

# AGRICULTURE IN NATURE AND ENVIRONMENT PROTECTION: Proceedings & abstracts 13th international scientific/professional conference

---

Jug, Danijel; ...,; Jurg, Irena; Đurđević, Boris; Brozović, Bojana; ...,;  
Jurišić, Mladen; Radočaj, Dorija; Rapčan, Irena; Zimmer, Domagoj; ...

**Edited book / Urednička knjiga**

*Publication status / Verzija rada:* **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Publication year / Godina izdavanja:* **2020**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:988179>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-03**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**PROCEEDINGS & ABSTRACTS**

**13<sup>th</sup> international scientific/professional conference**

# **AGRICULTURE IN NATURE AND ENVIRONMENT PROTECTION**

Osijek, Republic of Croatia, 07<sup>th</sup>- 09<sup>th</sup> September 2020





**AGROglas**

**AGROGLAS**  
Biweekly magazine for agriculture,  
food production, rural living and animal keeping

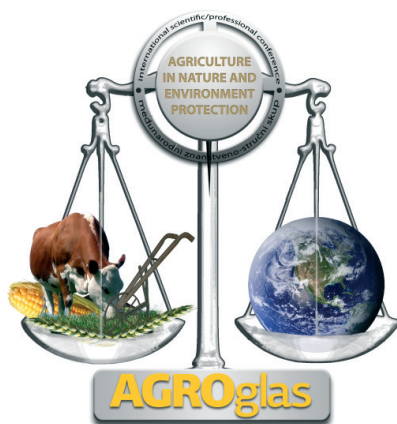


**ISTRO**  
International Soil Tillage Research Organization



**HDPOT**  
Croatian Soil Tillage Research Organization

Proceedings & abstracts  
13<sup>th</sup> international scientific/professional conference



**AGRICULTURE IN NATURE  
AND ENVIRONMENT PROTECTION**

Osijek, 7<sup>th</sup> - 9<sup>th</sup> September 2020.

Published: Glas Slavonije d.d., Osijek

Publisher: Ivan Šimić, ing.

Editors in Chief: Danijel Jug, PhD, Full Professor  
Marija Ravlić, PhD, Assistant Professor

Technical and graphical Editor: Mirko Mihaljević

Lektura/Language Editor: Iva Grubišić Ćurić, mag. philol. angl. et germ.

Printed by: Glas Slavonije d.d., Osijek

Edition: 100

ISSN 1848-5456

**under the auspices / pod pokroviteljstvom**

MINISTRY OF AGRICULTURE / MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE

OSIJEK BARANJA COUNTY / OSJEČKO-BARANJSKA ŽUPANIJA

CITY OF OSIJEK / GRAD OSIJEK

**co-organizers / suorganizatori**

FACULTY OF AGROBIOTECHNICAL SCIENCES OSIJEK / FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

FACULTY OF AGRICULTURE IN ZAGREB / AGRONOMSKI FAKULTET ZAGREB

AGRICULTURE INSTITUTE OSIJEK / POLJOPRIVREDNI INSTITUT OSIJEK

ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES / AKADEMIJA POLJOPRIVREDNIH ZNANOSTI

**ORGANIZING COMMITTEE:**

Ivan **Šimić**, ing., President  
 Dean **Ban**, PhD  
 Željko **Barač**, PhD  
 Ferdo **Bašić**, Academician  
 Ana **Crnčan**, PhD  
 Mirko **Damjanović**, dr. vet. med.  
 Boris **Đurđević**, PhD, Associate Professor  
 Krunoslav **Dugalić**, Assistant Professor  
 Zoran **Grgić**, PhD, Full Professor  
 Ivan **Guettler**, PhD  
 Nicolas **Holden**, PhD, Full Professor (IRL)  
 Irena **Jug**, PhD, Full Professor  
 Jelena **Kristić**, PhD  
 Marina **Krivić**, BSc  
 Pavo **Lucić**, PhD  
 Blair M. **McKenzie**, PhD, Full Professor (UK)  
 Krunoslav **Mirosavljević**, PhD, Associate Professor  
 Renata **Prusina**, BSc  
 Sanda **Rašić**, PhD, Assistant Professor  
 Zdravko **Tušek**, BSc  
 Nataša **Uranjek**, BSc  
 Marija **Vihovanec Sabo**, BSc  
 Zvonimir **Zdunić**, PhD, Associate Professor  
 Krunoslav **Zmaić**, PhD, Full Professor

**CONFERENCE SECRETARY:**

Tomislav **Sekulić**, BSc

**SCIENTIFIC COMMITTEE:**

Danijel **Jug**, PhD, Full Professor, President  
 Slavica **Antunović**, PhD  
 Mirjana **Baban**, PhD, Full Professor  
 Renata **Baličević**, PhD, Full Professor  
 Marta **Birkas**, PhD, Full Prof. (HUN)  
 Tina **Bobić**, PhD, Assistant Professor  
 Vladan **Bogdanović**, PhD, Full Prof. (SRB)  
 Bojana **Brozović**, PhD, Assistant Professor  
 Andrej **Ceglar**, PhD (SLO)  
 Adina-Eliza **Croitoru**, PhD, Assoc. Prof. (ROU)  
 Zoran **Dimov**, PhD, Full Professor (MKD)  
 Željko **Dolijanović**, PhD, Full Professor (SRB)  
 Dalida **Galović**, PhD, Assistant Professor  
 Maja **Gregić**, PhD  
 Davorka **Hackenberger**, PhD., Assistant Prof.  
 Goran **Heffer**, PhD, Full Professor  
 Marko **Josipović**, PhD  
 Gabriella **Kanižai Šarić**, PhD, Associate Prof.  
 Ivica **Kisić**, PhD, Full Professor  
 Heike **Knicker**, PhD, Full Professor (ESP)  
 Ilija **Komljenović**, PhD, Full Prof. (BIH)  
 Branislava **Lalić**, PhD, Assoc. Prof. (SRB)  
 Vladimir **Margeta**, PhD, Assistant Professor  
 Pero **Mijić**, PhD, Full Professor  
 Margarita **Nankova**, PhD, Full Prof. (BUL)  
 Ivan **Plaščak**, PhD, Associate Professor  
 Klemen **Potočnik**, PhD, Full Professor (SLO)  
 Nikica **Prvanović-Babić**, PhD, Associate Prof.  
 Ljubica **Ranogajec**, PhD, Full Professor  
 Irena **Rapčan**, PhD, Associate Professor  
 Marija **Ravlić**, PhD  
 Jean Roger **Estrade**, PhD, Full Prof. (FRA)  
 Vladimir **Smutny**, PhD, Full Professor (CZE)  
 Bojan **Stipešević**, PhD, Full Professor  
 Aleksandra **Sudarić**, PhD  
 Branka **Šakić Bobić**, PhD, Assistant Prof.  
 Srđan **Šeremešić**, PhD, Assistant Prof. (SRB)  
 Ljuba **Štrbac**, PhD, Assistant Professor (SRB)  
 Snežana **Trivunović**, PhD, Full Prof. (SRB)  
 Marijana **Tucak**, PhD  
 Tatjana **Tušek**, PhD  
 Darko **Velić**, PhD, Full Professor  
 Vesna **Vukadinović**, PhD, Full Professor  
 Edward **Wilczewski**, PhD, Associate Prof. (POL)  
 Željka **Zgorelec**, PhD, Associate Professor

Poštovani kolegice i kolege,

Ovogodišnji, 13. međunarodni znanstveno-stručni skup specifičan je po mnogočemu, od »najbogatije ponude« znanstvenih i stručnih događanja do sada pa sve do »lockdowna« uzrokovanog korona virusom. Iako su uvjeti rada i djelovanja uslijed potonjeg razloga bili znatno otežani, a morao je biti promijenjen i datum održavanja Skupa, za sudjelovanje na Skupu prijavilo se do sada najviše znanstvenika i stručnjaka. Ukupan broj od 68 radova biti će prezentiran kroz pet tematskih sekcija, a osam plenarnih izlaganja prezentirat će respektabilni inozemni i domaći autori. Već tradicionalno, a u okviru Skupa organizira se i okrugli stol, uvijek s drugom i aktualnom problematikom. Tema ovogodišnjeg okruglog stola, koji će se organizirati u suorganizaciji i pod pokroviteljstvom Akademije poljoprivrednih znanosti (APZ) i Ministarstva zaštite okoliša i energetike (MZOE), je sve aktualnija problematika dezertifikacije, degradacije zemljišta i suše (*Desertification, Land degradation and Drought – DLDD*). Uvodničari okruglog stola bit će eminentni domaći i strani stručnjaci. U okviru međunarodno znanstveno-stručnog skupa bit će integrirano održavanje i međunarodne radionice radne grupe ISTRO-a, WG – CST (*Working Group-Conservation Soil Tillage*), na kojem će sudjelovati eminentni svjetski stručnjaci po pitanju konzervacijske obrade tla. Kao potvrda izvrsnosti i iznimnog doprinosa agronomskoj struci i ove će se godine dodijeliti nagrada »Roberta Sorić« mladim znanstvenicima s najboljim prijavljenim znanstvenim radom. Jednako tako, važnost i ustrajnost u promicanju znanstvenih ideja biti će prepoznata kroz priznanje znanstvenicima koji od samih početka održavanja ovog Skupa promiču važnost agronomске znanosti i struke i promoviraju Skup. Na kraju bih želio zahvaliti svima koji su svojim angažmanom i kvalitetom doprinijeli uspješnom održavanju i ovogodišnjeg 13. po redu skupa Poljoprivreda u zaštiti prirode i okoliša.

**Prof. dr. sc. Danijel Jug**

Predsjednik Znanstvenog odbora i glavni urednik



# PROGRAM

## PLENARNA SEKCIJA / PLENARY SECTION

**Márta Birkás, Igor Đekemati, Danijel Jug, Ivica Kisić, Zoltán Kende**

- Experiences in soil conservation tillage systems

**Rada Đurović - Pejčev**

- The fate and behaviour of pesticides in the environment

**Branislava Lalić, Milena Marčić, Ana Firanj Sremac**

- A decade of harmful organism and micrometeorological conditions operational monitoring in Serbia: *Venturia inaequalis* case study

**Danijel Jug, Irena Jug, Boris Đurđević, Bojana Brozović, Davorka K. Hackenberger, Branimir K. Hackenberger, Ksenija Cindrić Kalin, Marija Vihovanec Sabo**

- Desertification and drought in Europe – Implications and perspectives related to climate change

**Stoian Vlad, Vidican Roxana**

- Mycorrhizal mechanisms as part of the environmental solutions in sustainable agriculture

**Heike Knicker, Marina Paneque, Maria Lopez-Martin, Marta Velasco-Molina, Jose-Maria de la Rosa**

- Biochar application or fire management – How does the input of pyrogenic residues affect C, N and P recalcitrance in soil?

**Marija Vihovanec Sabo**

- Dezertifikacija i degradacija zemljišta – globalne, EU i nacionalne obveze

**Benoit Le Rumeur**

- Trace elements and seaweeds extracts, tools for a sustainable management of soil functions and plant production

## SECTION I\* Biljna proizvodnja / Plant production

**Mladen Jurišić, Dorijan Radočaj, Irena Rapčan, Domagoj Zimmer, Antonela Lončar**

- Modeliranje karteprecizne gnojidbe uporabom geostatistike

**Dorijan Radočaj, Mladen Jurišić, Ivan Plaščak, Željko Barač, Emanuel Sigurnjak**

- Monitoring of soybean growth stages using an unmanned aerial vehicle (UAV)

**Angelina Dujković, Helena Ereš, Karolina Vrandečić, Magdalena Matic, Jasenka Ćosić**

- In vitro antifungalni učinak eteričnih ulja na *Pyrenophora graminea*

**Andrija Špoljar, Ivka Kvaternjak, Dragutin Žibrin, Mirjana Mužić**

- Utjecaj uzgoja zobi (*Avena sativa L.*), kukuruza (*Zeamays L.*) i soje (*Glycinemax. L.*) na reakciju i električnu provodljivost tla

**Magdalena Matic, Dario Novoselović, Jasenka Ćosić, Angelina Dujković, Karolina Vrandečić**

- Utjecaj gnojidbe dušikom i sorte na zarazu zrna pšenice vrstama *Fusarium*

**Vesna Dragičević, Milena Simić, Milan Brankov, Milena Milenković, Branka Kresović, Zoran Dumanović**

- Grain filling of maize in the function of crop density and genotype

**Ankica Budimir, Brankica Svitlica, Darko Kiš, Ana Lovrić, Hrvoje Šarčević**

- Promjene u proizvodnji sadnica duhana u cilju zaštite okoliša

**Snezana Mladenovic Drinic, Violeta Andjelkovic, Jelena Vukadinovic, Natalija Kravic, Jelena Srdic, Zoran Dumanovic**

- Biochemical changes in maize seeds at cold storage

**Maja Karnoš, Melita Lončarić, Karolina Vrandečić, Maja Molnar, Domagoj Šubarić, Vesna Rastija**

- QSAR analiza kumarinskih derivata s potencijalnim antifungalnim djelovanjem

- Marijana Tucak, Tihomir Čupić, Daniela Horvat, Goran Krizmanić, Marija Ravlić**  
– Variranje sadržaja kumestrola u populacijama lucerne
- Luka Poturiček, Josipa Puškarić, Emilija Raspudić, Karolina Vrandečić, Marina Marić, Mirjana Brmež**  
– Monitoring pojave nematoda prenositelja virusa iz roda *Xiphinema* u vinogradima Vukovarsko-srijemske, Osječko-baranjske i Istarske županije 2018. Godine
- Irena Rapčan, Mladen Jurišić, Ivan Plaščak, Marin Kolić, Dorijan Radočaj**  
– Agrotehnika, organizacija i ekonomika uzgoja ječma u OPG-u »SAN« Budrovciu sezoni 2018./2019.
- Ivan Lović, Mirjana Brmež, Ivana Majić, Emilija Raspudić**  
– Utjecaj ponovljene sjetve kukuruzana pojavu kukuruzne zlatice (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte – Coleoptera: Chrysomelidae) u 2018. godini
- Željko Dolijanović, Dušan Kovačević, Snežana Oljača, Srđan Šeremešić, Zoran Jovović**  
– Morphological and productive characteristics of durum wheat in organic farming
- Gabriella Kanižai Šarić, Svetlana Milijašević-Marčić, Ivana Potočnik, Elena Petrović, Ivana Majić**  
– Inhibicija rasta *Alternaria* sp. i *Fusarium* sp. djelovanjem mliječno-kiselih bakterija
- Srdjan Šeremešić, Maja Manojlović, Monika Tomšik, Nataša Vujić, Boris Đurđević, Željko Dolijanović, Bojan Vojnov, Brankica Babec**  
– The effects of mulch and bio-fertilizers on soil properties in organic soybean and buckwheat production
- Ivana Jakovljević, Ivana Majić**  
– Usporedba različitih metoda ulovakukaca vektora bakterije *Xylella fastidiosa* u maslinicima
- Sanda Rašić, Jurica Jović, Josipa Šošić, Suzana Kristek**  
– Weeds in sugar beet crops and possibilities of control
- Goran Herman, Vladimir Ivezić, Meri Engler, Helena Žalac, Brigita Popović**  
– Utjecaj supstrata različitog porijekla s dodatkom i bez dodatka cinka na translokaciju cinka u presadnice špinata
- Sunčica Guberac, Sanja Grubišić, Vedran Orkić, Sonja Petrović, Sonja Vila, Andrijana Rebekić**  
– Concentrations of Mg, Fe and Zn in wheatgrass cultivated from wheat cultivars of different origin
- Vedran Orkić, Sanja Grubišić, Sunčica Guberac, Sonja Petrović, Sonja Vila, Andrijana Rebekić**  
– Differences in Mg, Fe and Zn concentration in wheatgrass juice of wild relatives and modern wheat cultivars
- Edward Wilczewski**  
– The impact of catch crops on physical, chemical and biological properties of soil
- Bojana Brozović, Danijel Jug, Irena Jug, Bojan Stipešević, Boris Đurđević, Doris Vidić**  
– Soil protection with different cover crops in the fallow period
- Boris Ravnjak, Tomislav Vinković, Zdenko Lončarić, Monika Tkalec Kojić, Emerik Galić, Ivana Vinković Vrček, Ivna Štolfać Čamagajevac**  
– Biofortifikacija nanoselenom – utjecaj na mineralni sastav korijena i lista špinata
- Jelena Ravlić, Zvonimir Bede, Milutin Bede, Doris Adašević, Marija Ravlić**  
– Alelopatički utjecaj Teofrastovog mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Medik.) na klijavost i rast soje
- Božica Japundžić-Palenić, Nataša Romanjek Fajdetić, Branimir Vujić**  
– Usporedba utjecaja dva mikrobiološkagnojiva na rasti razvoj cinije (*Zinnia elegans* L.)
- Božica Japundžić-Palenić, Katarina Širajčić, Nataša Romanjek Fajdetić, Brigita Popović**  
– Utjecaj dviju vrsta tla različitih fizikalno-kemijskih karakteristika na kvalitetu peršinakorjenaša (*Petroselinum crispum* ssp. *tuberosum* Mill.)
- Marija Ravlić, Renata Baličević, Pavo Lucić, Monika Marković, Jelena Ravlić**  
– Allelopathic effect of weed root exudates on crops
- Danijel Jug, Irena Jug, Boris Đurđević, Bojana Brozović, Vedran Viljanac**  
– Reakcija ozime pšenice i kukuruza na reduciranu obradu i gnojidbu dušikom na pseudoglejnom tlu

## SECTION II\* Animalna proizvodnja / Animal production

**Kralik Zlata, Olivera Galović, Gordana Kralik, Danica Hanžek**

- Utjecaj dodatka ekstrakta cvijeta nevena u hranu nesilica na sadržaj luteina i boju žumanjaka svježih i kuhanih jaja

**Tina Bobić, Filip Bank, Pero Mijić, Mirjana Baban, Vesna Gantner, Maja Gregić**

- Prevencija šepavosti kod krava infracrvenom termografijom

**Josip Novoselec, Dino Sklepić, Željka Klir, Mario Ronta, Zvonko Antunović**

- Fenotipske odlike koza tijekom laktacije u ekološkom uzgoju

**Željka Klir, Andrea Natali Rončević, Josip Novoselec, Zvonko Antunović**

- Utjecaj dobi na proizvodni hematološke pokazatelje jaradi u ekološkom sustavu uzgoja

**Nikica Prvanović Babić, Tugomir Karadjole, Marija Lipar, Nino Maćešić, Iva Getz, Martina Lojkić, Goran Bačić, Marko Samardžija**

- Neuroaktivnosteroidi ljudi i životinja-javnozdravstveni i ekološki rizik ili lijekovi 21. stoljeća?!

**Marijana Vrbanić, Iva Rojnica, Dijana Horvat**

- Primjena konoplje (*Cannabis sativa* L.) u hranidbi brojlera

**Tatjana Tušek, Damir Alagić, Marija Meštrović, Marijana Vrbanić, Miomir Stojnović, Đurica Kalember**

- Kretanje vrijednosti širine piska pijetlova i kopuna Sasso hibrida ovisno o uzrastu, soju i dobavljaču pilića

**Mario Ronta, Renata Romić, Stipo Benak, Domagoj Euman, Ana Aračić, Ivana Prakatur, Josip Novoselec, Zvonimir Steiner**

- Utjecaj krmiva na kvalitetu peleta krmne smjese

**Kristina Gvozdanović, Minja Zorc, Ivica Bošković, Goran Kušec, Žarko Radišić, Nikolina Boić, Ivona Djurkin Kušec**

- Runs of Homozygosity of the Istrian Shorthaired Hound dog breed provide evidence of its old origin

**Vesna Gantner, Maja Gregić, Ranko Gantner, Klemen Potočnik**

- Effect of n-3 unsaturated fatty acids supplementation on milk yield of dairy goats

**Mirna Gavran, Dragan Dokić, Vesna Gantner**

- Coherence of red deer population with meteorological conditions in hunting area in eastern Croatia in the period 2008-2018

**Marin Kovačić, Zlatko Puškadija**

- Prediction of total number of *Varroa destructor* mites in the honey bee (*Apis mellifera*) colony in late summer

## SECTION III\* Agroekologija / Agroecology

**Željka Zgorelec, Ivica Kisić, Ferdo Bašić**

- Temporal distribution of Zn, Ni and Cr content and MAC in agricultural soils – Case study Molve, Po-dravina

**Veljko Vorkapić**

- Plausible environmental effects of straw removal for the production of bioenergy and bio-based products: a review

**Osama Gazal**

- Groundwater vulnerability assessment using an improved Agricultural *Drastic* approach in Arid Region, Case Study: Agricultural Area North Jordan

**Mislav Anić, Hrvoje Marjanović, Maša Zorana Ostrogović Sever**

- Ten years of carbon flux measurement in pedunculate oak forest (*Quercus robur* L.) in Croatia

- Antonija Kezerle, Natalija Velić, Marija Stjepanović, Darko Velić, Hrvoje Pavlović, Frane Čačić Kenjerić**  
 – Adsorptive removal of Congo Red from synthetic and real wastewater using brewers' spent grain
- Ivan Plaščak, Mladen Jurišić, Dorijan Radočaj, Domagoj Zimmer, Luka Gjajić**  
 – Inventarizacija i upravljanje vinogradima u GIS okruženju
- Darija Bilandžija, Marija Galić, Ivica Kisić, Milan Mesić, Nikola Bilandžija, Željka Zgorelec**  
 – Temporal variation of soil respiration under energy and arable crops
- Magdalena Remetović, Nikola Sakač, Bojan Šarkanj, Marija Kraševac Sakač**  
 – Surfaktanti kao adjuvansi u agrokemikalijama – direktno potencijometrijsko određivanje
- Igor Bogunović, Leon Josip Telak, Paulo Pereira**  
 – Effects of soil management techniques on soil water erosion on undeveloped soil in Mediterranean Croatia
- Leon Josip Telak, Igor Bogunovic, Paulo Pereira**  
 – Comparison study of straw mulching and grass covering on soil properties and soil erosion in a young vineyard of moderate continental climate
- Pavo Lucić, Dora Lončar, Marija Ravlić, Anita Liška, Vlatka Rozman**  
 – Laboratory testing of two diatomaceous earths against red flour beetle

## SECTION IV\* Agroekonomija / Agro-economics

- Mateja Jež Rogelj, Nikolina Crnoja, Lari Hadelan, Ornella Mikuš**  
 – Regionalna obilježja poljoprivrede Jadranske Hrvatske
- Lari Hadelan, Gabrijel Matešić, Ornella Mikuš, Mateja Jež Rogelj**  
 – Prirodni resursi i gospodarska razvijenost zemalja
- Ornella Mikuš, Branka Šakić Bobić, Domagoj Vrtar, Željka Mesić, Lari Hadelan, Mateja Jež Rogelj**  
 – Agrookolišne mjere Zajedničke poljoprivredne politike EU: postižu li okolišne ili socioekonomske učinke?
- Ana Crnčan, Jelena Kristić, Sanja Jelić Milković**  
 – Output and economic indicators of farms covered by FADN survey in Croatia
- Dragan Dokić, Maja Gregić, Mirna Gavran, Vesna Gantner**  
 – Značaj prostornog planiranja za razvoj poljoprivrede i privlačenje investicija

## SECTION V\* Poljoprivredna mehanizacija / Agricultural machinery

- Ivan Vidaković, Goran Heffer, Katica Šimunović, Goran Rozing, Željko Barač, Filip Janješić**  
 – Analiza trošenja pokretnih dijelova homogenizatora za miješanje smjese u tvornici stočne hrane –studij slučaja
- Željko Barač, Ivan Plaščak, Tomislav Jurić, Mladen Jurišić, Goran Heffer, Domagoj Zimmer, Ivan Vidaković, Dorijan Radočaj, Petar Kujundžija**  
 – Proizvedena razina buke drobiliceu odnosu na pojedine eksploatacijske činitelje
- Domagoj Zimmer, Mladen Jurišić, Ivan Plaščak, Dorijan Radočaj**  
 – Primjena robota i robotskih sustava u poljoprivrednoj praksi



# Plenary section



---

---

---



## Experiences in soil conservation tillage systems

Márta Birkás<sup>1</sup>, Igor Đekemati<sup>1</sup>, Danijel Jug<sup>2</sup>, Ivica Kisić<sup>3</sup>, Zoltán Kende<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Szent Istvan University Gödöllő, Páter K. 1, Gödöllő, Hungary, e-mail: Birkas.Marta@mkk.szie.hu*

<sup>2</sup>*Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia*

<sup>3</sup>*Faculty of Agronomy, University of Zagreb, Svetošimunska 25, Zagreb, Croatia*

### Abstract

Soil protection systems are gaining increasing attention worldwide, which is in line with the expansion of their application. Traditional tillage systems (ploughing or mouldboard) are criticized, not because of tradition, but for their adverse effect on the soil. The application of environmental-friendly soil management principles seems to be more important than ever before. The next goal is proper management of water contained in soil, whereby the amount of stored water must exceed the amount of water loss. The aim of this paper is to recall the results obtained from different soil conservation tillage systems in Hungary. Five systems – no-till (NT), ridge-till (RT), strip-till (ST), mulch-till-tine (MTT), mulch-till-subsoiling (MTS) – were evaluated by ten indicators in order to assess their adaptability to the site's agroecological conditions. Data were obtained from soil tillage experiments (NT, RT, MTT and MTS) and soil condition monitoring (MTT, MTS, ST and CC). Data analysis shows that the application of conservation tillage is expanding, considering the importance of alleviation of extreme weather. NT may be applied in larger areas, combined with other conservation solutions. RT may be used on small farms on sloped terrains. The application of ST is expected to increase for wide-row crop production. MTT is most useful for effectual surface protection. The necessity of MTS has often been proved in alleviation of climate-induced soil settlement, mainly in deeper soil layers.

