazuju da postoji odnos između broja živih čestica i broja inertnih (organskih i neorganskih) čestica i da se taj odnos kreće od 1:500 do 1:12000, a najčešće je 1:1000 (EHEDG, 2006.).

Prema podacima WHO (1993.) primarni zagađivači vazduha u prehrambenoj industriji su suspendovane čestice, produkti sagorevanja (azotni oksidi, ugljenmonoksid, ugljendioksid, oksidi sumpora) i isparljive organske materije. Aerodinamičnim se smatraju partikule veličine 1.2  $\mu\text{m}$ . Bakterije se u vazduhu mogu naći pojedinačno, ali i kao aglomerati na većim česticama prašine.

Manipulativne aktivnosti radnika, vlažni podovi, zaostali i rasuti proizvodi, uz nužne procese pranja i čišćenja opreme, imaju za rezultat izdvajanje mikroorganizama kao aerosola u vazдушnu sredinu. Radnje koje aerosoliziraju zagađivače često proizvode neprihvatljiv nivo mikrobiološkog zagađenja vazduha (EHEDG, 2006.), zbog čega je poželjno održavati suve uslove u pogonu.

Takođe, mikrobiološki status vazduha može biti izmenjen tokom rada sa kontaminiranom sirovinom, tokom razmeravanja, postupaka mlevenja ili mešanja. Drugim rečima, patogeni mikroorganizmi i mikroorganizmi kvara mogu doći u kontakt sa proizvodom na različite načine (Sofos i sar., 1999.). U ispitivanjima pojedinih autora

<sup>1</sup> Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Kaćanskog 13, Beograd, Srbija ([slavica.veskovic@inmes.rs](mailto:slavica.veskovic@inmes.rs));

<sup>2</sup> Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija

<sup>3</sup> Mlekara Imlek, Subotica, Tolminska 13, Subotica

utvrđeno je da je vazduh izvor mikrobiološke kontaminacije u pogonima za preradu mleka i mlečnih proizvoda (Kang i sar., 1989.), svinjskog (Pearce i sar., 2006.), živinskog (Burfoot i sar., 2007.) i junećeg mesa (Burfoot i sar., 2006.). Takođe, u vazduhu su često prisutne gljivice vrsta *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Mucor* spp., *Rhodotorula* spp.

Uzajamna veza između mikrobiološke kontaminacije prehrambenih proizvoda i širenja mikroorganizama u vazdušnoj sredini predstavljena je u Tabeli 1.

S obzirom da su svakog trenutka prisutni milioni čestica u kubnom metru vazduha u proizvodnim prostorijama prehrambene industrije, iznalaženje adekvatnih metoda prečišćavanja vazduha smatra se potrebom koja je podjednako važna, kao i održavanje ostalih elemenata procesne higijene (EHEDG, 2006.).

Pravilno projektovani sistemi za upravljanje kvalitetom vazduha u prehrambenoj industriji su dizajnirani tako da, istovremeno, kontrolišu i regulišu količinu čestica, prisutnih mikroorganizama i mirisa uz minimiziranje rizika od njihovog prisustva tokom proizvodnje hrane.

### HEPA filteri i filtracija vazduha

„Osposobljavanje“ vazduha u proizvodnim prostorijama zasnovano je više na mehaničkim postupcima izdvajanja mikroorganizama iz vazduha kroz vlaknaste ili porozne materijale, nego na metodama koje podrazumevaju njihovo uništavanje. Upotreba filtracije je bez sumnje najefikasniji, najekonomičniji i najprilagodljiviji sistem za čišćenje i sterilizaciju vazduha. Međutim, izbor odgovarajućeg filtera je jedan od najvažnijih elemenata postizanja i osiguranja kvaliteta vazduha u procesu proizvodnje i prerade hrane. Njihov izbor uslovljen je prirodom okruženja gde ih je potrebno instalirati, vrstom i količinom prisutnih čestica prašine i utvrđenog mikrobiološkog statusa proizvodnog vazduha, kao i očekivanim – zadatim nivoom kvaliteta proizvodnog vazduha (Vesković i Đukić, 2017.). Postoje različiti tipovi filtera, od grubih filtera namenjenih odstranjivanju različitih veličina čestica iz vazduha, do filtera koji su u stanju da filtriraju čestice dimenzija virusa.

U kategoriji filtera sa visokim stepenom efikasnosti izdvajaju se i najčešće primenjuju HEPA-filteri (engl.: *High Efficiency Particulate Air*) čija se efikasnost vezuje za zadržavanje do 99.995% čestica veličine  $\geq 0.3 \mu\text{m}$  (Arimes, 1994.), kao i ULPA-filteri (engl.: *Ultra-Low Penetration Air*) koji imaju efikasnost od 99.999995% za čestice čija je veličina  $\geq 0.12 \mu\text{m}$  (Tabela 2).

Navedeni filteri se posebno preporučuju za primenu u bolnicama, farmaceutskoj i prehrambenoj industriji, elektronskoj industriji, odnosno svuda gde je neophodno obezbediti sterilan i čist vazduh.

Stalna poboljšanja konstrukcije filtera, izbor novih filtracionih materijala, uz primenu obaveznih metoda kontrole njihove efikasnosti, su osnova za postizanje sterilnosti vazduha u radnim prostorima. Jedan od problema sterilizacije vazduha primenom filtera, pa i HEPA-filtera, je okolnost da se izdvojene spore mikroorganizama mogu razviti u filterskom medijumu i tokom vremena kroz njega proći, zbog čega postoji potencijalna opasnost od kontaminacije vazduha u prostoru na strani gde je jednom postignut čist vazduh (Recknagel i dr., 2002.).

Tabela 1. Mikrobiološka kontaminacija vazduha koji dolazi u kontakt sa prehranbenim proizvodima (Orffice i sar., 1985.)

Table 1. Microbiological contamination of air that comes into direct contact with the food product (Orffice et al., 1985.)

Kontaminacija vazduha <i>Air contamination</i>	Procesi/prostorije <i>Processes /rooms</i>	Ukupan broj bakterija, CFU/m <sup>3</sup> The total number of bacteria, CFU*/m <sup>3</sup>	Kvasci i plesni, CFU/m <sup>3</sup> <i>Yeasts and molds,</i> CFU/m <sup>3</sup>	Relativna vlažnost, % <i>Relative humidity, %</i>
Niska <i>Low</i>	Pakovanje proizvoda od mleka <i>Packaging of milk products</i>	100–40	10–40	50–70
	Konzervisanje proizvoda od mesa/laboratorijska kontrola <i>Conservation of meat products/laboratory control</i>	150–300	30–120	45–60
	Dostava svežeg mesa <i>Delivery of fresh meat</i>	300–600	100–500	45–60
Srednja <i>Medium</i>	Postupci obrade mesa <i>Processing meat</i>	800–1800	250–500	70–80
	Prodavnice mesa <i>Meat shops</i>	400–900	150–500	50–60
	Gastronomi <i>Gastronomy</i>	500–1100	200–600	55–65
	Barovi <i>Bars</i>	600–1000	150–450	50–60
Visoka <i>High</i>	Klanice <i>Slaughterhouses</i>	1500–6500	600–1900	55–65
	Proizvodnja kobasica <i>Manufacture of sausages</i>	1500–3 500	2 000–1000	70–80
	Prerada unutrašnjih organa životinja <i>Processing of internal organs of animals</i>	4000–6000	700–3500	55–70
	Pijaca <i>Market</i>	1500–7000	500–5000	50–70

\* CFU- broj jedinica koje formiraju kolonije

Filteri koji se primenjuju radi zadržavanja mikroorganizama iz vazduha (bakterije, konidije plesni, virusi) moraju da zadovoljavaju određene tehničke zahteve:

- a) moraju imati visoku sposobnost zadržavanja mikroorganizama (do 99.995%);
- b) na njihovoj površini mikroorganizmi se ne smeju razmnožavati (kako tokom rada, tako i u stanju mirovanja);
- c) moraju se lako čistiti, prati i dezinfikovati;
- d) moraju imati visok stepen iskorišćavanja filtracione površine;
- e) moraju posedovati visok stepen otpornosti na dejstvo temperature, pritiska i vode;
- f) postupak njihovog održavanja mora biti lak i jeftin;

- g) lak i jednostavan postupak zamene, kao i  
 h) dug vek trajanja (Vesković i Đukić, 2017.).

Tabela 2. Klase HEPA i ULPA filtera  
 Table 2. Class HEPA and ULPA filters

Karakteristika <i>Characteristics</i>	Klasa filtera <i>Filter class</i>	Stepen izdvajanja u % prema MPPS <i>The degree of separation in% according to the MPPS</i>
Standardni HEPA filteri <i>Standard HEPA filters</i>	H 10	85
	H 11	95
	H 12	99.5
	H 13	99.95
	H 14	99.995
ULPA filteri visokog učinka <i>ULPA filters high performance</i>	U 15	99.9995
	U 16	99.99995
	U 17	99.999995

Intenzitet izmena vazduha, odnosno broj izmena vazduha na sat (1/h), ima veliki značaj za uklanjanje mikroorganizama iz vazdušne sredine. Naglo smanjenje broja bakterija je utvrđeno ukoliko se izmena vazduha poveća 6-12 puta u toku jednog sata, dok se pri daljem povećanju (18-24 puta) zapaža samo neznatno smanjenje sadržaja bakterija u vazduhu.

Primena biološki „čistih“ soba (cleanroom) tokom procesa proizvodnje i pakovanja prehrambenih proizvoda, u kojima je mikrobiološka kontaminacija svedena na minimum, doprinosi nastanku bezbednih proizvoda sa produženim rokom upotrebe. Čista soba znači apsolutno čistu sredinu sa najnižim sadržajem čestica prašine, aerosola, mikroorganizama, hemijskih isparenja i drugih čestica veličine do 0.01 mikrona, koje bi tokom određenog postupka i u bilo kom trenutku mogle uticati na konačni proizvod. Za postizanje ovakvih uslova neophodna je konstrukcija naročitog ventilacionog sistema i prostora u kojem se radi eliminisanja eventualne spoljašnje kontaminacije stvara stalni nadpritisk. Na ovaj način, nivo kontaminacije je stalno pod kontrolom.

### Kvalitet vazduha i zakonodavstvo

U evropskom zakonodavstvu zastupljen je veliki broj standarda iz oblasti kvaliteta vazduha (74), od kojih je najveći broj iz oblasti hemijskih kontaminanata (dioksini, hlorovodonici, organski ugljovodonici, sumpordioksid, azotmonoksid, azotdioksid, ugljenmonoksid, ugljendioksid, itd). U oblasti izloženosti hemijskim i biološkim agensima na radnom mestu objavljeno je 24 standarda.

Nacionalno zakonodavstvo Republike Srbije iz ove oblasti je do danas preuzelo, ili je u postupku preuzimanja, preko 80 standarda. Primena navedenih standarda izuzetno je značajna kod postupaka kontrole higijensko-sanitarnog statusa vazduha u operacionim salama, u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji ili kod posebnih istraživačkih aktivnosti.

Prvi pisani standard za čiste sobe, pod nazivom Technical Manuel 00-25-203, napisan je marta 1961. godine od strane American Airforce. Međutim, standard koji je imao najveći uticaj na projektovanje i rad čistih soba je US Federal Standard 209 iz 1963. godine. Ovaj standard je osnova standarda ISO broj 14644-1 (William, 2001.).

Čiste sobe su klasifikovane prema stepenu čistoće vazduha, pri čemu se meri broj čestica u jediničnoj zapremini vazduha, čija je veličina  $\geq$  od 0.5  $\mu\text{m}$ . U EU, u oblasti zahteva i kvaliteta vazduha čistih soba, primenjuje se ISO 14644-1 standard od 1999. godine, dok je na američkom području aktuelan FS-209E standard.

### Zaključak

Dekontaminacija vazduha veoma je značajan postupak koji se primenjuje u svim sferama života čoveka. Prevencija mikrobne kontaminacije vazdušnih sredina različitih proizvodnih i drugih prostora, kao i izgradnja biološki čistih soba, veoma su važni tehnološki zadaci koji obezbeđuju zdravstveno-bezbednu sredinu za život i rad čoveka, ali i za nastanak bezbednih prehrambenih proizvoda i zaštitu životne sredine.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta III 46009 koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### Literatura

- EHEDG Update (2006). Guidelines on air handling in the food industry. Trends in Food Science & Technology, 17, 331-336.
- WHO (1993). Assessment of Sources of Air, Water and Land Pollution, Part one: Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution, Dostupno: [http://whqlibdoc.who.int/hq/1993/WHO\\_PEP\\_GETNET\\_93.1-B.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/1993/WHO_PEP_GETNET_93.1-B.pdf)
- Sofos J.N., Kochevar S.L., Reagan J.O., Smith G.C. (1999). Extent of beef carcass contamination with *Escherichia coli* and probabilities of passing U.S. regulatory criteria. Journal of Food Protection 62(3), 234-238.
- Kang Y.J., Frank, J.F. (1989). Biological aerosols: A review of air-borne contamination and its measurement in dairy processing plants. Journal of Food Protection, 52(7), 512-524.
- Pearce R.A., Sheridan J.J., Bolton D.J. (2006). Distribution of airborne microorganisms in commercial pork slaughter processes. International Journal of Food Microbiology, 107(2), 186-191.
- Burfoot D., Whyte R., Tinker D., Howell M., Hall K., Holah J., Smith D., White R., Baker D., McIntosh J. (2006). Importance of airborne contamination during dressing of beef and lamb carcasses. Journal of Food Protection, 69(12), 2828-2836.
- Burfoot D., Whyte R.T., Tinker D.B., Hall K., Allen V.M. (2007). A novel method for assessing the role of air in the microbiological contamination of poultry carcasses. International Journal of Food Microbiology, 115(1), 48-52.



- Orffice L., Toti L., Gizzarelli S. (1985). Microbiologie, aliments, nutrition, 3, 283-290.
- Vesković S., Đukić D. (2017). Sanitarna mikrobiologija. 482. Čačak, Srbija: Izdavač: Agronomski fakultet u Čačku.
- Arimes T. (1994). HVAC and Chemical Resistance Handbook for the Engineer and Architect, BCT.
- Recknagel, Sprenger, Schramek. (2002). Taschenbuch für Heizung + Klima Technik, Oldenbourg Industrieverlag München. ISBN 3-486-26450-8.
- William W. (2001). Cleanroom Technology: Fundamentals of Design, Testing and Operation, University of Glasgow.

## APPLICATION OF HEPA-FILTER IN FOOD INDUSTRY

*Slavica Vesković<sup>1</sup>, Dragutin Đukić<sup>2</sup>, Vladimir Kurćubić<sup>2</sup>, Nurgin Memiši<sup>3</sup>*

### Abstract

The prevention of microbial contamination of the air of various production and other areas in the food industry, as well as the construction of biologically clean rooms, are very important technological tasks that provide a healthy and safe environment for the life and work of man, but also for the emergence of safe food products and environmental protection. The use of filtration is considered the most effective, most economical and most adaptive system for filtration and sterilization of air. Continuous improvements to the construction of the filters, the selection of new filtration materials, and the methods for controlling their efficiency are the basis for achieving air sterility in process spaces.

**Key words:** hepa-filter, air, sterilization, food industry

---

<sup>1</sup> Institute of Meat Hygiene and Technology, Kacanskog 13, Belgrade, Serbia ([slavica.veskovic@inmes.rs](mailto:slavica.veskovic@inmes.rs));

<sup>2</sup> Faculty of Agronomy Čačak, University of Kragujevac, Cara Dušana 34, 32000 Čačak, Serbia

<sup>3</sup> Mlekara Imlek, Tolminska 10, 24000 Subotica, Serbia

## SADRŽAJ MINERALNIH MATERIJA U SREMUŠU (*Allium ursinum*) SA RAZLIČITIH LOKALITETA REPUBLIKE SRPSKE

Goran Vučić<sup>1</sup>, Ladislav Vasilišin<sup>1</sup>, Ivan Samelak<sup>2</sup>, Zoran Kukrić<sup>1</sup>, Novak Kukrić<sup>3</sup>

**Izvod:** *Allium ursinum* u narodu je poznatiji kao sremuš, crijemuš, divlji ili medvjedi luk. U ishrani se koristi kao povrće (salata i začín), a u humanoj medicini kao pomoćno sredstvo. Značajan je zbog svoje nutritivne i ljekovite vrijednosti. Pošto se u ishrani najvećim dijelom koristi sezonski u vrijeme prispijeća i u svježem stanju, kao salata, može da bude značajan izvor pojedinih hranjivih materija, kao npr. mineralnih materija, koje su od velikog značaja za zdravlje ljudi. Obzirom na dosta polemike o sremušu kao „izvoru zdravlja“ odlučili smo da u ovom radu analiziramo sadržaj mineralnih materija, makro i mikro elemenata u sremušu, sa četiri različite lokacije sjeverozapadnog dijela Republike Srpske. Određene su koncentracije natrijuma od 31,065 do 32,905 mgkg<sup>-1</sup>, kalijuma od 4703,06 do 4803,485mgkg<sup>-1</sup>, kalcijuma od 1532,545 do 1559,095 mg/kg. Od mikroelemenata određeni su nikel (0,358 do 0,388 mgkg<sup>-1</sup>), kobalt, aluminijum. Mineralne materije su određivane atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom ICP OES spektroskopijom nakon vlažne digestije.

**Ključne reči:** sremuš, mineralne materije, ICP OES spektrometrija

### Uvod

Sremuš je vrsta samonikle jestive biljke, roda *Allium*. U narodu ga još nazivaju i crijemuš, srijemuš, sremeš, divlji luk, šumski luk, medvjedi luk. To je samonikli luk koji pripada porodici *Alliaceae*, ljiljana (Todorović, 2006). Naziv vrste “ursinum” je latinskog porijekla, izvedeno od riječi “ursus” (medvjed) (Błażewicz-Woźniak i Michowska, 2011). Vjeruje se da medvjedi čim se probude iz zimskog sna traže i jedu ovaj divlji luk i tako čiste organizam i odmah vraćaju vitalnost i snagu. Zato se u narodu zove i medvjedi luk. Ranoprolječna je vrsta koja raste u šumama i na sjenovitim obalama rijeka. Raširen je od ravničarskih do visokih planinskih područja (Lenkova i sar, 2016). U ishrani se najviše koriste mladi svježi listovi, koji se beru prije cvjetanja, premda je raširena i upotreba sušenih listova kao začina. Najbolje ga je upotrebljavati u svježem stanju, jer se sušenjem gubi svojstveni miris i okus.

Hemijski sastav je značajan kako sa aspekta ishrane tako i sa aspekta tehnologije. Pod njime se podrazumijeva sadržaj svih sastojaka uključujući i vodu. Komponente hemijskog sastava količinom kao i međusobnim odnosom, formiraju biološka, organoleptička, hranjiva i druga svojstva proizvoda (Štajner i sar., 2008). Među njima su najvažnije: voda, mineralne materije, ugljeni hidrati, kiseline, bojene materije, vitamini, proteini i dr. (Grubačić i Vasilišin, 2003.).

<sup>1</sup>Tehnološki fakultet Banja Luka, Stepe Stepanovića 75, Banja Luka, Republika Srpska (z.kukric@gmail.com)

<sup>2</sup>Prirodno-matematički fakultet Banja Luka, Mladena Stojanovića 2, Banja Luka, Republika Srpska

<sup>3</sup>Makros, Banja Luka, Đure Jakšića 5, Republika Srpska

Hemijski sastav je specifičan za svaku sortu, zavisi od klimatskih uslova, primjenjenih agrotehničkih mjera i stadijuma zrelosti (Kastori, 1998). Sa tehnološkog aspekta, hemijski sastav se najjednostavnije određuje kao sadržaj suve materije. Kvalitetnije su one sorte sa većim sadržajem suve materije (Grubačić, 2012). Sadržaj mineralnih materija kod sremuša je od velikog značaja jer se on dosta troši u svježem stanju (Đurđević i sar., 2003). Od mineralnih materija sadrži: kalijum, kalcijum, magnezijum, sumpor, gvožđe, fosfor i dr. Ovako bogat i raznovrstan sastav mineralnih materija ukazuje na visoku fiziološku vrijednost sremuša u ishrani ljudi (Piatkowska i sar. 2015). Pored makroelemenata, sadrži i mikroelemente kao što su: mangan, cink, kobalt, hrom, aluminijum, selen, nikl, molibden i dr. Mineralne materije imaju višestruke uloge u našem organizmu: učestvuju u metabolizmu, jer pojedini od njih ulaze u sastav mnogih enzima, učestvuju u regulaciji osmotskog pritiska kao i u regulaciji acidobazne ravnoteže, pomažu mišićno nervnu razdražljivost, učestvuju u prometu vode u organizmu, na rast i razvoj, pomažu kod stvaranja hlorovodonične kiseline u želucu, učestvuju u izgradnji i obnovi kostiju i zuba, pomažu aktivnost enzima, transport masti i kiseonika, učestvuju u stvaranju hormona i hemoglobina, pomažu kod regulacije koagulacije krvi, utiču na stanje kose, kože i noktiju kao i na pigmentaciju kose i kože. Mineralne materije u organizmu ne obezbjeđuju energiju, ali pomažu njeno nastajanje. One su, slično vitaminima, važne za održavanje fizičkog i psihičkog zdravlja ljudi (Vasilišin, 2014).

Mineralne materije su neophodne za normalan metabolizam i izgradnju živog organizma. U biljke dospjevaju iz zemljišta i neophodne su za njihov pravilan rast i razvoj jer su to osnovne gradivne materije (Jašić, 2007). Kod čovjeka ove materije opredjeljuju niz funkcija i zato uslijed njihovog nedostatka u organizmu dolazi do niza poremećaja u metabolizmu i do raznih oboljenja. Sadržaj mineralnih materija u svježem povrću se kreće u granicama od 0,3-0,8% (Grubačić, 2012). Ta količina premašuje sadržaj mineralnih materija u mnogim drugim namirnicama, te se zbog toga povrće smatra bogatim izvorom ovih materija, što im daje posebno mjesto u ishrani.

Minerali su esencijalni nutrijenti, koji uneseni hranom dospjevaju u organizam u mnogo većim količinama od vitamina (Daničić, 2002). Osnovne su gradivne materije neophodne za normalno funkcionisanje metabolizma i izgradnju živog organizma. Od ukupne mase čovjeka čak 4-5% otpada na mineralne materije. Mineralne materije u organizmu ne obezbjeđuju energiju, ali pomažu njeno nastajanje. One su, slično vitaminima, važne za održavanje fizičkog i psihičkog zdravlja ljudi (Vasilišin, 2014). Prema značaju i količini u tijelu, minerali se dijele na (Grujić, 2000; Grujić i Miletić, 2006):

- Esencijalne ili glavne: kalcijum, magnezijum, fosfor, natrijum, kalijum, hlor
- Esencijalne u tragovima: gvožđe, bakar, hrom, cink, jod, selen, fluor, kobalt, mangan, molibden
- Vjerovatno esencijalne u tragovima: silicijum, nikl, kalaj, vanadijum
- Neesencijalne: arsen, živa, olovo, aluminijum, bor, zlato, srebro, titan, litijum, stroncijum, germanijum, kadmijum, bizmut, rubidijum, brom

Prema količini minerali se dijele na:

- ⚡ Makroelemente: natrijum, magnezijum, kalcijum, hlor, fosfor i sumpor
- ⚡ Mikroelemente: cink, mangan, gvožđe, hrom, fluor, bakar i jod

U toksične elemente se ubrajaju oni koji su štetni za ljudsko zdravlje, čak i u malim količinama. To su olovo, kadmijum, živa, arsen. Pojedini elementi kao što su olovo i kadmijum predstavljaju trajnu opasnost po zdravlje ljudi, jer i u veoma malim količinama mogu da dovedu do oštećenja vitalnih funkcija organizma. Maksimalno dozvoljena količina olova u povrću prema našim propisima je 0,1mg/kg svježe mase, a kadmijuma 0,2 mg/kg svježeg bilja (Sl. Glasnik BiH, 68/14, 2014).

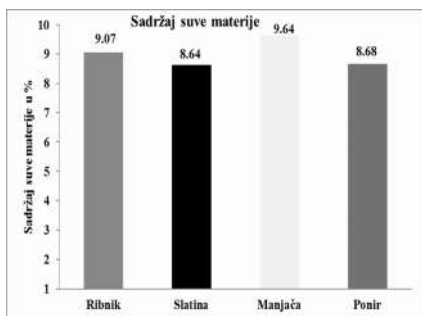
### **Materijal i metode rada**

Uzorci sremuša su uzeti sa četiri različite lokacije sjeverozapadnog dijela Republike Srpske, od toga tri uzorka su iz okoline grada Banja Luka. Odmah po ubiranju uzorci su donijeti u ispitnu laboratoriju gdje se pristupilo pripremi uzoraka za analize. Usitnjavanje i homogenizacija uzoraka obavljena je klasičnim laboratorijskim procedurama i opremom za uzorke biljnog porijekla. Sadržaj suve materije i pepela urađen je prema standardnim (Vračar, 2001) metodama za uzorke biljnog materijala. Vlažna digestija za određivanje mineralnih materija, izvršena je digestijom biljnog materijala smjesom azotne i perhlorne kiseline (Trajković i sar., 1983). Mineralne materije su određivane atomskom apsorpcionom spektrofotomerijom ICP OES tehnikom na instrumentu OPTIMA 8000 (Perkin Elmer, USA). Kalibracija instrumenta je izvršena kalibracionim standardom Instrument Calibration Standard 2, proizvođača Perkin Elmer, SAD, LOT CL12-111YPY1.

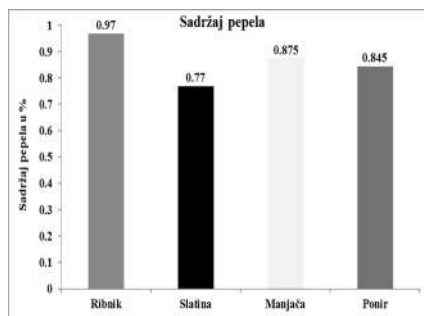
### **Rezultati istraživanja i diskusija**

Da bi se odredio sadržaj vode, uzorak biljnog materijala je sušen u sušnici na 105°C do konstantne mase i nakon toga je mjeran. Mineralni sastav uzoraka divljeg luka određen je ICP-OES metodom. Dobiljen je sadržaj elemenata: Al, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Se, i Zn za uzorke sa svake lokacije pojedinačno. Svaki dobijeni rezultat predstavlja srednju vrijednost dobijenu iz tri zasebna i nezavisna mjerenja i predstavljeni su u tabelama 1 i 2 kao srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija.

Sadržaj suve materije u uzorcima sremuša predstavljen je, kao i sadržaj pepela, na dijagramima 1 i 2. Može su uočiti prilično ujednačen sadržaj suve materije u sva četiri uzorka sremuša (od 8,64% do 9,64%). Sadržaj pepela je bio nešto manji u uzorku sa lokaliteta Slatina (0,77%) dok je najveća vrijednost određena u uzorku sa lokaliteta Ribnik. Sadržaji pojedinih makroelemenata su prilično ujednačeni i nema značajnijih razlika bez obzira na različite lokalitete. Sadržaj kalcijuma je prema Stojkoviću (2014) iznosio od 9900 do 12 500  $\mu\text{g/g}$  suve materije sremuša, što je znatno više u odnosu na dobijene rezultate u našim istraživanjima 1532-1559  $\text{mgkg}^{-1}$ . Utvrđene su i znatne količine mikroelemenata npr. bakra 1,56-1,93  $\text{mgkg}^{-1}$ , zatim Mo, Cr, Co i znatno visoka koncentracija aluminijuma od 9,48-9,89  $\text{mgkg}^{-1}$ .



Grafikon 1. Sadržaj suve materije u sremušu  
Graph 1. Dry matter content in sremus



Grafikon 2. Sadržaj pepela u sremušu  
Graph 2. Total mineral content in sremus

Tabela 1. Sadržaj makroelemenata u sremušu ( $\text{mgkg}^{-1}$ )  $\pm$  standardna devijacija  
Table 1. Content of macroelements in sremus ( $\text{mgkg}^{-1}$ )  $\pm$  standard deviation

Uzorak	Na	Ca	K	Mg	P
1. Ribnik	31,07 $\pm$ 0,68	1532,55 $\pm$ 25,8	4721,11 $\pm$ 876,5	317,16 $\pm$ 3,09	478,2 $\pm$ 10,95
2. Slatina	32,13 $\pm$ 0,76	1547,88 $\pm$ 50,4	4703,06 $\pm$ 805,6	323,39 $\pm$ 6,6	486,48 $\pm$ 11,3
3. Manjača	32,87 $\pm$ 1,1	1559,1 $\pm$ 65,21	4803,48 $\pm$ 742,4	329,97 $\pm$ 9,04	483,95 $\pm$ 15,1
4. Ponir	32,91 $\pm$ 2,1	1557,25 $\pm$ 78,2	4719,59 $\pm$ 818,6	335,04 $\pm$ 10,5	487,45 $\pm$ 18,4

Prema Haciseferoğulları i sar. (2005) utvrđen je sadržaj aluminijuma u uzorcima divljeg luka od 64,13  $\mu\text{gg}^{-1}$  suvog uzorka.

Tabela 2. Sadržaj mikroelemenata u sremušu ( $\text{mgkg}^{-1}$ )  $\pm$  standardna devijacija  
Table 2. Content of microelements in sremus ( $\text{mgkg}^{-1}$ )  $\pm$  standard deviation

Element/Uzorak	Ribnik	Slatina	Manjača	Ponir
<b>Fe</b>	13,97 $\pm$ 0,35	14,16 $\pm$ 0,64	15,59 $\pm$ 1,005	14,78 $\pm$ 1,4
<b>Cu</b>	1,56 $\pm$ 0,05	1,77 $\pm$ 0,06	1,93 $\pm$ 0,073	1,86 $\pm$ 0,087
<b>Mn</b>	13,51 $\pm$ 0,3	14,25 $\pm$ 0,57	14,4 $\pm$ 0,94	14,4 $\pm$ 1,04
<b>Zn</b>	2,31 $\pm$ 0,1	2,53 $\pm$ 0,07	2,49 $\pm$ 0,081	2,61 $\pm$ 0,05
<b>Ni</b>	0,388 $\pm$ 0,0070	0,3875 $\pm$ 0,01	0,358 $\pm$ 0,01	0,3635 $\pm$ 0,01
<b>Mo</b>	0,017 $\pm$ 0,00205	0,0155 $\pm$ 0,003	0,0155 $\pm$ 0,003	0,0175 $\pm$ 0,002
<b>Cr</b>	0,0705 $\pm$ 0,00135	0,073 $\pm$ 0,00155	0,0805 $\pm$ 0,002	0,076 $\pm$ 0,003
<b>Co</b>	0,0245 $\pm$ 0,00045	0,0355 $\pm$ 0,0012	0,0355 $\pm$ 0,001	0,0325 $\pm$ 0,002
<b>Se</b>	0,0053 $\pm$ 0,0003	0,00535 $\pm$ 0,0004	0,0057 $\pm$ 0,00075	0,00585 $\pm$ 0,00085
<b>Al</b>	9,88 $\pm$ 0,16	9,89 $\pm$ 0,185	9,48 $\pm$ 0,88	9,75 $\pm$ 0,9

Sadržaj mangana utvrđen mjerenjima se kretao od 13,51 do 14,4  $\text{mgkg}^{-1}$ . Koncentracija cinka je izmjerena u rasponu od 2,13 do 2,61  $\text{mgkg}^{-1}$ , što je u odnosu na podatke iz istraživanja Stojovića (2014) znatno niža koncentracija (10,5 do 33,6  $\mu\text{g/g}$ ). Toksični elementi Pb, Cd, As su bili ispod limita detekcije. Granice osjetljivosti za ove elemente su: Pb 0,00648  $\text{mg/kg}$ ; Cd 0,00045  $\text{mg/kg}$ ; As 0,01218  $\text{mg/kg}$ .

## Zaključak

Sremuš kao samonikla biljka je izuzetno bogata makro elementima kao što su Ca, K, Mg i P. Pored dosta visokih koncentracija ovih elemenata utvrđeno je i postojanje mnogih mikroelemenata kao što su Al, Zn, Ni, Co, Cr, Se, Mo i Cu. Literaturni podaci su dosta varijabilni i za mnoge elemente, koje smo određivali, nisu u skladu sa dobijenim rezultatima u ovom radu. Ipak može se zaključiti da je sremuš u svježem stanju veoma dobar izvor esencijalnih i nekih neesencijalnih elemenata, kao i to da lokalitet branja sremuša nije imao znatan uticaj na njegov sastav u pogledu makro i mikro elemenata.

## Literatura

- Błażewicz-Woźniak M., Michowska A. (2011). The growth, flowering and chemical composition of leaves of three ecotypes of *Allium ursinum* L., University of Life Sciences in Lublin, Poland.
- Daničić V. (2002). Vitaminologija, Beograd.
- Đurđević L., Dinić A., Pavlović P. (2003). Allelopathic potential of *Allium ursinum* L., University of Belgrade, Serbia and Montenegro.
- Grubačić M., Vasilišin L. (2003). Praktikum iz tehnologije voća i povrća, Tehnološki fakultet, Banja Luka.
- Grubačić M. (2012). Osnovi tehnologije voća i povrća, Tehnološki fakultet, Banja Luka.
- Grujić R. (2000). Nauka o ishrani čovjeka, Tehnološki fakultet, Banja Luka.
- Grujić R., Miletić I. (2006). Nauka o ishrani čovjeka, Tehnološki fakultet, Banja Luka.
- Haciseferoğulları H, Özcan M, Demir F, Çalışır S, 2005, Some nutritional and technological properties of garlic (*Allium sativum* L.), Journal of Food Engineering, 4, 463-469.
- Jašić M. (2007). Tehnologija voća i povrća, Tehnološki fakultet Tuzla, Tuzla.
- Kastori R. (1998). Fiziologija biljaka, Feljton, Novi Sad.
- Lenkova M., Bystricka J., Toth T., Hrstkova M. (2016). Evaluation and comparison of the content of total polyphenols and antioxidant activity of selected species of the genus *Allium*, Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovak Republic.
- Piatkowska E., Kopeć A., Leszczynska T. (2015). Basic chemical composition, content of micro- and macroelements and antioxidant activity of different varieties of garlic's leaves Polish origin, Poland.
- Službeni glasnik BiH. (2014). Pravilnik o maksimalno dozvoljenim količinama za određene kontaminante u hrani, 68/14.
- Spasojević-Kalimanovska V., Spasić Z., Jelić Ivanović Z. (2003). Medicinska biohemija, Beograd.
- Stojković B. Milan. (2014). Antioksidativna aktivnost, fenolni i mineralni sastav biljnih vrsta: *Geranium macrorrhizum* L., *Allium ursinum* L., *Stachys germanica* L. i *Primula veris* L.; Doktorska disertacija, Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za hemiju.

- Štajner D., Popović B.M., Čanadanović-Brunet J., Štajner M. (2008). Antioxidant and scavenger activities of *Allium ursinum*, Faculty of Agriculture, University of Novi Sad, Serbia.
- Trajković J., Baras J., Mirić M., Šiler S. (1983). Analize životnih namirnica, Tehnološko – metalurški fakultet, Beograd.
- Todorović V. (2006). Morfološke i biološke karakteristike samoniklog luka (*Allium ursinum* L.), Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Banja Luka.
- USDA National Nutrient Database for Standard Reference (2016). Release 28.
- Vasilišin L. (2014). Zadovoljenje RDA vrijednosti za mineralne materije voća u ishrani, Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet, Banja Luka.
- Vračar Lj. (2001). Priručnik za kontrolu kvaliteta svežeg i prerađenog voća, povrća i pečurki i osvežavajućih bezalkoholnih pića, Tehnološki fakultet, Novi Sad.

## CONTENTS OF MINERALS IN SREMUS (*Allium ursinum*) FROM DIFFERENT LOCATIONS

Goran Vučić<sup>2</sup>, Ladislav Vasilišin<sup>1</sup>, Ivan Samelak<sup>2</sup>, Zoran Kukrić<sup>1</sup>, Novak Kukrić<sup>3</sup>

### Abstract

*Allium ursinum* is a plant, more known as sremus, crijemus, wild or bearded onion. In nutrition it is used as a vegetable (salad and spice), and in human medicine, as an auxiliary agent. It is significant due to its nutritional and healing value. Since diet is largely used seasonally and in fresh state, as a salad, it can be a significant source of some nutrients, such as mineral matter, which are of great importance for human health. Considering the polemics about sremus as a "source of health" we decided to analyze content of mineral matter, macro and micro elements in sremus, with four different locations of the northwest part of Republic of Srpska. Sodium concentrations were determined from 31,065 to 32,905 mg / kg, potassium from 4703.06 to 4803.485mg / kg, calcium from 1532.545 to 1559.095 mg / kg. Microelements included nickel (0.358 to 0.388 mg / kg), cobalt, aluminum. Mineral matter was determined by atomic absorption spectrophotometry ICP OES spectroscopy after wet digestion.