**Keywords:** no-till, ridge-till, strip-till, mulch-till, adaptability

### Introduction

New trends in tillage (minimum, reduced, soil conservation) and endeavours (e.g. energy saving, sustaining) can be distinguished on the basis of their aims (Birkás et al., 2015, Jug et al., 2018). Although soil protection principles emerged in the 1930s, regional practices were not ready to adopt them (Birkás et al., 2017). Soil protection has been a key subject of research for decades, and the results achieved so far are taken into account in the development and application of cultivation practices (Bašić et al., 2007). The first ideas and effectual methodologies originated in the USA (Table 1).

Studying no-till in this region started at the beginning of the 1960s and the investigation period has been postponed until now (Birkás et al., 2017). Moreover, followers of the cover crop system began to apply it, contributing to the expansion of this method. Ridge-till can

be regarded as a special formation of the seedbed, applied cross to the slope and used for wide-row crops on sloping sites that are exposed to water erosion (László and Gyuricza, 2004, Reeder, 1990). The strip-till system first received attention in the 1980s (Birkás et al., 2014). However, its widespread application started in the 2000s, with the use of satellite navigation of tillage tools. Today, fortunately, there is growing interest for strip-till both in the US and Europe.

Table 1. Soil tillage trends and realisation in the Pannonian region (Birkás et al., 2015)

Trends, systems	Time and place of development	Aims of the system	In the Pannonian region	
			appearance	realisation
Minimum tillage	1950s (USA)	cutting tillage depth, passes and costs	mid-1960s	reduced constraint, e.g. disk tillage
Reduced tillage	1960s (USA)	cutting tillage passes and costs	mid/end-1970s	tool/element combination
Conservation tillage, <i>no-till</i>	1950s (USA)	soil and water preservation by minimised soil disturbance	from the 1960s	problems in the first years limited the interests
Conservation tillage, <i>mulch-till</i>	1960s (USA)	soil and water preservation by fair surface cover	mid-1980s, first years of the 2000s	good: by tine, by loosening, risky: by disking
Conservation tillage, <i>ridge-till</i>	1980s (USA)	soil and water preservation in slopes	1990s	in experiments only
Conservation tillage, <i>strip-till – 1<sup>st</sup></i>	1970s (USA)	clean sowing strips, covered inter rows – reducing tillage intervention and costs; improved by satellite guidance and automatic positioning	1990s	limited interest
Conservation tillage, <i>strip-till – 2<sup>nd</sup></i>	2000s (USA)		2010s	field trials with the hope of extension

Mulch-till is one of the soil conservation systems, and it has been appreciated since the inception of soil conservation ideas (Allen and Fenster, 1986, Schertz, 1988). However, the subsoiling variant of the conservation systems gained more attention in European relation, considering the need of soil condition improvement (Birkás et al., 2014). Schertz (1988) quotes the definition adopted by authorities in 1983, which states that conservation is any tillage and planting system in which at least 30% of soil surface is covered by plant residue after planting to reduce soil erosion by water.

The most important questions in the adoption of any new tillage systems are the adaptability to the soil conservation and cropping systems and site conditions, yield certainty, good trainability and reasonable investment level (Jug et al., 2018). A further primary question is the suitability of new systems to extreme climate conditions that are increasingly afflicting soils in our region.

The aim of this paper is to assess five modes of soil conservation tillage systems that are tested and/or applied in the region and to indicate their impacts on soil condition.

## Material and methods

Five conservation tillage systems – NT, RT, ST, MTT and MTS – were evaluated according to different aspects in order to assess their adaptability to site conditions. This paper is based on



data measured in soil tillage experiments (NT, RT, MTT and MTS) and soil condition monitoring (ST). Table 2 summarises the basic information (location, period, soil type and quality, and crops grown).

A ridge-till experiment was conducted in a Chromic Luvisol in 1995 (IUSS, 2015), on a ploughed soil, cross to a 3% slope, with a width of 440 mm and inter-row distance of 460 mm. The height of ridges during the vegetation period reached 200-220 mm. The ridges were treated as described in literature using simple machinery adapted for the purpose. Maize was grown in the experiment without rotation (Birkás et al., 1998).

Table 2. Conservation tillage assessment data

	NT	Ridge-till	Strip-till	Mulch-till-T	Mulch-till-S
County in Hungary	Heves	Pest	Baranya, Bács-Kiskun, Békés, Csongrád, Heves, Pest, Tolna +Slovakia	Heves	Heves
Period of assessment	since 2002, continuous	1995-2001	2011-2018	since 2002, continuous	since 2002, continuous
Soil type	Endocalcic Chernozems (Loamic)	Chromic Luvisol	Brown soils, Chernozems, Meadows	Endocalcic Chernozems (Loamic)	Endocalcic Chernozems (Loamic)
Soil quality at the beginning	medium	medium	medium/good	medium	medium
Soil quality after 6 years	improved	medium	no data	improved	improved
Crops grown	cereals, wide-row crops	maize	maize, oilseed rapeseed, sunflower	cereals, wide-row crops	cereals, wide-row crops

Note: NT: no-till, Mulch-till-T: tine tillage; Mulch-till-S: subsoiled

NT, MTT and MTS are treatments in a long-term experiment that was conducted in 2002 in an Endocalcic Chernozem in the town Hatvan (Dekemati et al., 2019a,b).

Ten indicators were selected for the evaluation of tillage systems: depth of the loosened layer, water management, crumb formation, ratio of frost dust after wintering, surface siltation after overwintering, crust formation on silted soil surface, level of surface protection, earthworm abundance, weed infestation and yield level (ISO-2006). Table 3 summarises the indicators and methods that were described in the literature concerned.

Table 3. Methods of data collection from the long-term tillage treatments

Indicator	Method	Literature concerned
Depth of the disturbed and the loosened layer	In 30 day intervals: penetration resistance, soil water content (weight %), crumb ( $\varnothing$ 0.25-10 mm, %)	Soil and Tillage Research, 194, [104334]. <a href="https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104334">https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104334</a>
Water management		
Crumb formation		
Ratio of frost dust after overwintering	Dust % in a unit amount	Plant Soil Environ., 65: 442–448. <a href="https://doi.org/10.17221/249/2019-PSE">https://doi.org/10.17221/249/2019-PSE</a>
Surface siltation	Cover % in a unit area	Plant Soil Environ., 65: 442–448. <a href="https://doi.org/10.17221/249/2019-PSE">https://doi.org/10.17221/249/2019-PSE</a>

Indicator	Method	Literature concerned
Crust formation on silted soil surface	Cover % in a unit area	Plant Soil Environ., 65: 442–448. <a href="https://doi.org/10.17221/249/2019-PSE">https://doi.org/10.17221/249/2019-PSE</a>
Level of surface protection	Summarise the first 6 factors	Polish J. of Env. Studies. 28.5. 3665-3673. DOI: 10.15244/pjoes/97359
Earthworm abundance	By ISO Standards (ISO, 2006)	Soil and Tillage Research 194, [104334]. <a href="https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104334">https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104334</a>
Weed infestation	By the cover %	Polish J. of Env. Studies. 26.3. 1131-1138, DOI: <a href="https://doi.org/10.15244/pjoes/67552">https://doi.org/10.15244/pjoes/67552</a>
Yield level	By the weighing	Compared to the regional average

Assessments of strip-till systems were carried out in 7 counties in three phases, namely, after tillage, after sowing and after crop development. Yield information was received from land owners (sporadic control was also applied).

## Results and discussion

Through indicators, more useful information was received about the applicability of soil conservation tillage systems at the given site conditions. Tables 4-14 presented in this section include trends and/or data which were calculated on the basis of basic measurements.

### *Depth of the disturbed and the loosened layer*

This factor is important to assess the depth of the loosened layer to be adaptable to water intake capacity and the depth of the crop rooting. In our case, the depth of rooting was found to be on an acceptable level (Table 4). No significant differences were found between the disturbed and the loosened soil state (except in NT treatment). According to the assessment, the depth of the loosened layer was more important compared to the depth of the tilled layer which may decrease during growing season. A deeper loosened layer may promote a harmonization in water infiltration and storage (Birkás et al., 2018). The depth of the loosened layer may be created or maintained by long-term soil conservation solutions (Bogunović et al., 2019).

Table 4. Depth of the disturbed and the loosened layer (cm)

Depth (cm)	NT	Ridge-till	Strip-till	Mulch-till-T	Mulch-till-S
Disturbed	0-4	22-25	24-27	22-25	40-45
Loosened	20-28	26-32	24-28	24-28	42-50

Note: NT: no-till, Mulch-till-T: tine tillage; Mulch-till-S: subsoiled

### *Water management*

The importance of this factor is strengthened by the increasing value of water on a global scale (Jug et al., 2018). A soil tillage system is to provide an optimal water supply before growing season and later on during the entire season. The level of water management is of high importance in an out of growing season (Table 5). Optimal water management was identified in both investigated treatments. Authors, including Wang et al. (2019), stated that hopefully a favourable change in soil moisture may be achieved in case of using soil conservation tillage systems in any site conditions. Although tillage contributes to the improvement of water

intake and storage, it may also increase the loss of water from the disturbed soil (Birkás et al., 2018; Gelybó et al., 2018).

Table 5. Water management of soil in and out of the growing season

Time	NT	Ridge-till	Strip-till	Mulch-till-T	Mulch-till-S
1 <sup>st</sup> years	limited	favourable	favourable	favourable	favourable
After the 6 <sup>th</sup> year	improved	moderated	no data	favourable	favourable

Note: NT: no-till, Mulch-till-T: tine tillage; Mulch-till-S: subsoiled

### *Crumb formation*

Crumbs are defined as soil aggregates ranging from 0.25 mm to 10 mm in diameter. According to the national ranking, a crumb ratio higher than 70-75% is considered to be optimal (Filep, 1999). The crumb ratio in soils under conservation tillage is one of the basic indicators of soil quality (Nimmo, 2004, Kisić et al., 2017). Therefore, the use of proper tillage management (that is MTT and MTS or NT) helps create a surface state that may mitigate exposure to climate damages including crumb breakdown (Morris et al., 2010). We identified optimal crumb formation in three treatments and a considerable crumb ratio at ridge and strip-till treatments (Table 6).

Table 6. Ratio of crumbs ( $\varnothing$ 0.25-10 mm) (%) in conservation tilled soils

Time	NT	Ridge-till	Strip-till	Mulch-till-T	Mulch-till-S
1 <sup>st</sup> years	45-50	46-52	52-56	50-56	50-56
After the 6 <sup>th</sup> year	76-80	50-54	no data	78-82	76-80

Note: NT: no-till, Mulch-till-T: tine tillage; Mulch-till-S: subsoiled

### *Ratio of frost dust after overwintering*

Ratio of frost dust in a unit amount of soil is quite a new soil quality indicator (Birkás et al., 2018) and it may be used for the assessment of soil particle distribution after overwintering (Table 7). Ratio of frost dust may refer to the soil's physical state within a given period. The term frost dust was referred to as frost crumb by classic authors. However, considering the diameter of particles, they are actually dusts. Decreasing the frost dust of soil requires reducing surface exposure to the weather impacts during the winter period (Bogunović et al., 2019, Bottlik et al., 2014). As we found, frost dust was effectively reduced in conservation tillage systems.

Table 7. Ratio of frost dust (%) on the surface after overwintering in five tillage systems

Time	NT	Ridge-till	Strip-till	Mulch-till-T	Mulch-till-S
1 <sup>st</sup> years	10-15	12-14	12-15	8-12	8-14
After the 6 <sup>th</sup> year	5-9	10-12	no data	6-10	6-10

Note: NT: no-till, Mulch-till-T: tine tillage; Mulch-till-S: subsoiled

### *Soil surface siltation*

A quite new soil quality indicator (Birkás et al., 2018), which may be assessed more often following rainy periods in and out of the growing season. Soil siltation after heavy rains shows the level of soil exposed to extreme climate conditions. The degree of the silting, out of pre-

precipitation depends on the soil quality (that is degraded or preserved), and on the covering state of the surface mud film that creates a surface seal and later on a surface crust (Morris et al., 2010). The ratio of the surface silting can be ranked by the degree of the damage, similarly to the frost dust formation (e.g. < 10% is slight, 31-50% is risky, and 51-70% is serious etc.) (Bottlik et al., 2014). Less surface siltation was found in soils where surface protection reached an acceptable level (min. 30% of the cover). The clean surface was found to be a factor that is endangered by rain phenomena.

Table 8. Siltation occurred in soil surface

Time	NT	Ridge-till	Strip-till	Mulch-till-T	Mulch-till-S
1 <sup>st</sup> years	high	moderate	high*/low**	moderate	moderate
After the 6 <sup>th</sup> year	low	moderate	no data	low	low

Note: NT: no-till, Mulch-till-T: tine tillage; Mulch-till-S: subsoiled, \*: in strips, \*\*: in inter rows

### *Crust formation on silted soil surface*

Crust occurrence was affected by the ratio of siltation in soil surface and it was additionally influenced by the amount and intensity of the rainfalls (Table 9). This indicator was previously used to qualify seedbed state (Gallardo-Carrera et al., 2007), but its application has expanded nowadays. Crust formation, considering its more frequent and periodic appearance in non-expected periods, may receive more attention nowadays (Bogunović et al., 2019, Bottlik et al., 2014, Jug et al., 2018). Our data obtained from Chernozems suggested that thickness of the surface crust may be reduced by effectual surface cover, similarly to findings published by Chen and Duan (2015).

Table 9. Crust formation after drying of soil surface in five tillage systems

Time	NT	Ridge-till	Strip-till	Mulch-till-T	Mulch-till-S
1 <sup>st</sup> years	moderate	moderate	high*/low**	moderate	moderate
After the 6 <sup>th</sup> year	low	moderate	no data	low	low

Note: NT: no-till, Mulch-till-T: tine tillage; Mulch-till-S: subsoiled. \*: at poor crop grown, \*\*: at optimal crop grown

### *Level of surface protection*

Level of surface protection may be summarised by factors that were used during the qualifying procedures. An acceptable surface protection was found in all five different soil conservation methods (Table 10), however, the level of protection varied. An important finding was that long-term soil conservation really improved soil condition and due to this, the level of surface protection, too.

Table 10. Level of the surface protection in conservation tilled soils

Time	NT	Ridge-till	Strip-till	Mulch-till-T	Mulch-till-S
1 <sup>st</sup> years	moderate	acceptable	low*/good**	mid	mid
After 6 <sup>th</sup> year	high	acceptable	no data	high	high

Note: NT: no-till, Mulch-till-T: tine tillage; Mulch-till-S: subsoiled, \*: in strips, \*\*: in inter rows

### *Earthworm activity*

Earthworm activity was an important factor in addition to monitoring soil conservation solutions (Table 11). It was clear, that both too wet and overdried soils were unfavourable habitats for earthworms. Moreover, the ploughed soil itself was by far the worst habitat (Birkás et al., 2010). Good earthworm abundance and activity were found in soils that were carefully disturbed (at NT), and that had effectual surface cover (MTT). Moreover, Dekemati et al. (2019b) published more important information about earthworm requirements for the habitat.

Table 11. Earthworm activity in soils

Time	NT	Ridge-till	Strip-till	Mulch-till-T	Mulch-till-S
1 <sup>st</sup> years	low	high	high*	high	High
After the 6 <sup>th</sup> year	high	high	no data	high	High

Note: NT: no-till, Mulch-till-T: tine tillage; Mulch-till-S: subsoiled, \*only inter rows; Earthworm abundance (1 m<sup>2</sup>/0-20 cm depth): low: 6-10, high: 25-30

### *Weed infestation*

Findings of the weed infestation are presented in Table 12. Studying the influence of soil tillage methods on weed infestation has long been a research topic. Earlier, soil inversion was found to be an effectual weed control method, compared to the ploughless solutions (Forcella and Lindstrom, 1988, Smatana and Macák, 2014). This idea has slightly been changed by findings of recent trials (Kende et al., 2017). It may highlight, that the original reason of the weed infestation is the weed seed accumulation effect of the former soil inversion technique. The advantage of the ploughless tillage methods – by creating soil state adaptable to the seed germination – may promote viable seed emergence and give chance to effective control.

Table 12. Weed infestation in soils

Time	NT	Ridge-till	Strip-till	Mulch-till-T	Mulch-till-S
1 <sup>st</sup> years	high	moderated	manageable*	high	high
After the 6 <sup>th</sup> year	manageable	manageable	no data	manageable	manageable

Note: NT: no-till, Mulch-till-T: tine tillage; Mulch-till-S: subsoiled, \*high attention is required

### *Yield level*

Yield levels were compared to the regional average that were realised at low and medium nutrient supply (Table 13). It was stated, that the transition from a conventional system to an environmentally-sound one contributed to yield drops. Later on, due to soil quality development in soil conservation tillage systems, it probably contributed to the production of a reasonable level of the crop yields. This fact may confirm the future chance to widen the soil conservation method application.

Table 13. Assessing the yield level in five tillage systems

Time	NT	Ridge-till	Strip-till	Mulch-till-T	Mulch-till-S
1 <sup>st</sup> years	low	acceptable	changeable*	moderated	moderated
After the 6 <sup>th</sup> year	acceptable	acceptable	no data	high	acceptable

Note: NT: no-till, Mulch-till-T: tine tillage; Mulch-till-S: subsoiled, \*depended on factors (adjustment, weather at crop emergence, weed infestation and management)

Table 14. summarizes the main findings of the evaluation presented in Table 4 and 13.

Table 14. Soil conservation challenges (summed stating)

Time	NT	Ridge-till	Strip-till	Mulch-till-T	Mulch-till-S
Advantages	water conservation	use sloped soils	high technical background	soil and water conservation	deep loosened layer
Considerations	soil state	special tool requirement	knowledge	knowledge	knowledge
Challenge for future	soil state improvement	apply in micro plots	no ploughing	climate damage mitigation	climate damage mitigation
Requirements	training	training	training	training	training

## Conclusions

Five soil conservation tillage systems were evaluated by 10 soil quality indicators to forming the regional thinking and promoting the positive approach. New approaches are as follows:

- The importance of no-till is appreciated by weather extremes in the future.
- Ridge-till can be significant on small farms involving manual labour.
- The significance of strip-till is expected to increase, but the uncovered strips may be critical after autumnal sowing.
- The importance of mulch-till-T will increase, considering the importance of surface protection.
- The importance of mulch-till-S will increase, due to the need of soil condition improvement.
- It can be stated that there are still unutilized reserves in the tillage practice reducing the human induced moisture loss.

## Acknowledgements

This publication was supported by the project No. EFOP-3.6.1-16-2016-00016 within the framework of the intelligent specialization in water management, hydroculture, precision engineering and alternative crop production (research and training profile at Szarvas Campus of SZIU). The authors would like to express their appreciation to the EFOP-3.6.3- VÉKOP-16-2017-00008 project. The project is co-financed by the European Union and the European Social Fund.

## Literature

1. Allen, R.R., Fenster, C.R. (1986): Stubble-mulch equipment for soil and water conservation in the Great Plains. *Journal of Soil and Water Conservation*, 41, 11–16.
2. Bašić, F., Bogunović, M., Božić, M., Husnjak, S., Jurić, I., Kisić, I., Mesić, M., Mirošević, M., Romić, D., Žugec, I. (2007): Regionalisation of Croatian agriculture. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72 (1), 27–38.
3. Birkás, M., Gyuricza, Cs., Percze, A., Szalai, T. (1998): Experiment with ridge-tillage for maize in a brown forest soil. *Növénytermelés*, 47 (5), 559-571 (in Hungarian, with English summary).
4. Birkás, M., Stingli, A., Gyuricza, C., Jolánkai, M. (2010): Effect of soil physical state on earthworms in Hungary. *Applied and Environmental Soil Sci. Spec. Issue: Status, trends and Advances in earthworm research and vermitechnology* (Eds. Karmegam, N., Kale, R.D. et al.) Article ID 830853, 7 pages.

5. Birkás, M., Jug, D., Kisić, I. (2014): Book of Soil Tillage. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, p. 332. [ljesnjak.pfos.hr/~jdanijel/literatura/Book\\_of\\_Soil\\_Tillage.pdf](http://ljesnjak.pfos.hr/~jdanijel/literatura/Book_of_Soil_Tillage.pdf)
6. Birkás, M., Mesić, M; Smutný, V. (2015): Soil conservation tillage in crop production. *Contemporary Agriculture*, 64 (3-4), 248-254.
7. Birkás, M., Dekemati, I., Kende, Z., Pósa, B. (2017): Review of soil tillage history and new challenges in Hungary. *Hungarian Geographical Bulletin*, 66 (1), 55-64.
8. Birkás, M., Jug, D., Kende, Z., Kisić, I., Szemők, A. (2018): Soil tillage response to the climate threats – Reevaluation of the classic theories. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 83 (1), 1-9.
9. Bogunović, I., Kovács, P.G., Đekemati, I., Kisić, I., Balla, I., Birkás, M. (2019): Long-term effect of soil conservation tillage on soil water content, penetration resistance, crumb ratio and crusted area. *Plant, Soil & Environment*, 65, 442–448.
10. Bottlik, L., Csorba, S., Gyuricza, C., Kende, Z., Birkás, M. (2014): Climate challenges and solutions in soil tillage. *Applied Ecology and Environmental Research*, 12 (1), 13–23.
11. Chen, X.H., Duan, Z.H. (2015): Impacts of soil crusts on soil physicochemical characteristics in different rainfall zones of the arid and semi-arid desert regions of northern China. *Environmental Earth Sciences*, 73, 3335–3347.
12. Dekemati, I., Bogunovic, I., Kisić, I., Radics, Z., Szemők, A., Birkás, M. (2019a): The Effects of Tillage-Induced Soil Disturbance on Soil Quality Condition. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28 (5), 3665-3673.
13. Dekemati, I., Simon, B., Vinogradov, S., Birkás, M. (2019b): The effects of various tillage treatments on soil physical properties, earthworm abundance and crop yield in Hungary. *Soil and Tillage Research*, 194, 104334.
14. Filep, Gy. (1999): Physical characters of soil. In: Stefanovits, P., Filep, Gy., Fülek, Gy. (eds.): *Soil Science*. Budapest, Mezőgazda Kiadó, 131–190.
15. Forcella, F., Lindsrom, M.J. (1988): Movement and germination of weed seeds in ridge-till crop production. *Weed Science*, 36 (1), 56-59.
16. Gallardo-Carrera, A., Léonard, J., Duval, Y., Dürr, C. (2007): Effects of seedbed structure and water content at sowing on the development of soil surface crusting under rainfall. *Soil and Tillage Research*, 95, 207–217.
17. Gelybó, G., Tóth, E., Farkas, C., Horel, Á., Kása I., Bakacsi, Z. (2018): Potential impacts of climate change on soil properties. *Agrochemistry and Soil Science*, 67 (1), 121-141.
18. ISO – International Standard ISO23611-1, 2006. *Soil Quality – Sampling of Soil Invertebrates – Part 1: Hand-sorting and Formalin Extraction of Earthworms*. Reference number: ISO 23611-1:2006 (E). first edition.
19. IUSS Working Group WRB (2015): *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015*. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil Maps. *World Soil Resources Reports No. 106*. FAO, Rome
20. Jug, D., Jug, I., Brozović, B., Vukadinović, V., Stipešević, B., Đurđević, B. (2018): The role of conservation agriculture in mitigation and adaptation to climate change. *Poljoprivreda*, 24 (1), 35-44.
21. Kende, Z., Sallai, A., Kassai, K., Mikó, P., Percze, A., Birkás, M. (2017): The Effects of Tillage Induced Soil Disturbance on Weed Infestation of Winter Wheat. *Polish J. of Environmental Studies*, 26 (3), 1131-1138.
22. Kisić, I., Bogunović, I., Bilandžija, D. (2017): The influence of tillage and crops on particle size distribution of water-eroded soil sediment on Stagnosol. *Soil and Water Research*, 12 (3), 170-176.
23. László, P., Gyuricza C. (2004): Effect of the ridge tillage system on some selected soil physical properties in a maize monoculture. *Acta Agron. Hungarica*, 52 (3), 211–220.
24. Morris, N.L., Miller, P.C.H., Orson, J.H., Froud-Williams, R.J. (2010): The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment – A review. *Soil and Tillage Research*, 108, 1–15.

25. Nimmo, J.R. (2004): Aggregation: Physical aspects. In: Hillel D. (ed): Encyclopedia of Soils in the Environment. London, Academic Press, 1–11.
26. Reeder, R.C. (1990): Extension program and farmer experiences with ridge tillages. Soil and Tillage Research, 18, 283-293.
27. Schertz, D.L. (1988): Conservation tillage: An analysis of acreage projections in the United States. Journal of Soil and Water Conservation, 43, 256–258.
28. Smatana, J, Macák, M. (2014): Weed infestation dynamics of winter wheat fields in South-Western Slovakia. Research Journal of Agricultural Science, 46 (2), 338-344.
29. Wang, S.B., Guo, L.L., Zhou P.C., Wang, X.J., Shen, Y., Han, H.F., Ning, T.Y., Han, K. (2019): Effect of subsoiling depth on soil physical properties and summer maize (*Zea mays* L.) yield. Plant, Soil and Environment, 65, 131–137.

## Iskustva u konzervacijskim sustavima obrade tala

### Sažetak

Sustavi zaštite tla u svijetu uživaju sve veći interes što je i u skladu s njihovom sve širom primjenom. Tradicionalni sustavi obrade tla (uz primjenu pluga) sve se više kritiziraju, ali ne zbog tradicije, već zbog njihovog štetnog utjecaja na tlo. Primjena načela zaštite tala prilagođena okolišnim uvjetima važnija je nego ikad prije. Sljedeći cilj je pravilno gospodarenje vodom u tlu, pri čemu količina uskladištene vode u tlu mora biti veća od njenih gubitaka. Cilj rada bio je podsjetiti na rezultate dobivene pri različitim sustavima obrade tla u Mađarskoj. Pet sustava obrade tala – izostavljena obrada tla (NT), obrada tla u grebenove (RT), obrada tla u trake (ST), obrada tla u malč s gruberom (MTT) i s podrivačem (MTS) – ocjenjeno je na temelju deset pokazatelja kako bi procijenili njihovu prilagodljivost agroekološkim uvjetima uzgojnog područja. Podaci su dobiveni iz istraživanja s različitim sustavima obrade tla (NT, RT, ST, MTT i MTS) i praćenjem stanja tla (MTT, MTS, ST i CC). Analiza podataka pokazuje kako se konzervacijska obrada sve više primjenjuje, uzimajući u obzir važnost ublažavanja vremenskih ekstrema. NT moguće je primijeniti na većim područjima, u kombinaciji s ostalim konzervacijskim rješenjima. RT može se koristiti na malim farmama na nagnutim terenima. Očekuje se značajnije prihvaćanje ST u uzgoju širokorednih usjeva. Najveća je korist MTT sustava u efektivnoj zaštiti površine. Potreba MTS je česta u ublažavanju slijeganja tla, uglavnom u dubljim slojevima, uslijed klimatskih promjena.

**Ključne riječi:** izostavljena obrada tla, obrada tla u grebenove, obrada tla u trake, obrada tla u malč, prilagodba



# The fate and behaviour of pesticides in the environment

Rada Đurović-Pejčev

*Institute of pesticides and environmental protection, Banatska 31b, Belgrade 11080, Serbia,  
e-mail: rada.djurovic@pesting.org.rs*

## Abstract

Modern agricultural production is still unimaginable without the use of pesticides. Besides the benefits, intensive use of these agrochemicals has some undesired consequences. In considering these harmful effects, the greatest risk is environmental pollution.

Once a pesticide enters the environment, its fate will depend on many factors, such as the physicochemical properties of both the pesticide compound and soil, formulation type, geography, climate, and biological characteristics of the ground. However, considering the manner and amounts of the pesticide application, it seems that soil contamination is a central point of this issue.

Reducing soil contamination, i.e., removing pesticides from this medium requires knowledge of all the processes and factors that influence their behaviour in this complex matrix. Although the aforementioned processes could be divided into three groups (*adsorption* – binding to mineral and/or organic matter from the soil; *degradation* – chemical, photochemical and microbiological; and *mobility* – evaporation, run off, leaching, adoption by plants, i.e., target organisms), a special emphasis should be placed on the adsorption processes, since they determine the concentration of free fraction of pesticide molecules, i.e. of pesticide quantity that may participate in detoxification processes including degradation and mobility.

Considering all the aforementioned, there is evidently a need for continuous monitoring of pesticide residues in samples of different origin. Data obtained from systematic environmental monitoring would not only include the statistics, but also provide a basis for adopting more stringent legal regulations, which would further reduce unprofessional and unscrupulous uses of these agrochemicals.

**Key words:** pesticides, environment, soil, fate and behaviour

## Acknowledgment

This work was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

## Sudbina i ponašanje pesticida u okolišu

### Sažetak

Suvremena poljoprivredna proizvodnja još je uvijek nezamisliva bez upotrebe pesticida. Osim koristi, intenzivna uporaba ovih agrokemikalija ima i neke neželjene posljedice. Uzimajući u obzir ove štetne učinke, najveći rizik predstavlja onečišćenje okoliša.

Jednom kada pesticid uđe u okoliš, njegova sudbina ovisit će o mnogim čimbenicima, kao što su fizikalno-kemijska svojstva pesticidnog spoja i tla, formulacija, geografija, klima i biološke karakteristike tla. No, s obzirom na način i količinu primjene pesticidima, čini se da je onečišćenje tla središnja točka ovog pitanja.

Smanjenje onečišćenja tla, tj. uklanjanje pesticida iz ovog medija zahtijeva poznavanje svih procesa i čimbenika koji utječu na njihovo ponašanje u ovoj složenoj matrici. Iako se spomenuti procesi mogu podijeliti u tri skupine (*adsorpcija* – vezanje za mineralne i/ili organske tvari tla; *razgradnja* – kemijska, fotokemijska i mikrobiološka te *mobilnost* – isparavanje, otjecanje, ispiranje, usvajanje od strane biljaka, odnosno ciljnih organizama), poseban naglasak treba staviti na procese adsorpcije, jer oni određuju koncentraciju slobodnih frakcija molekula pesticida, tj. količine pesticida koji mogu sudjelovati u procesima detoksikacije, uključujući razgradnju i mobilnost.

Uzimajući u obzir sve navedeno, očito postoji potreba za stalnim monitoringom ostataka pesticida u uzorcima različitog podrijetla. Podaci dobiveni sustavnim monitoringom okoliša ne samo da uključuju statistike, već pružaju osnovu za donošenje strožih zakonskih propisa, koji bi umanjili neprofesionalno i beskrupulozno korištenje ovih agrokemikalija.

**Ključne riječi:** pesticidi, okoliš, tlo, sudbina i ponašanje

### Priznanje

Ovaj rad podržalo je Ministarstvo prosvjete, znanosti i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

# A decade of harmful organism and micrometeorological conditions operational monitoring in Serbia: *Venturia inaequalis* case study

Branislava Lalić<sup>1</sup>, Milena Marčić<sup>2</sup>, Ana Firanj Sremac<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Agriculture, University of Novi Sad, Dositej Obradović Sq. 8,  
21000 Novi Sad, Serbia, e-mail: branislava.lalic@polj.edu.rs

<sup>2</sup>Forecasting and Reporting Service for Plant Protection of AP Vojvodina,  
Agricultural Station of Novi Sad, Temerinska 131, 21000 Novi Sad, Serbia

## Abstract

Operational biological and meteorological monitoring is a highly demanding and challenging task which, if properly organized and managed, provides qualitative and quantitative data necessary for understanding the governing processes behind the biosphere-atmosphere interaction. In 2010, the Forecasting and Reporting Service for Plant Protection of AP Vojvodina started operational monitoring of harmful organisms and micrometeorological conditions in plant canopies, orchards and vineyards in northern Serbia (Vojvodina). The concept and functionalities of the system are presented through monitoring of *Venturia inaequalis* fungus (the causal agent of apple scab disease) as a case study. It depicts the capacity of the system for becoming a powerful tool for testing current scientific knowledge and development of new research ideas in different fields, from micrometeorology to phytopathology.

**Key words:** monitoring, micrometeorology, *Venturia inaequalis*, Forecasting and Reporting Service, biosphere-atmosphere interaction

## Introduction

Endless interaction between the surface atmospheric layer, plants (canopy) and harmful organisms determines their current and future state. Governing physical, chemical and biochemical processes have always been high-level subjects of interest for the multidisciplinary scientific community. Their proper treatment leads to statements and conclusions which should be verified with reference to empirical evidence in order to become scientific ones, requiring atmosphere and biosphere measurements and observations. While micrometeorological measurements were standardized a long time ago (see for example WMO, 2012), biological measurements and observations are far from standardization. This is mostly because permanent (daily or weekly) biological measurements used to be the subject of long term experiments (Harvard forest observation <https://harvardforest.fas.harvard.edu/major-research-topics/major-research-topics/forest-atmosphere-exchange>, for example) and the privilege of high-profile research institutions. Individual field experiments included wide spectra of biological parameters, but without standardization in respect to methodology, frequency of measure-

ment or selection of mandatory biological variables and parameters. Therefore, pioneering work in establishing the national biological and meteorological monitoring system in Serbia, as a part of Forecasting and Reporting Service for Plant Protection (PIS), faced challenges from the beginning. Set in motion with the main goal to monitor and report appearance and intensity of harmful organisms and to offer advice for their treatment, PIS strongly relies on high-quality meteorological and biological data in its operational work (Lalic et al., 2020). Therefore, significant human and technical resources have been invested in the standardization of biological measurements and observations followed by micrometeorological measurements and corresponding metadata. Databases are designed to support data assimilation from both field trials and permanent monitoring on time scales ranging from hourly (weather data) to daily and weekly (plant and harmful organism data). The third normalized form, as a property of relational databases in use, allows their application as a powerful source of information and PIS as a valuable asset in discovering the causes and consequences of atmosphere-plant-harmful organism interaction.

This paper presents a segment of PIS biological and meteorological monitoring system focused on *Venturia inaequalis* operational monitoring, methodology of data analysis and its future applications. While prediction of infection intensity based on average temperature during the leaf wetness period (Mills, 1955) is broadly accepted, assessment of ascospore maturity and dispersal rate is still a subject of discussion in the scientific community. Common ground is that accumulated degree-days and humidity in general dominantly affect all processes governing maturity and dispersal rate (James and Sutton, 1981, MacHardy and Gadoury, 1984, Gonzalez-Dominiguez et al., 2017, Jankowski and Masny, 2019). However, we are still missing a model or algorithm which can be applied in different production regions under highly variable meteorological conditions. The presented results are our humble contribution to a better understanding of this topic.

## Material and methods

*Meteorological and biological data.* PIS is a system that provides extensive monitoring of the most important agricultural production, harmful organisms on the products and the conditions in which the production takes place and harmful organisms develop. Monitoring is performed using several tools: visual examination of host plants, pathogens and pests; pheromone and light traps; automatic weather stations; laboratory examinations and trials. Monitoring rules are the same for the whole area of activity and they have been implemented in the same way for the past ten years. Reference sites for monitoring have been defined for the economically most significant harmful organisms, and these sites have been under comprehensive and continuous monitoring. The most important monitoring tools are visual examinations of the presence of harmful organisms and their development stages, which are performed according to the uniform specifications.

Micrometeorological measurements in orchards, vineyards and crop canopies are obtained using automatic weather stations (AWSs) at 185 locations across Serbia. Standard AWS setup is based on sensors for air and soil temperature, air humidity, precipitation and leaf wetness within canopy or at tree crown height. Biological monitoring includes a) plant phenological records according to BBCH scale (visual observation) and b) harmful organism phenology and abundance (pheromone traps, light traps, visual examination of pathogens and pests, spore catchers and laboratory examination). A detailed description of the monitoring system as an element of PIS decision support system can be found in Lalic et al. (2020).

Monitoring of *Venturia inaequalis* relies on weekly samplings of orchard leaves and laboratory examination in order to determine a) ascospore maturity and dispersal rate, b) ascospore release over the season, and c) assessment of time and intensity of infection. Fifty leaves of each variety are sampled once a week. From this sample, fifty pseudothecia are observed under the microscope and categorized according to the percentage of mature ascospores. The methodology for examining and calculating ascospore maturity is presented in Aleksić (2006).

The observation period commonly starts at the beginning of February and lasts until mid of June. Since the 2011 season, when the monitoring operationally started, the number of locations has increased, expanding from northern to southern part of the country. The final inventory in 2019 included 17 regions with 24 locations of monitoring and 6 apple varieties (not present on all locations). For the purpose of this study we selected 6 locations with the longest continuous data series, including the locations in Table 1.

Table 1. Selected regions of *Venturia inaequalis* fungi monitoring in the PIS monitoring system

Region	Period of monitoring
Senta	2013-2019
Novi Sad	2013-2019
Kikinda	2014-2019
Ruma	2014-2019
Vršac	2015-2019
Jagodina	2014-2018

## Data analysis

The main objectives of PIS in respect to *Venturia inaequalis* monitoring are to identify spatial and temporal development of the fungi, quantify the impact of the main environmental factors (primarily meteorological) on their development and assess the optimal time of spraying in respect to the infection intensity.

According to literature sources (Gadoury and MacHardy, 1982, Stensvand et al., 2005, Roubal and Nicot, 2016) and empirical experience, the following meteorological elements and indices are selected as potentially important for ascospore maturity and dispersal rate: a) accumulated degree-days for  $T_b = 0$  °C (DD) and precipitation (H), during the whole maturation period (denoted by subscript MP) and between two consecutive measurements (denoted by subscript PP); and b) the number of dry (D\_d) and wet (W\_d) days, average relative humidity (RVL), the number of days with relative humidity above 80% (R80\_d) and 90% (R90\_d) between two consecutive measurements.

In order to meet these objectives, the following data analysis is performed:

- i. temporal and spatial variability of ascospore maturity;
- ii. Pearson correlation coefficient ( $r$ ) and coefficient of determination ( $r^2$ ) are calculated for the selected meteorological elements and indices in order to quantify their substantial importance for the maturation processes.

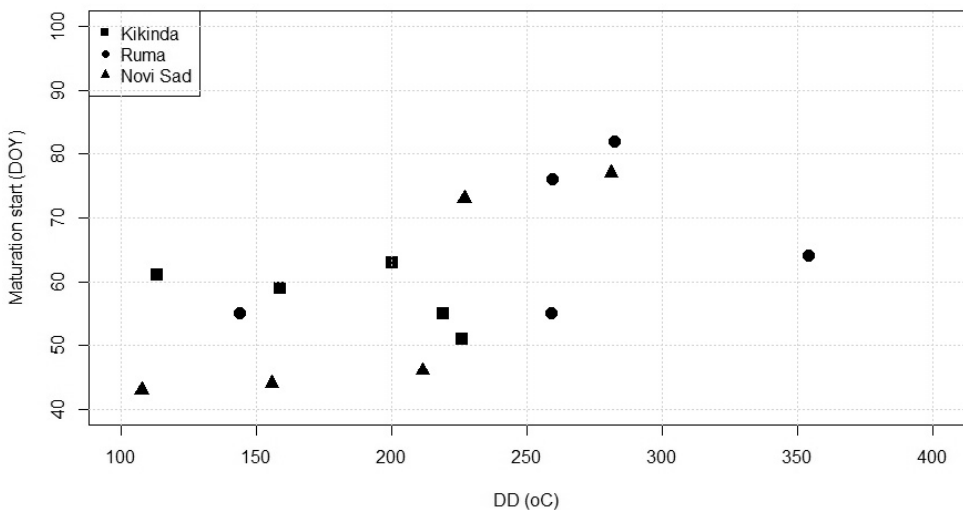
## Results and discussion

The beginning of the maturation period and its duration varies, sometimes significantly, over the years and examined regions. Accumulated degree days before the beginning of ascospore

maturation (Graph 1) indicate that the processes that precede maturation strongly depend on factors other than temperature.

The impact of adverse weather conditions and high variability of meteorological elements on these processes is particularly interesting. In field conditions it is rather difficult to make the analysis, but seasons like 2018 are suitable for collection of case studies which, eventually, can lead to certain conclusion. The year 2018 began in Serbia with advection of warm air, which increased the air temperature in most parts of the country (from the northern part up to the region of Niš far in the south). During the first week of January 2018, the maximum air temperature was commonly between 10 °C and 18 °C, which is far above the normal temperature for January (in Novi Sad it is 3.7 °C with 18.7 °C as absolute maximum for 1981-2010 climatology). Ten weeks later, between March 17<sup>th</sup> and 18<sup>th</sup>, cold air mass advection caused a drop in the minimum temperature (commonly 6-9 °C) and snow events in many regions. The period with the minimum temperature below 0 °C (typically up to -3 °C) extended until March 25<sup>th</sup>. Frost days in March are certainly common, but the average number in the last climatological period was 10-12 days (exceptionally 15 days), while in 2018 the number of frost days in Novi Sad was 14, in Belgrade it was 11, in Loznica 15 days, etc. However, a brief inspection of Tables 1 and 2 shows that, in 2018, neither the maturation started earlier, nor did the maturation period take much longer in comparison to previous seasons.

At some locations (Kikinda, Vršac, Jagodina) the maturation start varies over the years (Table 2), but weather conditions over the season lead to significant changes in duration of the process (Table 3). Although the correlation does not directly lead to a conclusion about causality, a high correlation coefficient ( $r$ ) can indicate possible »suspects«, while its square indicates the portion of maturation variability that is shared by variables and parameters related to weather conditions.



Graph 1. Ascospore maturation start in respect to accumulated degree-days (DD)

Table 2. Beginning of maturation period (DOY) and its coefficient of variation (CV)

Region	Senta	Novi Sad	Kikinda	Ruma	Vršac	Jagodina	CV (%) (annual)
2013	50	38					
2014	57	50	51	64		63	11
2015	49	43	63	56	57	78	21
2016	48	48	62	55	69	76	19
2017	101	73	61	76	69	73	18
2018	73	67	59	82	65	81	13
2019	65	57	64	74	66		9
<b>CV (%) (regional)</b>	<b>30</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	

Three locations in central (Novi Sad), north-eastern (Kikinda) and hilly southern (Ruma/Kudoš) part of Vojvodina are selected from the complete set of analysis (Tables 4-6). Even a brief inspection of the presented results clearly indicates that the correlation between accumulated DD and precipitation over the season is always high (typically above 0.90) with the coefficient of determination commonly above 80%. Accordingly, the following question arises: Why do we not use simple regression formula to predict ascospore maturation intensity simply based on accumulated temperatures and precipitation?

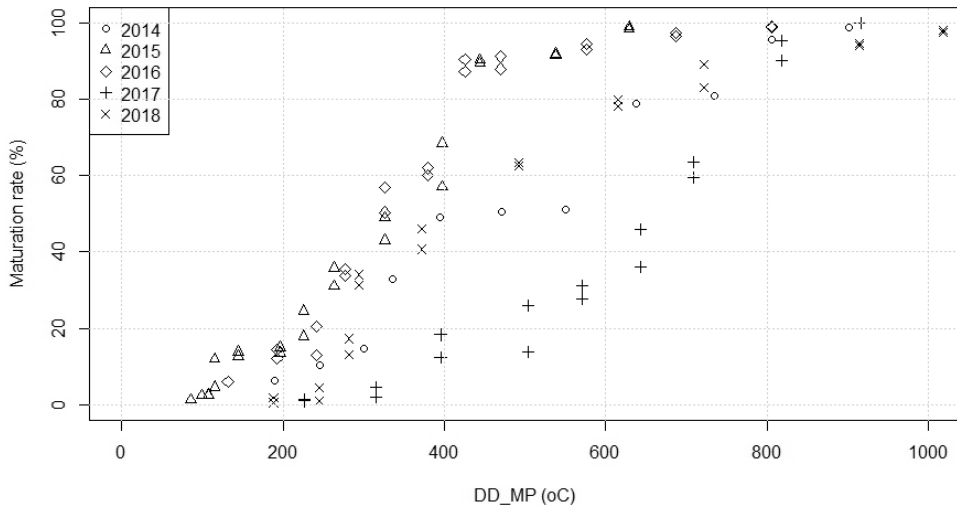
Table 3. Duration of maturation period (DOY) and its coefficient of variation (CV)

Region	Senta	Novi Sad	Kikinda	Ruma	Vršac	Jagodina	CV (%) (annual)
2013	77	82					
2014	85	70	105	78		76	16
2015	93	76	90	55	84	77	17
2016	98	70	75	62	61	54	22
2017	63	57	101	96	87	94	22
2018	63	68	84	73	88	82	13
2019	71	70	84	87	78		10
<b>CV (%) (regional)</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>19</b>	

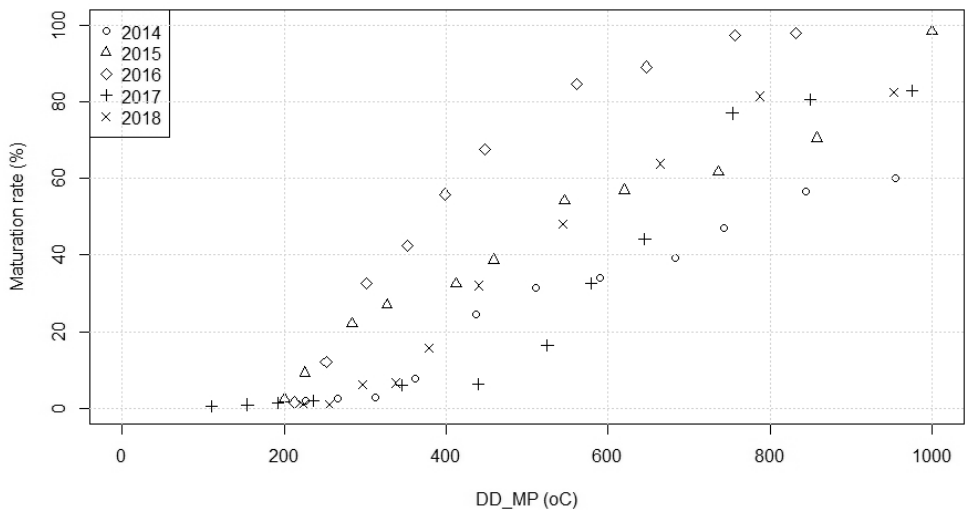
However, even though the correlation is really high in individual seasons, a wide range of maturation rates and significant deviations from linearity over the years (Graph 2) indicate the impact of additional important factors.

By downscaling the analysis from seasonal to weekly scales («Between two consecutive measurements»), the correlation coefficient becomes less straightforward, picturing the impact of daily and weekly variations of meteorological elements on the maturation processes. It especially refers to high variation of correlation for relative humidity (RVL<sub>pp</sub>), dry (D<sub>d<sub>MP</sub></sub>) and wet days (W<sub>d<sub>MP</sub></sub>), as well as high determination coefficient for RVL<sub>pp</sub>, indicating sensitivity of maturation intensity to the listed parameters and significance of RVL<sub>pp</sub> for maturation variability. One reason for such positive and negative correlations for the same variable in different seasons can be the result of an existing (but still not known) threshold value of a particular meteorological parameter which determines whether its influence is positive or negative.