**Key words:** sremus, minerals, ICP OES spectrometry

<sup>1</sup>Tehnološki fakultet Banja Luka, Stepe Stepanovića 75, Banja Luka, Republika Srpska (z.kukric@gmail.com)

<sup>2</sup>Prirodno-matematički fakultet Banja Luka, Mladena Stojanovića 2, Banja Luka, Republika Srpska

<sup>3</sup>Makros, Banja Luka, Đure Jakšića 5, Republika Srpska

**AUTOHTONA MIKROBIOTA SJENIČKE OVČIJE STELJE**

*Tanja Žugić Petrović<sup>1</sup>, Predrag Ilić<sup>1</sup>, Mirjana Muruzović<sup>2</sup>,  
Katarina Mladenović<sup>2</sup>, Ljiljana Čomić<sup>2</sup>*

Suva ovčija stelja je tradicionalni proizvod Zapadnog Balkana. Proizvodi se sušenjem specijalno obrađenih trupova celih ovaca koji se kratko dime na hladnom dima i spontano fermentišu. Cilj ovog istraživanja je bio da se ispitataju fizičko-hemijske karakteristike i izoluju Bakterije mlečne kiseline (BMK) i koagulaza negativne stafilokoke (KNS) iz proizvoda. U tom cilju uzeto je 9 uzoraka iz tri domaćinstva. Izolovane BMK su identifikovane kao *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus sakei* i *Enterococcus faecium*. KNS su identifikovane kao *Staphylococcus xylosus*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Staphylococcus equorum*, *Staphylococcus carnosus*. BMK i KNS igraju ključnu ulogu u definisanju kvaliteta proizvoda.

**Ključne reči:** Bakterije mlečne kiseline, koagulaza negativne stafilokoke, ovčija stelja

**Uvod**

Na zapadnom Balkanu se proizvodi suvo ovčije meso, nazvano Pastrma ili Stelja (u turskom pastyrma ili bastyrma) (Stamenković i Dević, 2006). Pri izradi stelje koriste se celi trupovi autohtone rase ovaca Sjenička pramenka starosti od 1 do 5 godina (Stojković i sar., 2015). Tokom proizvodnog procesa sve kosti sa trupa se uklanjaju, jedino se na butovima ostavljaju distalni delovi kosti kolenice u dužini od 5 cm zajedno sa ahilovom tetivom, a na plečkama se ostavljaju distalni delovi kosti podlaktice, takođe u dužini 5 cm. Titive i delovi pomenutih kostiju služe za vešanje trupova za vreme dimljenja, sušenja i skladištenja. Sa butova se odvaja unutrašnji deo (šol) koji se koristi za proizvodnju ovčije pršute. (Stamenković i Dević, 2006). Zrenje i fermentacija proizvoda nije dirigovana i dešava se pod uticajem autohtone mikrobiote koja se razvija u proizvodu tokom tehnološkog procesa proizvodnje. Bakterije mlečne kiseline (BMK) i Gram-pozitivne katalaza-pozitivne koke (KNS) su dve grupe bakterija koje su poznate kao tehnološki važne u fermentaciji i sušenju proizvoda od mesa (Aymerich i sar., 2003). BMK utiču na acidifikaciju proizvoda, akumulacijom mlečne kiseline do nivoa koji inhibira patogene bakterije (Lücke, 2000). BMK takođe omogućavaju degradaciju proteina i lipida čime se smanjuje vezivanje vode, dehidracija i olakšava sušenja proizvoda (Hammes i sar., 2008). *Staphylococcus* vrste su veoma važne u izgradnji organoleptičkih karakteristika proizvoda, utiču na razgradnju peroksida, i

<sup>1</sup>Visoka poljoprivredno-prehrambena škola strukovnih studija, Ćirila i Metodija 1, 18400 Prokuplje, Srbija ([tanja.zugicpetrovic@yahoo.com](mailto:tanja.zugicpetrovic@yahoo.com));

<sup>2</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet, Radoja Domanovića 12, 3400 Kragujevac, Srbija;



formiranju arome proizvoda usled proteolitičke i lipolitičke aktivnosti (Comi i sar., 2005; Talon i sar., 2007).

U literaturi nema publikovanih radova o izolaciji i identifikaciji autohtone mikrobiote sjeničke ovčije stelje. Stoga je cilj ove studije bio izolacija i identifikacija mikrobiote i fizičko-hemijska analiza uzoraka sjeničke ovčije stelje.

### **Materijal i metod rada**

Ukupno 9 uzoraka sjeničke ovčije stelje su uzeta od 3 proizvođača (A,B,C) sa teritorije Sjenice u 2017-toj godini (po 3 uzorka od svakog proizvođača). Uzorkovani materijal je proizveden tradicionalnim načinom u identičnim mikroklimatskim uslovima i od autohtone vrsta životinja Sjeničko-peštarska Pramenka.

### **Fizičko-hemijska analiza**

Određivanje pH vrednosti ovčije stelje vršeno je pomoću pH metra (Testo 205; Lenzkirh, Germany). Određivanje  $a_w$  vrednosti proizvoda sprovedeno je pomoću mobilnog uređaja LabSwift – aw (Novasina, Lachen, Switzerland).

### **Brojnost mikroorganizama**

Za mikrobiološku analizu, uzorci ovčije stelje (10 g) su aseptično preneti u 90 ml sterilnog (sterilizacija tokom 20 minuta na 121°C) fiziološkog rastvora sa dodatkom peptona (NaCl 0.8 g / l i 1 g peptona / l) i mešani su 15 minuta. Broj mikroorganizama određen je indirektnom metodom sukcesivnog razblaženja koja se sastoji u pravljenju razblaženja i prenošenju odgovarajućih razblaženja na čvrste podloge. Broj BMK određen je na pločama sa De Man, Rogosa, Sharpe, Agar (MRS, Torlak, Beograd, Srbija) koje su, nakon nanošenja 1 ml razblaženja i očvršćavanja, nalivene dodatnim slojem podloge kako bi se postigli mikroaerofilni uslovi. Broj KNS određen je brojanjem izraslih kolonija nakon inkubacije na pločama sa Mannitol Salt Phenol-Red Agar (MSA, Torlak, Beograd, Srbija) nakon 48 sati na 30°C.

### **Identifikacija izolata**

Dvadeset pet kolonija iz svakog uzorka sjeničke ovčije stelje je slučajno izabrano iz MRS agarnih ploča. Kolonije su zatim prenete u MRS bujon. Nakon inkubacije kulture iz bujona prenete su na Petri ploče i izvršeno je trostruko prečišćavanje izolata sukcesivnim prenošenjem pojedinačnih kolonija na nove Petri ploče sa MRS agarom. Preliminarna karakterizacija izolata rađena je bojenjem ćelija po Gramu, kao i ispitivanjem sposobnosti sinteze katalaze nakapavanjem 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na razmaz čiste kulture na staklenoj predmetnici. Svi izolati koji su bili Gram pozitivni i katalaza-negativni su podvrgnuti daljem ispitivanju. Proizvodnja gasa iz glukoze, hidroliza arginina, rast na eskulin žučnom agaru, rast na 15 i 45°C i rast u prisustvu 4%, 6,5% i 8% NaCl. Identifikacija fermentacijom šećera određen je pomoću API 50 CHL (BioMerieux, SA, Francuska). Za identifikaciju KNS

odabrano je slučajno dvadeset kolonija iz svakog uzorka iz brojnih MSA ploča, a zatim su izolati prečišćeni u Tryptone Soya agaru (TSA, Torlak, Beograd, Srbija) i Tryptone Soya bujonu (TSB, Torlak, Beograd, Srbija). Čiste kulture su okarakterisane pomoću Gram reakcije, proizvodnje katalaze i morfologije ćelija. Izolati su testirani na aktivnost anaerobne koagulaze rasta (BD BBLTM koagulaza plazma, Rabbit sa EDTA, Rockville, MD, USA), aktivnost nitrata reduktaze, proteolitička aktivnost, lipolitička aktivnost, aktivnost ureaze i arginin hidroliza, osetljivost na novobiocin.

### Statistička analiza

Statistička analiza je sprovedena u programu SPSS 11.0 Bivariate Correlation Analysis (Chicago, Illinois, USA). Primenjena je analiza varijanse (Duncan test).

### Rezultati istraživanja i diskusija

Rezultati mikrobioloških i fizičko-hemijskih analiza su predstavljani u Tabela 1. Iz tabele možemo zaključiti da ne postoje statistički značajne razlike u pogledu broja mlečno kiselih bakterija stafilokoka, pH i aw vrednosti između uzoraka ovčije stelje uzetih od različitih proizvođača. Rezultati takođe ukazuju na ujednačenost tehnološkog procesa proizvodnje sjeničke ovčije stelje, pri čemu imamo dominaciju BMK u spontanoj fermentaciji proizvoda.

Tabela 1. Rezultati mikrobiološke i fizičko-hemijske analize uzoraka sjeničke ovčije stelje

Table 1. Results of microbiological and physicochemical analysis of dry-cured sheep ham samples.

Proizvođači <i>Manufacturers</i>	n	Bakterije mlečne kiseline <i>Lactic acid bacteria</i> (cfu/g)	Staphylococcus (cfu/g)	pH	aw
<b>A</b>	3	8.44±0.13*	4.43±0.11*	5.43±0.19*	0.80±0.04*
<b>B</b>	3	8.53±0.27*	4.49±0.27*	5.47±0.04*	0.81±0.01*
<b>C</b>	3	8.39±0.07*	4.50±0.95*	5.41±0.09*	0.80±0.05*

Nema statistički značajne razlike u kontrolisanim parametrima ( $P > 0,05$ ), srednja vrijednost ± standardna devijacija.

Papamanoli i sar. (2002) u svom radu ističu da *Lactobacillus curvatus* često predstavlja polovinu ili dve trećine BMK mikrobiote fermentisanog mesa, dok *Lactobacillus sakei* predstavlja do četvrtinu izolovanih BMK. *Lactobacillus* vrste su takođe dominantne u fermentisanim kobasicama, kod nekih blago zakiseljenih kobasica iz južne Evrope. Pored *Lactobacillus* vrste mogu biti izolovane i *Enterococcus* vrste, koje su odgovorni za fermentaciju proizvoda (Lebert i sar., 2007; Martin i sar., 2005). Od ukupno 192 izolata BMK u ovčijoj stelji su identifikovane tri vrste (Tabela 2.). Identifikovano je 66.14% izolata kao *L. curvatus*, 22.91% je identifikovano kao *L. sakei* i 10.9% *En. faecim*. Izolati koji su bili homofermentativni laktobacili, bez hidrolitičke reakcije na arginin i eskulin. Lipolitički, proteolitički i test sinteze EPS su bili negativni,

a morfologija i oblici kolonija su dali identifikaciju koja je bila najbližnja *L. curvatus* i *L. sakei* vrsti. Dalja identifikacija je potvrđena API sistemom kao *L. curvatus* i *L. sakei*. Izolati koji su uspešno rasli u temperaturnom opsegu od 15 i 45°C i u uslovima sa 4, 6.5 i 8% NaCl, koji su pokazali hidrolizu arginina kao i sintezu egzopolisaharida, karakterisala je pojava crnih kolonija na žučnom eskulinskom agaru je identifikovano kao *Enterococcus* sp. Identifikacija je potvrđena API sistemom kao *En. faecim*.

BMK u ispitivanim uzorcima sjeničke ovčije stelje su odgovorne za formiranje mlečne kiseline i igraju ključnu ulogu u sazrevanju ovog mesnog proizvoda. Dincer i Kivanc (2012) istražujući Tursku pastrmu su izolovali i identifikovali mikrobiotu koju su činili *Lactobacillus plantarum*, *L. sakei*, *En. faecium* i *Pediococcus acidilactici*. Lücke (2000) je ukazao da je u tradicionalnim kobasicama koje su fermentisale na temperaturama od 20 do 22°C, *L. sakei* i *L. curvatus* su najčešće izolovani mikroorganizmi, dok je veći broj *L. plantarum* zabeležen na temperaturama sazrevanja većim od 25°C.

Tabela 2. Procenat pojedinačnih tipova BMK izolovanih iz stelje  
Table 2. Percentage of individual types of LAB isolated from stelja

Proizvođači Manufacturers				
	A	B	C	Ukupno (%) Total
<i>L. curvatus</i>	33	41	53	66.14%
<i>L. sakei</i>	22	15	7	22.91%
<i>En. faecim</i>	5	7	9	10.9%
Ukupno Total	60	63	69	100%

KNS u fermentisanim proizvodima od mesa proizvode širok spektar isparljivih komponenti arome, koje nastaju degradacijom aminokiselina, i odgovorne su za formiranje senzornih svojstva. Od ukupnog broja izolovanih KNS (95) sjeničke ovčije stelje, 42.75% je identifikovano kao *S. xylosum*, 25.2% *S. saprophyticum*, 5.6% *S. equorum* i 2.4% kao *S. Carnosus* (Tabela 3).

Tabela 3. Procenat pojedinačnih tipova KNS izolovanih iz stelje  
Table 3. Percentage of individual types of CNS isolated from stelja

Manufacturers				
	A	B	C	Ukupno (%) Total
<i>S. xylosum</i>	21	11	13	42.75%
<i>S. saprophyticum</i>	9	10	5	25.2%
<i>S. equorum</i>	4	6	7	5.6%
<i>S. carnosus</i>	2	2	5	2.4
Ukupno Total	36	29	30	100%

Odabrani sojevi su bili Gram pozitivni i koagulaza negativni. *S. xylosum*, *S. saprophyticum* i *S. equorum* su pokazali rezistenciju na novobiocin, dok je *S. carnosus* bio osjetljiv na pomenuti antibiotik. Lipolitičku i proteolitičku aktivnost su pokazali *S. carnosus* i *S. equorum*. Dok je *S. carnosus* je pokazao pozitivne rezultate na ureazu. Amonijak iz arginina proizveli su izolati identifikovani kao *S. xylosum*. Rezultate koje smo dobili istražujući sjeničku ovčiju stelju su u skladu sa rezultatima drugih autora za slične proizvode. Papamanoli i sar. (2002) u tradicionalnim grčkim kobasicama su izolovali i identifikovali mikrobiotu koju su činile *S. saprophyticum* i *S. carnosus*. *S. xylosum* je dominantna vrsta i u mnogim italijanskim i španskim kobasicama (Cocolin i sar., 2001; Rossi i sar., 2001).

### Zaključak

Ovčija stelja je fermentisani mesni proizvod za čiji kvalitet i organoleptička svojstva su odgovorni mikroorganizmi. U tradicionalnoj proizvodnji sjeničke ovčije stelje, mikroorganizmi potiču od sirovina i okruženja u kojem se proizvodi izrađuju. Od ukupno 192 izolata BMK u ovčijoj stelji je identifikovano 66.14% kao *L. curvatus*, 22.91% je identifikovano kao *L. sakei* i 10.9% je identifikovano kao *En. faecium*. Od izolovanih i identifikovanih KNS, 42.75% je identifikovano kao *S. xylosum*, 25.2% *S. saprophyticum*, 5.6% *S. equorum* i 2.4% kao *S. carnosus*. Dakle, proces fermentacije ovčije stelje nije kontrolisan, pa se u ovom slučaju radi isključivo o divljim sojevima mikroorganizama koji čine mikrobiotu proizvoda.

### Literatura

- Aymerich T., Martin B., Garriga M., Hugas M. (2003). Microbial quality and Direct PCR identification of lactic acid bacteria and nonpathogenic staphylococci from artisanal low-acid sausages. *Appl Environ Microbiology*. 69(8):4583–94.
- Cocolin L., Manzano M., Aggio D., Cantoni C., Comi G. (2001). A novel polymerase chain reaction (PCR)-denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) for the identification of Micrococcaceae strains involved in meat fermentations. Its application to naturally fermented Italian sausages. *Meat Science*. 57:59–64.
- Comi G., Urso R., Iacumin L., Rantsiou K., Cattaneo P., Cantoni C., Cocolin L. (2005). Characterisation of naturally fermented sausages produced in the North East of Italy. *Meat Science*. 69:381–92.
- Dincer E., Kivanc M. (2012). Characterization of lactic acid bacteria from Turkish Pastirma. *Annals of Microbiology*. 62:1155–1163.
- Hammes F., Berney M., Wang Y., Vital M, Köster O, Egli T. (2008). Flow-cytometric total bacterial cell counts as a descriptive microbiological parameter for drinking water treatment processes. *Water Research*. 42: 269-277.
- Lebert I., Leroy S., Talon R. (2007). Microorganisms in traditional fermented meats – Chapter 11. In F. Toldra Y. H. Hui I. Astiasaran W. K. Nip J. G. Sebranek E.

- T. F. Silveira L. H. Stahnke R. Talon (Eds.). Handbook of fermented meat and poultry (pp. 113–1124). Blackwell publishing.
- Lücke KF. (2000). Utilization of microbes to process and preserve meat. *Meat Science*. 56:105–15.
- Martin B., Garriga M., Hugas M., Bover-Cid S., Veciana-Nogues MT., Aymerich T. (2006). Molecular, technological and safety characterization of gram-positive catalasepositive cocci from slightly fermented sausages. *International Journal of Food Microbiology*. 107:148–58.
- Papamanoli E., Kotzekidou P., Tzanetakis N., Litopoulou-Tzanetaki E. (2002). Characterization of Micrococcaceae isolated from dry fermented sausage. *Food Microbiology*. 19:441–9.
- Rossi F., Tofalo R., Torriani S., Suzzi, G. (2001). Identification by 16S-23S rDNA intergenic region amplification, genotypic and phenotypic clustering of *Staphylococcus xylosum* strains from dry sausages. *Journal of Applied Microbiology*. 90, 365–371.
- Stamenković T., Dević B. (2006): Senzorska svojstva ovčije stelje. *Tehnologija mesa*. 47: 115–122.
- Stojković S., Grabež V., Bjelanović M., Mandić S., Vučić G., Martinović A., Thauland Håseth T., Velemir A., Egelanddal B. (2015): Production process and quality of two different dry-cured sheep hams from Western Balkan countries. *Food Science and Technology*. 64: 1217–1224
- Talon R., Leroy S., Lebert I. (2007). Microbial ecosystems of traditional fermented meat products: the importance of indigenous starters. *Meat Science*. 77:55–62.

## AUTOCHTHONE MICROBIOTA FROM DRY-CURED SHEEP HAM

Tanja Žugić Petrović<sup>1</sup>, Predrag Ilić<sup>1</sup>, Mirjana Muruzović<sup>2</sup>,  
Katarina Mladenović<sup>2</sup>, Ljiljana Čomić<sup>2</sup>

### Abstract

Dry-cured sheep ham is traditional products of the Western Balkans. It is produced by drying specially processed carcasses of whole sheep that are smoked in cold smoke and spontaneously fermented. The aim of this research was to investigate physicochemical properties and isolate lactic acid bacteria (LAB) and coagulase negative staphylococci (CNS) from the product. To this end, 9 samples of dry-cured sheep ham from three households were taken. Isolated LABs were identified as *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus sakei* and *Enterococcus faecium*. CNS were identified as *Staphylococcus xylosum*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Staphylococcus equorum*, *Staphylococcus carnosus*. LAB and CNS play a key role in defining the quality of the product.

**Key words:** Lactic acid bacteria, coagulase negative staphylococci, dry-cured sheep ham,

---

<sup>1</sup>College of Agriculture and Food Technology, Ćirila i Metodija 1, 18400 Prokuplje, Serbia ([tanja.zugicpetrovic@yahoo.com](mailto:tanja.zugicpetrovic@yahoo.com));

<sup>2</sup>University of Kragujevac, Faculty of Science, Radoja Domanovića 12, 3400 Kragujevac, Serbia;

## DUŽINSKO-MASENI ODNOSI I KONDICIONO STANJE NEKIH CIPRINIDNIH VRSTA RIBA IZ VODA SJEVEROISTOČNE BOSNE

*Avdul Adrović<sup>1</sup>, Alen Bajrić<sup>1</sup>, Edina Hajdarević<sup>1</sup>, Isat Skenderović<sup>1</sup>*

**Izvod:** Istraživanje je obuhvatilo analizu dužinsko-masenih odnosa i faktora kondicije 472 jedinke pliske (*Alburnoides bipunctatus*) i 491 jedinke sapače (*Barbus balcanicus*) iz rijeke Gostelje (Bosna i Hercegovina). Totalna dužina tijela jedinki *Alburnoides bipunctatus* imala je srednju vrijednost 8,13 cm, dok je srednju vrijednost istog parametra kod jedinki iznosila *Barbus balcanicus* 10,37 cm. Masa tijela *Alburnoides bipunctatus* imala je srednju vrijednost od 6,09 g, kod *Barbus balcanicus* 17,13 g. Srednja vrijednost faktora kondicije obje istraživane vrste bila je veća od 1 ( $CF > 1$ ).

**Ključne reči:** *Alburnoides bipunctatus*, *Barbus balcanicus*, dužina, masa, kondicija

### Uvod

Pliska (*Alburnoides bipunctatus*) i sapača (*Barbus balcanicus*) predstavljaju ciprinidne vrste riba sa širokim rasprostranjenjem u vodama sjeveroistočne Bosne. Istraživanja Adrovića (2002) i Adrovića i sar. (2012), potvrdila su prisustvo ove dvije vrste na navedenom području. Vrsta *Alburnoides bipunctatus* u rijeci Gostelji je zastupljen sa 21,01% brojnosti i 9,89% biomase, a vrsta *Barbus balcanicus* sa 20,14% brojnosti i 24,54% biomase. Rijeka Gostelja predstavlja malu planinsku tekućicu u sjeveroistočnoj Bosni, koja teče od Kladnja prema Živnicama. Formiraju je rijeke Suha i Zatoča i više manjih gorskih potoka. Gornji tok rijeke ima odlike planinske rijeke koja se probija kroz klisurasto suženje pravcem jug – sjever, sa nizom manjih vodopada i kaskada. Ukupna dužina Gostelje, od Stupara do ušća u Oskovu, iznosi oko 28 km, a površina slivnog područja iznosi 185 km<sup>2</sup>.

### Materijal i metode rada

Analizom dužinsko-masenih odnosa i kondicionog stanja obuhvaćene su 472 jedinke *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782) i 491 jedinka *Barbus balcanicus* (Kotlík, Tsigenopoulos, Ráb & Berrebi, 2002) iz rijeke Gostelje. Podaci o o totalnoj dužini riba dobijeni su ihtiometrom i šestarom, a biomasa svake jedinke je mjerena električnom digitalnom vagom tipa ET1111 (proizvođača Tehnica železniki).

Statistička obrada podataka uključivala je izračunavanje aritmetičke sredine, minimalne i maksimalne vrijednosti analiziranih parametara, varijanse, standardne devijacije (SD), koeficijente varijabilnosti i standardne greške. Fultonov ili kubični faktor kondicije (CF) izražava masu ribe u kubiku njene dužine. Računa se na osnovu dužine i mase riba, primijenom formule  $CF = W/L^{-3} \times 100$ , gdje W = masa jedinki u gramima, a L = totalna dužina u cm.

<sup>1</sup>Univerzitet u Tuzli, Prirodno – matematički fakultet, Univerzitetska 4, 75000 Tuzla, Bosna i Hercegovina (avdul.adrovic@untz.ba);

Navedeni faktor pokazuje ukupno stanje riba i promjene koje se događaju ovisno od lokacije i fizioloških procesa tokom njihovog životnog ciklusa. Podaci istraživanja su obrađeni upotrebom programskih paketa softvera Microsoft Office Excel 2016 Statistica 10, kojim je urađena deskriptivna statistika.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Vrijednosti totalne dužine tijela *Alburnoides bipunctatus* su se kretale od 3,90 do 12,50 cm (Tabela 1). Maksimalna vrijednost totalne dužina tijela iznosila je 12,50 cm, dok je minimalna vrijednost ovog parametra iznosila 3,90 cm. Prema utvrđenim vrijednostima dužine, jedinke su razvrstane u 10 dužinskih kategorija sa granicama variranja od 1,00 cm. Najveći broj jedinki vrste *Alburnoides bipunctatus* (188) imalo je totalnu dužinu tijela između 8,00 i 8,90 cm.

Izmerene jedinke su grupisane u 19 težinskih kategorija sa granicama variranja od 1,00 g. Najmanja zabilježena vrijednost ihtiomase je iznosila 0,40 g, najviša 24,30 g. Najveći broj jedinki (242) je imao masu tijela između 5,00 i 7,90 g.

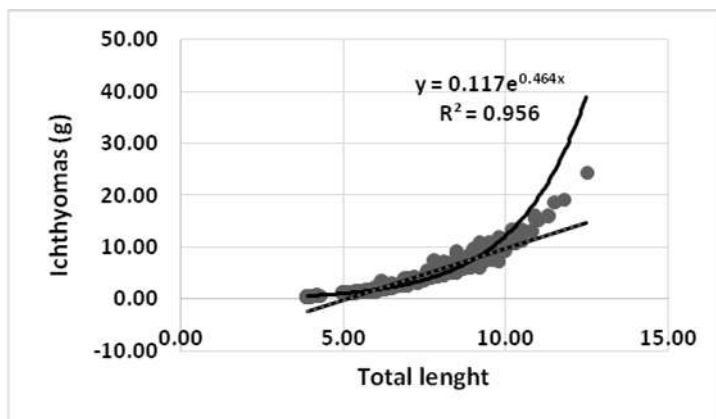
Tabela 1. Vrijednosti totalne dužine i mase tijela *Alburnoides bipunctatus*  
 Table 1. The values of the total length and body mass of *Alburnoides bipunctatus*

<i>Alburnoides bipunctatus</i>	N	$\bar{x}$	Min Min	Max Max	Variansa Variance	SD Standard deviation	Koeficijent variranja Coefficient variation	Stand. greška Stand. error
Totalna dužina <i>The total length</i>	472	8,13	3,90	12,50	1,99	1,41	17,35	0,06
Masa tijela <i>The body mass</i>	472	6,09	0,40	24,30	9,32	3,05	50,07	0,14

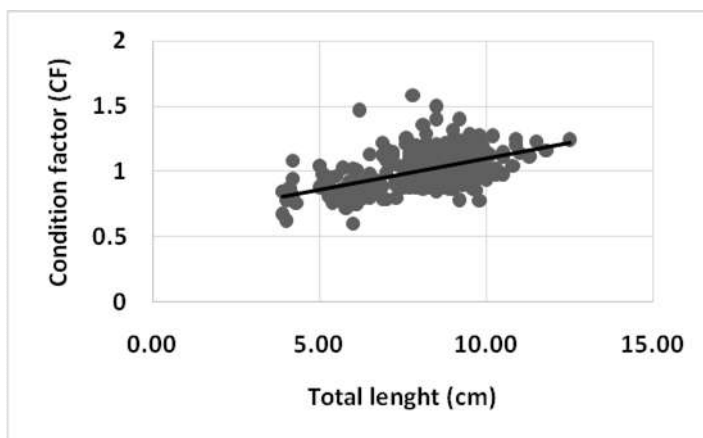
Odnos totalne dužine tijela i mase analiziranih jedinki je predstavljen Grafikonom 1. Analizom Fultonovog faktora kondicije dobijene su vrijednosti u granicama od 0,60 do 1,58, sa srednjom vrijednošću 1,01. Odnos totalne dužine tijela i Fultonovog faktora kondicije je prezentiran na Grafikonu 2. Uočava se da faktor kondicije ispoljava rastuće vrijednosti u odnosu na totalnu dužinu i masu tijela analiziranih jedinki.

Treer i sar. (2006) su istraživali odnos dužine i težine, kao i faktor kondicije jedinki *Alburnoides bipunctatus* iz rijeke Save. Autori su ukazali na izometrijski rast jedinki. Izuzetak su bile jedinke ulovljene tokom septembra, kod kojih je rast bio značajno alometričan. Vrijednosti kondicionog faktora jedinki izlovljenih tokom juna, septembra i oktobra ( $0,86 \pm 0,07$ ,  $0,85 \pm 0,09$  i  $0,87 \pm 0,10$ .) bile su znatno niže nego u maju i julu ( $1,00 \pm 0,21$ , odnosno  $1,00 \pm 0,12$ ).





Graf. 1. Odnos totalne dužine i mase tijela *Alburnoides bipunctatus*  
 Graph. 1. The relationship of the total length and body mass of *Alburnoides bipunctatus*



Graf. 2. Odnos totalne dužine i Fultonovog faktora kondicije  
 Graph. 2. The relationship of total length and Fulton condition factor

Treer i sar. (2000) analizirali su starost, rast i mortalitet pliske iz pet hrvatskih rijeka i zaključili da je dužinski tempo rasta vrlo sličan na svim lokacijama. Takođe su utvrdili da masa na četiri istraživane lokacije pokazuje pozitivan alometrijski rast. Ureche i sar. (2012) takođe naglašavaju pozitivan alometrijski rast pliske u rumunskoj rijeci Casin i njenim pritokama. Raikova-Petrova i sar. (2011) istraživali su rast pliske iz bugarske rijeke Iskar. Autori su utvrdili da je maksimalna starost istraživanih riba šest godina, dužina tijela je iznosila 13,8 cm, a tjelesna masa 28 g.

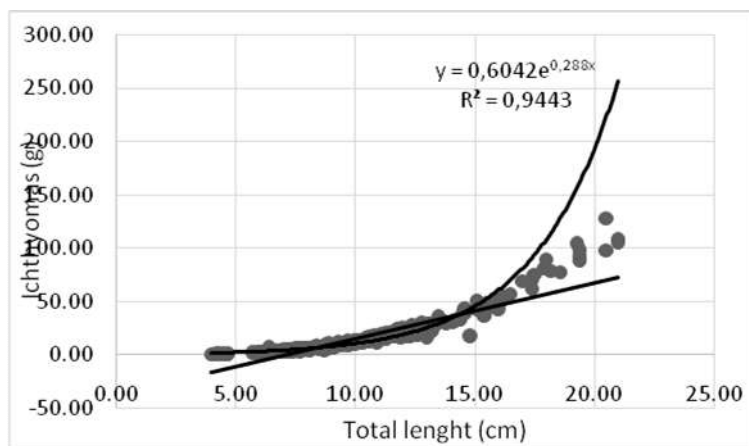
Minimalna i maksimalna vrijednost totalne dužine tijela sapače iz analiziranog uzorka, iznosile su 4,00, odnosno 21,00 cm (SD  $\pm 2,92$ ). Vrijednosti mase tijela su varirale u granicama od 0,80 do 128,00 g, sa srednjom vrijednošću 17,13 g.

Kao i kod prethodne vrste, utvrđeni su dužinsko-maseni odnosi. Rezultati provedene analize su prezentirani u Tabeli 2.

Tabela 2. Vrijednosti totalne dužine i mase tijela *Barbus balcanicus*  
 Table 2. The values of the total length and body mass of *Barbus balcanicus*

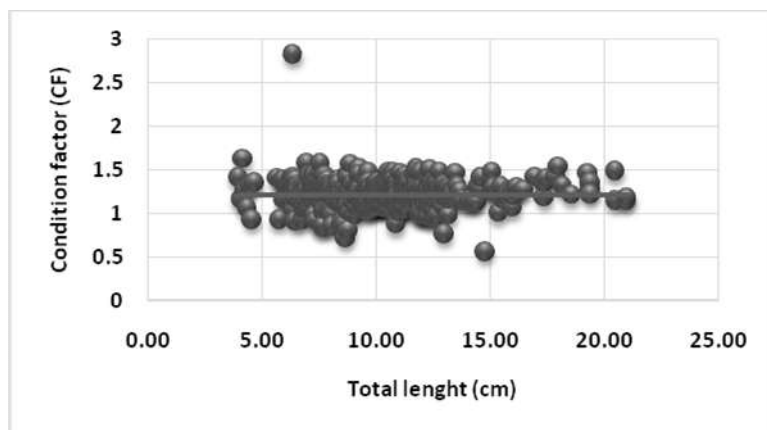
<i>Barbus balcanicus</i>	N	$\bar{x}$	Min Min	Max Max	Variansa Variance	SD Standard deviation	Koeficijent variranja Coefficient variation	Stand. greška Stand. error
Totalna dužina The total length	491	10,37	4,00	21,00	8,52	2,92	28,13	0,13
Masa tijela The body mass	491	17,13	0,80	128,00	287,33	16,95	98,93	0,76

Grafikon 3. prikazuje dužinsko-maseni odnos ispitivanih jedinki. Iz grafikona se može uočiti da je kod većine analiziranih jedinki, porast dužine tijela praćen porastom tjelesne mase.



Graf. 3. Odnos totalne dužine i mase tijela *Barbus balcanicus*  
 Graph. 1. The relationship of the total length and body mass of *Barbus balcanicus*

Minimalna vrijednost Fultonovog faktora kondicije iznosi 0,55, maksimalna 2,82, a srednja 1,22. Ovakve vrijednosti ukazuju na to da faktor kondicije (CF) raste sa povećanjem totalne dužine i mase analiziranih riba (Grafikon 4).



Graf. 4. Odnos totalne dužine i Fultonovog faktora kondicije  
 Graph. 4. The relationship of total length and Fulton condition factor

Marčeta (2014) je analizirao uzorak od 3959 jedinki sapače iz voda Slovenije i izneo podatke o varijabilnosti dužine tijela od 2,3 do 43,6 cm. Žutinić i sar. (2014) analizirajući sapače Centralne Hrvatske naglašavaju da ne postoje razlike u stopi rasta između mužjaka i ženki, te da starosna struktura populacije ukazuje da ženke žive duže (3+) od mužjaka (2+), što objašnjavaju seksualnim dimorfizmom veličine tijela. Prosječna vrijednost kondicionog faktora za sve uzraste je visoka (~ 1.2-1.3) i pokazuje slične vrijednosti.

### Zaključak

Razmatrajući dužinsko-masene odnose i Fultonov faktor kondicije dvije ciprinidne vrste riba, *Alburnoides bipunctatus* i *Barbus balcanicus*, široko rasprostranjene u gornjim i srednjim tokovima većine vodotoka istraživanog područja, može se zaključiti da su ovi parametri nedovoljno istraženi i da su nedovoljno poznati široj javnosti.

Vrijednosti dužine i mase istraživanih vrsta riba se kreću u granicama podataka poznatih iz literature. Povećanje totalne dužine tijela prati povećanje tjelesne mase. Vrijednosti Fulton-ovog koeficijenta kondicije kod obje istraživane vrste pokazuju rast vrijednosti sa promjenom dužine i mase tijela.

Za potpunije i cjelovitije podatke neophodna su daleko opsežnija istraživanja koja će pratiti dnevnu i sezonsku dinamiku posmatranih svojstava.

### Literatura

- Adrović A. (2002). Populacije riba rijeke Gostelje. Magistarski rad. Prirodno – matematički fakultet, Sarajevo.
- Adrović A., Skenderović I., Salihović J., Stjepić Š. (2012). Biodiverzitet faune riba rijeke Gostelje i akumulacije Modrac. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. Međunarodni naučni skup „Struktura i dinamika ekosistema Dinarida – Stanje, mogućnosti i perspektive“. Zbornik radova, 23, 277-290.

- Treer T., Piria M., Aničić I., Safner R., Tomljanović T. (2006). Diet and growth of spiralin, *Alburnoides bipunctatus* in the barbel zone of the Sava River. *Folia Zoologica.*, 55(1), 97–106.
- Treer T., Habeković D., Aničić I., Safner R., Piria M. (2000). Growth of Five Spiralin (*Alburnoides bipunctatus*) Populations from the Croatian Rivers. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 65(3), 176-180.
- Ureche D., Ureche C., Lazar I. M. (2012). Length-weight relationships and Fulton's condition factor for nine species of fish captured from the basin of river Casin including some of its tributaries. *Environmental Engineering and Management Journal*, 11(12), 2275-2283.
- Raikova-Petrova G. N., Petrov I. K., Hamwi N. I., Marinova D. M. (2011). Growth Rate and Condition of Riffle Minnow (*Alburnoides bipunctatus* Bloch) from the Middle Stream of Iskar River (Bulgaria). *Acta Zoologica Bulgarica.*, 63 (3), 295-300.
- Marčeta B. (2014): Length-weight relationship of *Barbus balcanicus* from Slovenia. Dostupno: [www.biosweb.org/openpdf.php?ctivo=6354.pdf](http://www.biosweb.org/openpdf.php?ctivo=6354.pdf). Pristup 20. januar 2018.
- Žutinić P., Jelić D., Jelić M., Buj I. (2014). A contribution to understanding the ecology of the large spot barbel - sexual dimorphism, growth and population structure of *Barbus balcanicus* (Actinopterygii; Cyprinidae) in Central Croatia. *North Western Journal of Zoology* 10 (1), 158-166.

## LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIPS AND CONDITION OF SOME CYPRINID FISH SPECIES FROM WATERS OF NORTH-EAST BOSNIA

*Avdul Adrović<sup>1</sup>, Alen Bajrić<sup>1</sup>, Edina Hajdarević<sup>1</sup>, Isat Skenderović<sup>1</sup>*

### Abstract

The research deals with the analysis of length-weight relationships and condition factor 472 individuals of schneider (*Alburnoides bipunctatus*) and 491 individuals of Danube barbel (*Barbus balcanicus*) from Gostelja river. The average value of the total body length of *Alburnoides bipunctatus* was 8.13 cm, while the average value of this parameter for *Barbus balcanicus* was 10.37 cm. The body weight of *Alburnoides bipunctatus* had the average value of 6.09 g, and *Barbus balcanicus* 17.13 g. The average value of condition factor both species was greater than 1 ( $CF > 1$ ).

**Key words:** *Alburnoides bipunctatus*, *Barbus balcanicus*, length, weight, condition

---

<sup>1</sup>University of Tuzla, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Univerzitetska 4, 75000 Tuzla, Bosnia and Herzegovina (arvdul.adrovic@untz.ba).

## HEMATOLOŠKE I MORFOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE *SQUALIUS CEPHALUS* IZ SLIVA JEZERA MODRAC

Edina Hajdarević<sup>1</sup>, Alen Bajrić<sup>1</sup>, Avdul Adrović<sup>1</sup>, Amela Hercegovac<sup>1</sup>,  
Isat Skenderović<sup>1</sup>, Adin Mehić<sup>1</sup>, Eldar Tanović<sup>2</sup>, Edina Mujabašić<sup>1</sup>

**Izvod:** Istraživanje je obuhvatilo analizu hematoloških i morfoloških parametara jedinki klijena (*Squalius cephalus* L.) iz dvije rijeke, Spreče i Turije (Bosna i Hercegovina). Analizirani su sledeći hematološki parametri: broj eritrocita i leukocita, koncentracija hemoglobina, hematokrit i hematološki indeksi. Od morfoloških parametara određena je totalna i standardna dužina, te masa tijela. Prosječan broj eritrocita klijen iz rijeke Spreče iznosi  $1,16 \times 10^{12}$ , hematokrit 0,40 l/l, hemoglobin 94,75 g/l, MCV 370,96 fl, MCH 86,97 pg, MCHC 241,0 g/l, broj leukocita  $8,04 \times 10^9$ . Kod klijena iz rijeke Turije prosječan broj eritrocita iznosi  $1,10 \times 10^{12}$ , hematokrit 0,33 l/l, hemoglobin 79,10 g/l, MCV 241,22 fl, MCH 56,80 pg, MCHC 236,70 g/l, broj leukocita  $7,23 \times 10^9$ . Jedinke klijena iz rijeke Spreče imaju prosječnu totalnu dužinu 17,63 cm, standardnu dužinu 14,80 cm, masu 51,90 g. Klijen iz rijeke Turije ima prosječnu totalnu dužinu 10,83 cm, standardnu dužinu 9,05 cm, masu 13,83 g. Populacije klijena iz rijeke Spreče i Turije pokazuju ujednačne vrijednosti hematoloških parametara.

**Ključne riječi:** Cyprinidae, klijen (*Squalius cephalus*), Spreča, Turija

### Uvod

Vode Bosne i Hercegovine usmjerene su ka dva slivna područja. Neretva i njene pritoke teku ka Jadranskom slivu, dok se ostale rijeke ulivaju u rijeku Savu i pripadaju Dunavskom slivu, što je uticalo na distribuciju vrsta iz roda klijenova.

Rijeke Dunavskog sliva naseljava vrsta *Squalius cephalus* L., dok je u rijekama Jadranskog sliva prisutna vrsta *Squalius svallize* (Kottelat and Freyhof, 2007).

*Squalius cephalus* je česta riba u vodenim ekosistemima sjevernog dijela Bosne i Hercegovine. Poznato je da klijen egzistira u različitim ekološkim uslovima (Bajrić, 2012). Taksonomske karakteristike vrste su dosta istražene (Bajrićsar., 2017), dok se malo zna o njenim hematološkim karakteristikama koje mogu predstavljati pouzdan pokazatelj ekološkog stanja nekog vodenog ekosistema. Ektotermne kičmenjake odlikuje širok raspon variranja hematoloških parametara zbog izraženog uticaja okoline. Obzirom da klijen egzistira u čistim, ali i nekim zagađenim tekućicama, kao i različitim stajacim vodama, proučavanje hematoloških karakteristika vrste izuzetno je značajno. Sistematika riba iz roda klijenova posljednjih godina pretrpila je brojne promjene, što je uslovalo promjenu naziva roda iz *Leuciscus* u *Squalius*.

Cilj ovog rada je analiza nekih hematoloških i morfoloških karakteristika klijena izlovljenog iz dvije rijeke slivnog područja jezera Modrac.

<sup>1</sup>Univerzitet u Tuzli, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitetska 4, 75000 Tuzla, BiH (edina.hajdarevic@untz.ba);

<sup>2</sup>JP Elektroprivreda BiH d.d. Sarajevo, ZD Rudnici „Kreka“ d.o.o. Tuzla, Pogon rekultivacija Šićki Brod, Mije Keroševića Guje br. 1, 75000 Tuzla, BiH.

### Materijal i metode rada

Istraživanjem su obuhvaćene jedinke *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758) izlovljene iz dvije rijeke slivnog područja jezera Modrac: Spreče i Turije. Jedinke su izlovljene upotrebom elektroagregata. Njihova determinacija je izvršena pomoću standardnog ključa za determinaciju riba (Kottelat and Freyhof, 2007).

Analiza hematoloških parametara je izvršena kod 39 jedinki, dok su morfološki parametri analizirani kod 54 jedinke.

Krv riba je uzeta punkcijom iz srca, pomoću sterilne igle promjera 1,1 mm. Za dalju analizu korištena je nativna krv bez dodavanja antikoagulansa. Krv sa Natt Herrick-ovom otopinom, korištena je za određivanje broja eritrocita i leukocita u Bürcker-Türcker komori na uvećanju 40x. Za određivanje koncentracije hemoglobina korištena je Drabkinova metoda. Hematokrit je određen mikrohematokritskom metodom, pomoću kapilarnih cjevčica (Hasković i Ivanc, 2007).

Hematološki indeksi: srednja vrijednost zapremine eritrocita (MCV), srednja vrijednost količine hemoglobina u eritrocitu (MCH), srednja vrijednost hemoglobina u litri eritrocita (MCHC), izračunati su računski na osnovu vrijednosti hematokrita, broja eritrocita i koncentracije hemoglobina, prema formulama:

$$\text{MCV (fL)} = \frac{\text{Hematokrit (volumni dio)}}{\text{Broj eritrocita (u 1 krvi)}} \quad \text{MCH (pg)} = \frac{\text{Koncentracija hemoglobina (g/L)}}{\text{Broj eritrocita (u 1 krvi)}}$$

$$\text{MCHC (g/l)} = \frac{\text{Koncentracija hemoglobina (g/L)}}{\text{Hematokrit (volumni dio)}}$$

Od morfometrijskih parametara analizirana su totalna i standardna dužina tijela, kao i njihova masa. Dobijeni podaci su obrađeni upotrebom računarskih softvera Microsoft Office Excel 2016 Statistics 10.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Rezultati analize hematoloških parametara kljena predstavljeni su u Tabeli 1. Jedinke kljena iz rijeke Spreče se odlikuju višim prosječnim vrijednostima svih analiziranih hematoloških parametara u odnosu na jedinke kljena iz rijeke Turije.

Mitrašinović i Suljević (2009) analizirali su hematološki status kljena iz dviju rijeka u BiH (Krupica i Željeznica). Komparacijom naših rezultata sa rezultatima navedenih autora uočavamo da jedinke kljena iz rijeka Krupice i Željeznice imaju veće vrijednosti prosječnog broja eritrocita. Takođe, jedinke kljena iz Željeznice se odlikuju višom prosječnom vrijednošću broja leukocita ( $22,23 \times 10^9/\text{L}$ ) od jedinki obuhvaćenih našim istraživanjima, dok jedinke iz rijeke Krupice imaju manje prosječne vrijednosti navedenog parametra ( $4,258 \times 10^9/\text{L}$ ). Najviša prosječna vrijednost hemoglobina je zabilježena kod jedinki iz rijeke Spreče (94,75 g/l). Prosječne vrijednosti ostalih analiziranih parametara jedinki kljena iz rijeke Spreče i Turije, su približne istima utvrđenih kod jedinki kljena iz rijeke Željeznice i Krupice.

Tabela 1. Usporedni prikaz hematoloških parametara klijena  
 Table 1. The comparative view of the hematological parameters of the chub

Analizirani parametri <i>The analysed parameters</i>	Spreča (N=27)				Turija (N=12)			
	Min <i>Min</i>	Maks <i>Max</i>	$\bar{x}$ <i>The average value</i>	SD <i>The standard deviation</i>	Min <i>Min</i>	Maks <i>Max</i>	$\bar{x}$ <i>The average value</i>	SD <i>The standard deviation</i>
Br. eritrocita (10 <sup>12</sup> ) <i>The numb. of erythrocytes (10<sup>12</sup>)</i>	0,54	2,07	1,16	0,30	0,65	1,82	1,10	0,53
Hct (l/l) <i>Hematocrit (l/l)</i>	0,30	0,50	0,40	0,05	0,17	0,45	0,33	0,09
Hb (g/l) <i>Hemoglobin (g/l)</i>	48,05	111,76	94,75	13,86	39,41	108,52	79,10	23,51
MCV (fl) <i>Mean corpuscular volume (fl)</i>	143,0	833,3	370,96	128,31	170,41	379,41	241,22	58,45
MCH (pg) <i>Mean corpuscular hemoglobin (pg)</i>	47,47	182,97	86,97	27,59	40,22	88,93	56,80	12,76
MCHC (g/l) <i>Mean corpuscular hemoglobin concentration (g/l)</i>	112,01	331,98	241,00	42,65	205,69	264,61	236,70	15,55
Br. leukocita (10 <sup>9</sup> ) <i>The number of leukocytes (10<sup>9</sup>)</i>	3,60	16,20	8,04	2,81	2,80	10,60	7,23	2,57

Rezultati analize morfometrijskih parametara klijena predstavljeni su u Tabeli 2. Jedinke klijena iz rijeke Spreče odlikuje viša prosječna vrijednosti+ svih analiziranih morfometrijskih parametara u odnosu na klijena iz rijeke Turije. Bajrić i sar. (2017.) su kod klijena iz voda sjeveroistočnog dijela BiH, kojem pripadaju i lokaliteti na kojima su sprovedena naša istraživanja, utvrdili totalnu dužinu tijela klijena od 7,2-31,1 cm.

Tabela 2. Usporedni prikaz morfometrijskih parametara klijena  
 Table 2. The comparative view of the morphometric parameters of the chub

Analizirani parametri <i>The analysed parameters</i>	Spreča (N = 27)				Turija (N = 27)			
	Min <i>Min</i>	Maks <i>Max</i>	$\bar{x}$ <i>The average value</i>	SD <i>The standard deviation</i>	Min <i>Min</i>	Maks <i>Max</i>	$\bar{x}$ <i>The average value</i>	SD <i>The standard deviation</i>
Totalna dužina (cm) <i>The total length (cm)</i>	12,30	21,80	17,63	2,56	8,10	15,30	10,83	2,14
Standardna dužina (cm) <i>The standard length (cm)</i>	10,20	18,10	14,80	2,19	6,60	13,00	9,05	1,89
Masa tijela (g) <i>The body weight (g)</i>	14,80	99,80	51,90	21,77	4,60	37,30	13,83	9,53

Tabela 3. Test normaliteta raspodjele hematoloških parametara klijena  
 Table 3. Normality test distribution of hematological parameters of the chub

Hematološki parametri <i>Hematological parameters</i>	Shapiro-Wilk Test <i>Shapiro-Wilk test</i>			
	Rijeka Spreča <i>River Spreča</i>		Rijeka Turija <i>River Turija</i>	
	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>
Broj eritrocita ( $10^{12}$ ) <i>The number of erythrocytes</i>	0,930584	0,071427	0,905054	0,184300
Hct (l/l) <i>Hematocrit (l/l)</i>	0,98679	0,97404	0,904036	0,178818
Hb (g/l) <i>Hemoglobin (g/l)</i>	0,878851	0,00453	0,831149	0,021674
MCV (fl) <i>Mean corpuscular volume (fl)</i>	0,87418	0,003606	0,893225	0,129686
MCH (pg) <i>Mean corpuscular hemoglobin (pg)</i>	0,886893	0,006791	0,894786	0,135845
MCHC (g/l) <i>Mean corpuscular hemoglobin concentration (g/l)</i>	0,933606	0,08475	0,986962	0,998508
Broj leukocita ( $10^9$ ) <i>The number of leukocytes (<math>10^9</math>)</i>	0,933309	0,08333	0,934258	0,427433



Istraživanje rasta klijena iz rijeke Save pokazalo je da totalna dužina tijela varira od 4,5-15,6 cm (Habeković i sar., 1993). Totalna dužina tijela klijena iz rijeke Babune kretala se od 10- 22 cm (Georgiev, 2000). Veće vrijednosti totalne dužine, a time i mase tijela konstatovani su u sličnim istraživanjima (Kalkan i sar., 2002; Bajrić, 2012).

Proveden je Shapiro-Wilk test normaliteta raspodjele za analizirane hematološke parametre, čiji su rezultati predstavljeni u Tabeli 3.

Na osnovu Shapiro-Wilkovog testa normaliteta raspodjele za rijeku Spreču može se zaključiti da koncentracija hemoglobina, MCV i MCH pokazuju odstupanje od normalne raspodjele. Kod jedinki klijena iz rijeke Turije samo koncentracija hemoglobina pokazuje odstupanje od normalne raspodjele.

### Zaključak

Hematološke karakteristike populacija klijena iz rijeke Spreče i Turije pokazuju prilično ujednačne vrijednosti. Veće vrijednosti totalne i standardne dužine, te mase tijela, konstatovane su kod jedinki iz rijeke Spreče.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu dio su projekta pod nazivom „Hematološki, morfometrijski i molekularno-genetski parametri analize ciprinidnih vrsta riba sliva jezera Modrac“, broj Odluke: 01/2-3680-IV/16 od 10.11.2016. godine, koji je finansiran od strane Federalnog ministarstva obrazovanja i nauke, Bosne i Hercegovine.

### Literatura

- Bajrić A. (2012). Morfološko-taksonomska i ekološka karakterizacija vrste *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758) iz nekih tekućica sjeveroistočne Bosne. Magistarski rad. Prirodno-matematički fakultet. Univerzitet u Tuzli.
- Bajrić A., Adrović A., Hajdarević E., Skenderović I. (2017). Taksonomske karakteristike klijena (*Squalius cephalus*) iz voda sjeveroistočne Bosne. Educa, časopis za obrazovanje, nauku i kulturu. Godina X, broj 10. Mostar.
- Georgiev S. (2000). Taxonomical characteristics of chub (*Leuciscus cephalus* L. 1758) from the river Babuna (Macedonia). Ribarstvo, 58(4), 137-152.
- Habeković D., Ančić I., Safner R. (1993). Dinamika rasta klijena u rijeci Savi. Ribarstvo, 48(3), 79-88.
- Hasković E., Ivanc A. (2007). Praktikum uporedne fiziologije životinja i čovjeka. Prirodno-matematički fakultet. Univerzitet u Sarajevu.
- Kalkan E., Yilmaz M., Erdemli Ü. (2002). Some Biological Properties of the *Leuciscus cephalus* (L., 1758) Population Living in Karakaya Dam Lake in Malatya (Turkey). Turk J Vet Anim Sci, 29, 49-58.
- Kottelat M., Freyhof J. (2007). Handbook of European Freshwater Fishes. Kottelat. Cornol, Switzerland. Freyhof. Berlin, Germany.
- Mitrašinović M., Suljević D. (2009). Hematološki status klijena *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758) iz rijeke Krupice i Željeznice. Veterinaria, 58(1-2), 63-76.

**THE HEMATOLOGICAL AND MORPHOMETRIC  
CHARACTERISTICS OF THE *SQUALIUS CEPHALUS* OF THE  
CATCHMENT AREA IN MODRAC LAKE**

*Edina Hajdarević<sup>1</sup>, Alen Bajrić<sup>1</sup>, Avdul Adrović<sup>1</sup>, Amela Hercegovac<sup>1</sup>,  
Isat Skenderović<sup>1</sup>, Adin Mehić<sup>1</sup>, Eldar Tanović<sup>2</sup>, Edina Mujabašić<sup>1</sup>*

**Abstract**

The research deals with the analysis of hematological and morphometric parameters of *Squalius cephalus* L. individuals from two rivers, Spreča and Turija (Bosnia and Herzegovina). The following hematological parameters were analyzed: the number of erythrocytes and leucocytes, hemoglobin concentration, hematocrit, and hematological indices. With regard to the morphometric parameters: the total and the standard length and body weight were determined. Concerning chub from the river Spreča an average number of erythrocytes is  $1.16 \times 10^{12}$ , hematocrit 0.40 l/l, the content of hemoglobin 94.75 g/l, MCV 370.96 fl, MCH 86.97 pg, MCHC 241.0 g/l, the number of leukocytes  $8.04 \times 10^9$ , while in chub from the river Turija an average number of erythrocyte is  $1.10 \times 10^{12}$ , hematocrit 0.33 l/l, the content of hemoglobin 79.10 g/l, MCV 241.22 fl, MCH 56, 80 pg, MCHC 236.70 g/l, the number of leukocytes  $7.23 \times 10^9$ . The individuals of the chub from the river Spreča has an average total length of the body 17.63 cm, the standard length of the body 14.80 cm and the weight of the body 51.90 g, while the chub from the river Turia has an average total length of the body 10.83 cm, the standard length of the body 9.05 cm, and the weight of 13.83 g. The populations of chub from the Spreče and Turija rivers show fairly uniform values of haematological parameters.

**Key words:** Cyprinidae, chub (*Squalius cephalus*), Spreča, Turija

---

<sup>1</sup>University of Tuzla, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Univerzitetska 4, 75000 Tuzla, Bosnia and Herzegovina (edina.hajdarevic@untz.ba);

<sup>2</sup>JP Elektroprivreda BiH d.d. Sarajevo, ZD Rudnici „Kreka“ d.o.o. Tuzla, Pogon rekultivacija Šićki Brod, Mije Keroševića Guje br. 1, 75000 Tuzla, Bosnia and Herzegovina.

## EFEKTI PROMENE VELIČINE RATARSKIH I STOČARSKIH GAZDINSTAVA U EU

*Sanjin Ivanović<sup>1</sup>*

**Izvod:** Efekti poslovanja ratarskih i stočarskih gazdinstava u velikoj meri zavise od njihove veličine. Sa rastom poljoprivrednih gazdinstava neki se indikatori poslovanja poboljšavaju, dok drugi opadaju. Praćenjem određenih pokazatelja može se utvrditi veličina porodičnih gazdinstava pri kojoj se u ratarskoj i stočarskoj proizvodnji ostvaruju najpovoljniji ekonomski efekti. U radu je utvrđeno da su se u EU ratarskoj proizvodnji najbolje pokazala gazdinstva sa standardnim outputom preko 500.000 EUR, dok se u stočarstvu najbolji rezultati ostvaruju kod gazdinstava veličine standardnog outputa između 100.000 EUR i 500.000 EUR.

**Ključne reči:** ekonomska efikasnost, vrednost proizvodnje, standardni output, porodična gazdinstva

### Uvod

Jedan od glavnih problema poljoprivredne proizvodnje u Republici Srbiji je usitnjenost porodičnih gazdinstava. Ova gazdinstva raspolažu sa većinom osnovnih sredstava u poljoprivredi, pa je njihova efikasnost osnova za razvoj poljoprivredne proizvodnje. Sa druge strane, prosečna veličina ovih gazdinstava (izražena brojem hektara po gazdinstvu ili brojem grla stoke po gazdinstvu) je veoma mala. Tako podaci iz popisa poljoprivrede pokazuju da je prosečan broj hektara po gazdinstvu u Srbiji 5,4, dok je npr. broj goveda po gazdinstvu 5,1.

Sa druge strane, veličina poljoprivrednih gazdinstava ne mora biti izražena samo veličinom njihovih proizvodnih kapaciteta, već se za to mogu koristiti i vrednosni pokazatelji. U tom smislu se u EU koristi pokazatelj koji se zove standardni output. Ovaj pokazatelj se dobija na sledeći način (Cvijanović i sar., 2014):

- Prvo treba utvrditi standardni output koeficijent za svaki proizvod.
- Nakon toga se množenjem standardnog output koeficijenta sa površinom pod određenim usevom ili sa brojem grla određene vrste stoke dobija pojedinačni standardni output nekog poljoprivrednog proizvoda.
- Ekonomska veličina poljoprivrednog gazdinstva je njegov ukupni standardni output, koji se dobija kao zbir pojedinačnih standardnih outputa svih poljoprivrednih proizvoda na gazdinstvu.

Poljoprivredna gazdinstva se po veličini mogu podeliti u 14 klasa, a kada se ove klase agregiraju to se može uraditi na šest klasa i devet klasa (Kovačević, 2016). U Republici Srbiji shodno raspoloživim podacima poljoprivredna gazdinstva su grupisana u osam ekonomskih klasa. Međutim, podela poljoprivrednih gazdinstava na klase po veličini u našoj praksi po FADN sistemu je problematična zato što se usvojene klase ne poklapaju sa

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080 Zemun, Srbija (sanjinivanovic@agrif.bg.ac.rs);

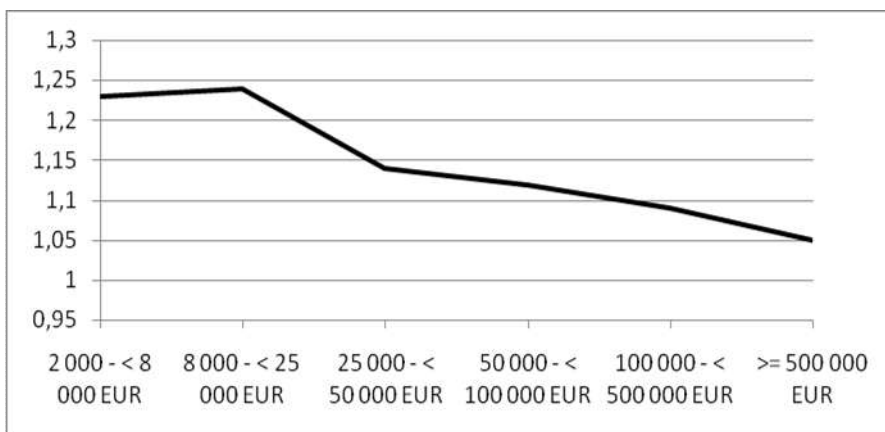
podelom koju daje EU, pa je na taj način jako otežana komparacija gazdinstava u Republici Srbiji i EU. Imajući u vidu probleme sa dostupnošću i kvalitetom podataka raspoloživih u Srbiji, autori koji su se bavili ovom problematikom (Ivanović, 2017; Nastić i sar., 2017a, Nastić i sar., 2017b) istraživanja su vršili uglavnom na raspoloživim podacima koji se odnose na EU.

### Materijal i metode rada

Obračun indikatora uspešnosti poslovanja poljoprivrednih gazdinstava vrši se na osnovu podataka iz bilansa uspeha, kao i na bazi ostalih tehničkih pokazatelja koji se sakupljaju u okviru FADN sistema u zemljama EU. Korišćeni podaci odnose se na 2015. godinu i preuzeti su sa dostupne FADN baze koju vodi Evropska komisija. Podaci se odnose na indikatore ekonomičnosti i produktivnosti, pri čemu je za prikazivanje produktivnosti korišćeno više raspoloživih pokazatelja, da bi se ova problematika obuhvatnije sagledala.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Ekonomičnost poslovanja u EU opada sa rastom gazdinstva. Pri tome je prosečna ekonomičnost svih gazdinstava u EU 1,10 što znači da manja gazdinstva imaju ekonomičnost iznad proseka, dok je kod gazdinstava koja su u grupi najvećih ekonomičnost ispod proseka (Grafikon 1).



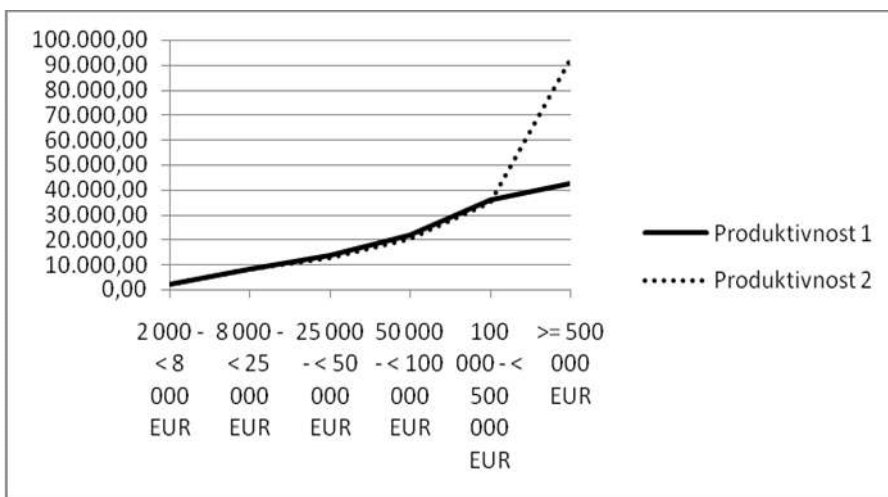
Graf. 1. Kretanje ekonomičnosti (total input / total output) na gazdinstvima različite veličine u EU

*Graph. 1. Total input / total output for various farm sizes in the EU*

Izvor: <http://ec.europa.eu/agriculture/rica/>

Pokazatelji produktivnosti iskazuju kakvi su bili efekti rada radnika na gazdinstvima različitih veličina. Ovde su prikazana dva pokazatelja produktivnosti:

- Produktivnost 1 (Grafikon 2 - neto dodata vrednost gazdinstva po godišnjoj jedinici rada (farm net value added / anual work unit) i
- Produktivnost 2 (Grafikon 3) - neto dobit porodičnog poljoprivrednog gazdinstva po porodičnoj jedinici rada (family farm income / family work unit).



Graf. 2. Produktivnost poljoprivrednih gazdinstava

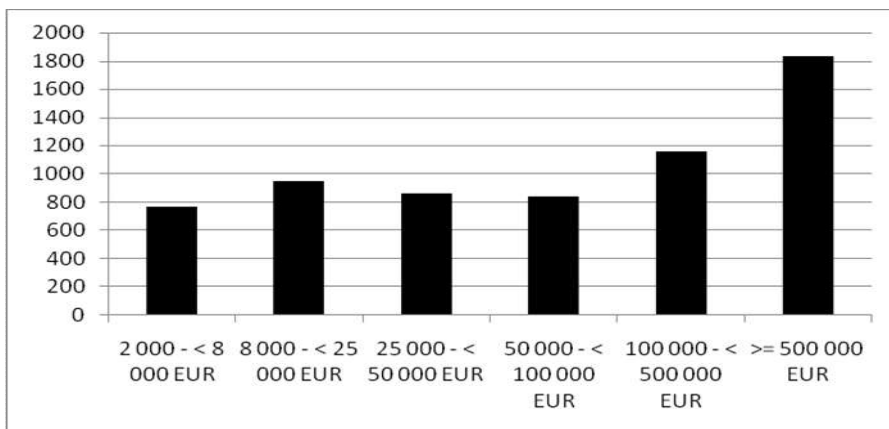
Graph. 2. Economic efficiency of family farms

Izvor: <http://ec.europa.eu/agriculture/rica/>

Produktivnost 1 ima stabilan rast koji svojim tempom prati rast veličine gazdinstva. To znači da kod poljoprivrednih gazdinstava dolazi do proporcionalnog povećanja kako neto dodate vrednosti gazdinstva, tako i obima angažovanja stalne radne snage na gazdinstvima. Prosečna vrednost ovog indikatora za sva gazdinstva u EU je 18.637,00 EUR, što praktično znači da tek ona gazdinstva čija veličina prelazi 50.000,00 EUR ostvaruju vrednost navedenog pokazatelja produktivnosti veću od prosečne. Odnosno, mala gazdinstva su u nepovoljnoj situaciji, jer im je produktivnost niska, dok velika gazdinstva imaju i veoma visoku produktivnost (zaradu po stalnom radniku).

Sa druge strane, pokazatelj produktivnost 2 ima kretanje koje je veoma slično kretanju pokazatelja produktivnost 1, sve do veličine standardnog outputa gazdinstava od 100.000,00 EUR. Nakon toga vrednost ovog indikatora naglo raste. To znači da mnogo brže raste neto dobit porodičnih gazdinstava, nego što raste obim angažovanja članova porodice. Odnosno, pri ovoj veličini gazdinstava dolazi do rasta angažovanja radnika koji nisu članovi porodice. Gledano po stalno zaposlenom članu porodice velika gazdinstva su u izuzetno velikoj prednosti u poređenju sa malim gazdinstvima. Tako je kod najmanjih gazdinstava ostvarena dobit po članu porodice oko 2.100,00 EUR dok se kod najvećih gazdinstava ta zarada penje na 92.000,00 EUR (prosek ovog indikatora za gazdinstva svih veličina je 14.967,00 EUR).

Istraživanje produktivnosti moguće je produbiti u pravcu analize produktivnosti po jedinici proizvodnih kapaciteta. Odnosno, produktivnost je moguće utvrditi kao vrednost biljne proizvodnje po hektaru (total crops output / ha), što je urađeno u grafikonu 3, kao i vrednost stočarske proizvodnje po uslovnom grlu (total livestock output / livestock unit) što je prikazano na grafikonu 4.

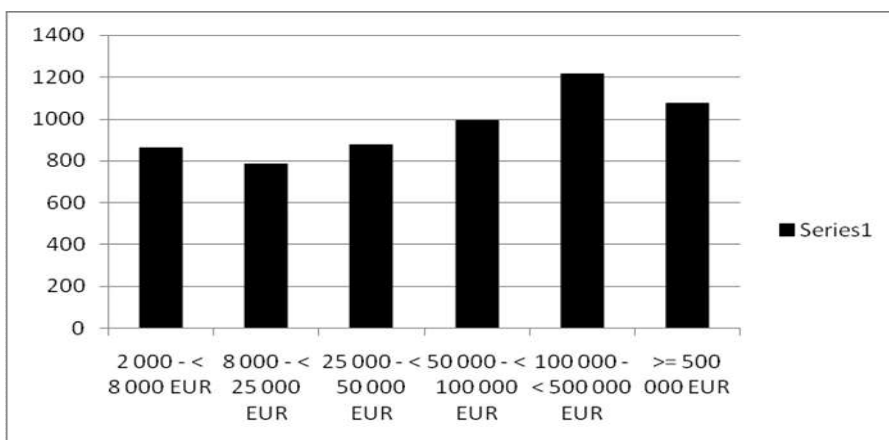


Graf. 3. Vrednost biljne proizvodnje po hektaru

Graph. 3. Total crops output per hectare

Izvor: <http://ec.europa.eu/agriculture/rica/>

Vrednost biljne proizvodnje je najveća kod najkrupnijih gazdinstava, što znači da se kod njih primenjuje najmodernija agrotehnika koja dovodi do najviših prinosa po jedinici površine.



Grafikon 4. Vrednost stočarske proizvodnje po uslovnom grlu

Graph 4. Total livestock output per livestock unit

Izvor: <http://ec.europa.eu/agriculture/rica/>

Sa druge strane, vrednost stočarske proizvodnje po uslovnom grlu nije najviša kod najvećih gazdinstava (veličine preko 500.000 EUR), već kod nešto manjih gazdinstava (veličine 100.000 do 500.000 EUR). To ukazuje na mogućnost da su gazdinstva iz grupe najvećih pretežno usmerena na biljnu proizvodnju, dok gazdinstva iz niže grupe (veličine 100.000 do 500.000 EUR) veću pažnju posvećuju stočarskoj proizvodnji.

### **Zaključak**

Na osnovu dobijenih rezultata postavlja se pitanje da li bolje posluju mala poljoprivredna gazdinstva (s obzirom na njihovu višu ekonomičnost) ili veća poljoprivredna gazdinstva (s obzirom na njihovu višu produktivnost). Očigledno je da mala poljoprivredna gazdinstva imaju bolji odnos između prihoda i rashoda, ali su istovremeno apsolutne vrednosti prihoda i rashoda veoma male.

Sa druge strane, kod većih gazdinstava ovaj odnos prihoda i rashoda je nepovoljniji, ali gazdinstva i dalje posluju ekonomično. Kod krupnih gazdinstava je apsolutna vrednost prihoda i rashoda mnogo veća, tako da je apsolutni iznos dobiti koji se ostvaruje po jednom stalnom radniku mnogo viši, kao i iznos prihoda po jednom hektaru zemljišta ili po jednom uslovnom grlu stoke. Prema tome, prednost treba dati krupnim gazdinstvima koja omogućavaju maksimizaciju bogatstva vlasnika gazdinstva, odnosno članova domaćinstva.

### **Napomena**

Istraživanja u ovom radu deo su projekta “Unapređenje biotehnoloških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda” broj 31051 koji finansira Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### **Literatura**

- Cvijanović D., Subić J., Paraušić V. (2014): Poljoprivredna gazdinstva prema ekonomskoj veličini i tipu proizvodnje u Republici Srbiji. Republički zavod za statistiku. Beograd, Dostupno: <http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/Popis2012/TIPOLOGIJA.pdf>
- Ivanović S. (2017): Influence of Farm size on Economic Efficiency of Family Farms in the EU. Objavljeno u International Scientific Conference SUSTAINABLE AGRICULTURE AND RURAL DEVELOPMENT IN TERMS OF THE REPUBLIC OF SERBIA STRATEGIC GOALS REALIZATION WITHIN THE DANUBE REGION - support programs for the improvement of agricultural and rural development. Proceedings of Abstracts. Subić J., Kuzman B., Vasile A. J. (ed.), 30. December, 14-15th 2017, Chamber of Commerce and Industry of Serbia – Belgrade, Serbia: Institute of Agricultural Economics, Belgrade, Serbia 30.
- Kovačević D. (2016): Proračun i analiza standardnog outputa po FADN metodologiji. Master rad. Poljoprivredni fakultet, Beograd - Zemun.

- Nastić L., Ivanović S., Radivojević D. (2017a): Analiza visine i strukture investicionih ulaganja u ovčarske i kozarske farme u Evropskoj uniji i Republici Srbiji. *Journal of Agricultural Sciences*, Vol. 62, No. 1: 79-88. Dostupno: [http://joas.agrif.bg.ac.rs/sites/joas.agrif.bg.ac.rs/files/article/pdf/476-7-12873-64547-2-pb\\_end.pdf](http://joas.agrif.bg.ac.rs/sites/joas.agrif.bg.ac.rs/files/article/pdf/476-7-12873-64547-2-pb_end.pdf)
- Nastic L., Markovic T., Ivanovic S. (2017b): ECONOMIC EFFICIENCY OF EXTENSIVE LIVESTOCK PRODUCTION IN THE EUROPEAN UNION. *ECONOMICS OF AGRICULTURE*, Year 64, No. 3 (861-1312): 1219-1230. Dostupno: <http://www.bsaae.bg.ac.rs/images/Ekonomika%20kompletna/2017/EP%203%202017%201q.pdf>
- Republički zavod za statistiku (2013): Popis poljoprivrede 2012. Poljoprivredi u Republici Srbiji. Knjiga 1. Dostupno: <http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/Popis2012/PP-knjiga1.pdf>
- Republički zavod za statistiku (2013): Popis poljoprivrede 2012. Poljoprivredi u Republici Srbiji. Knjiga 2. Dostupno: <http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/Popis2012/PP-knjiga2.pdf>
- <http://ec.europa.eu/agriculture/rica/> Pristupljeno: 28.12.2017.