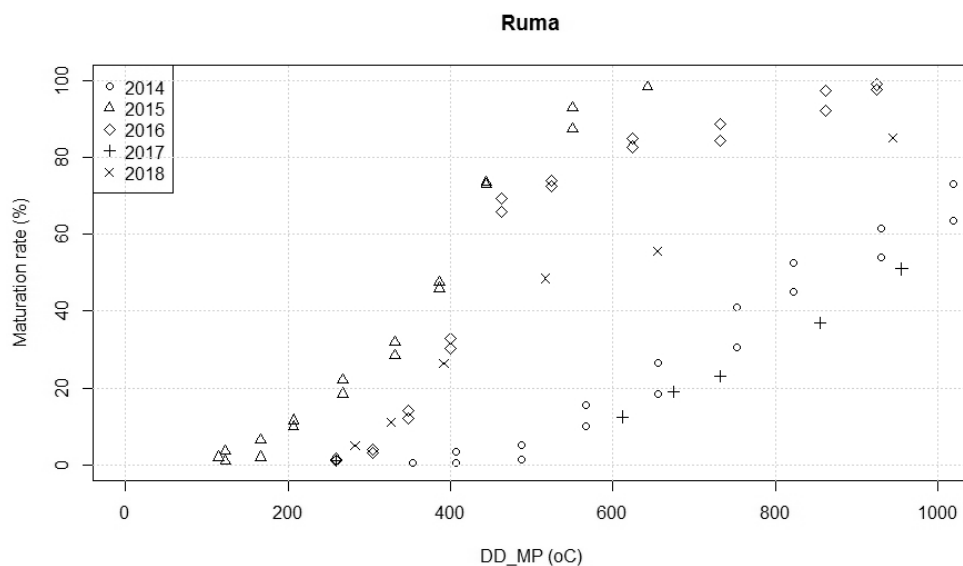
**Novi Sad/Cenej**



**Kikinda**







Graph 2. Ascospore maturation rate in respect to degree-days during maturation period ( $DD_{MP}$ ) on Novi Sad/Cenej (top), Kikinda (middle) and Ruma (bottom) locations

Table 4. Pearson correlation coefficient ( $r$ ) and coefficient of determination ( $r^2$ ) (in brackets) between maturation and selected meteorological elements and indices for the location of Čenej in Novi Sad region.

Year	Maturation period			Between two consecutive measurements						
	DD	H	Dry	H	W_d	D_d	H_int	RVL	R80_d	R90_d
<b>2014</b>	0.98 (0.95)	0.95 (0.90)	0.97 (0.95)	0.49 (0.24)	0.78 (0.61)	-0.65 (0.43)	0.62 (0.38)	0.76 (0.57)	0.26 (0.07)	0.08 (0.006)
<b>2015</b>	0.98 (0.96)	0.87 (0.76)	0.98 (0.95)	-0.48 (0.22)	-0.51 (0.26)	0.66 (0.43)	-0.08 (0.006)	-0.91 (0.84)	-0.44 (0.19)	-0.67 (0.44)
<b>2016</b>	0.90 (0.80)	0.97 (0.93)	0.91 (0.83)	-0.41 (0.16)	-0.57 (0.32)	0.61 (0.37)	0.09 (0.008)	-0.76 (0.58)	-0.72 (0.51)	-0.56 (0.31)
<b>2017</b>	0.96 (0.92)	0.95 (0.91)	0.93 (0.87)	0.54 (0.29)	0.37 (0.14)	-0.40 (0.16)	0.29 (0.09)	0.22 (0.05)	0.46 (0.22)	0.14 (0.02)
<b>2018</b>	0.980 (0.97)	0.90 (0.80)	0.99 (0.98)	0.21 (0.04)	0.43 (0.19)	0.35 (0.12)	-0.23 (0.05)	-0.43 (0.18)	-0.47 (0.22)	-0.32 (0.10)
<b>2019</b>	0.97 (0.94)	0.96 (0.93)	0.94 (0.88)	0.84 (0.71)	0.83 (0.68)	-0.06 (0.003)	0.36 (0.13)	0.81 (0.63)	0.84 (0.71)	0.80 (0.64)

Table 5. Pearson correlation coefficient (r) and coefficient of determination (r<sup>2</sup>) (in brackets) between maturation and selected meteorological elements and indices for the location of Kikinda in Kikinda region.

Year	Maturation period			Between two consecutive measurements						
	DD	H	Dry	H	W_d	D_d	H_int	RVL	R80_d	R90_d
<b>2014</b>	0.99 (0.98)	0.96 (0.93)	0.97 (0.95)	0.60 (0.37)	0.43 (0.19)	-0.22 (0.05)	0.14 (0.02)	-0.30 (0.09)	-0.06 (0.004)	-0.24 (0.06)
<b>2015</b>	0.98 (0.96)	0.96 (0.93)	0.98 (0.97)	-0.36 (0.13)	-0.16 (0.02)	0.34 (0.11)	-0.24 (0.06)	-0.55 (0.30)	-0.01 (0.00)	-0.50 (0.25)
<b>2016</b>	0.95 (0.90)	0.94 (0.88)	0.96 (0.93)	-0.73 (0.53)	-0.72 (0.51)	0.67 (0.45)	-0.50 (0.25)	-0.88 (0.77)	-0.41 (0.17)	-0.87 (0.75)
<b>2017</b>	0.96 (0.92)	0.95 (0.91)	0.94 (0.88)	-0.14 (0.02)	0.29 (0.09)	-0.10 (0.01)	0.21 (0.04)	-0.08 (0.00)	0.27 (0.07)	-0.22 (0.05)
<b>2018</b>	0.97 (0.95)	0.87 (0.75)	0.98 (0.96)	-0.62 (0.38)	-0.69 (0.47)	0.86 (0.74)	-0.46 (0.21)	0.85 (0.72)	0.77 (0.60)	0.43 (0.19)

Table 6. Pearson correlation coefficient (r) and coefficient of determination (r<sup>2</sup>) (in brackets) between maturation and selected meteorological elements and indices for the location of Kudoš in Ruma region.

Year	Maturation period			Between two consecutive measurements						
	DD	H	Dry	H	W_d	D_d	H_int	RVL	R80_d	R90_d
<b>2014</b>	0.99 (0.98)	0.86 (0.75)	0.96 (0.93)	0.47 (0.20)	0.32 (0.09)	-0.51 (0.25)	0.40 (0.14)	0.38 (0.14)	-0.23 (0.05)	0.33 (0.11)
<b>2015</b>	0.98 (0.96)	0.94 (0.88)	0.91 (0.83)	-0.09 (0.01)	0.48 (0.23)	0.12 (0.01)	0.14 (0.02)	0.57 (0.32)	-0.21 (0.04)	0.36 (0.13)
<b>2016</b>	0.92 (0.84)	0.95 (0.90)	0.93 (0.86)	-0.56 (0.32)	-0.44 (0.19)	0.56 (0.32)	-0.28 (0.08)	-0.02 (0.00)	-0.46 (0.21)	-0.58 (0.34)
<b>2017</b>	0.97 (0.95)	0.96 (0.92)	0.94 (0.88)	-0.17 (0.03)	-0.35 (0.12)	-0.27 (0.07)	0.02 (0.00)	0.00 (0.00)	-0.08 (0.00)	-0.41 (0.17)
<b>2018</b>	0.98 (0.97)	0.90 (0.80)	0.99 (0.98)	0.21 (0.04)	0.43 (0.19)	0.35 (0.12)	-0.23 (0.05)	-0.43 (0.18)	-0.47 (0.22)	-0.32 (0.10)
<b>2019</b>	0.97 (0.94)	0.96 (0.93)	0.94 (0.88)	0.84 (0.71)	0.83 (0.68)	-0.06 (0.00)	0.36 (0.13)	0.80 (0.63)	0.84 (0.71)	0.80 (0.64)

By performing this statistical analysis, it is possible to identify patterns and make short-term predictions based on established linear regressions. At the same time, it is a good foundation for future deterministic analysis which will introduce maturation as a variable depending on accumulated DD and precipitation as well as relative humidity and duration of dry and wet periods in the following form:

$$M = f(DD, H, RVL, D\_day, W\_day). \tag{1}$$

Temporal evolution of maturation will be expressed in the following form:

$$\frac{dM}{dt} = \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial DD} \frac{dDD}{dt} + \frac{\partial M}{\partial H} \frac{dH}{dt} + \frac{\partial M}{\partial RVL} \frac{dRVL}{dt} + \frac{\partial M}{\partial D\_day} \frac{dD\_day}{dt} + \frac{\partial M}{\partial W\_day} \frac{dW\_day}{dt}, \tag{2}$$

where the first term refers to the maturation development not associated with environmental factors, while the rest of the equation refers to the impact of selected parameters on the maturation intensity including their individual changes over time. The identified correlations and meteorological elements and parameter rates based on the observations should offer a solid basis for proper parameterization of selected processes.

## Conclusion

For all analysed locations and seasons, heat and especially moisture play a key role in ascospore maturation. Maturation occurs at a wide range of temperatures and the rate of DD accumulation affects the intensity of the maturation process, but it is not the only factor. The impact of humidity is equally significant and more complex. Rain or high humidity are necessary for intensive maturation, but a prolongation of the period with high relative humidity can delay ascospore maturation. Available measurements indicate that the variation, rather than the trend, is the most important feature of *Venturia inaequalis* fungi development.

Since our standpoint is that statistical and dynamical analysis and modelling are complementary (not competing) approaches, our next step is to:

- a) identify the thresholds for the selected meteorological elements and parameters in order to improve parameterization of their impact on maturation intensity;
- b) assess the magnitude of each term in Eq. (2) and its scale in comparison to other parameters in order to conclude whether it should be kept in the equation as a variable or as a parameter.

## Acknowledgement

The study was supported by the project AGROFORECAST of the Austrian Climate Research Program (ACRP). The authors acknowledge financial support of the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia (Grant No. 451-03-68/2020-14/ 200125).<sup>†</sup>

## Literature

1. Aleksić, G. (2006): Karakteristike *Venturia inaequalis* u agroekološkim uslovima Srbije, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
2. Gadoury, D. M., Machardy, W. E. (1982): A model to estimate the maturity of ascospores of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology*, 72, 901–904.
3. Gonzalez-Dominiquez, E., Armengol, J., Rossi, V. (2017): Biology and Epidemiology of *Venturia* species affecting fruit crops. A review. *Frontiers in Plant Sciences* 8, 1496.
4. James, J.R., Sutton, T.B. (1981): A model for predicting ascospore maturation of (*Venturia inaequalis*). *Ecology and Epidemiology*, 72 (8), 1081-1086.
5. Jankowski, P., Masny, S. (2020): Influence of moisture on maturation rate of the *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. Ascospores in Central Poland. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 127, 155–163.
6. Lalic, B., Marcic, M., Firanj Sremac, A., Eitzinger, J., Koci, I., Petric, T., Ljubojevic, M., Jezerkic, B. (2020): Landscape phenology modeling and Decision Support in Serbia. In: *Landscape Modelling and Decision Support*, Eds.: Mirschel, W., Terleev, V.V., Wenkel, K.O., Springer International Publishing, 567-595.
7. MacHardy, W.E., Gadoury, D.M. (1984): Forecasting the seasonal maturation of ascospore of *Venturia inaequalis*. *Disease Control and Pest Management*, 75 (4), 381-386.
8. Mills, W.D. (1955): Fire blight development on apple in western New York. *Plant Dis.*, 39, 206–207.

9. Roubal, C., Nicot, R.C. (2016): Apple scab: numerical optimization of a new thermal time scale and application for modelling ascospore release in southern France. *Plant Pathology*, 65, 79–91.
10. Stensvand, A., Eikemo, H., Gadoury, D.M., Seem, R. C. (2005): Use of a rainfall frequency threshold to adjust a degree-day model of ascospore maturity of *Venturia inaequalis*. Norwegian Crop Research Institute and Plant Protection Centre. *Plant Disease*, 89, 198–202.
11. WMO (2012): Guide to Agricultural Meteorological Practices, WMO No. 134, pg. 799.

## Desetljeće operativnog praćenja štetnih organizama i mikrometeoroloških uvjeta u Srbiji: studija slučaja *Venturia inaequalis*

### Sažetak

Operativni biološki i meteorološki monitoring izuzetno je zahtjevan i izazovan zadatak koji, ako se pravilno organizira i upravlja, pruža kvalitativne i kvantitativne podatke potrebne za razumijevanje upravljačkih procesa koji stoje iza interakcije biosfera-atmosfera. U 2010. godini Prognozno-izvještajna služba u zaštiti bilja AP Vojvodine započela je operativni monitoring štetnih organizama i mikrometeoroloških uvjeta u biljnim pokrovima, voćnjacima i vinogradima na sjeveru Srbije (Vojvodina). Koncept i funkcionalnosti sustava predstavljeni su kroz praćenje gljive *Venturia inaequalis* (uzročnik bolesti krastavosti jabuke) kao studije slučaja. Prikazuje sposobnost sustava da postane moćan alat za testiranje aktualnih znanstvenih saznanja i razvoj novih istraživačkih ideja u različitim područjima, od mikrometeorologije do fitopatologije.

**Ključne riječi:** monitoring, mikrometeorologija, *Venturia inaequalis*, Prognozno-izvještajna služba, interakcija biosfera-atmosfera

## Desertification and drought in Europe – Implications and perspectives related to climate change

Danijel Jug<sup>1</sup>, Irena Jug<sup>1</sup>, Boris Đurđević<sup>1</sup>, Bojana Brozović<sup>1</sup>, Davorka K. Hackenberger<sup>2</sup>,  
Branimir K. Hackenberger<sup>2</sup>, Ksenija Cindrić Kalin<sup>3</sup>, Marija Vihovanec Sabo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek,  
Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Croatia, e-mail: djug@fazos.hr*

<sup>2</sup>*Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek,  
Ul. cara Hadrijana 8/A, HR-31000, Osijek, Croatia*

<sup>3</sup>*Department of Climatology, Meteorological and Hydrological Service,  
Grič 3, HR-10000 Zagreb, Croatia*

<sup>4</sup>*Ministry of Environment and Energy, Europska avenija 10, HR-31000, Osijek, Croatia*

### Abstract

On a global as well as regional scale, desertification or some of its effects (usually much more visible on a local scale) have spread rapidly in the last decades. Since desertification is recognized on a global level as one of the most important threats to land/soil/agriculture, our perceptions regarding desertification have changed significantly. Essentially, desertification as a threat has been known since ancient times, sometimes with cataclysmic results (e.g. collapse of civilizations), but its mechanisms are still not very well known. In the present, and possibly in the near future, the main multiplier of negative desertification effects is climate change. At the same time, drought is a direct result of climate change (not always but usually, and in the future probably most frequently), which is recognized as one of the most degradable extreme events in nature. These three factors are very closely interconnected, and they can be the trigger and/or consequence of each other. Many negative effects result from that relations and include every human and natural aspect as well as economic sector. Some of these negative effects, which affect soil and agriculture in the most significant ways, include: soil erosion, loss of (agro)biodiversity, decreasing crop production (mainly yields and crop types), decreasing livestock production (mainly as consequence of insufficient feed production), reduction in water quality, loss of soil fertility, soil salinization, loss of soil organic matter, etc. All these phenomena lead to the degradation of the physical-chemical-biological complex of soil. The following may be listed as major expected negative consequences of desertification, as results of its negative natural implications: reduction in food production and in the same time increasing food insecurity, loss of livelihoods, poverty and migrations. Possible solutions related to desertification and drought can be divided into proactive and reactive approaches with different prevention and restoration measures. According to the aforementioned, major desertification patterns follow the next algorithm or scheme: causes – consequences – solutions – actions. Currently, the only thing we can and must do is act.

**Keywords:** desertification, drought, land degradation, climate change, agriculture

## Dezertifikacija i suša u Europi – implikacije i perspektive u odnosu na klimatske promjene

### Sažetak

Na globalnoj kao i na regionalnoj razini, dezertifikacija ili neki njeni efekti (obično jače izraženi na lokalnoj razini), u posljednjih su se nekoliko desetljeća drastično proširili. Otkada je dezertifikacija na globalnoj razini prepoznata kao jedna od najznačajnijih prijetnji zemljištu/tlu/poljoprivredi, naša percepcija o dezertifikaciji značajno se izmijenila. Iako je dezertifikacija kao prijetnja poznata od davnina, a ponekad i s kataklizmičkim rezultatima (npr. kolapsom civilizacija), mehanizmi njenog djelovanja još uvijek nisu dovoljno poznati. U današnje vrijeme, a vjerojatno će tako biti i u bliskoj budućnosti, glavni uzročnik dezertifikacije jesu klimatske promjene. Istodobno je izravni rezultat klimatskih promjena (ne uvijek, ali obično, a u budućnosti vjerojatno najčešće) suša koja je također prepoznata kao jedna od najrazornijih ekstremnih događaja u prirodi. Sva su tri navedena čimbenika međusobno vrlo usko povezana i jedan drugom mogu biti i/ili uzročnik i/ili posljedica. Iz tih međusobnih odnosa proizlaze mnogi negativni učinci koji uključuju ljudske (društvene) i okolišne (prirodne) aspekte, kao i ukupan ekonomski sektor. Neki od ovih negativnih efekata, a koji najznačajnije utječu na tlo i poljoprivredu, jesu: erozija tla, gubitak (agro)bioraznolikosti, smanjenje proizvodnosti poljoprivrednih kultura (uglavnom prinos i vrsta usjeva), smanjenje animalne proizvodnje (uglavnom kao posljedica nedostatne količine animalne hrane), smanjenje kvalitete vode, pad plodnosti tla, zaslaljivanje tla, gubitak organske tvari i dr. Pojednostavljeno, sve ove posljedice vode ka degradaciji fizikalno-kemijsko-biološkog kompleksa tla. Kao najvažnije očekivane negativne posljedice dezertifikacije, koje proizlaze kao rezultat njenog negativnog utjecaja na okoliš, jesu: smanjena proizvodnja hrane uz istovremeno povećanje nesigurnosti u opskrbi hranom, gubitak životnih dobara, siromaštvo/gladi i migracije. Moguća rješenja problema dezertifikacije i suše mogu se podijeliti na proaktivni i reaktivni pristup s primjenom različitih mjera i postupaka. Prema prethodno navedenom, glavni obrasci dezertifikacije slijede sljedeći algoritam ili shemu: uzrok – posljedica – rješenje – provedba. Trenutno jedino što možemo i moramo učiniti je djelovati.

**Ključne riječi:** dezertifikacija, suša, degradacija zemljišta, klimatske promjene, poljoprivreda

# Mycorrhizal mechanisms as part of the environmental solutions in sustainable agriculture

Stoian Vlad, Vidican Roxana

*Faculty of Agriculture, University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca,  
Calea Mănăştur 3-5, 400372, Cluj-Napoca, Cluj, Romania*

## Abstract

Ensuring the quantity and quality of food of the world's population is the primary task of agroecosystems. These types of ecosystems present themselves as a set of intense biological processes directed by agronomic inputs and restricted by climate change. Highly active microbial groups are present in the rhizosphere of cultivated plants and they play a critical role in the plants' growth and development. Arbuscular mycorrhizal fungi are a group of root endophytes capable of establishing an intimate interface with host plants and they develop a branched intraradicular mycelium. In soil, these symbionts develop an extensive extraradicular mycelium and act as an extension of roots, in hard-to-reach areas, for nutrient exploitation. For the host plant, symbiosis acts as a regulator for the processes of nutrition and water transfer, along with a higher protection against the attack of diseases and pests. At the soil level, extraradicular mycelia help in aggregating particles and maintain a good aero-hydric equilibrium. At the ecosystem level, mycorrhizal diversity produces a high number of water and nutrients transport systems, interconnecting multiple species. The balanced allocation of resources through mycorrhizal mechanisms is a phenomenon that supports the climax of agroecosystems, increases the efficiency of input use and reduces nutritional losses. In the context of climate change, the use of mycorrhizal symbionts is a beneficial long-term solution to increase the resistance of cultivated plants at pressures exerted in particular by fluctuations in temperature and precipitation. The use of the fungal inoculum is a solution for acclimation of new plant varieties to the conditions of an ecosystem and to achieve an optimal nutrition process for high yields.

**Key words:** agronomy, sustainability, plant growth, symbiosis

## Introduction

Agricultural ecosystems are designed to provide primary food sources for the current and future human population of the world and domestic animals (FAO, 2017). This has led to an intensification of agronomic practices to increase yields per surface unit (Corvalan et al., 2005, Tscharncke et al., 2012, Zhang et al., 2007). Current plant varieties are improved to provide higher and better qualitative yields, making them more sensitive to abiotic and biotic stress (Atkinson and Urwin, 2012, Feldmann et al., 2012, Malik and Singh, 2006, Rejeb et al., 2014). In the abiotic area, the main concerns are caused by ensuring an increased need for syn-

thetic nutrient resources and the continuous climate change. The energy crisis that is being approached by humanity due to the large use of fossil fuels affects the production of synthetic fertilizers (Pfeiffer, 2006). The phenomenon has led in many countries to a large discrepancy between technologically and economically optimal doses applied for the main crops. From a climatic point of view, there is constant change both in thermal and water indices (Altieri and Nicholls, 2017, Mariani et al., 2012). The current situation in a high number of agroecosystems is defined by an alternation between periods of aridity with those of excess moisture, superimposed over an inconstancy of temperatures. From a biological point of view, an increasing number of weed, pathogens and pest species make their presence felt in agricultural crops (Darnhofer et al., 2012, MacLeod et al., 2010, Tirado et al., 2010, Vurro et al., 2010).

The climax of agroecosystems is represented by a cohesive assembly of microbial communities, with a critical role in the efficient functioning of nutritional flows (Dighton, 2016, Raffaelli and White, 2013, Stoian et al., 2016). For agricultural crops, the microbial groups in the rhizosphere are especially important, the transfer of nutrients from the soil in this area and the release of root exudates (Dighton and Krumins, 2014, van der Putten et al., 2018). Evolutionarily, plants have developed the ability to connect to microbial resources from the soil and to form symbiotic associations with them (Bargaz et al., 2018, Revillini et al., 2016, Van Der Heijden et al., 2015). The expansion into the soil with the largest area is for arbuscular mycorrhizal (AM) associations, in which fungi are intended to extend the absorption surface of the host far outside their root action area (Smith and Read, 2010). In most crop plants, AM have been identified as native symbionts in soil and with reduced specificity to a certain type of the host plant (Brundrett and Tedersoo, 2018, Tedersoo, 2017). The development of a hyphal system inside roots and arbuscules in root cells ensures intimate contact of AM fungi with the host plant. Extraradicular mycelia extend heavily into the soil, exploiting hard-to-reach areas for root hairs and they can connect a high number of plants into a hyphal network. The presence as radicular symbionts since early Devonian indicates an evolutionary stability of mycorrhizal associations and a perenniality in maintaining the balance of ecosystems (Hoysted et al., 2018, Stürmer, 2012). These aspects promote them as biological tools in the maintenance of agroecosystem sustainability.

### **AMs as plant growth promoters**

AMs are native symbionts in the soil where they develop extensive mycelia in search of inorganic sources of nutrients. At the association level, host plants change their root architecture by producing a higher number of secondary roots and thus an installation surface for symbionts (Nazeri et al., 2014, Rillig et al., 2016, Yang et al., 2015). AM mechanisms allow for a more efficient extraction and translocation of nutrients to host plants. Among the minerals needed to grow and develop plants, AMs have the ability to solubilize especially phosphorus in soil (Jansa et al., 2011, Smith et al., 2011). In the last decades, researches have been focused on assessing the potential of AMs as bio-fertilizers (Igiehon and Babalola, 2017, Mukerji et al., 2012, Rai, 2006, Sadhana, 2014), with the aim of reducing synthetic origin inputs. The application of mycorrhizas increases access for growing plants to the soil's nutrient resources and is found in biomass growth, improved photosynthetic rate, increased exchange of substances and gases with soil and better water transport rate in the rhizosphere (Bothe et al., 2010, Gianinazzi et al., 2010, Rana et al., 2019, Smith et al., 2010, Smith and Smith, 2011). The transfer of nutrients from soil through the root interface takes place both through hyphae developed between cortical cells and through arbuscules (Bonfante and Genre, 2010). Development of an arbuscular circuit in roots involves a direct transfer to the plant of resources collected by



the extraradicular mycelia. The mechanism is extremely beneficial under conditions limiting plant access to phosphorus, with fungal symbiont substituting the deficiency of this element. Along with phosphorus (P), the exploitation of soil by the AM leads to a transfer to host of high amounts of nitrogen (N), from decomposed organic matter during the humification processes. Macro-elements P and N are complemented by secondary macro-elements and micro-elements in the solution transferred by the symbiotic mechanism, depending especially on the soil's pH (Behie and Bidochka, 2014, Clark and Zeto, 2000, Varma et al., 2018). There is also a decrease in the level of sodium (Na) and chlorine (Cl) absorbed by plants, which leads to improvement in growth. Improved plant growth dynamics due to association with AM is also found in yield quantity and quality (Bethlenfalvay and Barea, 1994, Jeffries and Rhodes, 1987, Ryan and Graham, 2002). Symbiosis stimulates increased production of enzymes in plants, which leads to increased quality of production and more efficient management of its mechanisms for its formation.