## EFFECTIVENES OF CROP AND LIVESTOCK FARMS SIZE CHANGE IN THE EU

*Sanjin Ivanovic<sup>1</sup>*

### **Abstract**

Economic efficiency of crop and livestock farms largely depends on their size. Some indicators of efficiency increase with the enlargement of farms, while others decrease. By monitoring some indicators, it is possible to determine the size of family farms which enables the best economic efficiency in crop and livestock production. It was determined that the best results were achieved on the EU crop production farms with the standard output over 500,000 EUR, while the best results were achieved on the EU livestock production farms with the standard output ranging between 100,000 EUR and 500,000 EUR.

**Key words:** economic efficiency, total output, standard output, family farms

---

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, 11080 Zemun, ([sanjinivanovic@agrif.bg.ac.rs](mailto:sanjinivanovic@agrif.bg.ac.rs))



## PREVENCIJA I KONTROLA KOMPLEKSA RESPIRATORNOG OBOLJENJA GOVEDA (BRDC)

Vladimir Kurćubić<sup>1</sup>, Radojica Đoković<sup>1</sup>, Zoran Ilić<sup>2</sup>, Miloš Petrović<sup>1</sup>

**Izvod:** BRDC je jedan od najskupljih zdravstvenih problema u govedarstvu širom sveta, usled visokog morbiditeta i smrtnosti, gubitka težine, smanjenog iskorišćenja hrane, smanjenog kvaliteta trupova i obimne profilakse i terapije. BRDC izaziva veći broj patogena (virusa i bakterija), uz predisponirajuće faktore rizika iz ambijenta i domaćina. Povećanje proizvodnje mesa i mleka u celom svetu bilo bi održivo unapređenjem prevencije i kontrole BRDC. Strategije upravljanja značajno smanjuju pojavu BRDC, a metafilaksa je korisna kod „visoko rizične“ teladi na prijemu u tovališta. Kontrola BRDC zahteva primenu novih tehnologija za povećanje otpornosti, smanjenje faktora rizika i izloženosti patogenima.

**Ključne reči:** kompleks respiratornog oboljenja goveda (BRDC), virusi, bakterije, metafilaksa, vakcinacija

### Uvod

Kompleks respiratornog oboljenja goveda (BRDC) predstavlja jedan od ključnih i najskupljih zdravstvenih problema kod goveda u SAD i celom svetu. Ovaj sindrom je prvobitno nazvan „transportna groznica“, jer se klinički simptomi često javljaju kratko nakon prijema teladi u tovalište. Buhman i sar. (2000.) su utvrdili da je oko 91% teladi sa dijagnostikovanim BRDC u prvih 27 dana nakon dolaska u tovališta. Rizik od morbiditeta kod BRDC se javlja u okviru prvih 45 dana nakon dolaska u tovališta i najviši je od prve do treće nedelje, a nakon tog perioda morbiditet opada do kraja perioda od 12 nedelja (Edwards, 1996.). Najčešće zapaženi klinički znaci su visoka temperatura (oko 40-41.5 °C), potištenost, smanjen apetit, nosni i očni iscedak, kašalj i različiti stepeni otežanog disanja (dispnea). Etiopatogeneza BRDC je multifaktorijelna i složena, u kojoj ekvivalentnu ulogu igraju infektivni agensi i ambijentalni faktori (stresori životne sredine - deficiti u ishrani životinja, transport, rukovanje, toplota, hladnoća, prašina, vlažnost, povrede, zamor, dehidracija, gladovanje, strah, iritirajući gasovi, hirurške veterinarske intervencije). Najznačajniji virusni patogeni su bovini respiratorni sincicijalni virus (BRSV), virus parainfluence tipa 3 (PI-3V), goveđi herpesvirus tip-1 (BHV-1), virus goveđe virusne dijareje (BVDV), obično povezani sa istovremenim bakterijskim infekcijama sa *Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella multocida*, *Histophilus somni*, *Mycoplasma bovis*, *Mycoplasma bovirhinis*, *Mycoplasma dispar* (Bednarek i sar., 2012.). Ozbiljnost bolesti zavisi od više faktora, uključujući predisponirajuće faktore rizika, virusne i bakterijske patogene i strategije upravljanja koje se koriste za kontrolu problema (Duff i Galyean, 2007.).

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (vkcubic@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet, Kopaonička bb, Lešak, Srbija;

Današnja mišljenja istraživača zasnovana na eksperimentalnim dokazima da je *P. multocida* primarni patogen u plućima goveda potvrđeni su u petogodišnjem istraživanju Kurćubića i sar. (2000.). Ispitali su ukupno 1435 nosnih briseva poreklom iz obolelih goveda sa simptomima koji ukazuju na BRDC. Najčešće izolovani su *Pasteurella multocida* i *Pasteurella haemolytica* (62,78 i 40,20%), kao i *Corinebacterium pyogenes* (53,44%), *Staphylococcus albus* (24,87%) i *Streptococcus viridans* (14,07%).

**Epidemiološki**, kada su uključeni virusni patogeni koji izazivaju BRDC obično je veća stopa morbiditeta a manja stopa mortaliteta, dok životinje sa bakterijskim infekcijama imaju sporadični morbiditet, ali veći mortalitet (Patel i sar., 2017.). U slučaju mešanih virusnih i bakterijskih infekcija primećuje se veća stopa mortaliteta i morbiditeta (Duff i Galyean, 2007.). BRDC u tovilištima ima morbiditet oko 75% i mortalitet od 50 do 70% (Edwards, 2010.). U Evropskoj Uniji, proizvodni gubici (bez uračunatih uginuća goveda) su oko 576 miliona evra na godišnjem nivou (Barrett, 2000.). **Ekonomski gubici govedarske industrije**, koji su posledica pojave BRDC, iskazani su kroz stopu morbiditeta i mortaliteta, troškove preventive i medikamentoznog lečenja, smanjenu proizvodnost i vrednost trupova goveda. Procenjuje se da godišnji gubitak američke govedarske industrije iznosi jednu milijardu dolara, a troškovi preventive i lečenja iznose 3 milijarde dolara godišnje (Griffin, 2006.; Snowden i sar., 2007.). Prosečna cena pojedinačnog tretmana procenjena je na 15.60 dolara. Ovaj trošak se povećava na 92.30 dolara kada se uzmu u obzir i indirektni troškovi, kao što su smanjenje prosečnog dnevnog prirasta i efikasnosti ishrane i smanjena vrednost trupa (Schneider i sar., 2009.).

**Dijagnoza BRDC** se može ustanoviti različitim metodama. Savremeni automatski sistemi praćenja zdravstvenog stanja se ne sprovode zbog velikih investicija i niske specifičnosti (Patel i sar., 2017.). Klasična metoda se zasniva na spoljnom pregledu i opažanju kliničkih znakova. Sistem kliničkog bodovanja predložili su Perino i Apley (1998.). Ocena 1 je za приметnu depresiju bez očiglednih znakova slabosti; ocena 2 za upadljivu depresiju sa umerenim znakovima slabosti, bez značajnih promena u kretanju; ocena 3 za snažnu depresiju sa znakovima slabosti, kao što su značajne promene u kretanju; ocena 4 za životinje u agoniji, koje ne mogu ustati. Prema pomenutoj skali za ocenjivanje, terapijski tretman je potreban za telad sa rektalnom temperaturom većom od 40 °C i kliničkim rezultatom  $\geq 1$ . Ovakve metode se obično koriste za direktno kliničko lečenje, bez obavezne identifikacije patogenih uzročnika. Obučeno veterinarsko osoblje može koristiti auskultaciju pluća za predviđanje ishoda kod slučajeva BRDC.

Druga dijagnostička procedura je primena laboratorijskih testova za identifikaciju virusnih i bakterijskih uzročnika BRDC (Urban - Chmiel i Grooms, 2012.). Za identifikaciju patogena izazivača BRDC se može uzeti nekoliko različitih uzoraka: krv, nazalni ili nazofaringealni brisevi, traheobronhijalni ispirak i tkiva na obdukciji. Postoji mnogo korisnih laboratorijskih metoda koje su na raspolaganju za identifikaciju virusnih i bakterijskih patogena uključujući kulture ćelija, imunohistohemiju (IHC), ELISA i PCR metode (Duff i Galyean, 2007.). Jedna od korisnih metoda za identifikaciju teladi sa predispozicijom za nastanak BRDC nakon transporta je

identifikacija promena u proteinima koji nastaju u akutnoj fazi, kao što su haptoglobin i fibrinogen (Arthington i sar., 2003.; Svensson i sar., 2007).

Implementacija **istema za kontrolu i prevenciju BRDC** je korisna jer proizvođačima smanjuje ekonomske gubitke umanjujući mogućnost pojave bolesti, od pomoći je u bezbednosti hrane, očuvanju kvaliteta i biološke sigurnosti (Patel i sar., 2017.). Prevencija obezbeđuje povećanje otpornosti na pojavu BRDC putem:

- integriranih programa vakcinacije protiv virusnih i bakterijskih patogena izazivača BRDC;
- Optimalan program kvalitetne ishrane, posebno za telad izloženu stresnim uslovima. Ishrana treba da bude bogata energijom, da sadrži visoku koncentraciju proteina i odgovarajuće koncentracije mikro hranljivih materija (minerale Zn, Cu, Fe i Se i vitamine E, B kompleksa i C);
- Smanjivanje stresa primenom dobre upravljačke prakse (GMP), kao što su niska gustina životinja u boksevima tovilišta, dobra ventilacija i higijena. Prilikom premeštanja (klasiranja) teladi, najmlađe životinje se prebacuju u bokeseve gde su bile smeštene najstarije (imune) životinje (Valarcher i Hagglund, 2006.).

Smanjivanje uticaja stresa moguće je sprovođenjem različitih **upravljačkih praksi**: smanjenje izloženosti BRDC patogenima minimiziranjem rizika da se zaražene životinje uvode u stado, uvodeći životinje samo iz neinficiranih stada ili iz stada sa poznatim programom vakcinacije, izbegavanje kupovine životinja na pijacama, testiranje novih životinja na prisustvo perzistentnih infekcija, izolaciju novonabavljenih životinja, sanitaciju za smanjenje razmnožavanja patogena, izolaciju bolesnih životinja.

**Metafilaksa** je masovni tretman antibioticima novoprispele „visoko rizične“ teladi, koja se kombinuje sa programom imunizacije (štiti telad u periodu dok se ne stvori efikasan imunitet od sprovođenja protokola vakcinacije), i korisna je za smanjenje pojave BRDC (Thomson i White, 2006.). Antibiotici koji se najčešće primenjuju u sprovođenju metafilakse su tilmikozin, florfenikol, tulatromicin i ceftiofour. Utvrđeno je da se procenat morbiditeta smanjuje skoro dvostruko nakon aplikacije tulatromicina, a procenat mortaliteta se smanjuje na 3.6% i 13.5% po aplikaciji tulatromicina i tilmikozina (Nickell i sar., 2008.). Upotreba florfenikola (40 mg/kg) kod teladi posle transporta, naročito u „visoko rizičnim“ grupama, značajno smanjuje (više od 35%) pojavu BRDC tokom prve 3 nedelje tova (Booker i sar., 2007.).

**Vakcinacija** protiv važnih patogena izazivača BRDC je korisno ekonomičnije sredstvo za pomoć i smanjenje rizika od BRDC. Postoje dve vakcine za aktivnu imunizaciju zdrave goveda i teladi protiv respiratornih bolesti koje su trenutno dostupne u Srbiji, koje proizvodi jedini domaći proizvođač. Vibak® je kombinovana, polivalentna vakcina (ATCvet code QI02AF) koja sadrži žive oslabljene viruse (IBRV i PI-3V) i ćelijske kulture bakterija *Diplococcus pneumoniae*, *Pasteurella multocida* i *Corinebacterium pyogenes*. Druga je inaktivirana uljana vakcina Respi-OI® (ATCvetQI02AD06), koja sadrži imunogene sojeve PI-3V i IBRV. Jedina dostupna registrovana vakcina za uvoz je Bovilis® IBR marker inac (Intervet International B.V., ATCvet QI02AA03), koji sadrži inaktiviran BHV-1 soj GK/D (Kurčubić i sar., 2014.).

**Programi „prekondicioniranja“ ili „preduslovni programi“** su planirani programi upravljanja teladima pre isporuke u tovilišta, koji obezbeđuju da su životinje odlučene u unapred određenom terminu (obično sa 30 do 45 dana starosti), vakcinisane protiv

različitih infektivnih agenasa (bakterijske i virusne vakcine), tretirane anthelminticima, kastrirane, obezrožene i priviknute na hranilice i pojilice (Duff i Galyean, 2007.). U jednoj studiji, „prekondicionirana“ telad su imala 7.2% bolju iskorišćenost hrane, oko 29.50 USD \$ po glavi niže troškove lečenja i 3.1% niži mortalitet (Cravey, 1996) u poređenju sa sličnim teladima koja nisu bila u programu „prekondicioniranja“.

**Izazovi u budućnosti** su logično povezani sa promenama koje će obuhvatiti razvoj i unapređenje upravljanja stadom, tehnologije ishrane i poboljšanje genetike. Prema McVey-u (2009.), vrlo važne informacije će se naučiti nastavkom istraživanja patogeneze BRDC kod goveda.

Područja istraživanja koja će pomoći u poboljšanju prevencije i kontrole BRDC uključuju:

- Poboljšane vakcine, formulacije vakcina i strategije primene;
- Razumevanje genetske osnove otpornosti na bolest i
- Razumevanje uloge zapaljenjskog procesa u patogenezi bolesti.

Dodatno poboljšanje kontrole BRDC će se ostvariti:

- Upotreba epidemioloških koncepata za upravljanje BRDC, uz bolje razumevanje odnosa između patogena i predisponirajućih faktora;
- Razvijanje strategija za upravljanje ili smanjenje stresa, posebno povezanih sa transportom, rukovanjem, ishranom i „mešanjem“ stoke;
- Razvijanje novih antimikrobnih sredstava i strategija za terapiju, koje ne samo da pružaju kliničke lekove, već i minimiziraju odabir otpornih organizama;
- Sprovođenje efikasnih strategija prevencije kao što su metafilaksa i vakcinacije;
- Razvoj dijagnostičkih alata i metoda potrebnih za ranu intervenciju i
- Unapređenje istraživanja sistema proizvodnje i tehničkog prenosa znanja.

### **Zaključak**

BRDC je jedan od najvažnijih zdravstvenih problema u govedarstvu širom sveta. Ovo kompleksno oboljenje uključuje uticaj većeg broja patogena i faktora rizika iz ambijenta i životinje domaćina. Korišćenje strategija upravljanja stadom, kao što su programi predkondicioniranja, imaju značajan potencijal za smanjenje pojave BRDC i negativnog uticaja ovog sindroma. Ostali programi, kao što je metafilaksa, korisni su kod „visoko rizične“ teladi koja ulazi u tovilišta, kako bi sprečili razvoj BRDC. Govedarska industrija mora da nastavi da identifikuje sredstva za kontrolu BRDC razvojem i korišćenjem novih tehnologija s ciljem povećanja otpornosti, smanjivanja faktora rizika i smanjenja izloženosti patogenima.

### **Napomena**

Zahvaljujemo Ministarstvu za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, koje finansira ovaj rad u okviru Projekta TR 31001.

**Literatura**

- Arthington J.D., Eicher S.D., Kunkle W.E., Martin F.G. (2003). Effect of transportation and commingling on the acute phase protein response, growth, and feed intake of newly weaned beef calves. *Journal of Animal Science* 81, 1120-1125.
- Barrett D.C. (2000). The calf pneumonia complex - treatment decisions. *Cattle Practise* 8, 135-138.
- Bednarek D., Szymańska-Czerwińska M., Dudek K. (2012). Bovine Respiratory Syndrome (BRD) Etiopathogenesis, Diagnosis and Control. A Bird's-Eye View of Veterinary Medicine, Dr. Carlos C. Perez-Marin (Ed.), 364-365. ISBN: 978-953-51-0031-7, InTech.
- Booker C.W., Abutarbush S.M., Schunicht O.C., Jim O.C., BScAgr R.P. (2007). Evaluation of the efficacy of tulathromycin as a metaphylactic antimicrobial in feedlot calves. *Veterinary Therapeutics* 8, 183-200.
- Buhman M.J., Perino L.J., Galyean M.L., Wittum T.E., Montgomery T.H., Swingle R.S. (2000). Association between changes in eating and drinking behaviors and respiratory tract disease in newly arrived calves at a feedlot. *American Journal of Veterinary Research* 61, 1163-1168.
- Cravey M.D. (1996). Preconditioning Effect on Feedlot Performance. In: *Proceeding of Southwest Nutrition and Management Conference*, Phoenix, AZ, 33-37.
- Duff G.S., Galyean M.L. (2007). Recent advances in management of highly stressed newly received feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 85, 823-840.
- Edwards A.J. (1996). Respiratory diseases of feedlot cattle in the central USA. *Bovine Practitioner* 30, 5-7.
- Edwards T.A. (2010). Control methods for bovine respiratory disease for feedlot cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 26, 273-284.
- Griffin D. (2006). Antibiotic metaphylaxis to control respiratory disease. *Cattle Production Library CL-606*, 1-6.
- Kurćubić S.V., Đoković D.R., Ilić Ž.Z., Stojković S.J., Petrović P.M., Caro-Petrović V. (2014). Modern Approach to the Enigma of Bovine Respiratory Disease Complex: A Review. *Pakistan Veterinary Journal* 34(1), 11-17.
- Kurćubić V., Đoković R., Jevtić, S. (2000). Five-years analyses of bacterial micro flora isolated from nasal swabs fattening calves and bullocks with respiratory syndrome-possibilities for prevention and therapy. *Winter School for Agronomists, University in Kragujevac, Faculty of Agronomy in Čačak*, 4, 9-16.
- McVey D.S. (2009). Thoughts on BRD research needs in the next 10-20 years. *Proceedings of Bovine Respiratory Disease Symposium, Colorado Springs, August 5-6*, 74-76.
- Nickell J.S., White B.J., Larson R.L., Blasi D.A., Renter D.G. (2008). Comparison of short-term health and performance effect related to prophylactic administration of tulathromycin versus tilmicosin in long-hauled highly stressed beef stocker calves. *Veterinary Therapeutics* 9, 147-156.
- Patel N., Patel R., Rajoriya J., Ahirwaar M., Hari R., Ojha B. (2017). Bovine Respiratory Disease Complex: A Critical Review. *International Journal of Livestock Research*, 7(7), 23-34. <http://dx.doi.org/10.5455/ijlr.20170513101049>

- Perino L.J., Apley M.D. (1998). Clinical trial design in feedlots. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 14, 343-365.
- Schneider M.J., Tait Jr R.G., Busby W.D., Reecy J.M. (2009). An evaluation of bovine respiratory disease complex in feedlot cattle: Impact on performance and carcass traits using treatment records and lung lesion scores. *Journal of Animal Science* 87, 1821-1827.
- Snowder G.D., Van Vleck L.D., Cundiff L.V., Bennett G.L., Koohmaraie M., Dikeman M.E. (2007). Bovine respiratory disease in feedlot cattle: Phenotypic, environmental, and genetic correlations with growth, carcass, and longissimus muscle palatability traits. *Journal of Animal Science* 85, 1885-1892.
- Svensson C., Liberg P., Hultgren J. (2007). Evaluating the efficacy of serum haptoglobin concentration as an indicator of respiratory-tract disease in dairy calves. *Veterinary Journal* 174, 288-294.
- Thomson D.U., White B.J. (2006). Backgrounding Beef Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 22, 373-398.
- Urban - Chmiel R., Grooms D.L. (2012). Prevention and Control of Bovine Respiratory Disease. *Journal of Livestock Science* 3, 27-36.
- Valarcher J.F., Hägglund S. (2006). Viral respiratory infections in cattle. *Proceedings of XXIV world buiatrics congress, Hervé Navetat & François Schelcher (eds.)*. ISBN 2-903 62 3407, Nice, France, ©WBC2006.

## PREVENTION AND CONTROL OF THE BOVINE RESPIRATORY DISEASE COMPLEX (BRDC)

*Vladimir Kurćubić<sup>1</sup>, Radojica Đoković<sup>1</sup>, Zoran Ilić<sup>2</sup>, Miloš Petrović<sup>1</sup>*

### Abstract

BRDC is one of the most expensive health problems in cattle breeding around the world, due to high morbidity and mortality, weight loss, reduced food utilization, reduced quality of carcasses and extensive prophylaxis and therapy. BRDC causes a greater number of pathogens (viruses and bacteria), with predisposing risk factors from the ambient and host. Increasing the production of meat and milk worldwide would be sustainable by improving the prevention and control of BRDC. Management strategies greatly reduce the occurrence of BRDC, and metaphylaxis is useful in high-risk calves when arriving in the feedlot. Control of BRDC requires the application of new technologies to increase resistance, reduce risk factors and exposure to pathogens.

**Key words:** Bovine Respiratory Disease Complex (BRDC), viruses, bacteria, metaphylaxis, vaccination

---

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia (name.lastname@kg.ac.rs)

<sup>2</sup>University of Prishtina - Zubin Potok, Faculty of Agriculture, Jelene Anzujske bb, Serbia

## LABORATORIJSKA I PATOHISTOLOŠKA DIJAGNOSTIKA MASNE JETRE KOD KRAVA U PERIPARTALNOM PERIODU

Miloš Ž. Petrović<sup>1</sup>, Radojica Đoković<sup>1</sup>, Milun D. Petrović<sup>1</sup>, Vladimir Kurčubić<sup>1</sup>, Marko Cincović<sup>2</sup>, Zoran Ž. Ilić<sup>3</sup>, Neđeljko Karabasil<sup>4</sup>

**Izvod:** Peripartalni period mlečnih krava se karakteriše pojavom mnogobrojnih metaboličkih bolesti i njihovim uticajem na kvalitet i ekonomičnost proizvodnje. Nakupljanje masti u jetri je čest nalaz kod krava za vreme kasnog graviditeta i u prve tri nedelje laktacije. Masna jetra predstavlja poremećaj metabolizma masti i ugljenih hidrata, a uslovljen je negativnim energetske bilansom. Predisponirane su sve kategorije mlečnih krava, a posebno gojazne krave i krave sa dugim servis periodom. Kao osnovna preventivna mera navodi se optimizacija i korišćenje izbalansiranih obroka u kvantitativnom i energetske smislu tokom perioda zasušenja i rane laktacije.

**Ključne reči:** masna jetra, mlečne krave, peripartalni period

### Uvod

Masna infiltracija ćelija jetre (masna jetra) kod mlečnih krava je česta pojava u peripartalnom periodu kao posledica negativnog bilansa energije i povećane mobilizacije masti iz telesnih depoa (Johannsen i sar., 1993.).

U ranoj laktaciji se dešavaju velike metaboličke promene kod goveda, a veliku promenu predstavlja negativan bilans energije. Naročito je izražena povećana mobilizacija lipida, kako bi se masti koristile u energetske svrhe, ali krave postaju sklone razvoju ketoze i masne jetre (Cincović i sar., 2012.; Đoković i sar., 2014a.). Kao posledica lipolize u masnom tkivu povećava se koncentracija neesterifikovanih masnih kiselina (NEFA) u krvotoku. Ovaj fenomen se javlja kao posledica endokrinih i metaboličkih promena, prvenstveno zbog prisustva insulinske rezistencije (Cincović i sar., 2014.). NEFA se deponuju u hepatocitima u obliku triglicerida (TGC), formiraju se masne vakuole i time menjaju histološke, morfometrijske i metaboličke karakteristike hepatocita (Đoković i sar., 2011.).

**Principi uzimanja i slanja tkiva na patohistološke pretrage:** Postavljanje pravovremene i tačne dijagnoze zamašćenja jetre kod goveda podrazumeva ispitivanje i razumevanje velikog broja parametara i pravilno tumačenje dobijenih rezultata. Naime, laboratorijske metode ispitivanja vrednosti biohemijskih parametara u krvnom serumu, kao i patohistološka ispitivanja uzoraka tkiva jetre uzetih biopsijom, predstavljaju metode koje se koriste u dijagnostikovanju hepatopatija. Međutim, danas na terenu najviše na značaju dobija ultrasonografija. Pored kliničkih metoda (perkusija i palpacija), za dijagnostiku hepatopatija ispituju se i biohemijski parametri u krvi:

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (petrovic.milos87@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Srbija;

<sup>3</sup>Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet Lešak, 38219 Lešak, Srbija;

<sup>4</sup>Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine, Bulevar oslobođenja 18, 11000 Beograd, Srbija.

vrednosti glukoze, ukupnih proteina, albumina, globulina, ukupnih lipida, holesterola, triglicerida, ureje, bilirubina, amonijaka i žučnih kiselina. Jašović i sar. (2016.) su ispitujući tri grupe krava (u zasušenju, na početku i na sredini laktacije) dokazali da se u utvrđivanju funkcionalnog stanja ćelija jetre kao indikatori mogu koristiti enzimi aspartat aminotransferaza (AST), alanin aminotransferaza (ALT), gama-glutamil transferaza (GGT) i laktat dehidrogenaza (LDH). Dobijeni rezultati ukazuju na mogućnost blagog stepena oštećenja hepatocita, odnosno masnu infiltraciju hepatocita kod krava na početku laktacije. Naime, serumske aktivnosti AST su bile u značajnoj korelaciji ( $P < 0,05$ ) sa aktivnostima ALT, GGT i LDH u krvnom serumu pa AST može biti najosteljiviji indikator.

Jedan od načina premortalne dijagnoze masne jetre kod krava je biopsija. Uzimanje uzoraka tkiva jetre biopsijom i patološko-histološka ispitivanja dobijenih uzoraka predstavljaju najpouzdaniji način dijagnostikovanja stepena zamašćenja jetre. Međutim, zbog invazivnosti same metode, biopsija jetre nije uobičajena u rutinskoj dijagnostici (Đoković, 2014b.).

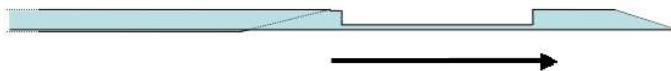
**Tehnika biopsije:** Za biopsiju jetre, kod goveda se koristi igla dužine 20 cm. Ove igle rade pomoću oštrog iskošenja na vrhu, koje tako „hvata” parče jetre u zarez.

Korak 1. Ubaciti instrument u životinju kada je stilet povučen u iglu, slika 1.



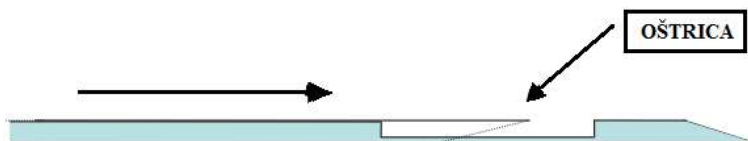
Slika 1. Šematski prikaz biopsera za tkivo.

Korak 2. Pritisnuti stilet uz tkivo jetre tako da se igla održava stacionarno. Tkivo jetre ispunjava zarez, slika 2.



Slika 2. Šema kada je stilet otvoren.

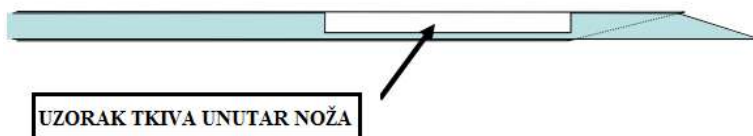
Korak 3. Igla se povlači unazad dok se stilet drži stacionarnim. To je od ključne važnosti jer tako dolazi do odsecanja tkiva jetre, slika 3.



Slika 3. Šema odsecanja tkiva jetre.

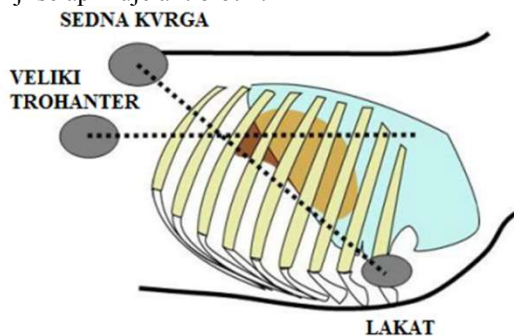
Korak 4. Kada se igla u potpunosti vrati u stilet, uhvaćeni deo tkiva i instrument se izvlače iz životinje, slika 4.





Slika 4. Uzorak tkiva jetre u biopsiju.

Pored instrumenta za biopsiju, za izvođenje perkutane biopsije jetre su potrebni brijlač, rastvor joda, 2% rastvor prokaina, skalpel. Uzimanje uzoraka jetre se vrši na stojećoj životinji u 11. međurebarnom prostoru, 20 do 30 cm od dorzalne linije spinalnih nastavaka torakalnih pršljenova, odnosno u liniji sedne kvrge - *tuber ishii* sa desne strane, slika 5. Operaciono polje dimenzija 5 × 5 cm se obrije i dezinfikuje 70% alkoholnim rastvorom i rastvorom joda. Lokalna infiltrativna anestezija, se daje u cilju otklanjanja bola aplikacijom 5 mL 2% rastvora prokaina. Incizija kože i potkožnog tkiva sve do mišića u dubini 1 do 1,5 cm paralelno sa rebarnim lukom, vrši se vrhom skalpela sa ciljem da se olakša uvođenje biopsera. Nakon izvlačenja instrumenta u kome je tkivo jetre, životinji se aplikuje antibiotik.



Slika 5. Šematski prikaz određivanja mesta vršenja biopsije.

Isečki dobijeni biopsijom jetre fiksiraju se u 10% neutralnom formalinu i apsolutnom alkoholu. Boje se hematoksilin - eozin i Sudan tehnikom i mikroskopski pregledaju. Uzorci tkiva od krava sa masnom jetrom imaju značajno veće dimenzije masnih vakuola, manje dimenzije jedra, znatno manju volumetrijsku gustinu jedra i veću volumetrijsku gustinu masnih vakuola.

Veličina i dimenzije masti u vakuolama, kao i njihove optičke gustine ukazuju na stepen masne jetre. Protok NEFA i masna degeneracija hepatocita izaziva niz mikroskopski vidljivih promena koje se manifestuju u svim organelama, a mogu se videti i u nukleusu u vidu promena u veličini, obliku i optičke gustine (Đoković i Šamanc, 2007.). Lipidne kapljice su isparljive komponente citoplazme hepatocita, a njihova količina se menja u skladu sa fiziološkim stanjem organizma. Lipidi u hepatocitima jetre su deponovani u obliku triglicerida - TGC (Bobe i sar., 2004.).

Po Gaál-u (1995.), sadržaj masti do 20% u jetri je blagi stepen, od 20-40% je srednji stepen, a preko 40% je teški stepen masne jetre.

Masnu jetru odlikuje značajno povećanje sadržaja triglicerida i smanjenje sadržaja glikogena u jetri, kao i procesa glukoneogeneze i glikogeneze, sa istovremenim smanjenjem koncentracija glukoze, ukupnih lipida, triglicerida, holesterola i ukupnih proteina u krvi (Veenhuizen i sar., 1991.; Grummer, 1993.; Johannsen i sar., 1993.; Vazquez-Anon i sar., 1994.; Sevinc i sar., 2003.).

Ispitjući krave u ranoj laktaciji (5 krava iz kontrolne grupe i 5 krava sa metaboličkim profilom koji ukazuje na masnu jetru) Đoković i sar. (2015.) su utvrdili da grupa krava sa masnom jetrom ima značajno veće dimenzije masnih vakuola, manje dimenzije jedra, znatno manju volumetrijsku gustinu jedra i veću volumetrijsku gustinu masnih vakuola.

Krave u ranoj laktaciji su podložne nastanku negativnog energetskog bilansa, hipoglikemiji i pojačanoj lipolizi u masnom tkivu, što dovodi do višeg stepena lipogeneze i akumulacije triglicerida u masnim vakuolama hepatocita.

U patohistološkim ispitivanjima uzoraka tkiva jetre Đoković i sar. (2008.) su izvestili da masna infiltracija ćelija jetre nije utvrđena niti kod zdravih visoko-gravidnih, niti kod zdravih krava na početku laktacije (<10% masti). Kod ketoznih krava utvrđeni su različiti stepeni masne infiltracije ćelija jetre.

### **Umesto zaključka**

Metabolički poremećaji naročito dolaze do izražaja kod goveda u visokom graviditetu, puerperijumu i periodu rane laktacije. Jedan od najvažnijih zdravstvenih problema visoko-mlečnih krava su poremećaji energetskog statusa, a na prvom mestu je zamašćenje jetre. Biopsija jetre je jedina pouzdana metoda za određivanje stepena masne jetre muznih krava u peripartalnom periodu. Kao pomoćni dijagnostički alati mogu se koristiti krv, urin, mleko ili metaboliti krvi. Kao osnovna preventivna mera navodi se optimizacija i korišćenje izbalansiranih obroka u kvantitativnom i energetskom smislu tokom perioda zasušenja i rane laktacije.

### **Napomena**

Zahvaljujemo Ministarstvu za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, koje finansira ovaj rad u okviru Projekta TR 31001.

### **Literatura**

- Boban Jašović, Radojica Đoković, Vladimir Kurćubić, Milun D. Petrović, Vladimir Dasković, Miloš Petrović, Simeon Rakonjac (2016). Procena funkcionalnog stanja ćelija jetre kod mlečnih krava na osnovu promena serumske aktivnosti AST, ALT, GGT i LDH. XXI Savetovanje o biotehnologiji, 21(24), 485-490, Čačak.
- Bohe G., Young J.W., Beitz D.C. (2004). Invited Review: Etiology, Prevention and Treatment of Fatty Liver in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 87, 3105-3124.
- Cincović M.R., Belić B., Radojičić B., Hristov S., Đoković R. (2012). Influence of lipolysis and ketogenesis to metabolic and hematological parameters in dairy cows during periparturient period. *Acta veterinaria (Beograd)*, 62(4), 429-444.

- Cincović M.R., Belić B., Đoković R., Toholj B., Hristovska T., Delić B., Došenović M. (2014). Insulin resistance in cows during dry period and early lactation. *Contemporary agriculture*, 63, 1-2, 98-105.
- Djoković R., Cincović, M., Kurcubic, V., Petrović, M., Lalović, M., Jašović, B., Stanimirović, Z. (2014a). Endocrine and Metabolic Status of Dairy Cows during Transition Period. *Thai Journal of Veterinary Medicine*, 44(1), 59-66.
- Djoković, R., Z. Ilić, V. Kurčić, M. Petrović, V. Dosković (2011). Functional and morphological state of the liver in Simmental dairy cows during transitional period. *Revue de medecine veterinaire*, 162, 574-579.
- Ђоковић Р., Гиадинис Н., Агрироудис С., Бојковски Ј. (2014b). Здравствена заштита преживара. Агрономски факултет Чачак, Рижа, Краљево, ISBN 978-86-87611-30-6, COBBIS.SR-ID.204233228.
- Đoković R., Šamanc H. (2007). Sadržaj lipida i glikogena u jetri kod visokoproduktivnih mlečnih krava u peripartalnom periodu. *Veterinarski glasnik*, 58, 1-2, 77-83.
- Đoković R., Cincović M.R., Belić B., Petrović M, Lakić I., Stojanac N., O. Stevančević O. (2015). Morphometric characteristics of liver tissue in cows during early lactation. *Contemporary agriculture (Savremena Poljoprivreda)*, 64, 1-2, 54-59. ISSN 0350-1205.
- Đoković Radojica, Bogosavljević-Bošković Snežana, Petrović Milun, Dosković Vladimir (2008). Vrednosti karakterističnih biohemijskih parametara krvi i sadržaj masti u jetri kod mlečnih krava u tranzicionom periodu. *Contemporary agriculture (Savremena Poljoprivreda)*, 57, 3-4, 187-194. ISSN 0350-1205.
- Gaal T. (1995). Sindrom masne jetre kod krava. *Veterinarski Glasnik*, 47(4-5), 311-319.
- Grummer R.R. (1993). Etiology of lipid related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 76, 3882- 3896.
- Johannsen, U, Mengen, S, Staufienbiel, R, Klukas, H (1993). Investigations on morphology and function of the liver of high-yielding cows two weeks post partum. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift*, 100, 177-181.
- Sevinc M., Basoglu A., Guzelbekta H. (2003). Lipid and lipoprotein levels in dairy cows with fatty liver. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 27, 295-299.
- Veenhuizen J.J., Drackley J. K., Richard M. J., Sanderson T. P., Miller L.D., Joung J.W. (1991). Metabolic changes in blood and liver during development and early treatment of Experimental Fatty liver and ketosis in cows. *Journal of Dairy Science*, 74, 4238-4253.
- Vazquez-Anon M., Bertics S., Luck M., Grummer R.R., Pinheiro J. (1994). Peripartium liver triglyceride and plasma metabolites in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 77, 1521-1528.

## LABORATORY AND PATOHISTOLOGICAL DIAGNOSIS OF FATTY LIVER IN CATTLE IN THE PERIPARTAL PERIOD

*Miloš Ž. Petrović<sup>1</sup>, Radojica Đoković<sup>1</sup>, Milun D. Petrović<sup>1</sup>, Vladimir Kurćubić<sup>1</sup>, Marko Cincović<sup>2</sup>, Zoran Ž. Ilić<sup>3</sup>, Neđeljko Karabasić<sup>4</sup>*

### Abstract

Peripartal period of dairy cows is characterized by the appearance of numerous metabolic diseases and their impact on the quality and cost-effectiveness of production. Fat accumulation in liver is a common finding in cows during late pregnancy and in the first three weeks of lactation. A fatty liver represents a disorder of metabolism of fat and carbohydrates, and is conditioned by a negative energy balance. All categories of dairy cows, especially obese cows and cows with a long service period, are predisposed. The main preventive measure is the optimization and use of balanced meals in quantitative and energy terms during the period of drying and early lactation.

**Key words:** fatty liver, milk cows, peripartal period

---

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia ([petrovic.milos87@kg.ac.rs](mailto:petrovic.milos87@kg.ac.rs));

<sup>2</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Serbia;

<sup>3</sup>University of Priština, Faculty of Agriculture Lešak, 38219 Lešak, Serbia;

<sup>4</sup>University of Belgrade, Faculty of Veterinary Medicine, Bulevar oslobođenja 18, 11000 Beograd, Serbia.

## PONAŠANJE, DOBROBIT I ZAŠTITA ŽIVOTINJA U ORGANSKOM STOČARSTVU

*Milun Petrović<sup>1</sup>, Simeon Rakonjac<sup>1</sup>, Vladan Bogdanović<sup>2</sup>,  
Snežana Bogosavljević-Bošković<sup>1</sup>, Radojica Đoković<sup>1</sup>,  
Vladimir Dosković<sup>1</sup>, Miloš Petrović<sup>1</sup>*

**Izvod:** Ponašanje, dobrobit i zaštita gajenih životinja predstavljaju integralni deo organskog stočarstva. U organskoj proizvodnji životinje se moraju uzgajati u skladu sa njihovim bazičnim potrebama, odnosno na način u kome će ispoljiti najveći deo njihovih normalnih oblika ponašanja (urođenih i stečenih) uz poštovanje osnovnih načela dobrobiti i zaštite. Uvažavajući značaj ponašanja, dobrobiti i zaštite životinja organska proizvodnja, kao alternativa konvencionalnoj, upravo je usklađena sa prirodnim potrebama životinja.

Poznavanje i razumevanje ponašanja životinja od višestrukog je značaja za uspešno gajenje domaćih životinja bez obzira o kom sistemu proizvodnje je reč (intenzivni, ekstenzivni ili organski).

Dobrobit i zaštita životinja je jedno kompleksno biotehničko pitanje i u sebi sadrži kako aspekt nauke (biologije, veterine, agronomije), tako i aspekte etike. Dobrobit podrazumeva kvalitet života i harmoničan odnos životinje sa okruženjem te je kao takva postala aktuelna u konvencionalnoj i nezaobilazna tema u organskoj proizvodnji u stočarstvu.

**Ključne reči:** organska poljoprivreda, ponašanje, dobrobit, zaštita životinja.

### Uvod

Nekada je stočarska proizvodnja predstavljala idiličnu sliku simbioze čoveka i životinja na malim seoskim farmama pri čemu se životinjama dodeljivala nezamenljiva uloga u obezbeđivanju kvalitetnih namirnica za ljudsku upotrebu, korisnog uticaja na okruženje, te su životinje prepoznavane kao socio-kulturni pokretači razvoja društva.

Sa spoznajom negativnih efekata intenzivne industrijske poljoprivredne proizvodnje kao posledice koje može da ima konzumiranje proizvoda iz iste sa aspekta zdravlja potrošača (Laurence, 1991.; Passille, 1997.) raste interesovanje za nekonvencionalnu, a posebno organsku proizvodnju. Sve ovo uticalo je da se tokom poslednje decenije obim organske proizvodnje u svetskim razmerama znatno poveća. Širenju organske proizvodnje doprineli su i standardi definisani kroz zakonske propise i regulative koji obezbeđuju okvir za omogućavanje dobrih životnih uslova za domaće životinje. Ovi minimalni standardi, ipak, nisu nužno i garancija za dobro stanje po pitanju dobrobiti životinja i njihovog zdravstvenog stanja (Sundrum, 2001.; Kijlstra i Eick, 2006.).

Danas se stočarstvo oslikava drugačijim spektrom u kome se držanje i iskorišćavanje životinja prepoznaje kao potencijalna opasnost po životnu sredinu

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet, ul. Cara Dušana 34, 32000 Čačak

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, ul. Nemanjina 6, 11080 Zemun

(klimatske promene i sl.), izvor različitih bolesti (ludilo krava, ptičji grip, svinjski grip i sl.), izvor “nezdravih namirnica” za ljudsku upotrebu (životinjske masti i sl.) te, ma kako to paradoksalno zvučalo, generator povećanja gladi u svetu. Poseban problem predstavlja odnos čoveka i životinje pri čemu one, (u modernim proizvodnim sistemima), bivaju izložene različitim emotivnim i fizičkim torturama (Čengić-Džomba, 2014.).

Organska stočarska proizvodnja bazira se na harmoničnom odnosu između zemljišta, biljaka i životinja, zaštiti ekosistema, kao i poštovanju bihevioralnih i fizioloških potreba životinja i kao takva predstavlja proizvodni sistem koji gotovo u potpunosti odgovara na rastuće zahteve društva (Petrović i sar., 2014 i 2016.; Petrović i Rakonjac, 2017.).

Od svih aktuelnih proizvodnih sistema organska proizvodnja, zasnovana na holističkom konceptu i proklamovanim principima, je u najmanjem konfliktu sa modernim bioetičkim pogledima na iskorišćavanje životinja (Vaarst i sar., 2004.). Ponašanje, dobrobit i zaštita gajenih životinja predstavljaju integralni deo organskog stočarstva. U organskoj proizvodnji životinje se moraju uzgajati u skladu sa njihovim bazičnim potrebama, odnosno na način u kome će ispoljiti najveći deo njihovih normalnih oblika ponašanja (urođenih i stečenih) uz poštovanje osnovnih načela dobrobiti i zaštite. Uvažavajući značaj ponašanja, dobrobiti i zaštite životinja organska proizvodnja, kao alternativa konvencionalnoj, upravo je usklađena sa prirodnim potrebama životinja (Petrović i Rakonjac, 2017.).

### **Ponašanje**

Poznavanje i razumevanje ponašanja životinja od višestrukog je značaja za uspešno gajenje domaćih životinja bez obzira o kom sistemu proizvodnje je reč (intenzivni, ekstenzivni ili organski). Ponašanje životinja je jednostavan i lako procenjiv pokazatelj zdravstvenog stanja, proizvodnih osobina i dobrobiti životinja. Ispoljavanje za vrstu neuobičajenih, patoloških oblika ponašanja, može da ukaže na ugroženo zdravlje i dobrobit životinje. Pored toga, ponašanje je dobar pokazatelj odnosa životinje i njenog životnog okruženja. Ponašanje pokazuje kako i da li se životinja prilagodila na uslove gajenja i iskorišćavanja. Primenom različitih metoda u proučavanju ponašanja moguće je utvrditi čemu su životinje sklone, čemu teže, šta je za njih prijatno, a šta neprijatno i na osnovu dobijenih rezultata osmisliti ili isplanirati takav odgajivački program koji će životinji osigurati očuvanje zdravlja i dobrobiti (Vučinić, 2006.). Takve metode nam omogućavaju da shvatimo šta životinje motiviše na određene aktivnosti i oblike ponašanja, čime i kako su kontrolisani ti oblici ponašanja, kakve su sposobnosti životinje da uči, da razmišlja i procenjuje okolnosti u kojima se nalazi i koje oblike ponašanja ispoljava u grupi (socijalni oblici ponašanja).

Ponašanje je kompleksna osobina koju čine urođene i stečene komponente.

Svi oblici (sistemi) ponašanja životinja mogu se svrstati u četiri kategorije a to su:

- ponašanje životinja pri kretanju, ishrani, napajanju, ekskreciji (uriniranje i defekacija), nezi tela, odmoru i spavanju,
- eksplorativno (istraživaško) ponašanje životinja radi upoznavanja sa životnim okruženjem,

- teritorijalnost (obeležavanje i odbrana teritorije) i ponašanje životinja pri uspostavljanju i zaštiti sopstvene sigurnosti i socijalnog poretka i
- ponašanje životinja radi zaštite sopstvenog genoma i produženja vrste (seksualni i roditeljski oblici ponašanja).

Nemogućnost ispoljavanja ovih osnovnih oblika ponašanja kod životinja u zatočeništvu i zatvorenim sistemima gajenja može da dovede do bihejvioralne depresije i ispoljavanja patoloških oblika ponašanja. Zato se smatra da patološki oblici ponašanja nastaju kao pokušaj životinje da ispolji fiziološke bihejvioralne oblike, ali na način koji se znatno razlikuje od bihejvioralne norme. Naime, patološkim oblicima ponašanja životinja pokušava da zadovolji one potrebe koje bi bile zadovoljene da je u mogućnosti da ih zadovolji fiziološkim oblicima ponašanja. Često se u slučaju pojave patoloških oblika ponašanja kod domaćih životinja u zatvorenim objektima i životinja u zatočeništvu govori o enzootskoj bihejvioralnoj depresiji, koja se manifestuje na većem broju životinja.

Abnormalna ponašanja domaćih životinja česta su pojava u konvencionalnoj stočarskoj proizvodnji i predstavljaju signale neadekvatnog tretmana životinja na farmi. Razlikuju se:

- *stereotipna ponašanja* (kretanje po ustaljenoj ruti pri čemu životinja sledi određeni put neprestano se vraćajući na polaznu tačku uz veoma male modifikacije, napred-nazad klačenje i ljuljanje, češanje koje dovodi do iritacije, grizenje šipki, gutanje (sisanje) vazduha, rolanje jezika, stereotipno lizanje),
- *abnormalna ponašanja usmerena prema vlastitom organizmu i okolnim objektima* (konzumiranje vlastite dlake, vune ili perja, sisanje i konzumiranje čvrstih predmeta, konzumiranje prostirke, zemlje i izmeta, prekomerno konzumiranje vode),
- *abnormalna ponašanja usmerena prema drugim životinjama* (čupanje i konzumiranje vune, interesovanje prema jedinkama istog pola, sisanje drugih životinja u grupi, uzajamno sisanje teladi, intenzivna agresivna ponašanja) i
- *izostanak funkcija* (tih estrus, odbijanje (napuštanje) novorođenčeta, krađa mladih, ubijanje mladih i kanibalizam, abnormalnost u bazičnim pokretima (mahanje krilima, ustajanje i leganje govoda na vezu)) (Senada Čengić-Džomba, 2014.).

### Dobrobit i zaštita životinja

Dobrobit životinja je jedno kompleksno biotehničko pitanje i u sebi sadrži kako aspekt nauke (biologije, veterine, agronomije), tako i aspekte etike (Marie i sar., 2005). Dobrobit podrazumeva kvalitet života i harmoničan odnos životinje sa okruženjem te je kao takva postala aktuelna u konvencionalnoj i nezaobilazna tema u organskoj proizvodnji u stočarstvu (Petrović i Rakonjac, 2017.).

Pod zaštitom životinja se podrazumeva filozofski pristup vrednovanju života životinja koji je u direktnoj zavisnosti od civilizacijskog nivoa razvoja jednog naroda, nivoa njegove svesti, kulturnih, verskih, socijalnih i drugih običaja i osobina. Pojam zaštite životinja podrazumeva različite filozofske pravce, mišljenja i pokrete. Među njima su grubo izdiferencirana tri pravca, a to su:

- pokret ili pravac za liberalizaciju životinja,
- pokret ili pravac za zaštitu prava životinja i
- pokret ili pravac za zaštitu dobrobiti životinja.

Pristalice pokreta za liberalizaciju životinja se zalažu za oslobađanje životinja od svih vidova iskorišćavanja od strane čoveku i puštanje životinja na prirodna staništa.

Njima su slični pobornici za prava životinja, koji zastupaju gledište da je osnovno pravo životinje isto sa osnovnim pravom čoveka, a to je pravo na život. Od ovoga se ide i korak dalje, tako da se pristalice pokreta za prava životinja bore za kvalitetan život životinja. Pod kvalitetnim životom se podrazumeva oslobađanje životinja od svih vidova neprijatnih emocionalnih i telesnih iskustava, kakva su bol, patnja, stres, dosada i sl. Njihova borba rezultirala je dokumentom međunarodnog značaja, koji se zove Univerzalna deklaracija o pravima životinja, a koju je proklamovao UNESKO 1972. godine u Parizu.

Najmlađi od tri pokreta za zaštitu životinja je pokret za dobrobit životinja. On je nastao na zahtev korisnika proizvoda životinjskog porekla, koji su od vlada svojih zemalja zahtevali da im objasne pod kojim uslovima se gaje i iskorišćavaju životinje od kojih se dobijaju proizvodi životinjskog porekla i kako takvi načini gajenja i iskorišćavanja utiču na kvalitet tih proizvoda sa posebnim naglaskom na eventualne posledice po zdravlje čoveka i održavanje biološke ravnoteže u prirodi.

Svetsko društvo za zaštitu životinja (WSPA), 2000. godine u Londonu, proklamovalo je Univerzalnu deklaraciju o dobrobiti životinja po kojoj opravdava pojedine vidove gajenja i iskorišćavanja životinja, ako oni garantuju kvalitetan život životinji koji podrazumeva sledećih pet sloboda:

- slobodu od svih vidova patnje, bola, stresa i zlostavljanja,
- slobodan pristup dovoljnim količinama kvalitetne hrane i vode,
- udoban i komotan prostor za odmor u kojem mogu da zauzmu prirodne položaje tela, da ispolje svoje prirodne stavove i hodove, zadovolje potrebu za kretanjem i pronadu zaklon od prirodnih neprijatelja i predatora), agresivnih životinja i vremenskih nepogoda u kojem će se osećati sigurno,
- slobodu ostvarenja društvenog kontakta sa životinjama iste vrste,
- slobodu zadovoljavanja drugih fizioloških potreba i slobodu ispoljavanja svih oblika ponašanja.

Dobrobit se procenjuje na osnovu:

- kliničkog pregleda i utvrđivanja zdravstvenog statusa životinje (fiziološka, funkcionalna dobrobit),
- ispitivanja ispoljenosti fizioloških oblika ponašanja i mogućnosti zadovoljavanja urođenih životnih potreba (bihevioraha dobrobit),
- ispitivanja prisustvu pozitivnih emocija i odsustva negativnih emocija kod životinja (emocionalna dobrobit) i
- ispitivanjem pogodnosti uslova života koji treba da odgovaraju vrsti, rasi, polu, starosnoj kategoriji i drugim osobinama životinje.

Tri veoma široka kriterijima na osnovu kojih se mogu identifikovati indikatori dobrobiti su:

- visok nivo bioloških funkcija (reprodukcija, dugovečnost, zdravstveni status, poremećaji u ponašanju i pokazatelji fizioloških funkcija),



- odsustvo patnje u smislu dugotrajnog bola, straha i drugih negativnih emocionalnih iskustava (procene se obavljaju testom sklonosti, ocenom prisustva patoloških oblika ponašanja kao što su stereotipije i procenom jačine vokalizacije kod životinja jer se smatra da se ona menja u stanjima bola, stresa, patnje, straha i sl.) i
- pozitivna iskustva kakva su komfor (udobnost) i prilagođenost na ambijent u kojem životinja boravi.

Mnogi stručnjaci tvrde da je patnja suprotna stanju dobrobiti. Ako ne može da se proceni dobrobit, onda treba procenjivati stepen patnje. Patnja se definiše, uglavnom, kao iskustveno prolongiran neprijatan osećaj, prouzrokovan različitim stimulusima, kao što su strah, bol ili frustracija. Patnja direktno utiče na zdravstveno stanje životinje, a kod domaćih životinja i na produktivnost (Petrović i Rakonjac, 2017.).

Za najjednostavniju treba prihvatiti definiciju po kojoj je dobrobit stepen adaptacije životinje na uslove života i skladnosti, tj. harmonije sa životnim okruženjem.

### **Zaključak**

Od uslova života, tj. uslova smeštaja i gajenja životinja zavisi kako će se ispoljiti određeni oblici ponašanja, tj. koje će strategije biti primenjene i da li će uopšte moći da se primene ili da se ispolje. Upravo organski sistem proizvodnje u stočarstvu omogućava ispoljavanje najvećeg broja urođenih i stečenih fizioloških oblika ponašanja i izostanak njegovih patoloških i vakumskih oblika.

U intenzivnoj stočarskoj proizvodnji, za razliku od organske, mnogobrojni su činioci koji narušavaju dobrobit životinja (bolesti, povrede, neodgovarajući uslovi smeštaja, neodgovarajuća ishrana i napajanje, neodgovarajući socijalni odnosi među životinjama ili neodgovarajuća interakcija između čoveka, odnosno vlasnika i odgajivača i životinja i sl.). Na narušavanje dobrobiti ukazuje to da se životinja nije prilagodila proizvodnom sistemu, odnosno načinu smeštaja, ishrane, napajanja, načinu iskorišćavanja i odnosu prema čoveku.

Dobrobit i zaštita životinja podrazumeva kvalitet života i harmoničan odnos životinje sa okruženjem te je kao takva postala aktuelna u konvencionalnoj i nezaobilazna tema u organskoj proizvodnji u stočarstvu.

### **Literatura**

- Kijlstra A., Eick I.A.J.M. (2006). Animal health in organic livestock production systems; a review. *NJAS Wageningen Journal of live Sciences*, 54(1), 77-94.
- Laurence E.A. (1991). Relevance of social science to Veterinary Medicine. *Journal of American Medical Association*, 199, 1018-1020.
- Marie M., Edwards E., Gandini G., Reiss M., Von Borell E. (2005). *Animal Bioethics - Principles and Teaching Methods*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- Passille de A.M.B. (1997). Le lait écologique fait son nid. *Le Bulletin des Agriculteurs*, 3, 51-54.
- Petrović D.M., Snežana Bogosavljević-Bošković, R. Đoković, N. Bokan, V. Dosković, S. Rakonjac (2014). Razvoj organske poljoprivrede i stočarstva u svetu, Evropi i kod nas. *XIX Savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem, Čačak, Zbornik radova*, 19(21), 427-434.

- Petrović Milun, Bogosavljević-Bošković Snežana, Rakonjac Simeon, Bokan Nikola, Dosković Vladimir (2016). Kontrola i sertifikacija organske proizvodnje i period konverzije konvencionalne u organsku farmu. XXI Savetovanje o Biotehnologiji, Čačak, 11-12. Mart 2016. Zbornik radova, 21(24), 599-603, ISBN 978-86-87611-41-2, ISBN 978-86-87611-42-9(niz), COBISS.SR-ID 221904396.
- Petrović Milun, Rakonjac Simeon (2017). Organska proizvodnja u stočarstvu. Udžbenik, Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku.
- Senada Čengić-Džomba (2014). Organsko stočarstvo. Poglavlje u monografiji Organska proizvodnja. Urednik Nataša Mirecki, Podgorica 2014.
- Sundrum A. (2001). Organic livestock farming A critical review. *Livestock Production Science*, 67, 207-215.
- Vučinić M. (2006). Ponašanje, dobrobit i zaštita životinja. Univerzitet u Beogradu, fakultet veterinarske medicine. ISBN 86-82301-55-5.
- Vaarst M., Roderick S., Lund V., Lockeretz W. (2004). *Animal Health and Weifare in Organic Agriculture*. CUBI Publishing.

## BEHAVIOR, ANIMAL WELFARE AND SAFETY IN ORGANIC LIVESTOCK

*Milun Petrović, Simeon Rakonjac, Vladan Bogdanović,  
Snežana Bogosavljević-Bošković, Radojica Đoković,  
Vladimir Dosković, Miloš Petrović*

### Abstract

Behavior, welfare and protection of cattle are an integral part of organic livestock breeding. Organic production considers animals being cultivated in accordance with their basic needs, supporting most of their normal forms of behavior (inborn and acquired), while respecting the basic principles of well-being and protection. Organic as an alternative to conventional production respects the importance of behavior, welfare and protection of animals and is therefore in line with natural animals needs.

Being familiar and understanding the behavior of animals is of multiple importance for successful breeding of cattle regardless to applied production system (intensive, extensive or organic).

Animal welfare and protection is a complex biotechnological issue and contains an aspect of science (biology, veterinary medicine, agronomy) and aspects of ethics. The welfare implies the quality of life and harmonious relationship of animal with its environment; as such, it became present in conventional and unavoidable topic in organic production in livestock breeding.

**Key words:** organic agriculture, behavior, welfare, protection of animal.

## FENOTIPSKA ISPOLJENOST I VARIJABILNOST ŽIVOTNE PROIZVODNJE MLEKA I MLEČNE MASTI

*Milun Petrović<sup>1</sup>, Simeon Rakonjac<sup>1</sup>, Vladan Bogdanović<sup>2</sup>,  
Snežana Bogosavljević-Bošković<sup>1</sup>, Radojica Đoković<sup>1</sup>,  
Vladimir Dasković<sup>1</sup>, Miloš Petrović<sup>1</sup>*

**Izvod:** Analiza fenotipske ispoljenosti i varijabilnosti životne proizvodnje mleka i mlečne masti i sadržaja mlečne masti životne proizvodnje mleka sprovedena je kod 241 krave simentalke rase raspoređenih na tri odgajivačka područja (Čačak n=67, Zlatibor n=123 i Rudno n=51).

Deskriptivnom statističkom analizom ustanovljeno je da je prosečna životna proizvodnja mleka i mlečne masti na sva tri odgajivačka područja iznosila 16081 i 627,2 kg sa varijabilnošću od oko 40%. Prosečan broj laktacija u toku produktivnog života krava iznosio je 3,73 i kretao se od 4,31 na području Čačka do 3,45 na području Rudna. Varijabilnost je bila visoka i u proseku je iznosila oko 35%, što je posledica širokog intervala varijacije koji se kretao od svega 3 pa do 10 laktacija po grlu. Prosečan sadržaj mlečne masti životne proizvodnje mleka iznosio je 3,91%. Sadržaj mlečne masti životne proizvodnje mleka, za razliku od životne proizvodnje mleka i mlečne masti, više je pod uticajem genetskih faktora zbog čega se odlikuje dosta niskom varijabilnošću od svega 2,30%.

**Ključne reči:** životna proizvodnja mleka, mlečna mast, varijabilnost.

### Uvod

Unapređenje proizvodnih sposobnosti, odnosno oplemenjivanje goveda, jedan je od najbitnijih faktora proizvodnje u govedarstvu. U poslednjih dvadeset godina, na polju odgajivačkog rada u govedarstvu, odvija se, relativno brzo, izmena genetske strukture populacije goveda u našoj zemlji. Osnovna karakteristika ovih promena je maksimalno oplemenjivanje postojećih kombinovanih tipova, u prvom redu domaće šarene rase u tipu simentalca bilo primenom intenzivne selekcije ili unošenjem gena produktivnijih grla iz drugih populacija uz poboljšanje proizvodnih uslova.

I pored toga što se za realizaciju poželjnih naslednih osnova, iz dana u dan, stvaraju bolji uslovi može se konstatovati da se dugovečnost i životna proizvodnja krava smanjuje. Brojni istraživači su mišljenja da kraći produktivni život i prosečno produktivnih krava uslovljavaju intenzivni, gotovo industrijski uslovi proizvodnje. Ovome doprinosi i činjenica da jednostrana selekcija goveda na visoku produktivnost redovno utiče na slabljenje konstitucije i biološke otpornosti što se često u intenzivnim uslovima gajenja završava prevremenim izlučivanjem grla iz priploda, odnosno proizvodnje, a što utiče na smanjenu životnu proizvodnju mleka i mlečne masti. Iz ovoga proizilazi visok remontni procenat koji utiče na visinu selekcijskog diferencijala, a ovaj, pak, na selekcijski uspeh.

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet, ul. Cara Dušana 34, 32000 Čačak

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, ul. Nemanjina 6, 11080 Zemun

Dobar pokazatelj adekvatnog gajenja mlečnih krava je, između ostalog, i fenotipska ispoljenost i varijabilnost osobina životne proizvodnje među kojima su najvažnije životna proizvodnja mleka i mlečne masti.

Ispitujući dugovečnost i životnu proizvodnju mleka krava simentalске, braon i crno-bele rase u Sloveniji smeštenih na privatnim (porodičnim) i državnim farmama Ostrec i sar. (1998.), navode da je prosečan broj kompletnih laktacija kod simentalških krava na privatnim farmama, koje su imale do pet i više laktacija, 4.45, a životna proizvodnja mleka 14686 kg, dok je kod krava koje su imale 7 i više laktacija životna proizvodnja mleka iznosila 30860 kg. Na državnim farmama prosečan broj laktacija u toku života kod krava, koje su imale do pet i više laktacija, je 3.15, a životna proizvodnja mleka 12880 kg, dok je kod krava koje su imale 7 i više laktacija životna proizvodnja mleka iznosila 42803 kg.

Pri analizi fenotipske ispoljenosti i varijabilnosti osobina dugovečnosti i životne proizvodnje kod 143 krave simentalске rase smeštenih na farmi "Zlatiborski suvati", Petrović D.M. i sar. (2003.), navode da je prosečan broj laktacija po kravi 5.59, životna proizvodnja mleka, mlečne masti i 4%MKM 25290.1, 928.84 i 24049.5 kg, dok je sadržaj mlečne masti 3.69%.

Isti autori, Petrović D.M. i sar. (2012. i 2015.), proučavajući uticaj geografskog regiona na životnu proizvodnju mleka kod 2548 krava simentalске rase i njihovu fenotipsku ispoljenost i varijabilnost, konstatuju da je životna proizvodnja mleka i mlečne masti prosečno na sva tri odgajivačka područja iznosila 14604 i 554.8 kg, dok je sadržaj mlečne masti životne proizvodnje mleka iznosila 3.81%. Prosečan broj laktacija po kravi bio je 3.61.

Zbog izražene varijabilnosti ovih osobina, sa izvesnim procentom visoko proizvodnih grla, autori zaključuju da je moguć dalji uspešan rad u njihovoj selekciji, mada usled niskog heritabiliteta i dugog generacijskog intervala, genetski progres po generaciji je veoma spor.

## Materijal i metod rada

### *Materijal*

Ispitivanje fenotipske ispoljenosti i varijabilnosti osobina životne proizvodnje kao i uticaj sistematskih faktora na pomenute osobine obavljeno je kod 241 krave simentalске rase rođenih od 2002. godine pa do 2007. godine. Za analizu su korišćeni podaci iz matične evidencije tri selekcijske službe, koje svojim radom pokrivaju područja Čačka, Zlatibora i Rudna. Krave se gaje u vezanom sistemu na individualnim gazdinstvima.

Na osnovu podataka iz matičnih i proizvodnih listova krava smeštenih na pomenuta tri odgajivačka područja analizirane su osobine životne proizvodnje grla simentalске rase kao što su:

- prosečan broj laktacija po grlu,
- životna proizvodnja mleka (ŽPM), (kg),
- sadržaj mlečne masti životne proizvodnje mleka (SMMŽPM), (%) i
- životna proizvodnja mlečne masti (ŽPMM), (kg).

*Metod rada*

Prosečan broj laktacija po grlu dobijen je na osnovu podataka iz matične evidencije na posmatranim područjima deljenjem ukupnog broja laktacija sa ukupnim brojem posmatranih krava.

Životna proizvodnja mleka izračunata je zbrajanjem pojedinačnih količina mleka iz celih laktacija ostvarenih u toku života krava.

Sadržaj mlečne masti životne proizvodnje mleka dobijen je deljenjem životne proizvodnje mlečne masti i mleka i pomnožen sa 100.

Životna proizvodnja mlečne masti dobijena je sabiranjem količine mlečne masti proizvedene u svim celim laktacijama u toku života krava.

Ispitivanje fenotipske ispoljenosti i varijabilnosti osobina životne proizvodnje obavljeno je izračunavanjem osnovnih parametara deskriptivne statističke analize kao što su:

- aritmetička sredina ( $\bar{X}$ ),
- standardna greška aritmetičke sredine ( $S_{\bar{x}}$ ),
- standardna devijacija (SD),
- koeficijent varijacije (CV(%)),
- interval varijacije (min-maks).

**Rezultati istraživanja i diskusija**

Prosečna fenotipska ispoljenost i varijabilnost osobina životne proizvodnje, kao što su ukupan broj laktacija u toku života, životna proizvodnja mleka i mlečne masti kao i sadržaj mlečne masti životne proizvodnje mleka, prikazana je u tabelama 1, 2, 3 i 4.

Tabela 1. Prosečna fenotipska ispoljenost i varijabilnost životnog broja laktacija u zavisnosti od odgajivačkog područja

*Table 1. Average phenotypic distribution and variability of number of lactation, depending on the breeding area*

Odgajivačko područje	N	$\bar{x}$	$S_{\bar{x}}$	SD	CV(%)	Varijacije	
						Min.	Max.
1 (Čačak)	67	4,31	0,205	1,68	38,98	3	10
2 (Zlatibor)	123	3,53	0,107	1,18	33,43	3	8
3 (Rudno)	51	3,45	0,090	0,64	18,55	3	5
<b>Prosek</b>	<b>241</b>	<b>3,73</b>	<b>0,084</b>	<b>1,31</b>	<b>35,12</b>	<b>3</b>	<b>10</b>

Prosečan broj laktacija u toku života po kravi kod sva tri odgajivačka područja prosečno je iznosio 3,73 laktacije. Najmanji prosečan broj laktacija po kravi zabeležen je na području Rudna i iznosio je svega 3,45. Ovako mali broj laktacija nije posledica intenzivnih odgajivačkih uslova za koje je karakterističan mali broj laktacija po grlu,

već prvenstveno lošijih uslova gajenja, prevashodno lošijih smeštajnih uslova, ishrane kao i zdravstvene zaštite. Najveći broj laktacija po grlu zabeležen je na području Čačka gde je iznosio 4.31.

Varijabilnost je bila visoka i u proseku je iznosila 35,12%, što je posledica širokog intervala varijacije koji se kretao od svega 3 pa do 10 laktacija po grlu. Najveća varijabilnost od 38,98% zabeležena je na području Čačka, a najmanja od 18,55% na Rudnom.

Tabela 2. Prosečna fenotipska ispoljenost i varijabilnost životne proizvodnje mleka u zavisnosti od odgajivačkog područja

Table 2. Average phenotypic distribution and variability of lifetime milk production, depending on the breeding area

Odgajivačko područje	N	$\bar{x}$	$S_{\bar{x}}$	SD	CV(%)	Varijacije	
						Min.	Max.
1 (Čačak)	67	20290	1030,95	8438,66	41,59	12249	56896
2 (Zlatibor)	123	15657	505,97	5611,43	35,84	9320	37302
3 (Rudno)	51	11575	334,24	2386,97	20,62	8335	18757
<b>Prosek</b>	<b>241</b>	<b>16081</b>	<b>437,50</b>	<b>6791,85</b>	<b>42,24</b>	<b>8335</b>	<b>56896</b>

Iako krave na području Zlatibora znatno više vremena provode na pašnjacima ipak najveća proizvodnja mleka ostvarena je na području Čačka prvenstveno zbog kvalitetnije ishrane naročito silažom cele biljke kukuruza. Naime najveća proizvodnja mleka ostvarena je na području Čačka i iznosila je 20290 kg dok je na području Rudna, prvenstveno zbog lošijih uslova gajenja usled nižeg zootehničkog znanja i lošije ishrane zbog veće nadmorske visine, bila najmanja i iznosila 11575 kg.

Varijabilnost životne proizvodnje mleka bila je vrlo visoka i u proseku je iznosila 42,24%. Najveća variabilnost ostvarena je na području Čačka (41,59%), a najmanja na području Rudna (20,62%).

Visoka varijabilnost osobina životne proizvodnje prvenstveno životne proizvodnje mleka i mlečne masti uslovljena je, kao i ostale kvantitativne osobine, delovanjem faktora spoljne sredine (negenetski faktori) i naslednom osnovom (genetski faktori), s tim što se većina istraživača slažu da je udeo nasledne u ukupnoj fenotipskoj varijabilnosti ovih osobina dosta nizak. Otuda i velika mogućnost povećanja ovih osobina poboljšanjem uslova držanja, prvenstveno ishrane, nege, zdravstvene zaštite i intenziteta iskorišćavanja.

Sadržaj mlečne masti životne proizvodnje mleka, za razliku od životne proizvodnje mleka i mlečne masti, više je pod uticajem genetskih faktora zbog čega se odlikuje dosta niskom varijabilnošću od svega 2,30%. Prosečan sadržaj mlečne masti iznosi 3.91% i najveći je, shodno najmanjoj proizvodnji mleka, kod krava na području Rudna gde je bio 3.91%, a najmanji kod krava na području Čačka (3,86%), gde je ostvarena najveća mlečnost.

Tab. 3. Prosečna fenotipska ispoljenost i varijabilnost sadržaja mlečne masti životne proizvodnje mleka u zavisnosti od odgajivačkog područja

Tab. 3. Average phenotypic distribution and variability of milk fat content, depending on the breeding area

Odgajivačko područje	N	$\bar{x}$	$S_x$	SD	CV(%)	Varijacije	
						Min.	Max.
1 (Čačak)	67	3,86	0,007	0,06	1,55	3,71	4,03
2 (Zlatibor)	123	3,91	0,009	0,10	2,56	3,30	4,43
3 (Rudno)	51	3,95	0,009	0,07	1,77	3,76	4,21
<b>Prosek</b>	<b>241</b>	<b>3,91</b>	<b>0,006</b>	<b>0,09</b>	<b>2,30</b>	<b>3,30</b>	<b>4,43</b>

Životna proizvodnja mlečne masti, kao i životna proizvodnja mleka, dobija se sabiranjem proizvodnje mlečne masti u punim laktacijama i u proseku je iznosila 627,2 kg. Životna proizvodnja mlečne masti u direktnoj je zavisnosti od životne proizvodnje mleka zbog čega se, kao i životna proizvodnja mleka, odlikuje visokom varijabilnošću od oko 42%. Shodno najvećoj životnoj proizvodnji mleka najveća životna proizvodnja mlečne masti od 784,6 kg ostvarena je kod krava na području Čačka, zatim na području Zlatibora (612,4 kg) a najmanja od 456,3 kg ostvarena je kod krava na području Rudna.

Tab. 4. Prosečna fenotipska ispoljenost i varijabilnost životne proizvodnje mlečne masti u zavisnosti od odgajivačkog područja

Tab. 4. Average phenotypic distribution and variability of lifetime milk fat production, depending on the breeding area

Odgajivačko područje	N	$\bar{x}$	$S_x$	SD	CV(%)	Varijacije	
						Min.	Max.
1 (Čačak)	67	784,6	40,33	330,11	42,07	458,3	2217,9
2 (Zlatibor)	123	612,4	19,60	217,34	35,49	360,3	1447,4
3 (Rudno)	51	456,3	12,91	92,18	20,20	328,3	724,2
<b>Prosek</b>	<b>241</b>	<b>627,2</b>	<b>16,92</b>	<b>262,65</b>	<b>41,88</b>	<b>328,3</b>	<b>2217,9</b>

Razlozi za ovakvu proizvodnju isti su kao već navedeni kod životne proizvodnje mleka (intezitet iskorišćavanja, način držanja, veličina gazdinstva, ishrana, nega i zdravstvena zaštita).