### **Biocontrol processes through mycorrhizal fungi**

The diversity and assembly of microbial communities in agricultural soils undergo constant changes due to agronomic technologies. Crop rotation stimulates the formation of a plant-specific rhizosphere (Berg and Smalla, 2009, Brimecombe et al., 2000, Hartmann et al., 2009). This phenomenon enables the presence of a specific spectrum of both pathogens and useful flora in this area. At the opposite pole, mycorrhizas have little specificity to host, which ensures the formation in soil of a hyphal network with a role in the interconnection of a large number of plants. In the area of activity of the mycorrhizosphere, there is a high number of mechanisms with a role in protection from the invasion of pathogens (Barea, 2000, Barea et al., 2002, Garbaye, 1991, Gianinazzi et al., 2012, Giri et al., 2005, Jacott et al., 2017). Plants possess the ability to protect themselves from pest attacks, both microorganisms and insects. The privileged status of mycorrhizal plants, due to a superior nutrition, stimulates a higher tolerance/resistance to diseases and pests. The intimate relationship between AM fungi and host plants is based on the development of an extensive mycelium in the root of the plant, which acts directly towards reducing the potential surface of infection by a pathogen. In addition, in the early colonization phase, AM fungi trigger a root mechanism similar to that caused by the attack of pathogens, then alter the plant's response to develop colonization (Azcón-Aguilar and Barea, 1997, Borowicz, 2001, Hohmann and Messmer, 2017, Jung et al., 2012, Pozo and Azcón-Aguilar, 2007). Colonized roots undergo changes, which makes them very resistant to attacks, or AM symbionts compensate for nutrient reduction in affected areas. The microbial flora associated with colonized roots has a strong character to promote plant growth which makes it much more restrictive to the presence of pathogens, stimulated by exudates deposited in rhizosphere (Brimecombe et al., 2000, Buée et al., 2009, el Zahar Haichar et al., 2014, Jeffries et al., 2003, Richardson et al., 2009, Whipps, 2001). A high number of studies have demonstrated one or more of the protection mechanisms mediated by AM in pathogens of the genus *Aphanomyces* (Gobbato et al., 2013, Hilou et al., 2014), *Fusarium* (Elsharkawy et al., 2012, Jun-Li et al., 2010), *Rhizoctonia* (Abdel-Fattah et al., 2011, Mohammed et al., 2020), *Phytophthora* (Gallou et al., 2011, Li et al., 2013, Watanarajanaporn et al., 2011), *Pythium* (Larsen et al., 2012, Tahat et al., 2010), *Verticillium* (Goicoechea et al., 2013, Sowik et al., 2016). Towards the protection against harmful insects from the soil, mycorrhizal activity is particularly related to ensuring a development of plants and its support in the production of inhibitory substances

## Agronomic significance of arbuscular mycorrhizas

Modern agriculture is dominated by a continuous paradox: how to produce quality food and in the quantities needed for the population, while preserving the quality of agroecosystems? Plant selection through improvement processes is directed either to high productions, certain quality parameters, resistance to abiotic stress or attacks of diseases and pests (Gilligham et al., 2017, 2013, Moshelion and Altman, 2015). The mix of these selection criteria produces high performance varieties under current agronomic conditions. But so far, improvement processes have not sufficiently taken into account the plant's relationship with the soil's microflora and especially with fungal symbionts (Chaparro et al., 2012, Gilligham et al., 2017, Hardoim et al., 2015, Stoian et al., 2019). This concept needs to be integrated into the development of new varieties of cultivated plants, creating premises for better adaptation to pedo-climatic conditions.

Agronomic practices tend to reduce the number and diversity of mycorrhizal inoculum sources (Barber et al., 2013, Verbruggen et al., 2013). The phenomenon is caused either due to intensive soil processing or due to doses of fertilizers applied. Deep soil processing constantly disrupts hyphal networks, forcing fungi to invest a high amount of nutrients in their restoration. This also reduces the potential for colonization and formation of extensive intraradicular mycelia. The application of high doses of fertilizers allows easy access of plants to nutrients and blocks the colonization process of AM fungi. This context is harmful in the long term due to the possibility for the occurrence of an area with nutritional depletion around the root and a poorly developed symbiosis cannot substitute missing nutrients. The benefits of symbioses with AM fungi have a value correlated with soil fertility levels and the permissiveness of the host plant. Under low fertility soil conditions, mycorrhizal mechanisms play a much stronger role in supporting plants (Dickie et al., 2013, Garg and Chandel, 2011, Johnson et al., 2010), leading to a lower rate of soil losses and a equilibrated status or close to climax.

The development of extra-radicular mycelia is favoured by the reduced diameter of the hyphae and the fungus can explore areas inaccessible to plant roots. Glomalin secretion of AM fungi acts as a binder for the aggregation of soil particles (Costa et al., 2018, Lehmann et al., 2017, Rillig and Mummey, 2006). The symbiotic association acts both individually and synergistically. At plant level, the quality and quantity of root exudates correlated with root architecture are important, which will give the level of action in soil. Fungi operate based on the level of soil expansion by extraradicular mycelia and the level of root interface development. Synergistically, partners act simultaneously on water transport, which balances the wet and dry cycle.

Across an entire agroecosystem the benefits follow a layered system of importance and functionality. The primary level is given by plants and fungi acting individually to meet the requirements of development. The secondary level is the expression of distinct plant and AM populations, with synergistic action of individuals. The tertiary level integrates all the plants and AMs present in the ecosystem. The activity of AMs is visible in the multitude of patterns of the extension of intra- and extraradicular mycelia, which allows simultaneous existence in the ecosystem of a number of symbiotic water transport and nutrient transmission paths directly proportional to their diversity in soil (Egerton-Warburton et al., 2007, Mehrotra, 2005, Van der Heijden and Sanders, 2002). The phenomenon is due to the low specificity of AM fungi towards the host, which stimulates the interconnection of a large number of hosts and balancing the transfer of nutrients to each individual.

Native flora in agroecosystems is regarded as a reserve of weeds for crops. Prior to the agronomic period, the evolution of this type of flora was naturally carried out towards accessing symbiotic microbial resources and establishing interactions with AM fungi to supplement nutrients needed for growth and development (Harrier and Watson, 2003, Stoian et al., 2018, Umesha et al., 2018). With the emergence of cultivated plants in agroecosystems, pressures from agronomic practices have altered the symbiotic status of weeds in relation directly to their survival capacity. Thus, the partnership with AM fungi is faster and radicular permissiveness for symbiotic hyphae much higher. This leads to better resistance to the main restrictive phenomena present in agricultural areas: constant fluctuations in temperature and rainfall, the presence of extreme drought, changes in soil pH both to alkaline and acidification (Bellgard and Williams, 2011, Kapoor et al., 2013, Rillig et al., 2002). The characteristics of native flora can be integrated into future agronomic techniques in terms of the selection of high-performance symbiont mycophile and which can be used as a biological instrument for acclimatization of species cultivated in as many of agroecosystems.

## Conclusions

Agroecosystems are constantly being put to abiotic, biological and technological pressures. The constant change in climate spectrum supports the need to identify and implement mycorrhizal symbionts as a biological solution to support the growth and development of cultivated plants. For long term, a balance of plant nutrition is achieved, with an increase in the efficiency of applied agronomic inputs and stability of the ecosystem. This approach leads to an increase in the resilience of agroecosystems and the maintenance of high production capacity.

## References

1. Abdel-Fattah, G.M., El-Haddad, S.A., Hafez, E.E., Rashad, Y.M. (2011): Induction of defense responses in common bean plants by arbuscular mycorrhizal fungi. *Microbiological research*, 166 (4), 268-281.
2. Altieri, M.A., Nicholls, C.I. (2017): The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. *Climatic Change*, 140 (1), 33-45.
3. Atkinson, N.J., Urwin, P.E. (2012): The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field. *Journal of experimental botany*, 63 (10), 3523-3543.
4. Azcón-Aguilar, C., Barea, J.M. (1997): Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens—an overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza*, 6 (6), 457-464.
5. Barber, N.A., Kiers, E.T., Theis, N., Hazzard, R.V., Adler, L.S. (2013): Linking agricultural practices, mycorrhizal fungi, and traits mediating plant–insect interactions. *Ecological Applications*, 23 (7), 1519-1530.
6. Barea, J.M. (2000): Rhizosphere and mycorrhiza of field crops. In *Biological resource management connecting Science and Policy* (pp. 81-92): Springer, Berlin, Heidelberg.
7. Barea, J.M., Gryndler, M., Lemanceau, P., Schüepp, H., Azcón, R. (2002): The rhizosphere of mycorrhizal plants. In *Mycorrhizal technology in agriculture* (pp. 1-18): Birkhäuser, Basel.
8. Bargaz, A., Lyamlouli, K., Chtouki, M., Zeroual, Y., Dhiba, D. (2018): Soil microbial resources for improving fertilizers efficiency in an integrated plant nutrient management system. *Frontiers in microbiology*, 9, 1606.
9. Behie, S.W., Bidochka, M.J. (2014): Nutrient transfer in plant–fungal symbioses. *Trends in Plant Science*, 19 (11), 734-740.
10. Bellgard, S.E., Williams, S.E. (2011). Response of mycorrhizal diversity to current climatic changes. *Diversity*, 3(1), 8-90.

11. Berg, G., Smalla, K. (2009): Plant species and soil type cooperatively shape the structure and function of microbial communities in the rhizosphere. *FEMS microbiology ecology* 68 (1), 1-13.
12. Bethlenfalvay, G.J., Barea, J.M. (1994): Mycorrhizae in sustainable agriculture. I. Effects on seed yield and soil aggregation. *American Journal of Alternative Agriculture*, 9 (4), 157-161.
13. Bonfante, P., Genre, A. (2010): Mechanisms underlying beneficial plant–fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. *Nature communications*, 1 (1), 1-11.
14. Borowicz, V.A. (2001): Do arbuscular mycorrhizal fungi alter plant–pathogen relations? *Ecology*, 82 (11), 3057-3068.
15. Bothe, H., Turnau, K., Regvar, M. (2010): The potential role of arbuscular mycorrhizal fungi in protecting endangered plants and habitats. *Mycorrhiza*, 20(7), 445-457.
16. Brimecombe, M.J., De Leij, F.A., Lynch, J.M. (2000): The effect of root exudates on rhizosphere microbial populations. In *The rhizosphere* (pp. 111-156): CRC Press.
17. Brundrett, M.C., Tedersoo, L. (2018): Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist*, 220 (4), 1108-1115.
18. Buée, M., De Boer, W., Martin, F., Van Overbeek, L., Jurkevitch, E. (2009): The rhizosphere zoo: an overview of plant-associated communities of microorganisms, including phages, bacteria, archaea, and fungi, and of some of their structuring factors. *Plant and Soil*, 321(1-2), 189-212.
19. Chaparro, J.M., Sheflin, A.M., Manter, D.K., Vivanco, J.M. (2012): Manipulating the soil microbiome to increase soil health and plant fertility. *Biology and Fertility of Soils*, 48 (5), 489-499.
20. Clark, R.Á., Zeto, S.K. (2000): Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *Journal of plant Nutrition*, 23 (7), 867-902.
21. Corvalan, C., Hales, S., McMichael, A.J., Butler, C., McMichael, A. (2005): Ecosystems and human well-being: health synthesis. World health organization.
22. Costa, O.Y., Raaijmakers, J.M., Kuramae, E.E. (2018): Microbial extracellular polymeric substances: ecological function and impact on soil aggregation. *Frontiers in microbiology*, 9, 1636.
23. Darnhofer, I., Gibbon, D., Dedieu, B. (Eds.) (2012): *Farming systems research into the 21st century: the new dynamic*. Springer Science Business Media.
24. Dickie, I.A., Martínez-García, L.B., Koele, N., Grelet, G.A., Tylisanakis, J.M., Peltzer, D.A., Richardson, S.J. (2013): Mycorrhizas and mycorrhizal fungal communities throughout ecosystem development. *Plant and Soil*, 367 (1-2), 11-39.
25. Dighton, J. (2016): *Fungi in ecosystem processes*. CRC press Taylor and Francis.
26. Dighton, J., Krumins, J.A. (Eds.): (2014): *Interactions in soil: promoting plant growth* (Vol. 1): Springer.
27. Egerton-Warburton, L.M., Querejeta, J.I., Allen, M.F. (2007): Common mycorrhizal networks provide a potential pathway for the transfer of hydraulically lifted water between plants. *Journal of Experimental Botany*, 58 (6), 1473-1483.
28. el Zahar Haichar, F., Santaella, C., Heulin, T., Achouak, W. (2014): Root exudates mediated interactions belowground. *Soil Biology and Biochemistry*, 77, 69-80.
29. Elsharkawy, M.M., Shimizu, M., Takahashi, H., Hyakumachi, M. (2012): The plant growth-promoting fungus *Fusarium equiseti* and the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* induce systemic resistance against Cucumber mosaic virus in cucumber plants. *Plant and soil*, 361 (1-2), 397-409.
30. FAO, F. (2017): *The future of food and agriculture—Trends and challenges*. Annual Report.
31. Feldmann, F., Alford, D.V., Furk, C. (2012): Crop plant resistance to biotic and abiotic factors: current potential and future demands.
32. Gallou, A., Mosquera, H.P.L., Cranenbrouck, S., Suárez, J.P., Declerck, S. (2011): Mycorrhiza induced resistance in potato plantlets challenged by *Phytophthora infestans*. *Physiological and molecular plant pathology*, 76 (1), 20-26.
33. Garbaye, J. (1991): Biological interactions in the mycorrhizosphere. *Experientia*, 47 (4), 370-375.
34. Garg, N., Chandel, S. (2011): Arbuscular mycorrhizal networks: process and functions. In *Sustainable Agriculture Volume 2* (pp. 907-930): Springer, Dordrecht.

35. Gianinazzi, S., Gollotte, A., Binet, M.N., van Tuinen, D., Redecker, D., Wipf, D. (2010): Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza*, 20 (8), 519-530.
36. Gianinazzi, S., Schüepp, H., Barea, J.M., Haselwandter, K. (Eds.) (2012): *Mycorrhizal technology in agriculture: from genes to bioproducts*. Birkhäuser.
37. Gilliham, M., Able, J. A., Roy, S. J. (2017): Translating knowledge about abiotic stress tolerance to breeding programmes. *The Plant Journal*, 90 (5), 898-917.
38. Giri, B., Giang, P.H., Kumari, R., Prasad, R., Sachdev, M., Garg, A.P., Varma, A. (2005): Mycorrhizosphere: strategies and functions. In *Microorganisms in soils: roles in genesis and functions* (pp. 213-252): Springer, Berlin, Heidelberg.
39. Gobbato, E., Wang, E., Higgins, G., Bano, S.A., Henry, C., Schultze, M., Oldroyd, G.E. (2013): RAM1 and RAM2 function and expression during arbuscular mycorrhizal symbiosis and *Aphanomyces euteiches* colonization. *Plant signaling behavior*, 8 (10), e26049.
40. Goicoechea, N., Garmendia, I., Sánchez-Díaz, M., Aguirreolea, J. (2013): Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) as bioprotector agents against wilt induced by *Verticillium* spp. in pepper: a review. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8 (S1), 25-42.
41. Hardoim, P.R., Van Overbeek, L.S., Berg, G., Pirttilä, A.M., Compant, S., Campisano, A., ... Sessitsch, A. (2015): The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 79 (3), 293-320.
42. Harrier, L.A., Watson, C.A. (2003): The role of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable cropping systems. *Advances in Agronomy*, 79 (79), 185-225.
43. Hartmann, A., Schmid, M., Van Tuinen, D., Berg, G. (2009): Plant-driven selection of microbes. *Plant and Soil*, 321 (1-2), 235-257.
44. Hilou, A., Zhang, H., Franken, P., Hause, B. (2014): Do jasmonates play a role in arbuscular mycorrhiza-induced local bioprotection of *Medicago truncatula* against root rot disease caused by *Aphanomyces euteiches*? *Mycorrhiza* 24, (1), 45-54.
45. Hohmann, P., Messmer, M.M. (2017): Breeding for mycorrhizal symbiosis: focus on disease resistance. *Euphytica*, 213 (5), 113.
46. Hoysted, G.A., Kowal, J., Jacob, A., Rimington, W.R., Duckett, J.G., Pressel, S., ... Bidartondo, M.I. (2018): A mycorrhizal revolution. *Current opinion in plant biology*, 44, 1-6.
47. Igiehon, N.O., Babalola, O.O. (2017): Biofertilizers and sustainable agriculture: exploring arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101 (12), 4871-4881.
48. Jacott, C.N., Murray, J.D., Ridout, C.J. (2017): Trade-offs in arbuscular mycorrhizal symbiosis: disease resistance, growth responses and perspectives for crop breeding. *Agronomy*, 7 (4), 75.
49. Jansa, J., Finlay, R., Wallander, H., Smith, F.A., Smith, S.E. (2011): Role of mycorrhizal symbioses in phosphorus cycling. In *Phosphorus in action* (pp. 137-168): Springer, Berlin, Heidelberg.
50. Jeffries, P., Gianinazzi, S., Perotto, S., Turnau, K., Barea, J.M. (2003): The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biology and fertility of soils*, 37 (1), 1-16.
51. Jeffries, P., Rhodes, L.H. (1987): Use of mycorrhizae in agriculture. *Critical Reviews in Biotechnology*, 5 (4), 319-357.
52. Johnson, N.C., Wilson, G.W., Bowker, M.A., Wilson, J.A., Miller, R.M. (2010): Resource limitation is a driver of local adaptation in mycorrhizal symbioses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (5), 2093-2098.
53. Jung, S.C., Martinez-Medina, A., Lopez-Raez, J.A., Pozo, M.J. (2012): Mycorrhiza-induced resistance and priming of plant defenses. *Journal of chemical ecology*, 38 (6), 651-664.
54. Jun-Li, H.U., Xian-Gui, L.I.N., Jun-Hua, W.A.N.G., Wei-Shou, S.H.E.N., Shu, W.U., Su-Ping, P.E.N.G., Ting-Ting, M.A. O. (2010): Arbuscular mycorrhizal fungal inoculation enhances suppression of cucumber *Fusarium* wilt in greenhouse soils. *Pedosphere*, 20 (5), 586-593.

55. Kapoor, R., Evelin, H., Mathur, P., Giri, B. (2013): Arbuscular mycorrhiza: approaches for abiotic stress tolerance in crop plants for sustainable agriculture. In *Plant acclimation to environmental stress* (pp. 359-401): Springer, New York, NY.
56. Larsen, J., Graham, J.H., Cubero, J., Ravnskov, S. (2012): Biocontrol traits of plant growth suppressive arbuscular mycorrhizal fungi against root rot in tomato caused by *Pythium aphanidermatum*. *European journal of plant pathology*, 133 (2), 361-369.
57. Lehmann, A., Leifheit, E.F., Rillig, M.C. (2017): Mycorrhizas and soil aggregation. In *Mycorrhizal mediation of soil* (pp. 241-262): Elsevier.
58. Li, Y., Liu, Z., Hou, H., Lei, H., Zhu, X., Li, X., Tian, C. (2013): Arbuscular mycorrhizal fungi-enhanced resistance against *Phytophthora sojae* infection on soybean leaves is mediated by a network involving hydrogen peroxide, jasmonic acid, and the metabolism of carbon and nitrogen. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35 (12), 3465-3475.
59. MacLeod, A., Pautasso, M., Jeger, M.J., Haines-Young, R. (2010): Evolution of the international regulation of plant pests and challenges for future plant health. *Food Security*, 2 (1), 49-70.
60. Malik, S.S., Singh, S.P. (2006): Role of plant genetic resources in sustainable agriculture. *Indian Journal of Crop Science*, 1 (1and2), 21-28.
61. Mariani, L., Parisi, S.G., Cola, G., Failla, O. (2012): Climate change in Europe and effects on thermal resources for crops. *International journal of biometeorology*, 56 (6), 1123-1134.
62. Mehrotra, V.S. (Ed.). (2005): *Mycorrhiza: role and applications*. Allied Publishers.
63. Mohammed, A.S., El Hassan, S.M., Elballa, M.M., Elsheikh, E.A. (2020): The role of *Trichoderma*, VA mycorrhiza and dry yeast in the control of *Rhizoctonia* disease of potato (*Solanum tuberosum* L.): *University of Khartoum Journal of Agricultural Sciences*, 16 (2), 285-301.
64. Moshelion, M., Altman, A. (2015): Current challenges and future perspectives of plant and agricultural biotechnology. *Trends in biotechnology*, 33 (6), 337-342.
65. Mukerji, K.G., Chamola, B.P., Singh, J. (Eds.): (2012): *Mycorrhizal biology*. Springer Science Business Media.
66. Nazari, N.K., Lambers, H., Tibbett, M., Ryan, M.H. (2014): Moderating mycorrhizas: arbuscular mycorrhizas modify rhizosphere chemistry and maintain plant phosphorus status within narrow boundaries. *Plant, cell environment*, 37 (4), 911-921.
67. Pfeiffer, D.A. (2006): *Eating fossil fuels: oil, food, and the coming crisis in agriculture*. New Society Publishers.
68. Pozo, M.J., Azcón-Aguilar, C. (2007): Unraveling mycorrhiza-induced resistance. *Current opinion in plant biology*, 10 (4), 393-398.
69. Raffaelli, D., White, P.C. (2013): Ecosystems and their services in a changing world: an ecological perspective. In *Advances in ecological research* (Vol. 48, pp. 1-70): Academic Press.
70. Rai, M. (Ed.): (2006): *Handbook of microbial biofertilizers*. CRC Press.
71. Rana, K.L., Kour, D., Sheikh, I., Dhiman, A., Yadav, N., Yadav, A.N., Saxena, A.K. (2019): Endophytic fungi: biodiversity, ecological significance, and potential industrial applications. In *Recent advancement in white biotechnology through fungi* (pp. 1-62): Springer, Cham.
72. Rejeb, I.B., Pastor, V., Mauch-Mani, B. (2014): Plant responses to simultaneous biotic and abiotic stress: molecular mechanisms. *Plants*, 3 (4), 458-475.
73. Revillini, D., Gehring, C.A., Johnson, N.C. (2016): The role of locally adapted mycorrhizas and rhizobacteria in plant-soil feedback systems. *Functional Ecology*, 30 (7), 1086-1098.
74. Richardson, A.E., Barea, J.M., McNeill, A.M., Prigent-Combaret, C. (2009): Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. *Plant and soil*, 321 (1-2), 305-339.
75. Rillig, M.C., Mummey, D.L. (2006): Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist*, 171 (1), 41-53.
76. Rillig, M.C., Sosa-Hernández, M.A., Roy, J., Aguilar-Trigueros, C.A., Vályi, K., Lehmann, A. (2016): Towards an integrated mycorrhizal technology: harnessing mycorrhiza for sustainable intensification in agriculture. *Frontiers in plant science*, 7, 1625.