### Zaključak

Na osnovu izvršene deskriptivne statističke analize osobina životne proizvodnje može se zaključiti:

- Prosečan broj laktacija u toku života po grlu iznosio je 3,73 sa intervalom varijacije od 3 do 10.
- Prosečna životna proizvodnja mleka i mlečne masti na sva tri odgajivačka područja iznosila je 16081 i 627,2 kg sa varijabilnošću od oko 40%. Najveća proizvodnja od 20290 kg mleka i 784,6 kg mlečne masti ostvarena je na području Čačka.
- Sadržaj mlečne masti životne proizvodnje mleka iznosio je 3,91% sa veoma niskom varijabilnošću od 2,30%. Najviši sadržaj mlečne masti zabeležen je na području Rudna (3,95%) gde je ostvarena najmanja životna proizvodnja mleka i mlečne masti.

## Literatura

- Ostrec J., Klopčič Marija (1998). Sustainable cattle production and longevity of cows in Slovenia. VI<sup>th</sup> Congress FeMeSPRum, May 14-16, Postojna, Slovenia.
- Petrović D.M., Gutić M., Bogosavljević-Bošković Snežana (2003). Fenotipska ispoljenost i varijabilnost osobina dugovečnosti i životne proizvodnje kod krava simentalске rase. *Savremena poljoprivreda*, 52(3-4), 407-409.
- Petrović D. Milun, Bogdanović Vladan, Bogosavljević-Bošković Snežana, Rakonjac Simeon, Đoković Radojica, Dosković Vladimir (2015). Životna proizvodnja mleka i mlečne masti kod krava simentalске rase. XX Savetovanje o Biotehnologiji, Zbornik radova, Vol. 20(22), 441-448, 2015.
- Petrović D.M., Skalicki Z., Bogdanović V, Petrović M.M., Bogosavljević-Bošković S., Đoković R., Rakonjac S.(2012). The Effect of Geographical Region on Lifetime Milk Yield in Simmental Cows. Proceedings of the First International Symposium on Animal Science. November 8-10<sup>th</sup>, Belgrade, Serbia. Book I, p. 103-110.

## PHENOTYPIC EXPOSURE AND VARIABILITY OF LIVESTOCKS LIFETIME PRODUCTION OF MILK AND DAIRY FATS

*Milun Petrović, Simeon Rakonjac, Vladan Bogdanović,  
Snežana Bogosavljević-Bošković, Radojica Đoković,  
Vladimir Dosković, Miloš Petrović*

### Abstract

An analysis of the phenotypic exposure and variability of lifetime milk production and milk fat and the content of milk fat of lifetime milk production was performed in 241 cows of Simmental race distributed in three breeding areas (Čačak n = 67, Zlatibor n = 123 and Rudno n = 51).

Descriptive statistical analysis found that the average lifetime milk production and milk fat in all three breeding areas was 16081 and 627.2 kg with a variability of about 40%. The average number of lactations during the productive life of cows was 3.73 and ranged from 4.31 in the area of Čačak to 3.45 in the Rudna area. The variability was high and on average it was about 35%, which resulted from a wide variation interval ranging from only 3 to 10 lactation per head. The average content of lifetime productions milk fat was 3.91%. The content of milk fat of lifetime milk production, unlike milk production of milk and milk fat, is more influenced by genetic factors, which is why it is characterized by a very low variability of only 2.30%.

**Ključne reči:** lifetime milk production, milk fat, variability.



## VALIVOST BROJLERSKIH PRIPLODNIH JAJA SA RAZLIČITIM INDEKSOM OBLIKA

*Marinko Vekić<sup>1</sup>, Stoja Jotanović<sup>1</sup>, Đorđe Savić<sup>1</sup>*

**Izvod:** U radu su prikazani rezultati istraživanja uticaja indeksa oblika jaja na pokazatelje inkubacije priplodnih jaja teškog linijskog hibrida Cobb 500. Ukupno 450 jaja razvrstano je, u zavisnosti od vrijednosti indeksa oblika jaja (IO), u jednu od tri grupe: T (IO <73,00%), N (IO 73,00-76,00%) i O (IO >76,00%). Prosječan indeks oblika značajno se razlikovao ( $p < 0,01$ ) među grupama T, N i O, a iznosio je 78,51; 75,59 i 72,85%, redom. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je valivost uložениh (90,0; 90,0; 90,7%, redom) i oplodениh jaja (91,8; 93,1, 92,5%, redom) bila relativno ujednačena ( $p > 0,05$ ) među grupama sa različitim indeksom oblika jaja.

**Ključne reči:** indeks oblika jaja, priplodna jaja, valivost.

### Uvod

Valivost i kvalitet jednodnevnih pilića uslovljeni su većim brojem osobina kvaliteta priplodnih jaja, od kojih poseban značaj imaju osobine fizičkog karaktera, kao što su masa jaja, kvalitet ljuske i konzistencija unutrašnjeg sadržaja. Svako odstupanje ovih parametara od optimalnih vrijednosti može nepovoljno uticati na uspjeh inkubacije tako što će rezultirati nižim procentom valivosti i slabijim kvalitetom izleženih pilića (Narushin i Romanov, 2002). Jedan od pokazatelja kvaliteta jaja je indeks oblika jaja koji predstavlja odnos širine i dužine jaja (Duman i sar., 2016). Trend smanjenja vrijednosti indeksa oblika jaja sa starenjem roditeljskih nosilja hibrida Cobb 500 uočili su Kontecká i sar. (2012) kao i Popova-Ralcheva i sar. (2009) kod roditeljskih nosilja više linija kokoši i njihovih hibrida. Veza između valivosti i indeksa oblika jaja tumači se činjenicom da oblik jajeta može uticati na položaj embriona u jajetu i time odrediti dalje embrionalno razviće i uspjeh inkubacije (Narushin i Romanov, 2002). Indeks oblika jaja nalazio se u negativnoj fenotipskoj korelaciji sa pokazateljima inkubacije u više istraživanja, npr. sa valivosti (Oleforuh-Okoleh, 2016) ili masom jednodnevnih pilića (Hesna Sahin i sar., 2009). Jaja hibrida Shaver Starcross 288 sa indeksom 70-75% imala su višu valivost i niži embrionalni mortalitet od jaja sa indeksom izvan ovog opsega (Kopecký, 2015), kao i jaja hibrida Super Nick u opsegu 73-76% (Yilmaz Dikmen i Dikmen, 2008). Aşçı i Durmuş (2015) nisu utvrdili uticaj indeksa na valivost, te rani i srednji embrionalni mortalitet hibrida Atak-S. Značajan uticaj indeksa na valivost i rani mortalitet kod prepeličjih jaja ustanovili su Alasahan i Copur (2010), što je u suprotnosti sa nalazima Copur i sar. (2010) i Raji i sar. (2014).

Cilj ovog rada bio je da istraži valivost i embrionalni mortalitet u inkubaciji priplodnih jaja teškog linijskog hibrida Cobb 500 razvrstanih u tri grupe zavisno od vrijednosti indeksa oblika jaja.

---

<sup>1</sup> Univerzitet u Banjoj Luci, Poljoprivredni fakultet, Univerzitetski grad, Bulevar vojvode Petra Bojovića 1A, 78.000 Banja Luka, Bosna i Hercegovina (marinko.vekcic@agro.unibl.org).

### Materijal i metode rada

U istraživanju je korišćeno ukupno 450 jaja roditeljskog jata teškog linijskog hibrida Cobb 500 u uzrastu od 30 nedjelja gajenog na komercijalnoj farmi u zapadnom dijelu Republike Srpske. Sva jaja su snesena istoga dana, a nakon dopremanja u skladište komercijalne inkubatorske stanice čuvana su četiri dana do početka inkubacije. Jaja u istraživanju su izabrana na osnovu rezultata individualnog mjerenja dužine (mm) i širine jaja (mm) pomoću mikrometra (0,01 mm), a dobijene vrijednosti su poslužile za računanje indeksa oblika jaja (IO, %) preko formule  $IO = \text{širina jaja} / \text{dužina jaja} \times 100$  (Duman i sar., 2016). Istovremeno uz mjerenje dužine i širine određena je i masa jaja pomoću tehničke vage (0,01 g). Na osnovu izračunate vrijednosti indeksa oblika, jaja su raspoređena u jednu od tri grupe prema kriterijumu Yilmaz Dikmen i Dikmen (2008) za vrijednost indeksa oblika jaja: grupa T – jaja sa vrijednostima indeksa nižim od 73,00%, grupa N – jaja sa vrijednostima 73,00-76,00% i grupa O – jaja sa vrijednostima višim od 76,00%. Na kraju inkubacije izvršen je pregled valioničkog ostatka, tako što je utvrđen broj neoplođenih jaja i broj embriona uginulih u prvoj (rani), drugoj (srednji) i trećoj nedjelji inkubacije (kasni embrionalni mortalitet). Na osnovu dobijenih podataka, izračunati su oplođenost, valivost svih i oplođenih jaja, ukupan, rani, srednji i kasni mortalitet prema obrascima koje su dali Alasahan i Copur (2016). Pokazatelji vanjskog kvaliteta jaja su statistički obrađeni primjenom metoda deskriptivne statistike ( $\bar{x}$  – prosječna vrijednost, SD – standardna devijacija) i jednostruke analize varijanse sa post hoc LSD testom na nivou značajnosti  $p < 0,01$ , a pokazatelji valivosti i embrionalnog mortaliteta primjenom  $\chi^2$  testa na nivou značajnosti  $p < 0,05$ .

### Rezultati istraživanja i diskusija

Rezultati mjerenja spoljašnjih pokazatelja kvaliteta priplodnih jaja prikazani su u tabeli 1. Prosječna masa jaja u tri grupe bila je ujednačena ( $p > 0,05$ ), tako da je u grupama T, N i O iznosila 58,70; 59,27 i 59,23 g, redom. Dužina jaja među grupama je značajno ( $p < 0,01$ ) varirala od najniže (55,48 mm) u grupi T do najviše vrijednosti (58,46 mm) u grupi O. Širina jaja u grupama T i N bila je značajno viša od grupe O ( $p < 0,01$ ), s tim da je grupa T imala najveću (43,54 mm), a grupa O najmanju vrijednost (42,58 mm). Analizirane grupe T, N i O pokazale su značajnu ( $p < 0,01$ ) razliku u vrijednostima izračunatih indeksa oblika od 78,51; 75,59 i 72,85%, redom. Prosječne vrijednosti mase, visine, širine i indeksa oblika jaja za sve grupe u istraživanju iznosile su 59,07 g; 57,11 mm; 43,19 mm i 75,68%, redom. Koncecka i sar. (2012) su utvrdili da je prosječan indeks oblika priplodnih jaja hibrida Cobb 500 u 31. nedjelji bio 75,6%, što je identično prosječnoj vrijednosti indeksa u ovom istraživanju, dok su u 36, 41, 51. i 56. nedjelji navedeni istraživači dobili 75,8; 75,3; 75,3; 73,5 i 72,9%, redom. Aşçı i Durmuş (2015) su odredili varijaciju indeksa oblika jaja od 69,94 do 87,00% u 48. nedjelji života roditeljskih nosilja hibrida Atak-S.

Tabela 1. Parametri vanjskog kvaliteta jaja različitog indeksa oblika  
 Table 1. External quality parameters of eggs with different shape index

Parametar Parameter		Grupa Group			Prosjek Avrage
		T	N	O	
Masa jaja (g) Egg weight (g)	x	58,70 <sup>a</sup>	59,27 <sup>a</sup>	59,23 <sup>a</sup>	59,07
	SD	2,71	3,10	3,5	3,16
Dužina jaja (mm) Egg lenght (mm)	x	55,48 <sup>c</sup>	57,42 <sup>b</sup>	58,46 <sup>a</sup>	57,11
	SD	1,25	1,11	1,18	1,68
Širina jaja (mm) Egg widht (mm)	x	43,54 <sup>a</sup>	43,39 <sup>a</sup>	42,58 <sup>b</sup>	43,19
	SD	0,80	0,60	0,97	0,89
Indeks oblika (%) Shape index (%)	x	78,51 <sup>a</sup>	75,59 <sup>b</sup>	72,85 <sup>c</sup>	75,68
	SD	1,67	1,35	1,70	2,75

x – prosječna vrijednost (average value), SD – standardna devijacija (standard deviation)

<sup>abc</sup> – vrijednosti u istom redu sa različitim slovom su značajno različite (p<0,01) (values in the same row with different letter are significantly different (p<0.01))

Rezultati istraživanja oplodnosti i valivosti prikazani su u tabeli 2. Oplodnost jaja u grupama T i O bila je identična (98,0%) i neznatno niža u poređenju sa grupom N (96,7%). Valivost uloženi jaja u grupama T i N bila je slična (90,0%) i neznatno niža od grupe O (90,7%). Valivost oplodeni jaja u grupi N (93,1%) bila je viša od grupa T (91,8%) i O (92,5%). Nijedna od utvrđenih razlika među ispitivanim parametrima valivosti nije bila statistički značajna (p>0,05).

Tabela 2. Valivosti i embrionalnog mortaliteta jaja sa različitim indeksom oblika  
 Table 2. Hatchability and embryonic mortality of eggs with different shape index

Grupa Group	EF (%)	HSE (%)	HFE (%)	TEM		EEM		MEM		LEM	
				n	%	n	%	n	%	n	%
T	98,0	90,0	91,8	12	8,2	7	4,8	0	0,0	5	3,4
N	96,7	90,0	93,1	10	6,9	8	5,5	0	0,0	2	1,4
O	98,0	90,7	92,5	11	7,5	6	4,1	1	0,7	4	2,7

EF - oplodnost jaja; Valivost: HSE - uloženi jaja, HFE – oplodeni jaja; Embrionalni mortalitet: TEM – ukupan, EEM - rani, MEM - srednji, LEM – kasni.

EF - egg fertility; Hatchability: HSE – of set eggs, HFE – of fertilized eggs; Embryonic mortality: TEM - total, EEM – early, MEM – middle, LEM – late.

Alasahan i Copur (2010), takođe, nisu pronašli razliku (p>0,05) među tri grupe jaja japanske prepelice sa različitim indeksom (IO 70,00-73,85; 73,86-77,71; 77,72-81,57%) u oplodnosti (91,89; 92,86 i 92,86%, redom). Međutim, Aşçı i Durmuş (2015) su između tri grupe jaja hibrida Atak-S (IO ≤71; 72-76; ≥77%) pronašli razliku (p<0,01) u

oplođenosti (92,5; 96,6 i 97,2%, redom). Inkubacija tri grupe jaja hibrida Super Nick sa različitim indeksom oblika (IO <73,0; 73,0-76,0; >76,0), prema Yilmaz-Dikmen i Dikmen (2008), pokazala je razliku ( $p < 0,05$ ) u valivosti uložениh (83,3; 90,0 i 80,0%, redom) i oplođenih jaja (89,0; 96,4 i 87,4%, redom). Aşçı i Durmuş (2015) su dobili valivost uložениh jaja od 76,6; 83,8 i 78,1% u tri grupe jaja (IO  $\leq 71,0$ ; 72,0-76,0;  $\geq 77,0\%$ , redom), tako da je značajno viša kod indeksa srednje vrijednosti, dok je valivost oplođenih jaja od 82,4; 86,7 i 80,4%, redom, manja kod jaja izduženog nego normalnog oblika ( $p < 0,05$ ). Jaja hibrida Shaver Starcross 288 sa indeksom 70,0-75,0%, prema Kopecký (2015), imala su bolju valivost od jaja sa indeksom izvan ovog opsega. Alasahan i Copur (2010) su u inkubaciji jaja japanske prepelice sa indeksom oblika 70,00-73,85% dobili bolju valivost ( $p < 0,01$ ) od grupa sa indeksima 73,86-77,71% i 77,72-81,57%. S druge strane, Lotfi i sar. (2011) i Raji i sar. (2014) nisu potvrdili uticaj indeksa oblika na valivost uložениh jaja japanske prepelice.

Pokazatelji embrionalnog mortaliteta određenog u ovom istraživanju prikazani su u tabeli 2. Ukupan embrionalni mortalitet bio je relativno niži u grupi N (6,9%), u odnosu na grupu O (7,5%) i T (8,2%). Rani embrionalni mortalitet u grupi N (5,5%) bio je relativno viši od grupe O (4,1%) i T (4,8%), dok je srednji mortalitet određen samo u grupi O (0,7%). Kasni embrionalni mortalitet iznosio je 1,4% u grupi N, što je relativno niže od 2,7% u grupi O i 3,4% u grupi T. Dobijene vrijednosti oplođenosti, valivosti i embrionalnog mortaliteta nisu se značajno ( $p > 0,05$ ) razlikovale među grupama. Ukupan embrionalni mortalitet, prema Yilmaz-Dikmen i Dikmen (2008), među tri grupe jaja (IO <73,0; 73,0-76,0; >76,0%) se značajno ( $p < 0,05$ ) razlikovao (10,9; 5,4 i 12,2%, redom). Kopecký (2015) je najniži ukupan mortalitet (11,15%) pronašao u grupi jaja sa indeksom 72,0-75,0%, a najviši (21,22%) u grupi sa indeksom 79,0-81,0%. Aşçı i Durmuş (2015) nisu evidentirali između tri grupe jaja (IO  $\leq 71,0$ ; 72,0-76,0;  $\geq 77,0\%$ ) razliku u ranom (6,8; 9,1 i 7,1%, redom) i srednjem mortalitetu (3,7; 1,9; 1,9%, redom), ali je kasni (7,1; 2,3 i 10,6%, redom) bio značajno ( $p < 0,01$ ) niži u grupi sa indeksom 72,0-76,0%. Alasahan i Copur (2010) su otkrili da jaja japanske prepelice sa indeksom 70,00-73,85% imaju samo viši rani mortalitet od onih sa indeksom 73,86-77,71%, dok Raji i sar. (2014) nisu pronašli uticaj indeksa na embrionalni mortalitet. Prikazane razlike u valivosti jaja različitog indeksa oblika mogu se tumačiti i različitim pristupom u istraživanju, a koji se odnosi na razlike u formiranju grupa zavisno od vrijednosti indeksa, kao i na broj grupa u odnosu na ukupan raspon vrijednosti indeksa. Khalil i sar. (2016) su, analizirajući najznačajnije faktore valivosti pomoću linearne regresije, odredili da je to u najvećem stepenu oplođenost (71,31%), embrionalni mortalitet (18,51%), masa jaja (5,28%), gubitak mase u inkubaciji (3,14%) i konačno indeks oblika jaja (1,76%). Indeks oblika jaja u granicama izvan ekstremnih vrijednosti, smatra Landauer (1961), može se povezati sa zadovoljavajućim rezultatima inkubacije, što su pokazala i prva istraživanja ovog problema u komercijalnoj proizvodnji (MacLaury i sar., 1973). Rezentna analiza Narushin i sar. (2016) o povezanosti valivosti sa fizičkim osobinama jaja, među kojima je razmatran i indeks oblika, otkrila je višu valivost (88%) u grupi jaja okruglastog oblika (indeks 76-80%) u odnosu na grupe jaja pravilnog (77%) i oštrog oblika (64%), tako da i takva jaja, zaključuju autori, ispunjavaju kriterijum za inkubaciju koji predviđa prihvatljiv indeks oblika 70,0-80,0%.

### Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja može se zaključiti da su analizirani rezultati inkubacije jaja sa različitim indeksom oblika imali relativno ujednačene vrijednosti. Odsustvo značajnih razlika u dobijenim rezultatima među grupama vjerovatno se može dijelom tumačiti i relativno limitiranom veličinom grupa u istraživanju koja je posredno uticala i na frekvenciju analiziranih parametara inkubacije.

### Literatura

- Alasahan S., Copur A.G. (2016). Hatching characteristics and growth performance of eggs with different egg shapes. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 18 (1): 1-8.
- Aşçı E., Durmuş İ. (2015). Tavuklarda Yumurta Şekil İndeksinin Kuluçka Özellikleri Üzerine Etkisi. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3 (7): 583-587.
- Copur G., Baylan M., Canogullari S. (2010). Egg weight but not egg shape index, determines the hatchability in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9 (13): 1890-1895.
- Duman M., Şekeroğlu A., Yıldırım A., Eleroğlu H., Camcı Ö. (2016). Relation between egg shape index and egg quality characteristics. *European Poultry Science*, 80.
- Hesna Sahin E., Sengor E., Yardimci M., Cetingul I.S. (2009). Relationship between pre-incubation egg parameters from old breeder hens, egg hatchability and chick weight. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8 (1): 115-119.
- Khalil M.H., Shebl M.K., Kosba M.A., El-Sabrou K., Zaki N. (2016). Estimate the contribution of incubation parameters influence egg hatchability using multiple linear regression analysis. *Veterinary World*, 9 (8): 806-810.
- Kontecka H., Nowaczewski S., Sierszuła M.M., Witkiewicz K. (2012). Analysis of changes in egg quality of broiler breeders during the first reproduction period. *Annals of Animal Science*, 12 (4): 609-620.
- Kopecký J. (2015). The effect of hen hatching eggs characteristics and time of its storage on embryonic mortality during incubation. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, 48 (2): 146-150.
- Landauer W. (1961). The hatchability of chicken eggs as influenced by environment and heredity. Storrs Agricultural Experiment Station.
- Lotfi A., Shahryar H.A., Maher-Sis N., Abedi A.S., Nahand M.K. (2011). Hatching characterizes of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs with different shape indexes. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 10 (2): 475-477.
- MacLaury D.W., Insko Jr. W.M., Begin J.J., Johnson T.H. (1973). Shape index versus hatchability of fertile eggs of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Poultry Science*, 52: 558-562.
- Narushin V.G., Bogatyr V.P., Romanov M.N. (2016). Relationship between hatchability and non-destructive physical measurements of chicken eggs. *Journal of Agricultural Science*, 154: 359-365.
- Narushin V.G., Romanov M.N. (2002). Egg physical characteristics and hatchability. *World's Poultry Science Journal*, 58: 297-303.

- Oleforuh-Okoleh V.U. (2016). Hatchability prediction in chickens using some external egg quality traits. *Asian Journal of Animal Sciences*, 10 (2): 159-164.
- Popova-Ralcheva S., Sredkova V., Valchev G., Bozakova N. (2009). The effects of the age and genotype on morphological egg quality of parent stock hens. *Archiva Zootechnica*, 12 (2): 24-30.
- Raji A.O., Mbap S.T., Igwebuikie J.U. (2014). Effects of storage length and external egg quality characteristics on fertility and hatchability of Japanese quail eggs. *International Journal of Science and Nature*, 5 (1): 37-41.
- Yilmaz Dikmen B., Dikmen S. (2008). The effects of egg shape index on incubation results of layer breeders. *International Poultry Scientific Forum*, 159. Atlanta, USA: Poultry Association.

## HATCHABILITY OF BROILER HATCHING EGGS WITH DIFFERENT EGG SHAPE INDEX

*Marinko Vekić<sup>1</sup>, Stoja Jotanović<sup>1</sup>, Đorđe Savić<sup>1</sup>*

### Abstract

In this paper are presented results obtained in incubation of broiler hatching eggs with different egg shape index. A total 450 eggs originated from parent flock Cobb 500 were separated according to egg shell index values (IO) into one of three groups: T (IO <73.00%), N (IO 73.00-76.00%) and O (IO >76.00%). Average values of egg shell index in groups T, N and O (78.51; 75.59 and 72.85%, respectively) were statistically different ( $p < 0.01$ ). Obtained results indicated that hatchability of set (90.0; 90.0; 90.7%, respectively) and fertilized eggs (91.8; 93.1, 92.5%, respectively) showed relatively comparable values among groups with different egg shell index ( $p > 0.05$ ).

**Key words:** egg shape index, hatching eggs, hatchability

---

<sup>1</sup>University of Banja Luka, Faculty of Agriculture, University city, Bulevar vojvode Petra Bojovića 1A, 78.000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina (marinko.vekick@agro.unibl.org).

## **POKAZATELJI UNUTRAŠNJEG I SPOLJAŠNJEG KVALITETA JAJA DOMAĆE PATKE**

*Marinko Vekić<sup>1</sup>, Stoja Jotanović<sup>1</sup>, Đorđe Savić<sup>1</sup>*

**Izvod:** U radu su prikazani rezultati određivanja pokazatelja spoljašnjeg i unutrašnjeg kvaliteta jaja domaće patke u poluintenzivnom sistemu gajenja. Prosječna masa jaja iznosila je 72,70 g, od čega je masa ljuske, bjelanca i žumanca bila 6,21; 42,27 i 24,21 g, redom, a njihov udio 8,57; 58,12 i 33,33%, redom. Prosječne vrijednosti za indeks oblika, debljinu ljuske, indeks i boju žumanca, Haughove jedinice i indeks bjelanca iznosile su 71,07%; 0,35 mm; 42,71%; 14,52; 83,81 i 9,63%, redom. Pozitivna fenotipska korelacija utvrđena je između mase jaja sa masom ljuske, bjelanca i žumanca, sa udjelom bjelanca i žumanca, te debljinom ljuske. Masa, dužina i širina jaja nisu pokazali korelaciju sa indeksom bjelanca, indeksom žumanca i Haughovim jedinicama.

**Ključne reči:** domaća patka, kvalitet jaja, fenotipska korelacija

### **Uvod**

Domaća patka se uglavnom gaji lokalno u malima jatima na ekstenzivan ili poluintenzivan način za proizvodnju mesa za vlastite potrebe uzgajivača, a vrlo rijetko za proizvodnju jaja za konzum. Kvalitet jaja je važan segment proizvodnje, posmatrano sa aspekta jaja kao reproduktivnog materijala, budući da utiče na uspjeh inkubacije i kvalitet izležanih pačića, kao i aspekta jaja kao namirnice koji određuje njihovu prihvatljivost za potrošače. Varijabilnost kvaliteta pačjih jaja jedne rase analizirali su Balkan i Biricik (2008) i Vrbančić i Nervo (2017), među različitim genotipovima Kokoszyński i sar. (2009) i Kralik i sar. (2015), a Mazanowski i sar. (2005), Adamski i sar. (2005) i Biesiada-Drzazga i sar. (2014) variranje kvaliteta jaja tokom perioda nošenja različitih linija pekinške patke. Varijabilnost u korelaciji među pokazateljima unutrašnjeg i spoljašnjeg kvaliteta pokazala su istraživanja Ksiazkiewicz i Krawczyk (2007), Ogah i sar. (2008) i Djermanović i sar. (2017) u uzorcima jaja različitih rasa. Cilj ovog rada bio je da prikaže rezultate određivanja važnijih pokazatelja spoljašnjeg i unutrašnjeg kvaliteta jaja i njihovu fenotipsku korelaciju u srednjoj fazi nošenja domaće patke u poluintenzivnom sistemu gajenja.

### **Materijal i metode rada**

U istraživanju je analizirano ukupno 35 jaja sakupljenih u srednjoj fazi nošenja domaće patke (maj 2016. godine) gajene u poluintenzivnim uslovima u zapadnom dijelu Republike Srpske. Jaja su prije analize individualno označena i čuvana jedan dan na 6°C. Masa jaja (Em, g) određena je pomoću tehničke vage, a dužina (El, mm) i širina jaja (Ew, mm) pomoću digitalnog mikrometra. Indeks oblika jaja (Si, %) izračunat je

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Banjoj Luci, Poljoprivredni fakultet, Bulevar vojvode Petra Bojovića 1A, 78.000 Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina (marinko.vekcic@agro.unibl.org)

kao  $S_i = (E_w / E_l) \times 100$ . Nakon razbijanja jaja na ravnu površinu određeni su dužina (Al, mm) i širina bjelanca (Aw, mm) i prečnik žumanca (Yd, mm) pomoću mikrometra, a visina žumanca (Yh, mm) i bjelanca (Ah, mm) pomoću tripodnog mikrometra. Indeks bjelanca (Ai, %) je izračunat kao  $A_i = (A_h / ((A_l + A_w) / 2)) \times 100$ , a indeks žumanca (Yi, %) kao  $Y_i = (Y_h / Y_d) \times 100$ . Haughove jedinice (HU) su izračunate kao  $HU = 100 \log x (A_h + 7,57 - 1,7 \times E_m^{0,37})$ . Masa žumanca (Ym, g) odmah nakon odvajanja od bjelanca i masa ljuske sa membranama (Sm, g) poslije jednog dana sušenja određeni su pomoću tehničke vage. Masa bjelanca (Am, g) je određena preko formule  $A_m = E_m - (Y_m + S_m)$ . Udio ljuske (Sp, %), bjelanca (Ap, %) i žumanca (Yp, %) određeni kao:  $S_p = (S_m / E_m) \times 100$ ;  $A_p = (A_m / E_m) \times 100$  i  $Y_p = (Y_m / E_m) \times 100$ . Boja žumanca je određena pomoću DSM lepeze boja 1-15. Debljina ljuske sa membranama (mm) je posebno mjerena na tupom (Stb), ekvatorijalnom (Ste) i oštrom dijelu ljuske (Sts) na tri različite tačke pomoću mikrometra, a prosječna debljina ljuske (St, mm) određena je kao  $St = (Stb + Ste + Sts) / 3$ . Statistička obrada podataka je izvedena izračunavanjem deskriptivnih pokazatelja i koeficijenta proste linearne korelacije.

### Rezultati istraživanja i diskusija

Rezultati određivanja pokazatelja spoljašnjeg kvaliteta pačjih jaja prikazani su u tabeli 1. Prosječna masa jaja imala je vrijednost od 72,70 g, od čega masa ljuske, bjelanca i žumanca u prosjeku iznose 6,21, 42,27 i 24,21 g, redom, a njihov udio 8,57; 58,12 i 33,33%, redom. Relativno slične vrijednosti mase jaja odredili su Kralik i sar. (2015) za ruansku, pekinšku i mošusnu patku u slobodnom držanju: 74,77; 77,57 i 74,86 g, redom, sa odnosom masa ljuske, bjelanca i žumanca za ruansku 8,23; 45,38; 21,15 g; pekinšku 9,29; 46,11; 22,16 g i mošusnu 8,52; 44,94; 21,39 g, redom.

Tabela 1. Pokazatelji spoljašnjeg kvaliteta pačjih jaja  
*Table 1. Parameters of external quality of duck eggs*

Pokazatelj <i>Parameter</i>	X	Min	Max	SD	CV
Masa jaja (g) <i>Egg weight (g)</i>	72,70	60,90	82,96	5,70	7,84
Dužina jaja (mm) <i>Egg lenght (mm)</i>	63,64	60,22	67,56	1,93	3,04
Širina jaja (mm) <i>Egg width (mm)</i>	45,21	42,54	47,29	1,21	2,67
Indeks oblika (%) <i>Shape index (%)</i>	71,07	65,95	74,77	1,99	2,80
Masa ljuske (g) <i>Shell weight (g)</i>	6,21	5,19	8,09	0,65	10,43
Udio ljuske (%) <i>Shell proportion (%)</i>	8,57	7,77	10,09	0,52	6,09
Debljina ljuske (mm) <i>Shell thickness (mm)</i>	0,35	0,32	0,38	0,02	4,71



Vrbančić i Nervo (2017) navode 75,04 g kao prosječnu masu jaja indijske trkačice u poluintenzivnom sistemu gajenja, sa masom bjelanca, žumanca i ljuske od 8,46; 44,85 i 21,73 g, redom, i udjelom 11,48; 59,21 i 29,31%, redom. Djermanović i sar. (2017) navode nižu masu (70,00 g) i ujednačeniji odnos bjelanca i žumanca (48,75 i 43,93%) za istu rasu u sličnom sistemu gajenja. Prosječna dužina jaja u istraživanju iznosila je 63,64 mm, širina 45,21 mm, a indeks oblika 71,07%. Ovi podaci su uporedivi sa rezultatima Kralik i sar. (2015) za dužinu i širinu jaja (ruanska 63,80 i 45,60; pekinška 63,20 i 46,60; mošusna 63,55 i 45,45 mm), i indeks oblika (71,53; 73,75; 71,56%, redom). Vrbančić i Nervo (2017) su odredili dužinu i širinu jaja od 63,75 i 45,63 mm i indeks oblika 71,64% za jaja indijske trkačice. Manju masu (69,51 g), te dužinu i širinu (62,74 i 44,69 mm) navode Balkan i Biricik (2008) za pekinšku patku, a Okruszek i sar. (2006) za rasu orpington iz intenzivnog sistema držanja (70,64 g), ali sa sličnim indeksom oblika (72,22%). Znatno krupnija jaja mase 85 g i više, ali sa uporedivim udjelima i indeksom oblika dobili su Mazanowski i sar. (2005) u više linija pekinške patke u intenzivnim uslovima gajenja. Biesiada-Drzazga i sar. (2014) su izmjerili indeks niži od 70,0%, a Kokoszyński i sar. (2009) viši od 74,0% na jajima pekinške patke mase iznad 90 g. Prosječna debljina ljuske u ovom istraživanju iznosila je 0,35 mm i uporediva je sa vrijednostima Adamski i sar. (2005) i Mazanowski i sar. (2005), ali je znatno niža od nalaza Okruszek i sar. (2006) i Kralik i sar. (2015).

Pokazatelji unutrašnjeg kvaliteta pačjih jaja prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Pokazatelji unutrašnjeg kvaliteta pačjih jaja  
*Table 2. Parameters of internal quality of duck eggs*

Pokazatelj <i>Parameter</i>	X	Min	Max	SD	CV
Masa bjelanca (g) <i>Albumen weight (g)</i>	42,27	34,61	49,96	3,73	8,82
Udio bjelanca (%) <i>Albumen proportion (%)</i>	58,12	55,16	60,44	1,44	2,48
Masa žumanca (g) <i>Yolk weight (g)</i>	24,21	20,30	26,70	1,91	7,88
Udio žumanca (%) <i>Yolk proportion (%)</i>	33,33	30,79	36,34	1,53	4,59
Indeks bjelanca (%) <i>Albumen index (%)</i>	9,63	7,59	11,50	0,93	9,64
Visina bjelanca (mm) <i>Albumen height (mm)</i>	7,64	6,40	8,80	0,62	8,15
Haughove jedinice <i>Haugh units</i>	83,81	77,54	90,53	3,71	4,43
Visina žumanca (mm) <i>Yolk height (mm)</i>	21,39	18,37	24,20	1,34	6,25
Prečnik žumanca (mm) <i>Yolk diameter (mm)</i>	50,09	46,06	53,67	1,71	3,41
Indeks žumanca (%) <i>Yolk index (%)</i>	42,71	39,32	48,02	2,25	5,28
Boja žumanca (Roše poeni) <i>Yolk color (Roche points)</i>	14,52	13,00	15,00	0,62	4,29

Prosječna visina i indeks bjelanca iznosili su 7,64 mm i 9,63%, a Haugove jedinice 83,81. Približnu visinu bjelanca, a manje Haughovih jedinica dobili su Kokoszyński i sar. (2009), Ksiazkiewicz i Krawczyk (2007) i Mazanowski i sar. (2005). Neznatno niže vrijednosti za visinu bjelanca (6,5 mm) i niže Haugove jedinice (69,8) navode Adamski i sar. (2005), a za indeks bjelanca (7,0-9,0%) Okruszek i sar. (2006). Žumanca je imalo prosječnu visinu i prečnik 21,39, odnosno 50,09 mm sa indeksom 42,71%. Uporedive indekse od 41,3 i 42% izračunali su Adamski i sar. (2005), odnosno Biesiada-Drzazga i sar. (2014), dok Kokoszyński i sar. (2009) i Okruszek i sar. (2006) navode indekse niže od 40,0%. Prosječna vrijednost za boju žumanca iznosila je 14,52 Roša i viša je od nalaza Kralik i sar. (2015) sa opsegom 9,56-11,60 i Vrbanić i Neruo (2017) sa 9,93. Mazanowski i sar. (2005), Biesiada-Drzazga i sar. (2014) i Adamski i sar. (2005) su odredili naročito svjetlije nijanse žumanca.

Koeficijenti linearne korelacije odabranih pokazatelja kvaliteta pačjih jaja prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3. Fenotipska korelacija pokazatelja kvaliteta pačjih jaja  
 Table 3. Phenotypic correlations of quality parameters in duck eggs

	E <sub>l</sub>	E <sub>w</sub>	S <sub>i</sub>	Y <sub>i</sub>	A <sub>i</sub>	A <sub>h</sub>	Y <sub>m</sub>	Y <sub>s</sub>	S <sub>m</sub>	S <sub>s</sub>	A <sub>m</sub>	A <sub>s</sub>	H <sub>u</sub>	S <sub>t</sub>
E <sub>m</sub>	,80 **	,92 **	,14	,05	,00	,25	,81 **	-,47 **	,85 **	,14	,97 **	,46 **	-,19	,51 **
E <sub>l</sub>		,57 **	-,45 **	,15	,04	,30	,69 **	-,31 **	,64 **	,04	,77 **	,33	-,06	,16
E <sub>w</sub>			,47 **	,01	,03	,26	,75 **	-,43 *	,78 **	,11	,90 **	,42 *	-,16	,53 **
S <sub>i</sub>				-,15	-,02	-,04	,06	-,13	,15	,08	,15	,11	-,11	,39 *
Y <sub>i</sub>					-,05	,06	,18	,19	,07	,07	-,02	-,23	,05	-,13
A <sub>i</sub>						,87 **	,20	,32	-,15	-,29	-,06	-,25	,87 **	-,26
A <sub>h</sub>							,40 *	,17	,09	-,20	,19	-,12	,90 **	-,21
Y <sub>m</sub>								,14	,57 **	-,12	,66 **	-,11	,04	,14
Y <sub>s</sub>									-,57 **	-,40 *	-,64 **	-,95 **	,39 *	-,62 **
S <sub>m</sub>										,64 **	,83 **	,41 *	-,28	,71 **
S <sub>s</sub>											,14	,10	-,26	,59 **
A <sub>m</sub>												,65 **	-,25	,56 **
A <sub>s</sub>													-,34	,48 **
H <sub>u</sub>														-,21 **

Em – masa jaja (*egg weight*); El – dužina jaja (*egg length*); Ew – širina jaja (*egg width*); Si – indeks oblika jaja (*shape index*); Yi – indeks žumanca (*yolk index*); Ai – indeks bjelanca (*albumen index*); Ah – visina bjelanca (*albumen height*); Ym – masa žumanca (*yolk weight*); Ys – udio žumanca (*yolk proportion*); Sm – masa ljuske (*shell weight*); Ss – udio ljuske (*shell proportion*); Am – masa bjelanca (*albumen weight*); As – udio bjelanca (*albumen proportion*); Hu – Haughove jedinice (*Haugh units*); St – debljina ljuske (*shell thickness*). \* p<0,05; \*\* p<0,01.

Masa jaja bila je u značajnoj pozitivnoj korelaciji sa dužinom i širinom jaja (0,80\*\* i 0,92\*\*), masom žumanca, ljuske i bjelanca (0,81\*\*; 0,85\*\*; 0,97\*\*, redom) i debljinom ljuske (0,51\*\*), ali u negativnoj sa udjelom žumanca (-0,47\*\*). Ogah i sar. (2008) su takođe odredili pozitivnu korelaciju mase jaja sa dužinom i širinom jaja. Djermanović i sar. (2017) su utvrdili pozitivnu korelaciju mase jaja sa dužinom i širinom jaja, masom i udjelom bjelanca, dok sa masom i udjelom ljuske nije bila značajna. Ksiazkiewicz i Krawczyk (2007) i Ogah i sar. (2008) su dobili značajnu pozitivnu korelaciju mase jaja sa masom njegova tri osnovna dijela. Takođe, dužina jaja bila je u pozitivnoj korelaciji sa širinom jaja (0,57\*\*), te masom žumanca, ljuske i bjelanca (0,69\*\*; 0,64\*\*; 0,77\*\*, redom), ali u negativnoj (-0,45\*\*) sa indeksom oblika jaja. Širina jaja bila je u pozitivnoj korelaciji sa indeksom oblika jaja (0,57\*\*), masom žumanca, ljuske i bjelanca (0,75\*\*; 0,78\*\*; 0,90\*\*, redom), udjelom bjelanca (0,42\*\*) i debljinom ljuske (0,53\*\*). Ogah i sar. (2008) su utvrdili značajnu korelaciju dužine sa širinom i masom tri glavna dijela jajeta, a širine sa takođe masom tri osnovna dijela i debljinom ljuske. Indeks oblika jaja nije bio u značajnoj korelaciji sa masom jaja, što su utvrdili i Ksiazkiewicz i Krawczyk (2007) i Djermanović i sar. (2017). Debljina ljuske bila je u značajnoj korelaciji sa indeksom oblika (0,39\*), udjelom žumanca (-0,62\*\*), masom (0,71\*\*) i udjelom (0,59\*\*) ljuske, masom (0,56\*\*) i udjelom (0,48\*\*) bjelanca i Haughovim jednicima (-0,21\*\*). Prema Ogah i sar. (2008) debljina ljuske je u pozitivnoj vezi sa masom bjelanca i masom žumanca. Udio žumanca bio je u negativnoj korelaciji sa masom (-0,57\*\*) i udjelom ljuske (-0,40\*), masom (-0,64\*) i udjelom bjelanca (-0,95\*\*), te debljinom ljuske (-0,62). Povezanost indeksa žumanca i bjelanca, te Haughovih jedinica sa masom, dužinom i širinom jaja nije bila značajna ( $p > 0,05$ ).

### Zaključak

Određivanjem kvaliteta jaja domaće patke dobijene su zadovoljavajuće vrijednosti za većinu analiziranih pokazatelja spoljašnjeg i unutrašnjeg kvaliteta. Vrijednosti za masu, dužinu i širinu jaja, kao i pokazatelje kvaliteta bjelanca i žumanca, uporediva su sa literaturnim podacima dobijenim u sličnim uslovima gajenja. Masa jaja bila je u značajnoj i pozitivnoj korelaciji sa masom njegova tri glavna dijela, udjelom bjelanca i žumanca, te debljinom ljuske. Indeks bjelanca, indeks žumanca i Haughove jedinice nisu pokazali značajnu korelisanost sa masom, dužinom i širinom jaja.

### Literatura

- Adamski M., Bernacki Z., Kuzniacka J. (2005). Changes in the biological value of duck eggs defined by egg quality. *Folia Biologica (Kraków)*, 53 (Suppl.): 107-114.
- Balkan M., Biricik M. (2008). Main egg characteristics in the Peking duck (*Anas platyrhynchos f. dom.*). *D. Ü. Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11: 142-150.
- Biesiada-Drzazga B., Charuta A., Banaszewska D. (2014). Evaluation of particular traits of Pekin duck breed star 53 of French origin eggs during egg laying. *Veterinarija ir Zootechnika*, 67 (89): 3-9.

- Djermanović V., Mitrović S., Stanišić G., Milojević M. (2017). Laying period influence on physical attributes and structure of duck eggs. *Proceedings of Research Papers*, 23 (3-4): 67-74.
- Kokoszyński D., Bernacki Z., Bawej M. (2009). Quality of eggs of Pekin ducks from P11 and P22 conservation flocks. *Zeszyty Naukowe 252 – Zootechnika*, 37: 41-48.
- Kralik Z., Grčević M., Radišić Ž., Mahmutović H. (2015). Kvaliteta jaja različitih pasmina pataka. 50<sup>th</sup> Croatian and 10<sup>th</sup> International Symposium on Agriculture, *Proceedings*, 443-446.
- Książkiewicz J., Krawczyk J. (2007). Comparison of morphological and biochemical traits in the eggs of ducks from Polish conservation flocks. *Roczniki Naukowe Zootechniki*, 34 (1): 111-120.
- Mazanowski A., Bernacki Z., Kisiel T. (2005). Comparing the structure and chemical composition of duck eggs. *Annals of Animal Science*, 5 (1): 53-66.
- Ogah D.M., Dada A.S., Abari M., Khadijat A.Y., Umaru J. (2008). Phenotypic correlation between some external and internal egg quality traits in the Muscovy duck (*Cairina moschata*). 13<sup>th</sup> Annual Conference of Animal Science Association of Nigeria, *Proceedings*, sp.
- Okruszek A., Książkiewicz J., Wołoszyn J., Kisiel T., Orkus A., Biernat J. (2006). Effect of laying period and duck origin on egg characteristics. *Archiv Tierzucht*, 49 (4): 400-410.
- Vrbančić M., Nervo V. (2017). Kvaliteta jaja pataka indijskih trkačica. 52<sup>nd</sup> Croatian and 12<sup>th</sup> International Symposium on Agriculture, *Proceedings*, 585-588.

## SOME INTERNAL AND EXTERNAL QUALITY PARAMETERS OF DOMESTIC DUCK EGGS

*Marinko Vekić<sup>1</sup>, Stoja Jotanović<sup>1</sup>, Đorđe Savić<sup>1</sup>*

### Abstract

This paper presents result of quality determination of domestic duck eggs in semi-intensive rearing. Average egg weight was 72.70 g, whereas average shell, albumen and yolk weight was 6.21, 42.27 and 24.21 g, respectively, and its proportion 8.57, 58.12 and 33.33%, respectively. Average values for egg shape index, shell thickness, yolk index and color, Haugh unit and albumen index were 71.07%, 0.35 mm, 42.71%, 14.52, 83.81 and 9.63%, respectively. Egg weight was in significant positive correlation with weight of egg main parts, albumen and shell proportion, as well shell thickness. Egg weight, length and width were not correlated with albumen index, yolk index and Haugh units.

**Key words:** domestic duck, egg quality, phenotypic correlation

---

<sup>1</sup>University of Banja Luka, Faculty of Agriculture, Bulevar vojvode Petra Bojovića 1A, 78.000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina (marinko.vekick@agro.unibl.org)

## SYSTEM OF BREEDING COW CALF IN THE SARAJEVO ROMANIJA REGION

*Tatjana Zdralic<sup>1</sup>, Svjetlana Micic<sup>2</sup>, Jelena Vlacic<sup>2</sup>*

**Abstract:** Under the cultivation of the cow-calf system, the cattle breeding is understood as the cows on the pasture opening cows that at the end of the grazing season remain on the breeding or fattening economy or going to the market. In breeding, mixed and meat breeds of cattle are used. Through this work we will bring the basics of the technological process in the cow-calf system with a view to the condition of the same in the Sarajevo Romania region (12 municipalities) from the aspect of the cow-calf system. Areas that are particularly suitable for the cow-calf system are characterized as mountainous mountain areas with a large number of pastures that are the ideal habitat for cattle, and can be used to a large extent in this way. When it comes to registered agricultural holdings in the Sarajevo Romania region, the represented race is in the Simmental type. Given that the shortage of meat of cattle of all categories is also actual in the Federation of Bosnia and Herzegovina, which is a bigger market, this is another additional motive for increasing investments in this sector.

**Key words:** Simmental type, cow-calf system, Sarajevo Romania region.

### Introduction

Cattle's breeding is the most important branch of livestock breeding, and livestock farming is an important component of agriculture. In the Republika Srpska in Romanesque Sarajevo region, livestock is often existential basis of rural households. Thanks to this branch of animal husbandry, milk and meat are obtained for themselves, but also for placing on the market of Bosnia and Herzegovina. There are very good conditions for holding livestock in our country (the tradition of animal food production, the necessary areas). Based on these facts, it is not difficult to conclude that livestock farming in the territory of Republika Srpska has all the conditions to become one of the leading branches not only of cattle, but also of agriculture as a whole. Through this work we will bring the foundations of the technological process into the cow-calf system with a view of the situation in the region of the Sarajevo Romania region.

### A review of the technological process of the cow-calf system

#### *Selection of race*

For the keeping of cows by the “cow-calf” system, all breeds typical of meat production are suitable. Also suitable are dual breeds of breeds intended for the production of milk and meat, that is, hybrids of meat breeds with races of combined characteristics, as

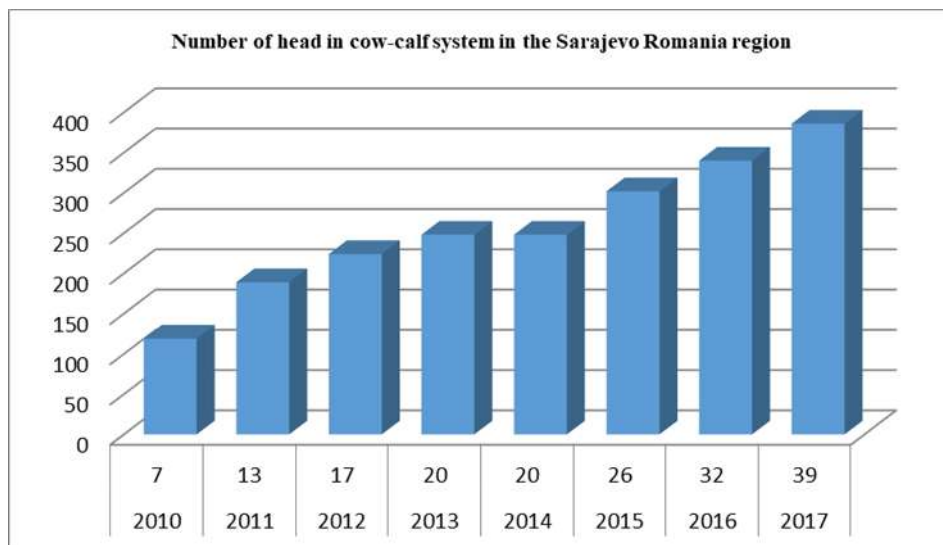
---

<sup>1</sup>University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture of East Sarajevo, Vuk Karadzic 30, E. Sarajevo, B&H (RS) (t.pand@yahoo.com)

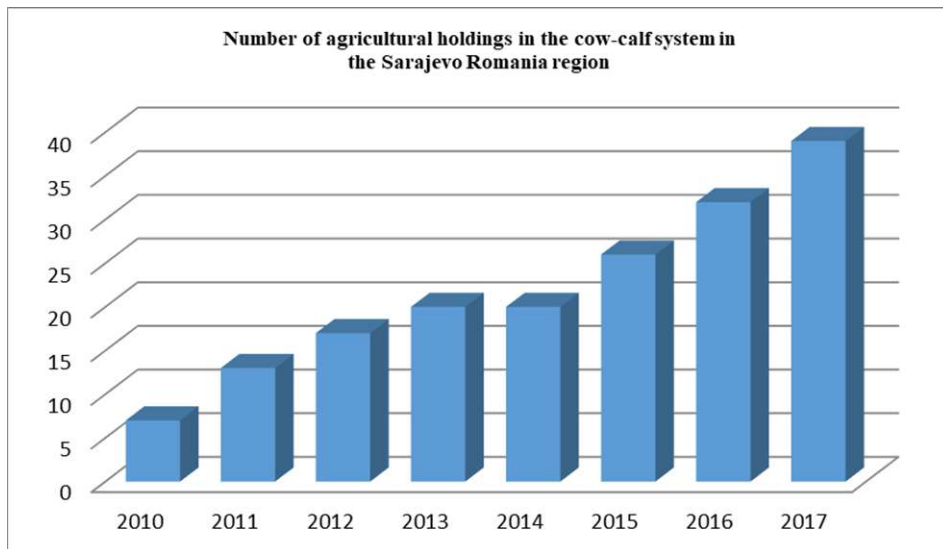
<sup>2</sup>Ministry of Agriculture, Forestry and Water of the Republic of Srpska, Stefan Nemanja 2, E. Sarajevo, B&H (RS).

is the case in the Sarajevo Roman region. A typical race, a representative of this group, is in the Simmental type. This breed of cows has some important advantages when it comes to cultivating the “cow-calf” system in our country. First of all, they give more milk than meat, which allows the calves to have higher daily gain and thus at the end of lactation and higher body mass. Longevity and resistance, these races are known for the cow-calf production system in our areas. It maintains good health in the highest production, excellent maternal properties, good adaptation in herds, easy calving, calm temperament, good milkiness, persistence, good growth, quality meat (thickness of fat, juicy). When it comes to registered agricultural holdings in the Sarajevo Romania region, the represented race is in the Simmental type. In the analysis of the situation from 2010 to 2017, out of 39 registered agricultural holdings in the system of cows-calf in the Sarajevo Romania region, the total number of head was in growth, except in 2014, when it stagnated in relation to the previous year, was 386 head (Graph. 1, Graph. 2).

Chart 1 presents the total number of animals per agricultural holdings from 2010 to 2017. In the system of the cow-calf in 2010 there were 109 head, in 2011 there were 178, in 2012 there were 214, in 2013 and 2014 there were 241 head, in 2015 there were 292, in 2016, was 331, 2017 had 386 heads. You can clearly see that there is a positive trend in the number of heads in the system above that, with short stagnation in 2013 and 2014. Chart 2 presents the number of agricultural holdings from 2010 to 2017. In 2010, 7 cattle farms were used by the cow-calf system, in 2011 there were 13, in 2012 there were 17, in 2013 and 2014 there were 20, in 2015 there were 26, in 2016 there were 32, 2017 was 39 total number. Collecting the number of agricultural holdings by age and number of heads in the system cow-calf is a cumulative character.



Graph 1. Absolute number of head in the cow-calf system in the Sarajevo Romania region



Graph. 2 Number of agricultural holdings in the cow-calf system in the Sarajevo Romania region

*Rules of free breeding*

The “cow-calf” cattle holding system is, as a rule, free to grow and has two basic characteristics. Also, all cattle (cows, calves) are kept freely outside all gaseous facilities in a significant part of the year (if this is climate possible). In the agricultural farms in the Sarajevo Romania region, in all 12 municipalities (East Ilidza, East New Sarajevo, Trnovo, East Old Sity, Pale, Sokolac, Han Pijesak, Rogatica, Cajnice, New Gorazde, Rudo, Visegrad) it supports free farming rules. This system is primarily introduced in the mountain-mountainous regions, which have larger areas for grazing. Depending on the qualities of pasture, one hectare can hold one to three cows with their offspring. Only one cow is kept if the grazing is weaker, primarily at the end of the summer. On average high quality pastures, where there are not too many precipitations, the most common are two cows. All cattle are held on average six months a year in indoor facilities-stables in the usual manner by categories. The stalls for this system are, as a rule, simpler and even cheaper. In principle, two broad categories are formed, namely cows and fattening animals. In the cattle stable, which in the last months of the steepness is recommended, free hold in the box lanes is recommended. This means that the number of boxing matches corresponds to the number of cows of a group (category). So all cows have calmer and safer accommodation for the preparation season for calving. Each production process has its own course, so this system consists of several phases: the first phase in the cow system is calving, as a rule, the cows are calving themselves or with the minimal assistance of a man. The birth weight of calves is between 35 and 45 kg. The next stage is lactation, it starts with calving, and ends with the weaning of calves when they are 6 to 7 months old. In this system all obtained milk

s intended for calves. The next phase, that is, the third phase is dry matter. At this stage, it is important that the cow recover from sucking the calves and to get a good breeding condition until the next harvest. The last phase of this system is a holiday, and it is mostly a natural holiday. The size of the herd in the cow-calf system is an extremely important parameter, from the aspect of financial, and as an example, the capacity of a farm of 100 cows (Knežević, 2002.). According to the author of a farm with 100 cows production with its bulls and calves for the restoration of basic herd, it is necessary to provide 145 hectares of farmland, in the structure of the 105 hectares of natural and planted grassland and 40 hectares of arable land.

#### *Nutrition in the system "cow - calf"*

In the winter period at altitudes above 800 m.a.s.l. provision of food for the winter period, starting from 01.November until 01.May a total of 180 days, and the summer storage period from 01.May until 01.November total of 185 days. Depending on the condition of the cow at the beginning of the winter period, it is possible, during the winter, without danger to the state of animals and the reproductive ability of the cow, to reduce its body mass to up to 15% with the condition that the vitamin needs of the animal are taken into account (Knezevic and Stipic, 1996.). In the winter period it is necessary to provide quality feed with mineral vitamin supplements, and in the summer grazing season with addition of salt. The hay is very suitable for feeding at low outdoor temperatures (below -10 to -15 °C) and nurseries located in outdoor conditions. It must not be fed with frozen silage. Hay is also given calves in "nurseries" at the beginning of their feeding with grain feed. An integral part of a feed diet can also be straw, which is given to animals. In order for animals to receive and use sufficient amount of feeding stuffs, they must have permanent access to safe and healthy water (Chenoweth et al., 2005.). The raw material of this production consists of grassland resources with adequate participation of voluminous and concentrated fodder intended for production on the farms of the farm. Fodder must be above 85% produced on the farm, and at least 15% is being purchased on the market due to cost-effectiveness of production. This fulfills the conditions for natural and healthy meat production, which is more demanding and has better placement, which is an additional opportunity for farmers from the territory of the Sarajevo Romania region.

In general, the cow-calf system is based on the cheapest voluminous diet and the longer the grazing period, the less expensive the diet (Knežević et al., 2005).

#### *Why support a cow's system in Republika Srpska?*

Significant results have been achieved in milk production, but meat production of all categories in cattle breeding is not at a satisfactory level. The operational program for the development of cattle breeding, the measures of rural development, and the increase in the incentive for fattening the cattle, aims to raise the level of production in meat cattle breeding. Import calves are not a satisfactory solution because of: a long period of adaptation to our climatic conditions, poor racial composition, and poor quality of meat and slaughter randman. Coverage of demand for meat of cattle of all categories is regulated by its imports from surrounding countries. Meat production is therefore a gap in the market, which is the possibility of increasing and stabilizing



farmers' income. Livestock farming, as well as the cow-calf system, is therefore, logically, a sector that deserves the attention of farmers and relevant institutions responsible for its development. The serious introduction of the cow-calf system with all the benefits of this system, in a technological sense and output, will improve the state's complacency in foodstuffs in the Republika Srpska, stabilize the economic situation of the rural population and expand the supply of agricultural products to strengthen the stability of the entire sector. Given that the shortage of meat of cattle of all categories is also actual in the Federation of Bosnia and Herzegovina, which is a bigger market, this is another additional motive for increasing investments in this sector. We will cite one example in terms of the value of beef imports in 2017 in the period January-June, amounted to 73,463,305.71 KM and is higher by 8% compared to the same period in 2016 (67,692,304.04 KM). In the same period (January-June), the value of beef imports in 2017 in the Republika Srpska amounted to 21,448,954.09 KM and was 23.63% higher compared to the same period in 2016 (17,349,234.66 KM). The value of export of beef in 2017 from B&H, for the period January-June, amounted to KM 158,015.91 and amounts to only 1,8% of the value of exports for the same period in 2016 (8,667,792.79 KM). Also, the value of beef exports in 2017 from the Republika Srpska in the period January-June amounted to KM 158,015.91 and was lower by 62% compared to the same period in 2016 (415,561.46 KM).

### **Conclusion**

Cattle breeding is the most important in animal husbandry. In Republika Srpska, in the Romanesque region of Sarajevo, cattle breeding is often the existential basis of the rural household. Thanks to this branch of cattle breeding, milk and meat are obtained for their own needs, but also for placement on the market of Bosnia and Herzegovina. Cattle breeding on the territory of the Republika Srpska has all the conditions to become one of the leading branches not only of cattle breeding but also of agriculture as a whole. Through this work we will bring the foundations of the technological process in the cow-calf system with a view of the situation in the Sarajevo Romania region. Areas that are particularly suitable for the cow-calf system are characterized as mountainous mountain areas with a large number of pastures that are the ideal habitat for cattle, and can be used to a large extent in this way. When it comes to registered agricultural holdings in the Sarajevo Romania region, the represented race is in the Simmental type. The serious introduction of the cow-calf system with all the benefits of this system, in a technological sense and output, will improve the state's complacency in foodstuffs in the Republika Srpska, stabilize the economic situation of the rural population and expand the supply of agricultural products to strengthen the stability of the entire sector. Given that the shortage of meat of cattle of all categories is also actual in the Federation of Bosnia and Herzegovina, which is a bigger market, this is another additional motive for increasing investments in this sector.

### **References**

- Knežević, M. N. Stipić (1996). Effects of restrictive winter feeding on body-weight of cows in grazing period in “cow-calf” system. Conference Title: Animal Production, Healthy Nutrition, Environment. 4th International Symposium “Animal Science Days”, Kaposvar, Hungary, September 8-10.
- Knežević, M. (2002): Razvitak tehnologije proizvodnje teladi za tov u sustavu krava-tele” Studija izvodljivosti, Tehnogijski istraživačko-razvojni projekt u okviru programa TEST.
- Knežević M., Perčulija G., Bošnjak K., Leto J., Vranić Marina (2005). Tehnološko-tehničke osnove sustava krava tele. II savjetovanje uzgajivača goveda u Republici Hrvatskoj, Vinkovci 2005, UDK 636.03, Stočarstvo 59:2005 (6), 443-450.
- Chenoweth P.J., Sanderson M.W. (2005). Beef practice: cow-calf production medicine. Wiley-Blackwell. ISBN 978-0-8138-0402-6.

## ĐORĐE RADIĆ (1839–1922) PRVI SRBIN KOJI JE STEKAO DOKTORAT IZ POLJOPRIVREDE

*Mirjana Savić<sup>1</sup>*

**Izvod:** Dr Đorđe Radić, jedan od najobrazovanijih Srba 19. veka, utemeljio je naučnu i obrazovnu literaturu u oblasti poljoprivrede, osnovao je tri poljoprivredne škole, na više načina unapredivši agronomiju u Srbiji i Crnoj Gori. Bio je izuzetan stručnjak koji je poznao poljoprivredne prilike u Srbiji, ali i u najrazvijenijim evropskim zemljama. U pisanju se oslanjao na dela uglavnom nemačkih agronoma, uspevši da napiše oko 50 stručnih knjiga i udžbenika, koji su služili i za obrazovanje učenika osnovnih i stručnih škola i kao priručnici poljoprivrednicima. Cilj rada je da se kroz biografiju Đorđa Radića predstavi sveobuhvatnost njegovog profesionalnog, naučnog i društvenog stvaralaštva i značaja. Kao prvi Srbin doktor nauka bio je začetnik mnogih grana agronomije u Srbiji. Rezultati njegovih istraživanja i angažovanja vidljivi su i danas, u nauci i prosveti. U radu, podeljenom na četiri celine, prikazani su Radićeva biografija, doprinos razvoju prosvete, uticaj na urbanizaciju Kraljeva i spisak objavljenih knjiga.

**Ključne reči:** ratarstvo, stočarstvo, voćarstvo, Ratarska škola, Kraljevo, Srpsko poljoprivredno društvo.

### Uvod

Pre pojave Đorđa Radića, u Vojvodini je o temama iz poljoprivrede pisano samo u *Letopisu Matice srpske* 1833. gde je objavljen članak „Različiti plugovi“ i 1846. kada je Matica srpska u 2.000 primeraka štampala delo *Baštovan* sveštenika Pavela Bibića, koje je brzo rasprodato (Радић, 2009: 192). U Srbiji su 1830. godine u *Srpskim novinama* u nastavcima izlazile pouke za zemljoradnike. Od 1847. do 1848. godine Atanasije Nikolić, direktor Kragujevačkog liceja, izdavao je *Čiča Srećkov list za srpskog zemljodelca*. (Гарић Петровић, 2016: 94) U Srbiji je tokom 19. veka dominiralo seosko stanovništvo, koje je 1834. činilo 93,15% od ukupnog broja stanovnika. Četiri decenije kasnije, 1874. seosko stanovništvo čini 89,74%. Dolazi do ubrzanog krčenja do tada nekultivisanog zemljišta, velike plodnosti. Smatralo se da jedan težački dan donese Srbiji veći prinos nego šest dana u evropskim zemljama. Godine 1867. od obrađenog zemljišta 75,03% činile su njive, 16,21% livade, 4,58% voćnjaci, 2,88% vinogradi i 1,29% bašte (Миљковић Катић, 2014: 19, 73, 101). U ratarstvu je sredinom 19. veka bila najzastupljenija proizvodnja kukuruza, zatim pšenice i drugih žitarica, dok industrijskog i krmnog bilja nije bilo. Izuzetno povoljni prirodni uslovi uslovlili su razvoj voćarstva, vinogradarstva i svilarstva. Savremene poljoprivredne mehanizacije nije bilo, korišćena su primitivna oruđa za obradu zemlje (drveno ralo, drveni i kasnije gvozdeni plug, kosa, motika i sl). Primitivna poljoprivredna proizvodnja, sa ogomnim potencijalom u zemljištvu i ljudstvu, vapila je za modernizacijom, tako da je prvi srpski doktor poljoprivrednih nauka došavši u Srbiju, dobio jedno nepregledno polje delovanja,

<sup>1</sup>Narodni muzej Kraljevo, Trg Svetog Save 2, Kraljevo, Srbija (e-mail: mirjana.savic@nmkv.rs)

skopčano sa velikom odgovornošću. Zahvaljujući njegovom predanom angažovanju, racionalnom pristupu, revolucionarnim idejama i velikoj stručnosti, Srbija je, krajem 19. veka, u razvoju pojedinih agrarnih grana po prvi put stala rame uz rame sa do tada nemerljivom agrarnom kulturom Evrope (Дробац, 2015).

### Biografija dr Đorđa Radića

Đorđe Radić je rođen 22. aprila 1839. godine u porodici pravoslavnog sveštenika Jovana Radića, koji je službovao u Velikom Bečkereku (Zrenjaninu). Osnovnu školu učio je u rodnom mestu, a gimnaziju u Oravici, Karlovcima i Vinkovcima.



Dr Đorđe Radić (1839-1922)

Poljoprivredne nauke studirao je u Kolčavci kod Praga, gde je 1859. položio veliki poljoprivredni ispit sa ocenom „odličan u svakom pravcu“. Na poziv kneza Karla Švarcenberga, odlazi na praksu i upoznavanje privredne organizacije na kneževu imanje u Češku, jednu od poljoprivredno najrazvijenijih zemalja Evrope. Po kneževoj preporuci, usavršavanje nastavlja na imanju češkog grofa Tuna u Kadenu i velikog vojvode Albrehta u Požunskoj županiji. U Suboticu, gde mu je otac premešten za paroha, dolazi u januaru 1861. godine i u martu izdaje svoju prvu knjigu sa naslovom *Plug od postanka njegovog do danas*. Boravio je kratko vreme na imanju grofa Čekonića u Žomolju, poznatom po ergeli rasnih konja. Obišavši Banat, Srem i Bačku, dolazi u Novi Sad i 1862. godine pokreće *Seljak- ilustrovani list za polje, baštu i kuću*, uz materijalnu pomoć vladike bačkog Platona Atanackovića i velikog župana Svetozara Kuševića. To je bio prvi list namenjen Srbima i Bunjevcima, koji postaje veoma tražen, tako da je od 1863. godine časopis imao uvećan format i šestomesečne kolorisane priloge. Iste godine, u jednom od priloga, prvi put je preporučio grožđe muskatni hamburg, koje se od tada počinje uzgajati i kod nas. Vladika Platon Atanacković nastavlja da finasira Radićeva stručna putovanja i

štampanje njegovih knjiga. Izvesno vreme je pohađao čuvenu akademiju u Hohenhajmu, kod Štutgarta. Na Bečkom univerzitetu je 1864. godine položio profesorski ispit „iz prirodnih nauka i jestastvenice“. Imajući za cilj proučavanje ratarstva, voćarstva, vinogradarstva, podrumarstva, plemenitih pasmina goveda i živinarstva, od 1862. do 1868. godine je nekoliko puta obišao najrazvijenije evropske zemlje, oblasti današnje Austrije, Švajcarske, Francuske i Nemačke, Holandije i Belgije. Tokom boravka u Novom Sadu, Đorđe Radić je pristupio kolu angažovanih mladih intelektualaca, na čelu sa Svetozarom Miletićem, koji su učestvovali u stvaranju jakog srpskog centra. Bio je jedan od prvih članova i kontrolor Književnog odeljenja Maticе srpske po preseljenju u Novi Sad 1864, kao i počasni član Srpskog narodnog pozorišta 1865. godine (Радић, 2009: 197). Odlučivši da primeni u zemljama zapadne i centralne Evrope stečena znanja i iskustva, u Novom Sadu je 1863. formirao ogledno dobro sa svilenim bubama, domaćim i stranim biljkama i moderan pčelinjak. Zajedno sa doktorom Jos. Vajsom, oformio je i živinarnik od živine poslate, zauzimanjem carskog dvorskog savetnika, iz dvorca Šenbrun. Proizvode sa oglednog dobra slao je na izložbe u inostranstvo i dobijao nagrade. Kraljevsko mađarsko ministarstvo za zemljoradnju dodelilo mu je priznanja za oglede sa svilenim bubama (data su mu jajašca svilene bube da jedne hrani pajasevinom, a druge hrastvim lišćem). Zadovoljni rezultatima koje je postigao (pajasenove svilene bube imale su „kestenjaste čaure“, a bube hranjene hrastovim lišćem zelene), dodelili su mu Pohvalnicu 1863. godine. Za prvi uzgojen pamuk u Mađarskoj i za nabavku novih sorti krompira i kukuruza direktno iz Amerike, nagrađen je 1868. godine. Uporedo je radio kao profesor u novosadskoj gimnaziji od 1864. do 1869. godine (Радић, 1911). Tokom boravka u Erfurtu 1864. godine zbog proučavanja „naprednijeg, umetničkog“ povrtarstva i cvećarstva, bio je pozvan za člana Ocenjivačkog suda na izložbi cveća i povrća u Goti i izabran za redovnog člana Gotskog i Erfurtskog gradinarskog (baštovanskog) društva. Putujući i istražujući, Radić je stvorio izuzetno bogatu i vrednu zbirku „prirodnih i ekonomskih stvari“, koja je brojala 568 predmeta: 104 sorte pšenice u klasu, pet pireva, osam raži, 16 ječma, 18 ovsa, jednu vrstu pirinča u metlici, jednu vrstu pamuka u čauri, 23 vrsta grahama,<sup>1</sup> 17 pasulja, 18 kukuruza u klipovima, 25 poljoprivrednih mašina i baštovanskog alata, 82 vrste jaja naših i stranih ptica (među kojima i četiri gnezda kolibrija) 39 vrsta morskih školjki, 71 vrsta puževa, 27 vrsta korala - od kojih 16 veoma retkih, 122 komada minerala, ruda i dragog kamenja, od kojih 48 veoma retkih i nekoliko prepariranih ptica (Радић, 1867). Izložba Radićeve zbirke humanitarnog karaktera, bila je priređena u Srpskoj čitaonici u Novom Sadu od 10. marta do 11. februara 1867. Knez Mihailo Obrenović, budno je pratio njegov rad i 1865. godine ga poziva da doputuje u Srbiju i obiđe Beogradski, Smederevski i Kragujevački okrug i da donese čaure svilene bube. Tokom 1866. godine Radić obilazi srednju Nemačku, istražujući školski sistem i poljoprivredu. Godine 1867. postaje prvi Srbin koji je doktorirao na poljoprivredi, stekavši „doktorat filozofije sa poljoprivrednom raspravom“.<sup>2</sup> Iste godine kada je doktorirao, objavljuje knjigu *Voda pri gazdovanju*, posvećenu knezu Mihailu Obrenoviću, koju je

<sup>1</sup> Mahunarke, porodica Fabaceae.

<sup>2</sup> U svom autobiografskom delu *Moja pedesetogodišnjica književnog i kulturnog rada na unapređenju srpske poljske privrede 1861-1911* (1911) dr Đorđe Radić ne pominje na kojem je univerzitetu doktorirao. Akademik Jovan Belić, navodi da je Radić doktorirao na berlinskom univerzitetu, dok akademici Milorad Pavićević i Ljubo Mijušević pominju bečki univerzitet.