77. Rillig, M.C., Treseder, K.K., Allen, M.F. (2002): Global change and mycorrhizal fungi. In *Mycorrhizal ecology* (pp. 135-160). Springer, Berlin, Heidelberg.
78. Ryan, M.H., Graham, J.H. (2002): Is there a role for arbuscular mycorrhizal fungi in production agriculture? *Plant and soil*, 244 (1-2), 263-271.
79. Sadhana, B. (2014): Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) as a biofertilizer-a review. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 3 (4), 384-400.
80. Smith, S.E., Facelli, E., Pope, S., Smith, F.A. (2010): Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. *Plant and Soil* 326 (1-2), 3-20.
81. Smith, S.E., Jakobsen, I., Grønlund, M., Smith, F.A. (2011): Roles of arbuscular mycorrhizas in plant phosphorus nutrition: interactions between pathways of phosphorus uptake in arbuscular mycorrhizal roots have important implications for understanding and manipulating plant phosphorus acquisition. *Plant physiology*, 156 (3), 1050-1057.
82. Smith, S.E., Read, D.J. (2010): *Mycorrhizal symbiosis*. Academic press.
83. Smith, S.E., Smith, F.A. (2011): Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystem scales. *Annual review of plant biology*, 62, 227-250.
84. Sowik, I., Borkowska, B., Markiewicz, M. (2016): The activity of mycorrhizal symbiosis in suppressing *Verticillium* wilt in susceptible and tolerant strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) genotypes. *Applied soil ecology*, 101, 152-164.
85. Stoian, V., Vidican, R., Crișan, I., Puia, C., Șandor, M., Stoian, V.A., Vaida, I. (2019): Sensitive approach and future perspectives in microscopic patterns of mycorrhizal roots. *Scientific reports*, 9 (1), 1-8.
86. Stoian, V., Vidican, R., Rotar, I., Păcurar, F., Morea, A. (2016): Mycorrhizas in *Trifolium Repens*—A Short Term High Experiment Approach. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10, 39-46.
87. Stoian, V., Vidican, R., Rotar, I., Păcurar, F., Șandor, M., Buta, M. (2018): Mycorrhizas as a tool in mapping agricultural soils. *Scientific Papers-Series A, Agronomy*, 61 (1), 130-136.
88. Stürmer, S.L. (2012): A history of the taxonomy and systematics of arbuscular mycorrhizal fungi belonging to the phylum Glomeromycota. *Mycorrhiza*, 22 (4), 247-258.
89. Tahat, M.M., Kamaruzaman, S., Othman, R. (2010): Mycorrhizal fungi as a biocontrol agent. *Plant Pathology Journal*, 9 (4), 198-207.
90. Tedersoo, L. (Ed.): (2017): *Biogeography of mycorrhizal symbiosis* (Vol. 828): Tartu, Estonia: Springer.
91. Tirado, M.C., Clarke, R., Jaykus, L.A., McQuatters-Gollop, A., Frank, J.M. (2010): Climate change and food safety: A review. *Food Research International*, 43 (7), 1745-1765.
92. Tschardtke, T., Clough, Y., Wanger, T.C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., Whitbread, A. (2012): Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological conservation*, 151(1), 53-59.
93. Umesha, S., Singh, P.K., Singh, R.P. (2018): *Microbial biotechnology and sustainable agriculture*. In *Biotechnology for sustainable agriculture* (pp. 185-205). Woodhead Publishing.
94. Van Der Heijden, M.G., Martin, F.M., Selosse, M.A., Sanders, I.R. (2015): Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. *New Phytologist*, 205 (4), 1406-1423.
95. Van der Heijden, M.G., Sanders, I.R. (2002): Mycorrhizal ecology: synthesis and perspectives. In *Mycorrhizal ecology* (pp. 441-456). Springer, Berlin, Heidelberg.
96. van der Putten, W.H., Ramirez, K.S., Poesen, J., Winding, A., Lemanceau, P., Lisa, L., Economou-El-iopoulos, M. (2018): Opportunities for soil sustainability in Europe (No. 36): European Academies Science Advisory Council (EASAC).
97. Varma, A., Prasad, R., Tuteja, N. (Eds.): (2018): *Mycorrhiza-nutrient uptake, biocontrol, eco-restoration*. Springer.
98. Verbruggen, E., van der Heijden, M.G., Rillig, M.C., Kiers, E.T. (2013): Mycorrhizal fungal establishment in agricultural soils: factors determining inoculation success. *New Phytologist*, 197 (4), 1104-1109.

99. Vurro, M., Bonciani, B., Vannacci, G. (2010): Emerging infectious diseases of crop plants in developing countries: impact on agriculture and socio-economic consequences. *Food Security*, 2 (2), 113-132.
100. Watanarojanaporn, N., Boonkerd, N., Wongkaew, S., Prommanop, P., Teaumroong, N. (2011): Selection of arbuscular mycorrhizal fungi for citrus growth promotion and *Phytophthora* suppression. *Scientia horticulturae*, 128 (4), 423-433.
101. Wehner, J., Antunes, P.M., Powell, J.R., Mazukatow, J., Rillig, M.C. (2010): Plant pathogen protection by arbuscular mycorrhizas: a role for fungal diversity?. *Pedobiologia*, 53 (3), 197-201.
102. Whipps, J.M. (2001): Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. *Journal of experimental Botany*, 52 (suppl\_1), 487-511.
103. Yang, H., Zhang, Q., Dai, Y., Liu, Q., Tang, J., Bian, X., Chen, X. (2015): Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth depend on root system: a meta-analysis. *Plant and Soil*, 389 (1-2), 361-374.
104. Zhang, W., Ricketts, T.H., Kremen, C., Carney, K., Swinton, S. M. (2007): Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological economics*, 64 (2), 253-260.

## Mikorizni mehanizmi kao dio okolišnih rješenja u održivoj poljoprivredi

### Sažetak

Osiguranje količine i kvalitete hrane svjetske populacije primarni je zadatak agroekosustava. Ova vrsta ekosustava predstavlja se kao skup intenzivnih bioloških procesa usmjerenih agrotehnološkim inputima i ograničenih klimatskim promjenama. U rizosferi kultiviranih biljaka prisutne su visoko aktivne skupine mikroba koje igraju kritičnu ulogu u rastu i razvoju biljaka. Arbuskularne mikorizne gljive skupina su korijenskih endofita sposobnih uspostaviti blisku interakciju s biljkama domaćinima i razviti razgranati intrakorijenski micelij. U tlu ovi simbionti razvijaju opsežni vankorijenski micelij i djeluju kao produžetak korijena u teško dostupnim područjima za iskorištavanje hranjivih tvari. Za biljku domaćina, simbioza djeluje kao regulator procesa prehrane i prijenosa vode, uz veću zaštitu od napada bolesti i štetnika. Na razini tla vankorijenski miceliji pomažu u skupljanju čestica i održavanju dobre vodo-zračne ravnoteže. Na razini ekosustava mikorizna raznolikost stvara velik broj sustava za transport vode i hranjivih tvari, koji međusobno povezuju više vrsta. Uravnotežena raspodjela resursa putem mikoriznih mehanizama fenomen je koji podržava vrhunac agroekosustava, povećava učinkovitost inputa i smanjuje gubitke hraniva. U kontekstu klimatskih promjena, upotreba mikoriznih simbionata korisno je dugoročno rješenje za povećanje otpornosti kultiviranih biljaka izloženih posebice fluktuacijama temperatura i padalina. Korištenje inokula gljiva rješenje je za prilagodbu novih biljnih sorti uvjetima ekosustava i postizanje optimalnog procesa ishrane za postizanje visokih prinosa.

**Ključne riječi:** agronomija, održivost, rast biljaka, simbioza



## Biochar application or fire management – How does the input of pyrogenic residues affect C, N and P recalcitrance in soil?

Heike Knicker, Marina Paneque, Maria Lopez-Martin,  
Marta Velasco-Molina, Jose-Maria de la Rosa

*IRNAS-CSIC, Adva. Reina Mercedes 10, 41012 Sevilla, Spain, e-mail: knicker@irnase.csic.es*

### Abstract

Burning of cropland has been a common agricultural practice to control pests, remove old crop residues and to fertilize the soil with nutrient-rich ash as well as to increase the pH (liming effect) and the concentration of inorganic ions. This fertilizing effect is supported by biological and non-biological processes after and during low intensity burning that transform organic N forms into more plant-available N forms and increase the amount of dissolved organic matter. However, within the last decades, burning of crop residues was heavily criticized for accelerating soil degradation, losses of SOM and nutrients, increasing C emission, causing intense air pollution, and reducing soil microbial activity. Alternatively, biochar (BC) produced by the controlled pyrolysis of organic residues has been proposed as soil ameliorants. It is suggested that BC can enhance plant growth by supplying and, more importantly, retaining nutrients and by providing other services such as improving soil physical and biological properties. In addition, the application of BC to soil has been proposed as a novel strategy to mitigate the emissions of carbon dioxide to the atmosphere. With the increasing research focus on BC, it became evident that this material can greatly vary in its chemical compositions and physical properties and that its impact on soil properties also depends on the soil itself. Thus, BC application is not a »one-size-fits-all paradigm« but instead requires careful consideration of the properties associated with each particular biochar and how those properties might remedy a specific soil/substrate deficiency or alter soil organic matter (SOM) characteristics. Therefore, the aim of my presentation lies in summarizing insights derived from our recent experiments, studying the relationship between the chemical and physical properties of pyrogenic organic matter – derived either from vegetation burning or from pyrolysis effects – and the C, N and P cycling in soils.

**Key words:** cropland burning, biochar, C, N and P cycling in soils

## Primjena biougljena ili kontrola požara – Kako primjena pougljenjenih ostataka utječe na raspoloživost C, N i P u tlu?

### Sažetak

Paljenje obradivih površina predstavljalo je standardnu poljoprivrednu praksu pri kontroli štetnika, uklanjanja žetvenih ostataka, gnojidbi tla ostatkom pepela bogatog hranivima ali i za povećanje pH vrijednosti tla (kalcijacija) te povećanju sadržaja anorganskih iona. Navedeni gnojidbeni efekt potpomognut biološkim i nebiološkim procesima koji nastaju za vrijeme i nakon gorenja niskog intenziteta transformiraju organski N u biljci u pristupačnije oblike N i povećavaju sadržaj otopljene organske tvari. Međutim, u posljednjim desetljećima, paljene žetvenih ostataka žestoko se kritizira zbog ubrzavanja degradacije tla, gubitka organske tvari tla i hranivih tvari, povećanja emisije C, uzrokujući intenzivno zagađenje zraka i smanjenje mikrobiološke aktivnosti tla. Kao alternativa preporuča se biougljen proizveden kontroliranom pirolizom organskih ostataka. Primjena biougljena može pozitivno utjecati na rast biljaka povećavajući raspoloživost hraniva, ali i, što je možda važnije, sprečavanje ispiranja hraniva uz poboljšanje fizikalnih i bioloških svojstava tla. Osim toga primjena biougljena u tlu predložena je kao nova strategija smanjenja koncentracije ugljikovog dioksida u atmosferi. Povećanjem fokusa istraživanja na biougljen, postalo je očito kako on može uvelike varirati u svom kemijskom sastavu i fizikalnim svojstvima te da njegov utjecaj na svojstva tla ovisi i o samom tlu. Dakle, biougljen ne može se smatrati univerzalnim poboljšivačem, već zahtijeva znanstveni pristup koji će dati odgovore kako će pojedine karakteristike utjecati na tlo/supstrat ili na promjenu svojstava organske tvari u tlu. Stoga je cilj mog izlaganja sažeti informacije dobivene iz provedenih eksperimenata, koji se temelje na odnosu između kemijskih i fizikalnih svojstava pougljenjenih organskih tvari dobivenih bilo izgaranjem vegetacije ili djelovanjem pirolize – i ciklusa C, N i P u tlu.

**Ključne riječi:** paljenje obradivih površina, biougljen, ciklus C, N i P u tlu

## Dezertifikacija i degradacija zemljišta – globalne, EU i nacionalne obveze

Marija Vihovanec Sabo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Europska avenija 10,  
HR-31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: marija.vihovanec@mzoe.hr*

### Sažetak

U ovom su trenutku pritisci na zemljište veći nego u bilo kojem drugom trenutku u ljudskoj povijesti. Preko 75 % kopnene površine Zemlje već je degradirano, a preko 90 % moglo bi biti degradirano do 2050. godine. U okviru UN-ove Agende za održivi razvoj, svjetski čelnici obvezali su se »boriti protiv dezertifikacije, obnoviti degradirano zemljište i tlo, uključujući i zemljište zahvaćeno dezertifikacijom, sušom i poplavama te nastojati ostvariti svijet bez degradacijih zemljišta« do 2030. Važnost degradacije i dezertifikacije zemljišta dovela je do usvajanja cilja održivog razvoja (SDG) 15.3 s ciljem neutralne degradiranosti zemljišta -LDN. Na globalnoj su razini dezertifikacija, degradacija zemljišta i suša teme Konvencije Ujedinjenih naroda za suzbijanje dezertifikacije (UNCCD). Degradacija zemljišta, dezertifikacija i LDN nedavno su uključene u dokumente i aktivnosti koji se odnose na klimatske promjene, biološku raznolikost, zatim Europski zeleni plan te druge dokumente i aktivnosti na globalnoj i EU razini. Gdje smo mi i što nam je činiti?

**Ključne riječi:** UNCCD, SDG, dezertifikacija, degradacija zemljišta, LDN

## Desertification and land degradation – global, EU and national commitments

### Abstract

The pressures on global land resources are nowadays greater than at any other time in human history. Over 75% of Earth's landmass is already degraded, and over 90% could become degraded by 2050. Under the UN Sustainable Development Agenda, world leaders have pledged to »fight desertification, restore degraded land and soil, including the land affected by desertification, droughts and floods, and strive for a land neutral to land degradation« by 2030. The importance of land degradation and desertification has led to the adoption of the Sustainable Development Goal (SDG) 15.3 with the goal of land degradation neutrality -LDN. At a global level, desertification, land degradation and drought are all addressed by the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Land degradation, desertification and LDN have recently been included in documents and activities related to climate change, biodiversity, the European Green Plan, and other documents and activities at the global and EU level. What are our next steps?

**Keywords:** UNCCD, SDG, desertification, land degradation, LDN

## Trace elements and seaweeds extracts, tools for a sustainable management of soil functions and plant production

Benoit Le Rumeur

*Olmix – Plant Care Development, 56580 Bréhan, France, e-mail: blerumeur@olmix.com*

### Abstract

The natural functions of soil are essential. In the natural ecosystem, soil life prepares good conditions for plant establishment (strong and deep root system) and their nutrition by improving nutrients uptake, in order to allow plant reproduction and sustainability of the system. Unappropriated farming practices such as tilling in bad conditions, unbalanced fertilization, monoculture cropping, excess of chemical plant protection or intense irrigation, degrade the natural functions of the soil. Soil life in general, but mainly micro-organisms, worms and insects who are active engineers, are strongly impacted by intensive farming. The technologies developed by Olmix are focusing on two goals: first to reinforce soil organisation in order to facilitate plant establishment and secondly, to express genetic potential of plants by improving their capacity to produce. Olmix Group use trace elements (MIP Technology) and seaweed extracts (Seadry Technology) to strengthen the activity of micro-organisms. Biosolutions (Geo2 and Neosol) based on these technologies secure good agricultural practices implementation such as reduced tillage, soil covering by intermediate crops and fertilizers efficiency. The researches carried out in the Czech Republic by the Agricultural Research Institute of Troubsko, and in Italy by the Technology Transfer Centre of San Michele all'Adige, show an increase of soil porosity and stability, a higher maximal capillary capacity, and a better rooting, linked to the use of these biosolutions. Several additional studies using ceramic suction lysimeters, show a decrease of minerals concentration in ground water which means a better mineral uptake by the roots. The result of this soil re-organization and better plant establishment is an increase of production and a better quality. On the other hand, Olmix Group promotes foliar biostimulants (Agroptim and Algomel) to secure plant production and to strengthen crops resistance to abiotic stresses. Under stress conditions (such as frost, drought, chemical stresses, etc.), they stimulate natural mechanisms of plant protection and maintain their ability to develop yield components.

**Keywords:** Soil micro-organisms, soil structure, drought resistance, biostimulant, nutrient uptake

## Elementi u tragovima i ekstrakt morskih algi, alat za održivo gospodarjenje funkcijama tla i biljnu proizvodnju

### Sažetak

Prirodne funkcije tla esencijalne su. U prirodnim ekosustavima, organizmi tla stvaraju povoljne uvjete za uzgoj biljaka (snažan i dubok korijenski sustav) te omogućuju bolju pristupačnost biljnih hraniva, omogućujući na taj način daljnju biljnu reprodukciju i održivost ekosustava. Primjenom neodgovarajućih sustava gospodarjenja, kao što je primjerice obrada tla u nepovoljnim uvjetima, neizbalansirana gnojidba, uzgoj u monokulturi, pretjerana primjena kemijskih zaštitnih sredstava ili intenzivno navodnjavanje, mogu degradirati prirodne funkcije tla. Organizmi u tlu generalno, a posebice mikroorganizmi, gujavice i kukci najaktivniji su organizmi u tlu, ali su istovremeno i najugroženiji intenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom. Tehnološka rješenja koja razvija *Olmix* fokusirana su na dva osnovna cilja: prvo, jačanje organizacije/funkcioniranja tla kako bi se olakšao uzgoj biljaka, i drugo, istaknuti prirodni genetski potencijal biljaka poboljšavajući njihov proizvodni kapacitet. *Olmix Group* koristi elemente u tragovima (MIP Technology) i ekstrakt morskih algi (Seadry Technology) za jačanje aktivnosti mikroorganizama. Biološka rješenja (Geo2 i Neosol) bazirana na ovim tehnološkim rješenjima, omogućavaju nesmetanu primjenu dobre poljoprivredne prakse kao što je reducirana obrada tla, pokrivenost površine tla uzgojem postrnih usjeva i povećanje efikasnosti gnojidbe. Istraživanja povezana s primjenom ovih bioloških rješenja provedena su u Institutu za istraživanja u poljoprivredi u Troubskom u Češkoj i u Centru za transfer tehnologije u San Michele all'Adige u Italiji, a pokazala su povećanje poroznosti tla, povećanje stabilnosti strukturnih agregata tla, veći maksimalni kapilarni kapacitet i bolje ukorjenjivanje biljaka. Nekoliko je drugih istraživanja s primjenom keramičkih lizimetara pokazalo smanjenje koncentracije minerala u podzemnim vodama, što izravno ukazuje na jače usvajanje ovih elemenata od strane korjenja biljaka. Posljedični rezultat primjene ovih tehnologija je ostvarivanje viših prinosa bolje kvalitete. *Olmix Group* promovira i primjenu folijarnih biostimulatore (Agroptim i Algomel), s ciljem povećanja produktivnosti i jačanja usjeva na abiotički stres. U stresnim uvjetima uzgoja (kao što su primjerice mraz, suša, kemijski izazvan stres...), oni stimuliraju prirodne zaštitne mehanizme i zadržavaju sposobnost razvoja komponenata prinosa.

**Ključne riječi:** mikroorganizmi tla, struktura tla, otpornost na sušu, biostimulatori, usvajanje hraniva



# Section I



---

---

---

## **Plant production** **Biljna proizvodnja**



## Modeliranje karte precizne gnojidbe uporabom geostatistike

Mladen Jurišić, Dorijan Radočaj, Irena Rapčan, Domagoj Zimmer, Antonela Lončar

*Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, Osijek, Hrvatska, e-mail: dradocaj@fazos.hr*

### Sažetak

Gnojidba u preciznoj poljoprivredi jedan je od važnih čimbenika jer kvalitetna gnojidba osigurava visoke i stabilne prinose. Postupak prostorne interpolacije uzoraka tla geostatističkim metodama prepoznat je u svijetu kao pouzdana metoda modeliranja stanja hraniva u tlu. U ovom istraživanju uspostavljen je model izrade karte precizne gnojidbe primjenom geostatističkih metoda interpolacije za gnojidbu šećerne repe kalijevim oksidom. Područje istraživanja tri su neovisne lokacije unutar Osječko-baranjske županije. Obični kriging korišten je kao metoda interpolacije, pri čemu je testirana normalna razdioba i stacionarnost podataka, kao preduvjeti za interpolaciju. Usporedbom konvencionalnog pristupa i pristupa s preciznom poljoprivredom, utvrđena je moguća ušteda gnojiva u iznosu od 200 kg ha<sup>-1</sup> za lokaciju 1, 73,5 kg ha<sup>-1</sup> za lokaciju 2 i 96 kg ha<sup>-1</sup> za lokaciju 3. Pri radu korišteni su besplatni GIS računalni programi otvorenog koda SAGA GIS i QGIS.

**Ključne riječi:** precizna poljoprivreda, gnojidba, geostatistika, interpolacija, šećerna repa.

### Uvod

Precizna poljoprivreda temelji se na novorazvijenim informatiziranim strojnim sustavima programiranog eksploatacijskog potencijala, malom broju strojeva visoke pouzdanosti i visokim tehnološkim pomagalima (Jurišić i Plaščak, 2009.). Houles i sur. (2007.) navode kako je glavni način za optimiziranje načina prihrane i agrotehničkih operacija primjena precizne poljoprivrede. Pristupom u preciznoj poljoprivredi prepoznaju se razlike specifične lokacije na tlu te se poslovi upravljanja prilagođavaju u skladu s takvim raznolikostima (Plaščak i sur., 2019.). Gnojidba u preciznoj poljoprivredi jedan je od važnih čimbenika u poljoprivrednoj proizvodnji jer kvalitetna gnojidba osigurava i stabilne prinose (Yan i Gong, 2010.). Preporuka gnojidbe treba imati za podlogu fizikalno-kemijske podatke iz analize tla, a izračun potrebne količine mora uvažavati profitabilnost, specifične potrebe biljne vrste i potencijal plodnosti tla (Aggelopoulos i sur., 2011.). Prostorna interpolacija predstavlja nezaobilazan postupak pri izradi karte za preciznu gnojidbu iz razloga što omogućava predviđanje stanja hraniva u tlu korištenjem ograničenog broja uzoraka (Jurišić i sur., 2020.). Geostatističke metode interpolacije, od kojih je najpoznatija obični kriging, omogućile su najprecizniju interpolaciju u sličnim istraživanjima (Fu i sur., 2010., Piccini i sur., 2012.). Većina poljoprivredne tehnike novije proizvodnje sadrži ugrađene sustave za preciznu poljoprivredu, kao što je navigacija uporabom globalnih naviga-

cijskih satelitskih sustava. Ta činjenica znatno olakšava implementaciju precizne poljoprivrede u praksi, čak i za manja gospodarstva.

Cilj je ovog istraživanja uspostava modela izrade karte precizne gnojidbe primjenom geostatističkih metoda interpolacije. Model je razvijen na temelju precizne gnojidbe kalijevim oksidom ( $K_2O$ ) za šećernu repu, kako bi se omogućio pravilan rast i akumulacija šećera u korijenu. Pri radu su korišteni besplatni GIS (geografski informacijski sustav) računalni programi otvorenog koda kao alternativa skupim komercijalnim programima.

## Materijal i metode

Područje istraživanja obuhvaćalo je tri neovisne lokacije na području Osječko-baranjske županije: lokacija 1 (45°32' N, 18°45' E), lokacija 2 (45°52' N, 18°43' E) i lokacija 3 (45°45' N, 17°58' E). Za modeliranje stanja  $K_2O$  u tlu korišteni su uzorci tla ravnomjerno. Značajke područja istraživanja i uzoraka tla prikazane su uporabom deskriptivne statistike u Tablici 1. Lokacija 1 obuhvaćala je najveću površinu te je rezultirala najvećom srednjom vrijednošću  $K_2O$ . Gustoća uzorkovanja na sva tri područja bila je približno jednaka, prosječno 4,24 uzoraka po hektaru. Koeficijenti varijacije na svim područjima ukazuju na umjerenu varijabilnost vrijednosti uzoraka.

Tablica 1. Deskriptivna statistika analize uzoraka za preporuku gnojidbe  $K_2O$

$K_2O$ (mg 100 g <sup>-1</sup> )	Lokacija 1	Lokacija 2	Lokacija 3
Broj uzoraka	198	51	47
Površina područja	816 ha	206 ha	214 ha
Površina po uzorku	4,12 ha	4,04 ha	4,55 ha
Aritmetička sredina	26,12	17,55	18,24
Raspon vrijednosti	37,31	31,36	29,11
Standardno odstupanje	6,84	7,72	7,07
Koeficijent varijacije	0,26	0,44	0,39

Interpolacija običnim krigingom temelji se na korištenju točkastog vektorskog sloja uzoraka tla, čiji je utjecaj na predviđene vrijednosti izražen odgovarajućim težinskim koeficijentima (Oliver i Webster, 2015.). Obični kriging omogućava nepristranost predviđanja, obzirom da je varijanca razlike između stvarnih i procijenjenih vrijednosti u odabranim točkama najmanja moguća (Giraldo i sur., 2011.). Određivanje parametara interpolacije provedeno je na temelju ispitivanja normalne razdiobe i stacioniranosti ulaznih podataka, kao dvaju osnovnih preduvjeta za interpolaciju krigingom. Ispitivanje normalne razdiobe ulaznih vrijednosti u ovom istraživanju provedeno je korištenjem Shapiro-Wilk testa. Ispitivanje stacionarnosti kao lokalne varijabilnosti između susjednih uzoraka provedeno je uporabom Thiessenovih poligona. Thiessenove poligone sadržale su sve točke geometrijski bliže pojedinom uzorku tla nego bilo kojem uzorku. Modeliranje težinskih koeficijenata unutar običnog kringa provedeno je korištenjem semivariograma, izračunatog kao funkcija udaljenosti svih parova uzoraka. Kao matematički model za interpolaciju odabran je sferni model zbog najveće razine povezanosti sa semivariogramom. Preporuka precizne gnojidbe  $K_2O$  za šećernu repu izrađena je prema postojećim uputama za uzgoj šećerne repe na području istraživanja (Tablica 2.). Izračun ukupno apliciranog  $K_2O$  proveden je pristupom precizne poljoprivrede. On se temelji na rezultatu interpolacije te konvencionalnoj gnojidbi, prema kojoj je aplicirana srednja vrijednost  $K_2O$  na sva tri područja

istraživanja. Razlika apliciranih vrijednosti izračunata je posebno za svako područje u svrhu procjene ušteda u gnojidbi.