Matica srpska po raspisanom konkursu nagradila sa 200 forinti, a knez Mihailo je za štampanje darovao još stotinu dukata. Po kneževom nalogu, Radić prisustvuje Pariskoj svetskoj izložbi 1867. Nastavlja da obilazi Francusku, Belgiju i Holandiju radi istraživanja živinarstva, cvečarstva, stočarstva, vinogradarstva, podrumarstva, proizvodnje sira i donošenja na priplod u Topčider nekoliko probranih rasa kokošaka i gusaka. Godine 1868. izdao je knjigu o pamuku, baziranu na oglecima na novosadskom oglednom polju o sedam vrsta pamuka, gde otkriva da je za područje Mađarske “najbolji misirski i američki”. Naredne godine, biskup J. J Štrosmajer finansira štampanje Radićeve knjige *Domaći živinarski lekar*. Naime, u poljoprivrednoj školi u Kolčavici, Radiću je marveno lektetu predavao profesor praškog univerziteta dr Strupi, jedan od najpriznatijih stručnjaka u toj oblasti (Радић, 1911). U Srbiju prelazi 1869. godine, na poziv dr Milovana Spasića, jednog od osnivača Društva za poljsku privredu (Srpskog poljoprivrednog društva), „sećajući se i ranije izjavljene želje kneza Mihaila, tom se pozivu kao rodoljub rado odazvao...jer ga je srpsko osećanje vuklo u Srbiju“ (Радић, 1911). Upoznat sa agronomijom u najrazvijenijim evropskim zemljama, došao je u Srbiju gde je zatekao potpuno zaostalu poljoprivredu. Postavljen je za prvog sekretara Društva za poljsku privredu i urednika časopisa *Težak*, koji je Društvo izdavalo. Održao je nekoliko predavanja na Velikoj školi u Beogradu i u Šapcu, nastavivši da piše knjige, priručnike, udžbenike i članke iz različitih oblasti poljoprivrede. Zahvaljujući njemu, u Srbiju su uvežene prve vršalice, gvozdeni Burgovi plugovi i brojne druge poljoprivredne mašine. Zaslužan je za introdukciju različitih sorti biljaka koje su se kasnije proširile u proizvodnji, za uvođenje plemenitijih rasa stoke, posebno goveda, ovaca i živine, radio je na ukrštanju autohtonih vrsta sa stranim, izradio je *Atlas gajenih biljaka Srbije*, kontinuirano prenosio naučne i stručne rezultate u praksu itd (Павићевић, Мијушковић, 2000: 20-23). Nemerljivi su njegov prosvetno-pedagoški značaj u školstvu i pionirska uloga u utemeljenju do tada zapostavljene naučne oblasti. Bio je osnivač, upravnik i profesor stručnih škola i autor udžbenika iz najrazličitijih oblasti poljoprivrede. Bio je angažovan kao profesor Zemljodjelsko-šumarske škole u Požarevcu 1872. godine, i kao prvi upravnik i profesor Zemljodjelske škole u Danilovgradu 1875-1878. godine i Ratarske škole u Kraljevu 1882-1897. godine. Pokrenuo je 1890. poljoprivredni časopis *Domaćin: ilustrovani list za celokupnu poljsku privredu i kućevne potrebe* koji je izlazio do 1891. godine. Organizovao je prvu Zemaljsku poljoprivrednu izložbu 1870. u Kragujevcu, kada donosi prvi put u Srbiju dva gvozdena pluga i dve stočne vršalice. Organizator je druge Zemaljske poljoprivredne izložbe u Topčideru 1871. godine, koja je bila veoma posećena i Prve zemaljske živinarske izložbe 1905. godine u Beogradu. Objavio je oko pedeset knjiga iz agronomije, približno 560 radova u časopisima, od čega 490 radova u *Težaku* i 31 tekst u kalendarima (Павићевић, Мијушковић, 2000: 46-47). Povodom pedesetogodišnjice od izdavanja prve knjige, Srpsko poljoprivredno društvo posvetilo mu je čitav broj *Težaka* 25. marta 1911. Neprocenjiva je Radićeva zasluga u oblasti jezika i lingvistike, jer je u cilju približavanja agronomije poljoprivrednicima, teško prevodive pojmove, uspevao da prilagodi srpskom jeziku, učinivši ih razumljivim slabo pismenom stanovništvu (*Težak*, 1911). Bio je redovan član Srpskog učenog društva od 1870, počasn član Kraljevsko-srpske akademije nauka od 1892. godine i redovan, dopisni ili počasn član 117 naučnih i kulturnih društava, od kojih 64 evropskih i tri američka. Dobio je 14 ordena od srpskih i stranih vladara, kao i brojna priznanja za rad od brojnih naučnih

ustanova. Pripada grupi prvih selekcionara i smatra se začetnikom hibridizacije kukuruza. Radio je na selekciji jagoda, stvorivši dve nove sorte, Kraljica Natalija i Kraljica Draga. Govorio je srpski, mađarski, češki (na tom jeziku je studirao), nemački (na tom jeziku je doktorirao), rumunski i francuski, služio se i literaturom na ruskom, engleskom i italijanskom i bio poznavalac starogrčkog i latinskog jezika. Sa suprugom Jelenom imao je ćerku Danicu i sina Zvezdana, koji je kao dvadesetogodišnjak preminuo 1896. Bio je kum Josifu Maržiku, prvom školskom lekaru Ratarske škole u Kraljevu, poreklom iz Češke. Nakon što je gotovo polovinu života proveo u Kraljevu, gde je i dosegao svoj profesionalni zenit, tokom jedne od redovnih šetnji ulicama grada, preminuo je od infarkta 11. oktobra 1922. Sahranjen je u Kraljevu, pored sina.

Akademici, ugledni stručnjaci i profesori i danas ističu njegov neprocenjiv značaj za razvoj agronomije u Srbiji. Jovan Belić, član Srpske akademije nauka i umetnosti, nazvao je Đorđa Radića „prosvetiteljem srpskog sela“ koji je bio „za to doba najobrazovaniji čovek u domenu poljoprivrede, u pravom smislu reči kompletna ličnost, osposobljena kako za naučni, tako isto i za stručni, popularno-propagandni, nastavnički, organizatorski i uređivački rad“. Ljubo Pavićević i Milorad Mijušković, članovi Crnogorske akademije nauka i umetnosti, autori monografije o Đorđu Radiću, nazivaju ga „predvodnikom u borbi za osavremenjivanje poljoprivrede, utemeljivačem poljoprivrednog školstva i neumornim spisateljem u oblasti kojoj je posvetio čitav svoj život“. Gradska biblioteka *Karlo Bijelicki* u Somboru je 2009. i 2011. godine izdala reprinte Radićevih dela *Gajenje poljskih useva: sa 105 drvoreza* iz 1870, koje je priredio Branko Jokić i *Povrtarstvo za školu i narod* iz 1878. godine. Dr Žarko M. Ilin, profesor na Poljoprivrednom fakultetu u Novom Sadu, u *Prikazu dela dr Đorđa Radića Povrtarstvo za školu i narod* 2011. godine, toplo preporučuje „ovaj udžbenik đacima i studentima svih bioloških studijskih programa, posebno studentima studentskog programa organska proizvodnja, ali i naučnoj i stručnoj javnosti“. Mr Gordana Forgić, Poljoprivredna stručna služba Sombor, za isto delo ističe da je „izvor mnogih informacija koje se odnose na zaštitu bilja“ (Радић, 2011). U nemačkom časopisu *Landwirtschaftliches wochenblatt* 6. juna 1907. za Đorđa Radića piše: „Srpska poljoprivredna literatura, koja je još u povelju, može sa nacionalnim ponosom da ukaže na Đorđa Radića“ (Павићевић, Мијушковић, 2000: 63).

### **Radićev doprinos razvoju prosvete**

Prva niža poljoprivredna škola u Srbiji radila je u Topčideru 1853-1859. godine. Prva srednja poljoprivredna Zemljodelsko-šumarska škola otvorena je u Požarevcu 1870. godine. Na osnovu Zakona o nižim školama za poljsku privredu iz 1882. godine, osnovane su niže poljoprivredne škole u Kraljevu 1882, Bukovu 1891. i Šapcu 1906. godine (Гарић Петровић, 2016: 96). Radić je, po nalogu kneza Mihaila Obrenovića, uradio nacrt za obnavljanje rada Zemljodelske škole u Topčideru po savremenim načelima, ali taj nacrt nije realizovan zbog protivljenja Koste Cukuća, ministra finansija. Po dolasku u Srbiju, učestvuje u osnivanju i postaje profesor Zemljodelsko-šumarske škole u Požarevcu 1872. godine. Njegova uloga u Požarevcu bila je kompleksna, jer su ga vlasti uputile da obiđe Požarevački okrug i napiše izveštaj o stanju poljoprivrede, što je on i učinio 1874. godine napisavši i preporuke o unapređenju poljoprivrede (Радић, 1874). Za učenike u Crnoj Gori i srpske učenike stručnih i narodnih (osnovnih) škola u Vojvodini i

Srbiji napisao je nekoliko udžbenika i čitanki, koje su imale više ponovljenih izdanja tokom narednih decenija. Na poziv knjaza Nikole, 1875. godine postavlja temelje poljoprivrednom obrazovanju u Crnoj Gori, kao osnivač i prvi upravnik Zemljodolske škole u Danilovgradu, čiju je tradiciju nastavila škola u Baru. Na molbu školskog nadzornika Milana Kostića, dr Đorđe Radić uputio je crnogorskim učiteljima dvadeset vrsta semena za razne zeleni i povrće, sa uputstvom kako treba praviti rasadnik. Za upis u ovu školu prijavio se veći broj kandidata, ali zbog ograničenosti smještaja i nastave primljeno je svega osamnaest učenika (dvanaest kao državni stipendisti i šest koji su se školovali o svom trošku). Upravitelj škole Radić je izradio plan i program škole. Nastava je izvođena iz svilarstva, voćarstva i ratarstva. Nabavljena su najpotrebnija oruđa i knjige, a u blizini škole postojale su ogledne parcele za praktičnu obuku. U listu *Glas Crnogoraca* iz 1875. godine stoji „Bilježimo rado da je iz ove bašte na razne strane naše zemlje preko 60.000 struka zelja rasađeno, to nam ujedno pokazuje, koliko je za kratko vrijeme u školskoj bašti rađeno, a s koliko se gotovošću narod koristio ovom zgodnom prilikom“ (Lekić, 2013: 337-340). Tokom rata Crne Gore sa Turskom, premešten je na Cetinje, gde je napisao knjigu *Povrtarstvo za školu i narod*, objavljenu 1878. godine u Pančevu, za koju mu je Matica srpska uručila novčanu nagradu. Knjaz Nikola mu, u znak zahvalnosti za sve što je uradio, dodeljuje čin plemenskog kapetana. Vrativši se u Požarevac 1878. godine, Radić nastavlja da radi kao profesor, da izdaje list *Seljak* i piše stručne knjige. U Kraljevu je, ukazom kralja Milana, otvorena Ratarska škola 1882, na čijem čelu je postavljen dr Đorđe Radić. Koliki značaj je dat ovoj školi, ilustruje podatak da je Ministarstvo finansija Kraljevine Srbije, u čijoj nadležnosti je bila poljoprivreda, uputilo dr Đorđa Radića 1882. godine na desetodnevni boravak u Medling i Hicing kod Beča, da prouči rad tamošnjih ratarskih škola, ne bi li u novoosnovanoj školi primenio najsavremenije principe nastave. Škola za ratarstvo u Kraljevu okupila je profesore i nasledila zbirke, učila i poljoprivredne mašine iz požarevačke škole. Tokom niza godina predstavljala je svojevrsni rasadnik poljoprivrednih stručnjaka u Srbiji toga doba i bila centar za obuku (kurseve) prosvetnih radnika u domenu poljoprivrede. Nastava je obavljana u kabinetima (mineraloški, zoološki i botanički, mernički, ratarsko-gradinarski, šumarski, voćarski i stočarsko-mlekarski) a škola je imala i biblioteku sa čitaonicom koja je do 1912. godine imala fond od 1.302 bibliotečkih jedinica. U neposrednoj okolini škole zasađena je vinova loza, postojao je pčelinjak, staklenik, čak i botanička bašta. U okviru škole je 1890. godine otpočela sa radom i meteorološka stanica. Škola je raspolagala sa nešto više od 12 ha zemlje, podeljene na 15 parcela, na kojima se gajilo povrće, duvan, pamuk, detelina, konoplja, začinske biljke itd (Јовановић, Михајловић, 1983). Zaslužan je za brojne obrazovno-vaspitne inovacije u kraljevačkoj školi: uveo je pisanje godišnjih izveštaja o radu, školskog lekara, dužnost redarstva među učenicima, stručne ekskurzije, uspostavljanje dualnog sistema obrazovanja, isticao je značaj telesnog razvoja i vežbanja, kao i značaj higijene. Vodio je na Zemaljsku izložbu u Budimpešti 1885. prvu generaciju maturanata, a naredne generacije učenika su išle na stručne ekskurzije širom Srbije. Za potrebe Škole, nabavio je tegleću i priplodnu stoku i dobijenim priplodom, juncima bernske rase, nagrađivao odlične učenike. U oglasu datom u *Srpskim novinama* u avgustu 1883. godine, dr Đorđe Radić nabravlja šta sve može da se nađe u kraljevačkoj Ratarskoj školi: „Koga god interesuje napredno ratarstvo i povrtarstvo, a ima prilike da dođe ovamo u Kraljevo, to ga ovim učtivo pozivamo, da izvoli pohoditi Ratarsku školu da se o radu i



napretku ovog mlađanog zemaljskog zavoda lično uveri. Sad su baš u najlepšem stanju kukuruzi: Čingkvantin, pignjoleto, američanski beli i žuti, konjski zub, beli i crveni kralj Filip i druge neke nove sorte američanskog kukuruza, od kojih je uprava škole dobila seme neposredno iz Amerike; konoplje; domaće, kineske i talijanske, duvan: Jenidže, Virdžinski, Havana; Smirna, Manila i Brazilijanski (u ovoga je lišće preko 80 cm dugačko i do 60 cm široko); krompir u 21 sorti; misirsko proso (o kom je bilo govora u *Težaku*), Šećersirak, talijansko proso, sve za izranu stoke; cvekle (repe) za stoku u raznim sortama; pasulja oko 40 sorata; dinja u 4–9 sorata, koje su sad baš otpočele da sazrevaju; jedna divotna kolekcija najboljih evropskih, američanskih i azijskih sorata, koje u našim prilikama (kao što se na licu mesta uveriti može) potpuno sazreti mogu, a i vanrednog su mesa i ukusa. Paradajza u raznim bojama i oblicima; patlidžana crnih, modrih, modrih, belih, žutih i trakastih; bundeva za jelo i izranu stoke, u raznim bojama i oblicima; ima ih sad već do 40 kilograma teških, a još će da rastu. Uprava će docnije prirediti jedan skroman izlog svojih ovogodišnjih proizvoda, koje ovde ne može sad sve pobrojati, a obznaniće to u svoje vreme. Osim poljskih useva, ima posetilac da se upozna s raznim prostijim a za naše domaće korisnim mašinama i alatom; ima da vidi za obučavanje svojih pitomaca potpunice snabdevenu zbirku za pojedine, zakonom određene, predmete; dalje nalaze se pri zavodu krasna švajcarska goveda i svilorune ovce (Маржик, 2015: 212-213). Sreten L. Popović, predsednik Srpskog poljoprivrednog društva, je 1886. godine došao u Kraljevo, po nalogu Čedomilja Mijatovića, ministra finansija i vršioca dužnost ministra narodne privrede, jer je čuo pritužbe o radu Ratarske škole i o radu upravnika Radića. Tokom nenajavljene posete školi, prisustvovala je ispitu učenika, organizovanom za tu priliku. Impresioniran radom škole, na 22 strane izveštaja detaljno opisuje svoju posetu i tok petočasnog praktičnog i teoretskog ispitivanja učenika, gde pored ostalog kaže: „Ja bi ovu školu još i tako uredio da u nju izvesno neko vreme dolaze i učitelji mlađi seoskih škola te da se popravljaju oni koji su nešto učili iz poljoprivrednih nauka, a oni koji nisu nikako učili da slušaju predavanja iz najnužnih poljoprivrednih nauka. Ne bi zgoreg bilo kad bi bila i periodična predavanja seoskim sinovima o voćarstvu, vinogradarstvu itd. Kao što takovih periodičnih kurseva ima u Nemačkoj...Na završetku moga izvešća o školi Kraljevačkoj ja sam g. Ministre poniznog mišljenja da bi na ispitu trebalo naročito i preko vlasti pozvati otmenije građane i gazde iz više krajeva, da svojim očima vide i ušima čuju, šta se u ovoj školi predaje i čime se daci bave, i onda će prestati svaka povika, došaktavanja i povika na ovu školu. Ovi pozivi na ispitu bili bi u isto vreme i od koristi za one, koji tim ispitima budu prisustvovali, jer bi tom prilikom o mnogome koje čemu, što nisu znali ni pojma imali čuli i bogme i podučili se.“ (Гарић Петровић, 2016). Zahvaljujući Đorđu Radiću, kraljevačka Ratarska škola postigla je izuzetan međunarodni uspeh 1885. godine, kada je na Svetskoj izložbi u Anversu osvojila četiri nagrade: jednu zlatnu medalju za pšenicu „i ostale strmine“ i tri srebrne medalje za vunu (ukrštajući svilorune „merino“ ovce sa domaćim „krivivirskim“ ovcama, dobio je nagrađenu vrstu ovaca), kukuruz, pasulj i „ostala variva“. Na Svetskoj izložbi u Parizu 1889. godine, škola je dobila zlatne medalje za oruđa za obradu (odelavanje) zemlje i izložena žita, kao i srebrne medalje za vosak, vunu, med, lan, konoplju, pasulj, grašak, sočivo i voće, suve šljive i kruške (Јовановић, Михајловић, 1983: 333). Od Ministarstva narodne privrede škola je 1897. godine dobila novu parnu vršalicu, tako da je do 1911. godine, posedovala jedanaest plugova, četiri drljače, dva valjka, ekstirpator, četiri sejalice, dva kombinovana

prašača i ogrtača, jedan prašač, žetalicu, kosačicu, ručnu vršalicu, parnu vršalicu, dva krunjača, vetrenjaču, četiri trijera, centrifugu itd (Гарић, Петровић, 2016: 99). Zbog svoje odanosti dinastiji Obrenović, Radić je bio meta političkih protivnika dvora i tri puta je penzionisan. Prvi put je poslat u penziju 1889. godine. Ponovo je postavljen za vršioca dužnosti 1892-1893. godine, zatim opet smenjen, da bi iznova bio imenovan za upravnika 1895-1897. godine, nakon čega treći i poslednji put odlazi u penziju. Iako u penziji, on nastavlja aktivno da radi, u više navrata kao honorarni profesor u Ratarskoj školi i kao profesor u Šumarskoj školi otvorenoj 1901. Takođe, nastavlja da piše knjige i članke i uređuje listove.

### Uticaj Đorđa Radića na urbanizaciju Kraljeva

Otvaranje Ratarske škole u Kraljevu i profesionalni i lični ugled dr Đorđa Radića predstavljali su svojevrsni pokretač u razvoju varoši i šire okoline, ne samo sa aspekta prosvete i agronomije, već i u industrijskom, kulturološkom i donekle, vojnom pravcu, jer su učenici škole obučavani za rezervne oficire. Radićev uticaj, kako u stručnim krugovima, tako i na dvoru Obrenovića, posvećenost unapređenju Ratarske škole i izuzetne organizacione sposobnosti, ubrzali su prerastanja varoši u grad. Uporedo sa školom, u Kraljevu 1882. godine počinje sa radom prva Fabrika poljoprivrednih sprava i alata, čiji su vlasnici bili Srećko Vasić i Aksentije Bogdanović. Kada je zbog nesuglasica vlasnika, Fabrika prestala sa radom, Radić je određen da nadgleda stečaj, s tim da deo poljoprivrednih sprava i alata pripadne Ratarskoj školi (Перуничкић, 1966: 346, 348). Zajedno sa episkopom žičkim Savom Dečancem osnovao je Žičku poljoprivrednu podružinu 1891. godine, čime je direktno uticao na razvoj poljoprivrede u selima šire okoline Kraljeva (Тешак, 1892). Nastavnici Ratarske škole su držali predavanja, organizovali podučavanja, davali praktične savete seljanima, ustupali stručnu literaturu i časopise, uticali na unapređivanje stočarstva, povrtarstva, pčelarstva, podučavali zainteresovane uzgoju svilene bube, učenici su pomagali oko kalemljenja voća, organizovane su izložbe itd. U jednom istorijski teškom periodu, imao je ključnu ulogu u opstanku grada. Tokom Prvog svetskog rata, kada su Nemači ušli u Kraljevo 6. novembra 1915. godine, Radić je učestvovao u pregovorima, nakon što je ubijen nemački vojnik. S obzirom da je govorio nemački, pomogao je u pregovaranju sa nemačkim komandantom Augustom fon Makenzenom, i pozivajući se na Getea i nemačku kulturu, uticao na smanjenje tražene kontribucije sa 500.000 na 50.100 dinara, spasivši Kraljevo odmazde. Naredne godine, kontribucija je vraćena građanima. Umesto dotadašnjeg predsednika Jovice Stojkovića, 1916. godine dr Đorđe Radić postaje predsednik Opštine Kraljevske sve do okončanja Velikog rata (Арсић, 2006).

### Đorđe Radić - autor stručne literature u oblasti agronomije

Pored svih aktivnosti Đorđa Radića na unapređenju poljoprivrede u Srbiji, svakako je najveći doprinos dao u nastanku stručne literature iz gotovo svih oblasti agronomije. Mnoge njegove knjige, naučno utemeljenog sadržaja, bogato ilustrovane i pisane vokabularom razumljivim i laicima i stručnjacima, doživele su ponovljena i dopunjena izdanja. Nemoguće je detaljno obraditi značaj svakog od tih dela, tako da će biti opisano

samo nekoliko. *Sve o kukuruzu* (1872) je prvo zaokruženo i ilustrovano delo o ovoj biljci na tlu Evrope posle 1620. godine, gde između ostalog navodi da je kukuruz u Srbiju stigao 1576., preko Grčke. Prema obliku zrna kukuruz je razvrstao u četiri grupe, opisavši 21 sortu, uz napomenu da u Španiji postoji 130 sorti i da se kontinuirano stvaraju nove. Inače, Radić je svrstan u začetnike hibridizacije kukuruza, jer se time bavio četiri godine pre Amerikanaca (Jovanović, Mihaelović, 1983). Njegovo trotomno delo *Nauka o zemljodjelstvu* spade u kapitalna izdanja u oblasti zemljoradnje. Za prvi deo udžbenika *Nauka o zemljodjelstvu: Opšte i posebno ratarstvo* (1879) od 187 strana i 197 slika u tekstu, recenziju su uradili Kosta Crnogorac i Čedomir A. Popović, a Ministarstvo unutrašnjih dela nagradilo je publikaciju sa sto cesarskih dukata (Pavićević, Mišićević, 2000: 55). Knjiga *Krompir* (1882), koju je nagradilo Društvo za poljsku privredu, sadrži njegova dvodecenijska iskustva sa opitima na oglednim poljima u Varaždinu, Požarevcu i Danilovgradu i u njoj je opisao 100 sorti krompira, odnosno 75 za ljudsku ishranu i 25 sorti za ishranu stoke (Radić, 1882). U okviru edicije *Praktične poljoprivredne pouke* Srpskog poljoprivrednog društva napisao je priručnike *O proizvodnji ranog povrća u toplim lejama: sa slikama* (1901) *O gajenju pivarskog ječma: sa slikama* (1904), *Gajenje živine: sa slikama* (1905) i knjigu *Đubre i đubrenje: sa slikama* (1907), u kojoj je uspeo na prijemčiv način da obradi jednu kompleksnu i zahtevnu temu. Iz Književnog fonda Zadužbine Ilije M. Kolarca finansirano je štampanje do danas, kako akademici Lj. Pavićević i M. Mišićević iznose, u mnogim segmentima neprevaziđenog dela Đorđa Radića *Poznavanje i nega cveća* (1895), sa nekoliko stotina ilustracija, latinskim nazivima cveća i spisikom korišćene literature (Pavićević, Mišićević, 2000: 42). Za knjigu *Naše otrovne zmije i biljke: sa gljivama* recenziju je napisao dr Milan Jovanović Batut (Radić, 1909). Dr Đorđe Radić je uređivao tri stručna časopisa *Seljak*, *Težak* i *Domaćin*. U poljoprivrednim listovima objavio je preko 560 članaka, u kalendarima 31. Najbrojniji su članci o voćarstvu i preradi voća 80, o povrtarstvu 65, o stočarstvu i mlekarcstvu sa ishranom stoke 64, o zaštiti bilja 57 i drugi članci (Pavićević, Mišićević, 2000: 47). U nekrologu objavljenom u *Težaku* 1. aprila 1922. godine, izneto je da su ostala spremna za štampanje Radićeva dela: *Uzemljavanje i spremanje povrća za zimsku upotrebu*, *Naše domaće ptice u službi poljske privrede i štetočine na voću i povrću*, kojih nema u fondovima Narodne biblioteke Srbije, Biblioteke Matice srpske i Univerzitetske biblioteke „Svetozar Marković“.

1. *Plug od postanka njegovog do danas*, Novi Sad, 1861.
2. *Seljak: (nedeljni list za kuću, polje i baštu, sa ilustracijama)*, Novi Sad, 1862-1881.
3. *Vođa pri gazdovanju*, Novi Sad, 1864.
4. *Kulturni atlas Kraljevine Srbije: gde se koja vrsta kulturnih biljaka seje i na kojim površinama* (izvedeno na 36 karata u bojama, po zvaničnim podacima), nepoznata godina izdanja.
5. *Uputstvo k pravom poljodjelstvu: za narod srbski. Sveska prva, Razvijanje gazdovanja ili prošlost, sadašnjost i budućnost u ekonomiji*, Novi Sad, 1864.
6. *Uputstvo k pravom poljodjelstvu: Sveska druga, Priroda, sejanje i negovanje ekonomskog bilja*, Novi Sad, 1864.
7. *Uputstvo k pravom poljodjelstvu: s ilustracijama. Sveska treća, Priroda, sejanje i negovanje livadni trava*, Novi Sad, 1864.
8. *Vođa pri gazdovanju za narod srbski*, Novi Sad, 1867.
9. *Spisak u zbirci prof. Dra Đorđa Radića nalazećih se stvari*, Novi Sad, 1867.

10. *Pamuk, u botaničkom, trgovačkom i ekonomskom, obziru na osnovu sobstvenog iskustva*, Novi Sad, 1868.
11. *Težak: (društveni list)*, Beograd, 1869-1922.
12. *Domaći živinarski lekar*, Novi Sad, 1869.
13. *Gajenje poljskih useva*, Beograd, 1870.
14. *Izveštaj o prvom izlogu srpskih proizvoda koji je od 27.9 -1.10. u Kragujevcu držan*, Kragujevac, 1870.
15. *Gajenje pernate živine*, Beograd, 1871.
16. *Mala zemljodelska čitanka: za osnovne škole u Crnoj Gori*, Biograd, 1871.
17. *Sve o pšenici*, Beograd, 1871.
18. *Očjenje ili kalemljenje voćaka na spavajuće i ćerajuće oko*, Biograd, 1871.
19. *Sve o kukuruzu*, Beograd, 1872.
20. *Očjenje ili kalemljene s listom*, Beograd, 1872.
21. *Mala zemljodelska čitanka*, Pančevo, 1875.
22. *Mala zemljodelska čitanka (2.izd.)*, Pančevo, 1876.
23. *Očjenje ili kalemljene s listom*, Pančevo, 1876.
24. *Povrtarstvo za školu i narod*, 1878.
25. *Nauka o zemljodjelstvu.1. Ratarstvo opšte i posebno*, Beograd, 1879.
26. *Krompir*, Novi Sad, 1882.
27. *Jagoda*, Novi Sad, 1883.
28. *Očjenje ili kalemljene s listom*, Pančevo, 1884.
29. *Mala zemljodelska čitanka (3.izd.)*, Pančevo, 1885.
30. *Voćarstvo*, Sv. 1, Beograd.
31. *Voćarstvo*, Sv. 2, Beograd.<sup>1</sup>
32. *Domaći živinarski lekar*, (2.izd.), Novi Sad, 1890.
33. *Voćarstvo za narod i školu*, Novi Sad, 1889.
34. *Nauka o zemljodjelstvu. 2. Livadarstvo*, Beograd, 1889.
35. *Domaćin: (ilustrovani list)*, Beograd, 1890 -1891.
36. *Nauka o zemljodjelstvu. 3. Gradinarstvo: sa slikama u tekstu*, Beograd, 1894.
37. *Poznavanje i nega cveća*, Beograd, 1895.
38. *Gajenje živine sa privrednog gledišta*, Beograd, 1900.
39. *Poljoprivredna čitanka: za seoske škole: sa slikama*, Beograd, 1900.
40. *Mala zemljodelska čitanka: za srpske narodne škole*, Pančevo, 1901.
41. *O proizvodnji ranog povrća u toplim lejama*, Beograd, 1901.
42. *O gajenju pivarskog ječma*, Beograd, 1904.
43. *Gajenje živine: sa slikama*, Beograd, 1905.
44. *Đubre i đubrenje: sa slikama*, Beograd, 1907.
45. *Naše otrovne zmije i biljke: sa gljivama*, Beograd, 1909.
46. *Voćarstvo*, Beograd, 1910.
47. *Poljoprivredna čitanka za IV razred Narodnih škola*, 4. prerađ. izd., Beograd, 1911.
48. *Moja pedesetogodišnjica književnoga i kulturnoga rada na unapređenju srpske poljske privrede*, Beograd, 1911.
49. *O proizvodnji ranog povrća u toplim, mlakim i hladnim lejama*, 2. izd, Beograd, 1913.

---

<sup>1</sup> Za publikacije 30 i 31 nisu originalno naznačene godine izdanja.

### Materijal i metode rada

U istraživanju su korišćeni izvori prvog reda, koje čine knjige dr Đorđa Radića, digitalizovani časopisi *Seljak*, *Težak* i *Domaćin*, koje je uređivao i Istorijska zbirka - Arhivalije Narodnog muzeja u Kraljevu. U istraživanju su korišćene originalne ili skenirane knjige Đorđa Radića iz fondova školske biblioteke Poljoprivredno-hemijske škole Dr *Đorđe Radić* i gradskih biblioteka iz Zrenjanina, Sombora i Požarevca. Od velikog značaja za spoznaju važnosti dr Đorđa Radića u razvoju agronomije Srbije su savremna dela koja su mu posvećena, prevashodno od crnogorskih akademika Ljuba Pavićevića i Milorada Mijuškovića, zatim monografija o kraljevačkoj poljoprivrednoj školi, autora Milomira Jovanovića i Bogomira Mihajlovića, kao i reč priređivača i autora pogovora Branka Jokića u reprintu Radićeve knjige *Gajenje poljskih useva* (2009) i prof. dr Žarka M. Ilina u reprintu Radićeve knjige *Povrtarstvo za školu i narod* (2011), u izdanju Gradske biblioteke *Karlo Bijelicki* u Somboru. Opštu sliku o poljoprivredi Srbije u 19. i početkom 20. veka pružaju doktorska disertacija i članci u časopisima Istoriskog instituta istoričarke Gordane Garić Petrović i doktorska disertacija istoričarke Bojane Miljković Katić.

### Napomena

Tekst i predavanje sa prezentacijom, deo su Projekta obeležavanja 135 godina postojanja Poljoprivredno-hemijske škole *Dr Đorđe Radić* u Kraljevu i 150 godina od odbrane doktorske disertacije Đorđa Radića. Tokom decembra 2017. godine. Kraljevačka poljoprivredna škola je, u saradnji sa Narodnim muzejom Kraljevo, postavila u holu dva panoa o dr Đorđu Radiću i organizovala predavanja sa prezentacijom višeg kustosa istoričara Mirjane Savić *Traju dela velikana do današnjih dana* u Narodnom muzeju Kraljevo 12. decembra 2017. i Biblioteci grada Beograda 15. decembra 2017., o doneke zaboravljenom velikanu srpske agronomije.

### Izvorna građa:

Narodni muzej Kraljevo, Kraljevo, Istorijska zbirka - Arhivalije.  
Matična služba grada Kraljeva, Izvod iz Matične knjige umrlih, 1922, br. 96;  
Istorijski arhiv Kraljevo, Izvod iz Matične knjige umrlih, inv.br. 14, str. 174, red. br.5;  
Biblioteka Matice srpske, Novi Sad, Kolekcija Dokumentacioni materijal-Dk, Plakat, III 21; Isto, Kolekcija Srpske knjige 19.veka, Spisak u zbirci Prof. Dr Đorđa Radića nalazećih se stvari, P19Cp I 449.1; Isto, Kolekcija Objavljenija, Seljak, PO6Cp III 57.1;

Dostupno na:

<http://digital.bms.rs/ebiblioteka/publications/view/3290>;

<http://digital.bms.rs/ebiblioteka/publications/view/566>;

<http://digital.bms.rs/ebiblioteka/publications/view/2622>;

Univerzitetska biblioteka Svetozar Marković Beograd, Težak ilustrovani list za poljsku privredu.

Dostupno na:

<http://ubsm.bg.ac.rs/latinica/dokument/1172/tezak-ilustrovani-list-za-poljsku-privredu-1911>;

<http://ubsm.bg.ac.rs/latinica/dokument/2119/tezak-ilustrovani-list-za-poljsku-privredu-1892>;

Радић Ђ. (1871). *Све о тиеници*, Београд, 1-108.

Радић Ђ. (1874). *Извешће о стању пољопривредном у округу пожаревачком*, Београд, 1-35.

Радић Ђ. (1882). *Кромпир*, Београд, 1-186.

Радић Ђ. (1883). *Јагода*, Београд, 1-96.

Радић Ђ. (1895). *Познавање и нега цвећа*, Београд, 1-753.

Радић Ђ. (1904). *О гајењу тиварског јечма*, Београд, 1-77.

Радић Ђ. (1907). *Ђубре и ђубрење*, Београд, 1-74.

Радић Ђ. (1911). *Моја педесетогодишњица књижевнога и културнога рада на унапређењу српске пољске привреде*, Београд, 1-32.

### Literatura

Арсид М. (2006). Улазак окупационих трупа у Краљево новембра 1915. *Наша прошлост*, 7, 159-168.

Гарић Петровић Г. (2016). Пољопривреда Србије од 1878. до 1912. године: докторска дисертација. Универзитет у Нишу, Филозофски факултет, Ниш.

Гарић Петровић Г. (2016). Извештај Сретена Ј. Поповића из 1886. године о Ратарској школи у Краљеву. *Miscellanea - Мешовита грађа*, 37, 85-121.

Гарић-Петровић Г. (2016). Развој живинарства у Краљевини Србији. *Историјски часопис*, 65, 277-305.

Дробац М. (2005). Улога и место др Ђорђа Радића у српској привреди XIX века, *Култура полиса*, 2-3, 503-514.

Јовановић М., Михајловић Б. (1983). 100 година Пољопривредне школе, Краљево.

Lekić S., Marković T. (1995). *Poljoprivredne škole u Crnoj Gori: 1875-1995*, Ваг.

Маржик С. (2015). Карановац - Краљево у српској штампи 1868-1903, Краљево.

Миљковић Катић Б. (2014). Пољопривреда Кнежевине Србије (1834-1867), Београд.

Павићевић Ј., Мијушковић М. (2000). Ђорђе Радић, Нови Сад.

Радић Ђ. (1870). Гајење пољских усева: са 105 дрвореза, Фототипско изд. - Сомбор, 2009.

Радић Ђ. (1878). *Повртарство за школу и народ*, Фототипско изд. - Сомбор, 2011.

Перуничкић Б. (1966). *Једно столеће Краљева 1815-1915*, Краљево.

**DR ĐORĐE RADIĆ (1839-1922)**  
**The First Serb to Earn a Doctorate in Agronomy**

**Abstract**

Dr. Đordje Radić, one of the most educated Serbs of the 19<sup>th</sup> century, laid the foundations of scientific and educational literature in the field of agriculture, founded three agricultural schools, and in many ways improved agronomy in Serbia and Montenegro. He was an outstanding expert, who was well-informed about the agricultural situation not only in Serbia, but also in the most developed European countries. In his writing, he mostly relied on the works of German agronomists, and succeeded in writing about 50 professional books and textbooks, which served both for the education of elementary and vocational school students and as manuals for farmers. The aim of the paper is to present, through the biography of Đordje Radić, the comprehensiveness of his professional, scientific and social creativity and significance. As the first Serb to earn a Doctorate in the field of Agriculture, he was a pioneer of many branches of agronomy in Serbia. The results of his research and engagement are visible today, in both science and education. Radić's biography, the contribution to the development of education, the impact on the urbanization of Kraljevo and the list of published books are presented in the paper, which is divided into four parts.

**Key words:** crop farming, cattle breeding, fruit growing, School of Crop Farming, Kraljevo, Serbian Agricultural Society.





CIP- Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије

63(082)

60(082)

**САВЕТОВАЊЕ о биотехнологији са међународним учешћем (23 ; 2018 ; Чачак)**

Zbornik radova / XXIII savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem, Čačak, 9-10. mart 2018. godine ; [organizator] Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku = [organized by] University of Kragujevac, Faculty of Agronomy, Čačak. - Čačak : Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet, 2018 (Čačak : Bajić). - 615 str. : ilustr. ; 25 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 160. - Napomene i bibliografske reference uz radove. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-87611-55-9

1. Агрономски факултет (Чачак)

a) Пољопривреда - Зборници

b) Биотехнологија - Зборници

COBISS.SR-ID 258772236