Tablica 2. Postojeći sadržaj  $K_2O$  u tlu i potrebna količina gnojiva za pjeskovito-ilovasta tla (Jurišić, 2008.)

Stupanj sadržaja	Postojeći sadržaj $K_2O$ u tlu (mg 100 g <sup>-1</sup> )	Potrebna količina gnojiva $K_2O$ za pjeskovito-ilovasta tla (kg ha <sup>-1</sup> )
A (nisko)	< 5	350
B (srednje)	6 – 10	300
C (visoko)	11 – 15	250
D (vrlo visoko)	16 – 20	150
E (ekstremno visoko)	21 >	50

Za geostatističku obradu i modeliranje karte gnojidbe korišteni su slobodni GIS računalni programi otvorenog koda *QGIS v3.4.8* i *SAGA GIS v7.3.0*. Izračunati podaci izvezeni su u vektorskom formatu *ESRI Shapefile* u svrhu kompatibilnosti sa što većim brojem modela traktora različitih proizvođača.

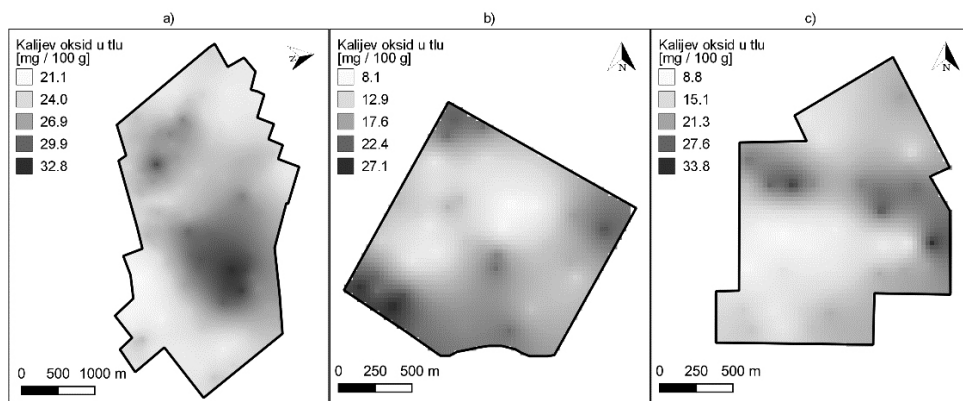
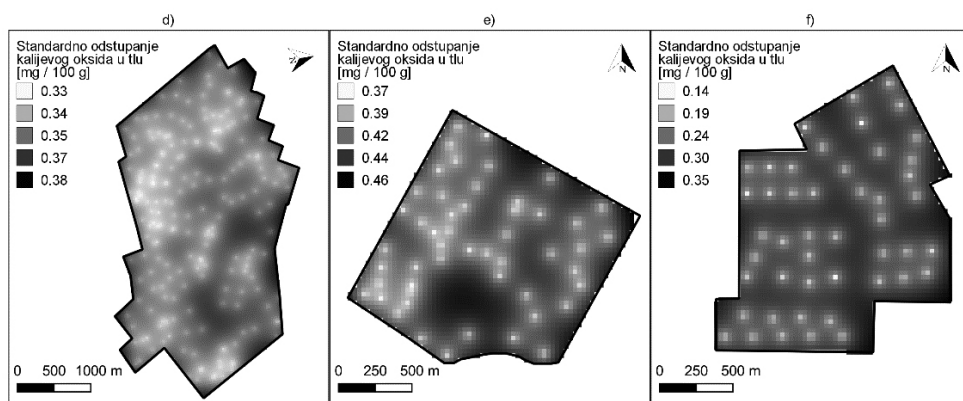
## Rezultati i rasprava

Temeljem Shapiro-Wilk testa utvrđeno je kako uzorci  $K_2O$  za lokacije 1 i 3 ne posjeduju normalnu razdiobu (Tablica 3.). Vrijednosti za lokaciju 2 ukazuju na normalnu razdiobu jer je vrijednost  $p$  veća od granične vrijednosti (0,05). Obzirom da dva od triju ispitanih uzoraka ne zadovoljavaju uvjet normalne razdiobe vrijednosti, provedena je logaritamska transformacija kao proces koji prethodi krigingu. Uporabom Thiessenovih poligona uočena je umjerena stacionarnost na lokaciji 1 te visoka vrijednosti na lokacijama 2 i 3. Korištenjem istih testova normalne razdiobe i stacionarnosti, Hasan i sur. (2014.) utvrdili su da je prilagodba parametara kriginga ovisno o provedenim testovima omogućila povećanje preciznosti interpolacije.

Tablica 3. Rezultati ispitivanja normalne razdiobe podataka Shapiro-Wilk testom

Područje istraživanja	$K_2O$	
	W	$p$
Lokacija 1	0,8977	< 0,0001
Lokacija 2	0,9615	0,0971
Lokacija 3	0,9382	0,0153

Najveće vrijednosti  $K_2O$  na području 1 identificirane su u središtu područja u iznosu 32,8 mg 100 g<sup>-1</sup>, dok prema rubovima te vrijednosti opadaju (Slika 1.). Lokacija 2 rezultirala je s najvećim vrijednostima  $K_2O$  na rubovima, s najvećom vrijednosti 27,1 mg 100 g<sup>-1</sup>. Na lokaciji 3 zabilježene su relativno niske vrijednosti  $K_2O$  te se one povećavaju samo u određenim točkama uzorkovanja. Standardna odstupanja interpoliranih vrijednosti  $K_2O$  u sva tri slučaja ukazuju da je najtočnije interpolirano područje u blizini uzoraka, dok ta točnost opada proporcionalno s udaljavanjem od uzoraka. Zbog toga su najveća standardna odstupanja evidentna na rubovima. Prema modeliranim kartama gnojidbe (Slika 2.), potreba za  $K_2O$  minimalna je i ujednačena na cijeloj lokaciji 1. Preporuka gnojidbe na lokaciji 2 sadrži velike varijacije, pri čemu je potreba za  $K_2O$  na rubnim dijelovima najniža te se prema središtu područja povećava. Na lokaciji 3 također su detektirane anomalije u trenutnom stanju  $K_2O$  u tlu. Na južnim dijelovima područja

Slika 1. Sadržaj  $K_2O$  u tlu na lokacijama istraživanja (1-lijevo, 2-sredina, 3-desno)Slika 2. Preporuka gnojidbe  $K_2O$  na lokacijama istraživanja (1-lijevo, 2-sredina, 3-desno)

potreba za gnojidbom najveća je, dok je od središta područja prema sjeveru potreba za  $K_2O$  umanjena.

Usporedba količine preporučene aplikacije gnojiva na tri područja istraživanja konvencionalnim pristupom i pristupom u preciznoj poljoprivredi prikazana je u Tablici 4. Podaci za preciznu gnojidbu preuzeti su iz rezultata geostatističke analize, dok je za konvencionalni pristup korištena srednja empirijska vrijednost u iznosu  $250 \text{ kg ha}^{-1}$ . Analizom razlike količine apliciranih vrijednosti utvrđeno je kako su najveće uštede moguće na lokaciji 1, gdje je potrebna minimalna količina. Najveća razlika na lokaciji 1, ostvarena je i iz razloga što je njegova površina gotovo četiri puta veća od ostalih. Prosječna ukupna ušteda apliciranog gnojiva pristupom u preciznoj poljoprivredi iznosi  $160,9 \text{ kg ha}^{-1}$  za cjelokupno područje istraživanja; količina od  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  za lokaciju 1,  $73,5 \text{ kg ha}^{-1}$  za lokaciju 2 i  $96 \text{ kg ha}^{-1}$  za lokaciju 3. Slično istraživanje precizne gnojidbe pšenice dušikom ukazalo je na prosječnu mogućnost uštede između 10 i 80 % apliciranog gnojiva (Diacono i sur., 2013.).

Tablica 4. Usporedba preporuke gnojidbe za preciznu i konvencionalnu gnojidbu

Lokacije	Precizna gnojidba (ha)					Konvencionalna gnojidba (ha)	Razlika (t)
	50 kg ha <sup>-1</sup>	150 kg ha <sup>-1</sup>	250 kg ha <sup>-1</sup>	300 kg ha <sup>-1</sup>	350 kg ha <sup>-1</sup>	250 kg ha <sup>-1</sup>	
1	815,6	/	/	/	/	815,6	163,1
2	34,1	86,5	78,5	6,7	/	205,8	15,1
3	58,7	89,1	64,5	1,8	/	214,1	20,6

## Zaključak

Korištenjem besplatnih računalnih programa koda *SAGA GIS* i *QGIS* omogućeno je dobivanje rezultata kao i pri korištenju skupih komercijalnih računalnih programa. Primjena običnog kriginga pri izradi karte gnojidbe omogućila je nadzor operatora nad parametrima interpolacije, za razliku od komercijalnih rješenja gdje je taj postupak često pojednostavljen ili nedostupan. Izrađenim modelom dokazana je potencijalna ušteda pri aplikaciji gnojiva u rasponu od 73,5 kg ha<sup>-1</sup> do 200 kg ha<sup>-1</sup> u ekstremnom slučaju. Razvijeni model podržava preciznu gnojidbu neovisno o kemijskom elementu ili poljoprivrednoj kulturi ili kultivaru. Izrada karte gnojidbe u vektorskom *ESRI Shapefile* formatu omogućuje efikasno povezivanje između GIS analitičara i operatera traktora u postupku precizne gnojidbe.

## Literatura

1. Aggelopoulou, K., Pateras, D., Fountas, S., Gemtos, T., Nanos, G. D. (2011): Soil spatial variability and site-specific fertilization maps in an apple orchard. *Precision Agriculture*, 12 (1), 118-129.
2. Diacono, M., Rubino, P., Montemurro, F. (2013): Precision nitrogen management of wheat. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33 (1), 219-241.
3. Fu, W., Tunney, H., Zhang, C. (2010): Spatial variation of soil nutrients in a dairy farm and its implications for site-specific fertilizer application. *Soil and Tillage Research*, 106 (2), 185-193.
4. Giraldo, R., Delicado, P., Mateu, J. (2011): Ordinary kriging for function-valued spatial data. *Environmental and Ecological Statistics*, 18 (3), 411-426.
5. Hasan, M., al-Hagwa, I., Muhammad, A. (2014): Mapping soil basicity using ordinary kriging interpolation in Haddaf and Wad-Elfadul blocks of Gezira scheme, Sudan. *Sudan Journal of Agricultural Sciences*, 1, 1-7.
6. Houles, V., Guerif, M., Mary, B. (2007): Elaboration of a nitrogen nutrition indicator for winter wheat based on leaf area index and chlorophyll content for making nitrogen recommendations. *European Journal of Agronomy*, 27 (1), 1-11.
7. Jurišić, M. (2008): *AgBase—Priručnik za uzgoj bilja*, I. Tehnologija (agrotehnika) važnijih ratarskih kultura. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
8. Jurišić, M., Plaščak, I. (2009): Geoinformacijski sustavi GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
9. Jurišić, M., Plaščak, I., Antonić, O., Radočaj, D. (2020): Suitability Calculation for Red Spicy Pepper Cultivation (*Capsicum annum* L.) Using Hybrid GIS-Based Multicriteria Analysis. *Agronomy*, 10(1), 3.
10. Oliver, M. A., Webster, R. (2015): Geostatistical prediction: kriging. *Basic Steps in Geostatistics: The Variogram and Kriging*. Springer, Cham.
11. Piccini, C., Marchetti, A., Farina, R., Francaviglia, R. (2012): Application of indicator kriging to evaluate the probability of exceeding nitrate contamination thresholds. *International Journal of Environmental Research*, 6 (4), 853-862.

12. Plaščak, I., Jurišić, M., Radočaj, D., Barač, Ž., Glavaš, J. (2019): Hazel plantation planning using GIS and multicriteria decision analysis. *Poljoprivreda*, 25 (2), 79-85.
13. Yan, X., Gong, W. (2010): The role of chemical and organic fertilizers on yield, yield variability and carbon sequestration—results of a 19-year experiment. *Plant and soil*, 331 (1-2), 471-480.

## Modelling of a precision fertilization map using geostatistics

### Abstract

Fertilization in precision agriculture has been one of the important factors in agricultural production, as quality fertilization provides stable yields. The spatial interpolation of soil samples' values by geostatistics has been recognized worldwide as a reliable method of soil condition and fertilization maps modelling. In this study, a model of precision fertilization maps was developed using geostatistical interpolation methods for fertilization of sugar beet with potassium oxide. The study area covers three independent locations within the Osijek-Baranja County. Ordinary kriging was selected as an interpolation method, whereby normal distribution and data stationarity were tested as preconditions for interpolation. The comparison of the conventional approach and precision fertilization resulted in fertilizer savings of 200 kg ha<sup>-1</sup> for location 1, 73.5 kg ha<sup>-1</sup> for location 2 and 96.0 kg ha<sup>-1</sup> for location 3. Open-source GIS software *SAGA GIS* and *QGIS* were used for data processing.

**Keywords:** precise fertilization, geostatistics, interpolation, potassium oxide, sugar beet.

## Monitoring of soybean growth stages using an unmanned aerial vehicle (UAV)

Dorijan Radočaj, Mladen Jurišić, Ivan Plaščak, Željko Barač, Emanuel Sigurnjak

*Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia, e-mail: dradocaj@fazos.hr*

### Abstract

UAV monitoring of crop properties is a novel procedure in agricultural practice, allowing the detection of anomalies and the adjustment of crop management. In this research, five cyclic imaging repetitions were conducted for a soybean agricultural parcel located in Donji Miholjac. Monitored soybean growth stages were a reference stage before sowing, fourth trifoliolate, beginning pod and beginning maturity stage. Images collected in the field were processed by the Structure-from-Motion algorithm for the creation of digital orthophotos. Four complementary vegetation indices calculated from red, green and blue spectral channels of the digital orthophoto were used for the interpretation of crop properties. The low-cost and effectiveness of UAV in crop monitoring showed potential for implementation in agricultural practice.

**Keywords:** UAV, soybean, vegetation indices, geographic information system

### Introduction

Soybean production has developed in many countries in the world, becoming an integral part of modern agriculture (Hartman et al., 2011). The importance of soybean stems from the quality of its grain, with high oil and protein content (Masuda and Goldsmith, 2009). According to the Croatian Bureau of Statistics, an increase of 119% in soybean production in Croatia was recorded between 2013 and 2017. Soybean is the fourth most cultivated crop in Croatia after maize, wheat and sunflower. It was cultivated on 8.5% of the total agricultural land in Croatia in 2019, according to data of the Croatian Paying Agency for Agriculture, Fisheries and Rural Development. Monitoring of crops is crucial for understanding the correlations between climate change, environmental conditions and vegetation productivity (Iizumi and Ramankutty, 2016). Vegetation indices are data calculated based on the absorption, transmission and reflection of light. They represent dimensionless radiometric measures obtained by combining information from different channels of the electromagnetic spectrum. Vegetation indices correlate to many crop properties, such as biomass and chlorophyll content, which makes them suitable for monitoring of crops (Viña et al., 2011). Chlorophyll in plants strongly absorbs wavelengths in the red and blue of the spectrum, while reflecting green wavelengths. The recent development of UAVs allowed imaging of crops with appropriate spatial and temporal resolutions, which enabled effective monitoring of growth stages (Schirrmann et al., 2016). Timely detection of crop anomalies in agricultural parcels enables the farmers to adjust agro-technical operations in order to achieve maximum yield and crop quality.

The aim of this research is to investigate the most important soybean growth stages for effective crop monitoring by cyclic imaging. The possibilities of a low-cost UAV with a red-green-blue (RGB) camera were evaluated with the aim of applying the proposed method even for small farmers in the study area.

## Material and methods

The study area was an agricultural parcel located in Donji Miholjac, in the northwest of Osijek-Baranja County (Figure 1). The area of the selected agricultural parcel is 1.8 ha.

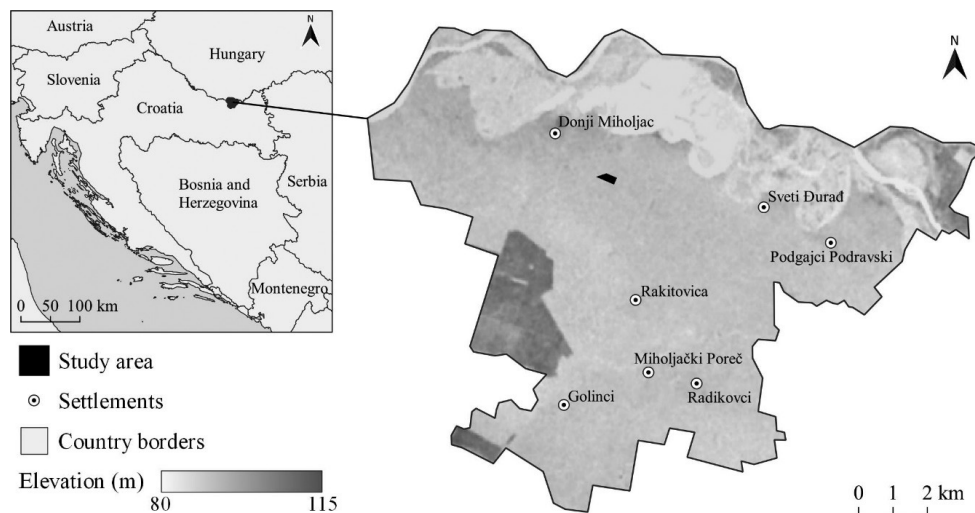


Figure 1. Study area and enlarged display of the agricultural parcel

Five cyclic imaging repetitions were conducted in this research. The classification of vegetative (V) and reproductive (R) soybean growth stages was applied in the research. The first imaging was conducted before sowing mid-April with the aim of representing a reference for future flights. However, the delay in sowing caused the necessity of imaging mid-June, which was designated as a new reference stage. The fourth trifoliolate (V4) stage was observed in early July, while Beginning pod (R3) and Beginning maturity (R7) were detected in late July and mid-September, respectively. Dates of UAV flights were accordingly April 17, June 14, July 5, July 30 and September 10 during the year 2019.

Imaging in the field was conducted using Phantom 4 Pro v2.0. Flights were performed at 30 m relative height, with 80% x 80% overlap. The digital orthophoto was created from a dense point cloud and digital elevation model (DEM) by the Structure-from-Motion algorithm in the Agisoft Metashape Pro v1.5.2 software. The digital orthophoto was exported to GeoTiff raster format for processing in geographic information system (GIS) environment. The splitting of red (R), green (G) and blue (B) spectral bands from the digital orthophoto was conducted as pre-processing for the calculation of vegetation indices. Normalized band values were calculated by division of individual band values with the sum of red, green and blue bands. Such a procedure allowed the partial standardization of the insolation effect of pixel values during imaging (Marcial-Pablo et al., 2019). Normalized values were labelled as *r* for red, *g* for green and *b*



for blue spectral band. Four selected vegetation indices (Table 1) were regarded as complementary, as every one of them was used for the detection of different crop properties in the previous studies (Hunt et al., 2011, Wan et al., 2018). Processing, analysis and visualization in GIS environment were conducted using open-source GIS software: SAGA GIS v7.3.0 and QGIS v3.4.8. The coordinate reference system selected for this study was the Croatian Terrestrial Reference System (HTRS96/TM).

Table 1. Vegetation indices used in the research

Vegetation index	Equation	Reference
Visible Atmospherically Resistant Index (VARI)	$\text{VARI} = \frac{G - R}{G + R - B}$	Gitelson et al., 2002
Normalized Green-Red Difference Index (NGRDI)	$\text{NGRDI} = \frac{G - R}{G + R}$	Yang et al., 2008
Green Leaf Index (GLI)	$\text{GLI} = \frac{2G - R - B}{2G + R + B}$	Louhaichi et al., 2001
Excess Green Index (ExG)	$\text{ExG} = 2g - r - b$	Woebbecke et al., 1995

## Results and discussion

The number of images collected was 384 on April 14, 361 on June 14, 308 on July 5, 307 on July 30 and 323 on September 10. An average of 10,100,000 points in the dense point cloud was calculated for the creation of the DEM and digital orthophoto. The DEM was calculated with 6.4 cm spatial resolution, allowing the creation of a digital orthophoto with 0.8 cm original spatial resolution. All five digital orthophotos were resampled to a 1 cm spatial resolution before export for the standardized processing in a GIS environment. Digital orthophotos of five conducted UAV flights with representative enlarged areas are shown in Figure 2.

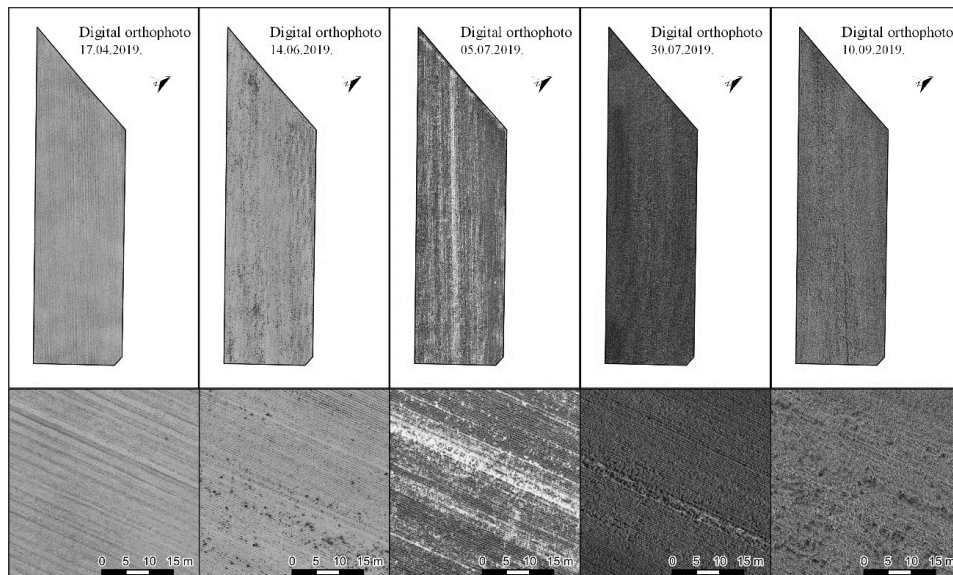
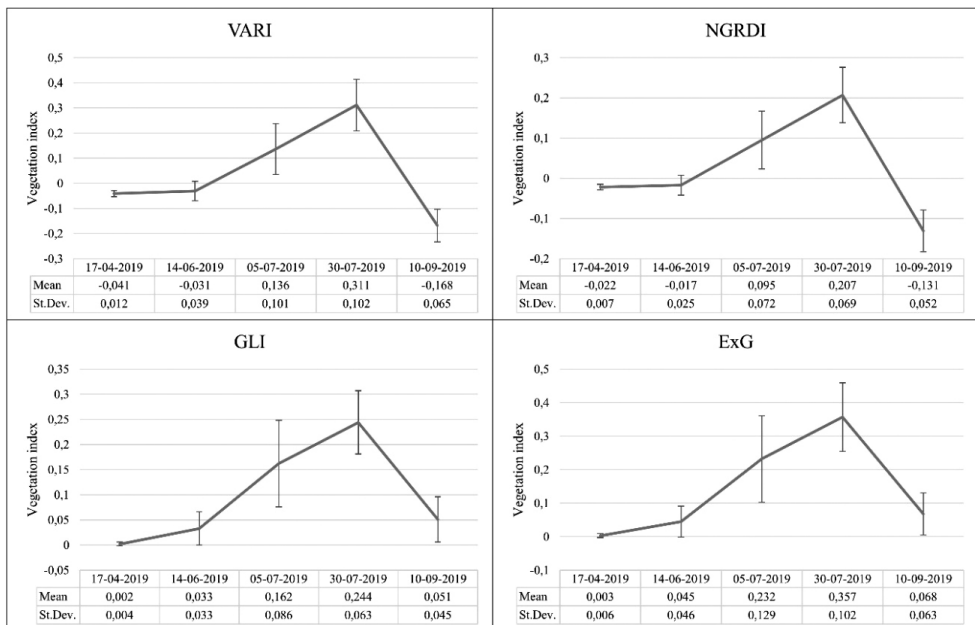


Figure 2. Digital orthophotos from five cyclic imaging repetitions

Imaging on April 17 allowed the visual identification of physical soil properties using VARI and NGRDI, which resulted in predominantly negative values (Graph 1). NGRDI generally resulted in a high correlation with VARI, having a slightly broader value interval. GLI and ExG resulted in minimal, low variance values in the same period, being resistant to heterogeneity in soil physical properties. VARI and GLI from June 14 indicated the presence of weeds in large clumps that can be reliably separated from the soil. However, no significant spectral differences were detected in contrast to previous imaging. Imaging on June 14 was therefore regarded as redundant. July 5 results of VARI and NGRDI enabled the detection of soybean rows, as well as the area of poor sowing in the centre of the agricultural parcel. Images from July 30 showed the highest biomass of soybean, allowing all vegetation indices to reach their peak. VARI and NGRDI resulted in higher variability relative to GLI and ExG in case of higher biomass. The comparison of VARI and NGRDI with GLI in a similar research also noted a low correlation in the case of high crop biomass (Hunt et al., 2011). In the last observed soybean growth stage on September 10, VARI and NGRDI achieved the lowest values, although vegetation was still present throughout the agricultural parcel. GLI and ExG successfully retained the heterogeneity of the values, correctly indicating that in certain parts of the agricultural parcel, the soybean vegetation period was not complete. The analysis of applied vegetation indices in research by (Wan et al., 2018) supported the effectiveness of UAV monitoring for other arable crops.

The application of Global Navigation Satellite System (GNSS) receivers for georeferencing of images by ground control points was determined as mandatory for reliable UAV monitoring in the process. The future direction of the research is the integration of a multispectral sensor with UAV. This enables the calculation of empirically more suitable vegetation indices, such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).



Graph 1. Vegetation indices from five cyclic imaging repetitions

## Conclusion

The application of cyclic imaging for crop monitoring using UAV showed a significant potential for the regular application in agricultural practice. The affordability of the selected UAV model for a typical farmer in the study area is the primary reason for the implementation of the proposed method. VARI and NGRDI both showed a possibility for the detection of minor heterogeneities in the soil and monitoring of soybean in its vegetative and early reproduction stages. VARI and NGRDI also enabled potential row detection for the creation of a weed management plan. GLI and ExG produced quality results in the monitoring of late reproductive soybean stages, being able to distinguish the level of soybean ripening in all parts of the study area. This procedure is upgradeable with a multispectral sensor for a more detailed analysis of crops and the monitoring of additional crop properties. This is especially beneficial for future studies, as it was necessary to use more than one vegetation index to reliably interpret crop properties at various growth stages.

## Literature

1. Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., Stark, R., Rundquist, D. (2002): Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. *Remote sensing of Environment*, 80 (1), 76-87.
2. Hartman, G. L., West, E. D., Herman, T. K. (2011). Crops that feed the World 2. Soybean—worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. *Food Security*, 3 (1), 5-17.
3. Hunt, E. R., Daughtry, C. S. T., Eitel, J. U., Long, D. S. (2011): Remote sensing leaf chlorophyll content using a visible band index. *Agronomy Journal*, 103 (4), 1090-1099.
4. Iizumi, T., Ramankutty, N. (2016): Changes in yield variability of major crops for 1981–2010 explained by climate change. *Environmental Research Letters*, 11 (3), 034003.
5. Louhaichi, M., Borman, M., Johnson, D. (2001): Spatially located platform and aerial photography for documentation of grazing impacts on wheat. *Geocarto International*, 16 (1), 65-70.
6. Marcial-Pablo, M., Gonzalez-Sanchez, A., Jimenez, S., Ontiveros-Capurata, R., Ojeda-Bustamante, W. (2019): Estimation of vegetation fraction using RGB and multispectral images from UAV. *International journal of remote sensing*, 40 (2), 420-438.
7. Masuda, T., Goldsmith, P. (2009): World soybean production: area harvested, yield, and long-term projections. *International food and agribusiness management review*, 12, 1-20.
8. Schirrmann, M., Giebel, A., Gleiniger, F., Pflanz, M., Lentschke, J., Dammer, K. (2016): Monitoring agronomic parameters of winter wheat crops with low-cost UAV imagery. *Remote Sensing*, 8 (9), 706.
9. Viña, A., Gitelson, A. A., Nguy-Robertson, A. L., Peng, Y. (2011): Comparison of different vegetation indices for the remote assessment of green leaf area index of crops. *Remote Sensing of Environment*, 115 (12), 3468-3478.
10. Wan, L., Li, Y., Cen, H., Zhu, J., Yin, W., Wu, W., Zhu, H., Sun, D., Zhou, W., He, Y. (2018): Combining UAV-based vegetation indices and image classification to estimate flower number in oilseed rape. *Remote Sensing*, 10 (9), 1484.
11. Woebbecke, D. M., Meyer, G. E., Von Bargen, K., Mortensen, D. A. (1995): Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions. *Transactions of the ASAE*, 38 (1), 259-269.
12. Yang, Z., Willis, P., Mueller, R. (2008): Impact of band-ratio enhanced AWIFS image to crop classification accuracy. *Pecora*, 17, 18-20.

## Praćenje stadija razvoja soje uporabom bespilotnih zrakoplova

### Sažetak

Praćenje svojstava usjeva pomoću bespilotnih zrakoplova suvremen je postupak otkrivanja anomalija i prilagođavanja načina upravljanja usjevima. U ovom istraživanju provedeno je pet cikličkih snimanja poljoprivredne čestice soje u Donjem Miholjcu. Promatrani stadiji razvoja soje bili su referentno stanje prije sjetve, četvrti vegetativni te treći i sedmi reproduktivni stadiji. Fotografije prikupljene na terenu obrađene su algoritmom *Structure-from-Motion* za stvaranje digitalnog ortofota. Za interpretaciju svojstava usjeva korištena su četiri komplementarna vegetacijska indeksa izračunata iz crvenog, zelenog i plavog spektralnog kanala digitalnog ortofota. Niska cijena i učinkovitost bespilotnih zrakoplova u praćenju usjeva ukazali su na potencijal primjene praćenja razvoja usjeva u poljoprivrednoj praksi.

**Ključne riječi:** bespilotni zrakoplov, soja, vegetacijski indeksi, GIS

## ***In vitro* antifungalni učinak eteričnih ulja na *Pyrenophora graminea***

Angelina Dujković, Helena Ereš, Karolina Vrandečić, Magdalena Matić, Jasenka Ćosić

*Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: angelinadujkovic34@gmail.com*

### **Sažetak**

Cilj je ovog rada utvrditi utjecaj dvanaest eteričnih ulja na rast micelija fitopatogene gljive *Pyrenophora graminea*. Učinak eteričnih ulja na rast i razvoj micelija gljiva ovisi o kemijskom sastavu ulja koje ovisi o biljnoj vrsti, primijenjenoj količini eteričnog ulja te vrsti gljive i okolnim uvjetima u kojima je gljiva izložena djelovanju ulja. Ulja su primjenjivana u količinama od 5, 10, 15, 25 i 50 µl, a mjerenje zone inhibicije obavljeno je nakon sedam dana. Najjači antifungalni učinak imalo je ulje timijana koje je potpuno inhibiralo rast micelija i pri najmanjoj primijenjenoj količini (5 µl). Osim ulja timijana vrlo dobar antifungalni učinak na rast micelija *P. graminea* imala su ulja citronele, lavande i kore cimeta. Najslabije antifungalno djelovanje imalo je eterično ulje eukaliptusa.

**Ključne riječi:** eterična ulja, *Pyrenophora graminea*, porast micelija, antifungalno djelovanje

### **Uvod**

Prugavost ječma, čiji je uzročnik *Pyrenophora graminea*, smatra se jednom od najštetnijih i najčešćih bolesti ječma koja može uzrokovati gubitke i do 80%. Gljiva zarazi zrno ječma, u njemu živi kao micelij koji se aktivira tijekom klijanja te hife prodiru u mladu biljčicu izazivajući sistemične zaraze (Jurković i sur., 2017.). Nadalje infekcija, odnosno zaraza, može se izazvati i pri niskim temperaturama, a jedan je od najčešćih načina prenošenja zaraze putem sjemena gdje se gljiva nalazi u obliku konidija ili micelija (Alasić, 2009.).

Za područje Hrvatske nema vjerodostojnih podataka o intenzitetu bolesti i veličini šteta budući da se bolest najčešće javlja sporadično. Izuzetak su vlažne i pro hladne godine, osjetljivi kultivari i ako je posijano necertificirano sjeme (Jurković i sur., 2017.).

Eterična ulja su složeni isparljivi spojevi proizvedeni od različitih dijelova biljaka i imaju različite funkcije u biljkama kao što su zaštita od visokih ili niskih temperatura, privlače ili odbijaju kukce te imaju antifungalno, antibakterijsko i antivirusno djelovanje (Arshad i sur., 2014.). Danas je poznato oko 3000 različitih eteričnih ulja od kojih komercijalnu važnost ima njih oko 300 (Bakkali i sur., 2008.). Budući da kemijski sastav ovisi o vrsti i dijelu biljke, njezinu podrijetlu, vremenu žetve, količini primjene, učinak na određenog patogena može biti vrlo različit (Ćosić i sur., 2014.).

Cilj ovog rada je u *in vitro* uvjetima utvrditi antifungalno djelovanje dvanaest eteričnih ulja na porast micelija *Pyrenophora graminea*.

## Materijali i metode

U Centralnom laboratoriju za fitomedicinu Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek istražen je utjecaj 12 eteričnih ulja anis (*Pimpinella anisum* L.), bor (*Pinus sylvestris* L.), cimet kora (*Cinnamomum verum* Bercht & Presl), citronela (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle), čajevac (*Melaleuca alternifolia* Cheel.), čempres (*Cupressus sempervirens* L.), eukaliptus (*Eucalyptus globulus* Labill.), klinčić (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L. M. Perry), lavanda (*Lavandula angustifolia* L.), naranča slatka (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck.), ružmarin (*Rosmarinus officinalis* L.) i timijan (*Thymus vulgaris* L.) primjenjenih u pet količina (5, 10, 15, 25 i 50 µl) na porast gljive *Pyrenophora graminea*. Pokus je postavljen u tri ponavljanja prema metodi Saikia i sur. (2001.). U sredinu Petrijevih zdjelica promjera 90 mm s krumpir dekstroznim agarom postavljen je kružni isječak sterilnog filter papira promjera 5 mm na koji se aplicira eterično ulje u određenoj količini. Četiri diska (promjer 5 mm) podloge s razvijenom gljivom stavljaju se nasuprotno uz rub zdjelice. U kontrolnoj je varijanti umjesto eteričnog ulja korištena sterilna destilirana voda. Petrijeve zdjelice stavljene su u klima komoru na temperaturi 22 °C, 70% relativne vlage zraka i svjetlosni režim 12 sati svjetlo/12 sati tama.

Mjerenje zone inhibicije obavljeno je nakon 7 dana.

Statistička obrada podataka napravljena je pomoću programa Statistica for Windows 10.

## Rezultati i rasprava

Rezultati istraživanja utjecaja eteričnih ulja primjenjenih u količinama 5, 10, 15, 25 i 50 µl na porast micelija uzročnika prugavosti ječma prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1. Fungistatični utjecaj eteričnih ulja na porast micelija *Pyrenophora graminea* (zona inhibicije mm)

Ulje	5 µl	10 µl	15 µl	25 µl	50 µl	LSD	
						0,05	0,01
Citronela	10,92	28,17	28,75	30,00	30,00	1,39	1,98
Bor	3,58	3,42	2,92	10,92	16,17	2,71	3,86
Ružmarin	3,58	4,50	5,25	13,67	16,17	2,03	2,89
Lavanda	2,83	9,25	12,92	30,00	29,75	1,83	2,60
Čajevac	3,25	10,33	21,58	29,67	30,00	3,40	4,84
Klinčić	13,00	19,25	22,25	24,25	27,08	2,34	3,33
Anis	8,08	27,33	29,50	29,83	29,92	2,27	3,23
Timijan	30,00	28,75	28,92	30,00	30,00	0,78	1,10
Naranča slatka	3,83	7,25	8,50	12,17	15,50	2,51	3,58
Čempres	4,58	4,83	5,58	14,00	18,83	2,70	3,84
Eukaliptus	2,33	3,09	3,83	8,50	10,42	2,33	3,32
Cimet kora	15,42	22,58	26,00	26,00	27,00	2,09	2,97
Kontrola	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83		
LSD 0,05	1,92	2,11	2,26	2,00	2,03		
0,01	2,59	2,85	3,05	2,70	2,75		

Antifungalni učinak eteričnih ulja ovisi, između ostaloga, o vrsti ulja, primijenjenoj količini i vrsti gljive (Kim i sur., 2008., Palfi, 2017.). Sva istraživana eterična ulja primijenjena u količinama 25 i 50  $\mu$ l statistički su vrlo značajno inhibirala porast micelija *P. graminea* u odnosu na kontrolu. Ulje eukaliptusa je pri primjeni u količini 50  $\mu$ l statistički vrlo značajno jače inhibiralo rast gljive u odnosu na kontrolu, ali je djelovanje toga ulja statistički vrlo značajno slabije u odnosu na sva druga ulja. Ulje eukaliptusa je i prema rezultatima Palfi (2017.) imalo najslabije fungistatično djelovanje na sve gljive u istraživanju. Najslabije antifungalno djelovanje utvrđeno je kod primjene eteričnih ulja u najmanjoj količini. Kod primjene ulja u količini 5  $\mu$ l jedino su ulja citronele, klinčića, anisa, timijana, čempresa i kore cimeta statistički vrlo značajno inhibirala, a ulje slatke naranče statistički je značajno inhibiralo porast micelija u odnosu na kontrolu. Pri primjeni najmanje količine eterično ulje timijana potpuno je inhibiralo rast gljive te je njegovo antifungalno djelovanje statistički vrlo značajno jače u odnosu na sva ostala ulja. Isto ulje primijenjeno u količini 10  $\mu$ l statistički je vrlo značajno jače inhibiralo porast gljive u odnosu na sva ulja osim citronele i anisa, dok je pri primjeni u količini 15  $\mu$ l statistički vrlo značajno jače inhibiralo porast gljive u odnosu na sva ulja osim citronele, anisa i kore cimeta. Eterično ulje timijana ima jak fungistatični učinak i na *Diaporthe caulivora*, *Phomopsis viticola*, *Diaporthe helianthi*, *Diaporthe longicolla*, *Colletotrichum coccodes* (Ćosić i sur. 2010.), *Alternaria alternata*, *Rhizoctonia solani*, *Diplodia* spp. (El Zemity i Ahmed, 2005.), *Phytophthora cactorum*, *Cryphonectria parasitica* (Lee i sur., 2008.), *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea* i *Colletotrichum coccodes* (Palfi, 2017.).

S povećanjem primijenjene količine ulja u pravilu raste i njihov fungistatični učinak. Jedino ulje kod kojega nisu utvrđene statistički značajne razlike u jačini inhibicije rasta micelija između najmanje i najveće primijenjene količine je ulje timijana. Kod ulja citronele, lavande čajevca, anisa, timijana, eukaliptusa i kore cimeta ne postoje statistički značajne razlike u porastu micelija između primjene ulja u količinama 25 i 50  $\mu$ l dok je zona inhibicije kod primjene ulja u manjim količinama bila statistički značajno ili vrlo značajno manja.

Neka eterična ulja mogu stimulirati rast pojedinih gljiva. Ćosić i sur. (2010.) navode da ulja ružmarina, kadulje, bora, gorke naranče i lavande stimuliraju rast *Fusarium subglutinans*, a ulja kadulje, bora i gorke naranče stimuliraju rast micelija *Diaporthe helianthi*. U našim istraživanjima niti jedno ulje nije stimuliralo rast *P. graminea*.

Provedena istraživanja ukazuju na potrebu daljnjih istraživanja antifungalnog djelovanja eteričnih ulja u *in vitro* i *in vivo* uvjetima što bi moglo biti put za razvoj biofungicida kao alternative kemijskim fungicidima.

## Zaključak

Eterična ulja, ovisno o vrsti, sastavu, količini u kojoj se primjenjuju i vrsti biljnog patogena imaju fungistatično djelovanje. S povećanjem primijenjene količine ulja, u pravilu se, pojačava i fungistatični učinak. Eterično ulje timijana pokazalo je najjače antifungalno djelovanje na *Pyrenophora graminea*, za njim slijede ulja anisa i citronele. Najslabiji učinak na istraživanu gljivu imalo je ulje eukaliptusa.

## Literatura

1. Alasić, V. (2009): Najznačajnije bolesti i štetnici strnih žitarica (pšenice, ječma) u 2008./2009. godini na području Brodsko-posavske županije. Glasnik zaštite bilja, 5, 44-50.
2. Arshad, Z., Hanif, M.A., Qadri, R.W.K., Khan, M.M. (2014): Role of Essential Oils in Plant Diseases Protection: A Review. International Journal of Chrmical and Biochemical Sciences, 6, 11-17.
3. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D, Idaomar, M. (2008): Biological effects of essential oils – a review. Food and Chemical Toxicology, 46 (2), 446-475.
4. Ćosić J., Vrandečić K., Poštić J., Jurković D., Ravlić M. (2010.): *In vitro* antifungal activity of essential oils on growth of phytopathogenic fungi. Poljoprivreda, 16, 25-28.
5. Ćosić, J., Vrandečić, K., Jurković, D. (2014): The Effect of Essential Oils on the Development of Phytopathogenic Fungi. U Sharma N. i sur. »Biological Controls for Preventing Food Deterioration – Strategies for Pre- and Postharvest Management«, 273-292. Wiley Blackwell, UK.
6. El Zemity, S.R., Ahmed, S.M. (2005): Antifungal activity of some essential oils and their major chemical constituents against some phytopathogenic fungi. Journal of Pest Control and Environmental Science, 13 (1), 61-72.
7. Jurković, D., Ćosić, J., Vrandečić, K. (2017): Pseudogljive i gljive ratarskih kultura. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
8. Kim, J., Lee, Y.S., Lee, S.G., Shin, S.C., Park, I.K. (2008): Fumigant Antifungal Activity of Plant Essential Oils and Components from West Indian Bay (*Pimenta racemosa*) and Thyme (*Thymus vulgaris*) Oils Against Two Phytopathogenic Fungi. Flavour and Fragrance Journal, 23, 272-277.
9. Lee, Y.S., Kim, J., Shin, S.C., Lee, S.G., Park, I.K. (2008): Antifungal activity of Myrtaceae essential oils and their components against three phytopathogenic fungi. Flavour and Fragrance Journal, 23, 23-28.
10. Palfi, M. (2017): Antifungalno djelovanje eteričnih ulja i njihovih komponenti na fitopatogene gljivice u *in vitro* uvjetima. Doktorska disertacija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
11. Saikia, D., Khanuja, S.P.S., Kahol A.P., Gurta, A.P., Kumar, S. (2001): Comparative antifungal activity of essential oils and constituents from three distinct genotypes of *Cymbopogon* spp. Current Science, 80, 1264–1266.

## *In vitro* antifungal activity of essential oils on *Pyrenophora graminea*

### Abstract

The aim of this study is to determine the antifungal properties of twelve essential oils on the mycelial growth of the phytopathogenic fungus *Pyrenophora graminea*. Activity of essential oils on growth rate depends on chemical composition which is determined by the plant species, applied concentration, fungus species and environmental conditions in which the fungus is exposed to the oil. The oils were applied in quantities of 5, 10, 15, 25 and 50  $\mu$ l and the inhibition zones were measured seven days after inoculation. Thyme oil had the best antifungal activity. It completely inhibited the mycelial growth even in the smallest amount of application rate (5  $\mu$ l). Besides thyme oil, oils of citronella, lavender and cinnamon bark showed good antifungal activity on growth of *P. graminea* mycelium. Eucalyptus essential oil had the weakest antifungal activity.

**Key words:** essential oils, *Pyrenophora graminea*, mycelium, antifungal activity



Izvorni znanstveni rad / Original Scientific Paper

## Utjecaj uzgoja zobi (*Avena sativa* L.), kukuruza (*Zea mays* L.) i soje (*Glycine max.* L.) na reakciju i električnu provodljivost tla

Andrija Špoljar, Ivka Kvaternjak, Dragutin Žibrin, Mirjana Mužić

*Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, M. Demerca 1, HR – 48 260 Križevci, Hrvatska,  
e-mail: aspoljar@vguk.hr*

### Sažetak

Tijekom 2019. godine na učilišnom pokušalištu istraživao je utjecaj uzgoja zobi (*Avena sativa* L.), kukuruza (*Zea mays* L.) i soje (*Glycine max* L.) na reakciju (pH u H<sub>2</sub>O i 1 MKCl-u) i električnu provodljivost (EC) tla. U osam su ponavljanja u tri navrata tijekom vegetacije iz golog tla (crni ugar) i neposredno uz korijenov sustav biljaka uzeti prosječni uzorci od 0 do 30 cm i od 30 do 60 cm dubine. Korijenov sustav kukuruza i soje u površinskom je horizontu uvjetovao zakiseljavanje, dok je pri uzgoju zobi došlo do povećanja pH vrijednosti tla. Najveće vrijednosti električne provodljivosti tla utvrđene su kod crnog ugara, a može se pretpostaviti da je to u svezi s manjom infiltracijskom sposobnošću tla i zbog toga većom koncentracijom vodene otopine.

**Ključne riječi:** zakiseljavanje tla, zob, kukuruz, soja

### Uvod

Kako navodi Špoljar (2019.) uzroci zakiseljavanja tla mogu biti prirodni i antropogeni. Na prirodan način tlo se zakiseljava geogeno i pedogeno. Geogeno zakiseljavanje u svezi je s kiselim matičnim supstratima, a pedogeno se odnosi na neutralne i bazične stijene. Pri pedogenom su zakiseljavanju kod silikatno-karbonatnih matičnih supstrata uzrok dekarbonatizacije povećane količine oborina. Zbog ispiranja baznih kationa iz koloidnog kompleksa i ulaska iona vodika na njihovo mjesto tlo se zakiseljava. Kod silikatnih matičnih supstrata prvotni je proces debazifikacija i tlo se, također zbog ulaska iona vodika u koloidni kompleks, postupno zakiseljava. Uzrok antropogenog zakiseljavanja može biti gnojidba fiziološki kiselim mineralnim gnojivima i organska gnojidba. Kontinuirano odnošenje biljnih ostataka s proizvodnih površina, budući da su oni blago bazične reakcije, isto tako s vremenom dovodi do zakiseljavanja. Kisele kiše i oksidacija nekih minerala prilikom njihovog vađenja iz rudokopa također uzrokuju zakiseljavanje tla (Osman, 2014.).

Kao što je poznato, i korijenov sustav biljaka pri primanju kationa radi postizanja električne ravnoteže otpušta u otopinu tla ione vodika, što je uzrok zakiseljavanja tla (Vukadinović i Vukadinović, 2011., Špoljar, 2019.). Katerji i sur. (2000.) ističu kako otpornost soje (*Glycine max* L.) prema salinitetu ovisi o sorti i varira od osjetljive do umjerene. Autori ističu kako su vrijednosti praga tolerancije za uzgoj soje manje od 2 dSm<sup>-1</sup> te konstatiraju da je električna provodljivost

jedan od bitnijih čimbenika koji utječe na uzgoj soje. Williams i sur. (2005.) navode da je za optimalne prinose soje potrebna pH vrijednost veća od 6,3. Vrijednosti pH manje od 5,2, kako navode autori, vrlo su štetne za rast i razvoj biljaka soje. Al Baquy i sur. (2018.) navode da je zbog kiselosti tla pri uzgoju kukuruza (*Zea mays* L.) toksičnost aluminija značajno smanjila sadržaj klorofila, količinu suhe tvari korijena kukuruza te je smanjen rast biljaka. Kritične pH vrijednosti tla kod uzgoja kukuruza kretale su se između 4,46 i 5,07, a prag tolerancije za električnu provodljivost iznosi 2,7 dSm<sup>-1</sup>. Kod uzgoja zobi ovaj prag iznosi 5,2 dSm<sup>-1</sup> (<https://extension.usu.edu/publications/publication/AG-SO-03.pdf>).

Kako navodi Špoljar (2019.), zob (*Avena sativa* L.) i raž (*Secale cereale* L.) dobro podnose kiselo tlo i mogu se uspješno uzgajati i kod pH vrijednosti 4,5. Kako je iz ovog kratkog pregleda literature vidljivo, autori se uglavnom bave utjecajem povećane kiselosti tla na primanje hraniva i toksičnost pojedinih mikroelemenata, a isto tako istražuju utjecaj električne provodljivosti na rast i razvoj biljaka. Zbog toga je na pokušalištu Visokog gospodarskog učilišta u Križevcima tijekom 2019. godine istraživana utjecaj uzgoja zobi (*Avena sativa* L.), kukuruza (*Zea mays* L.) i soje (*Glycine max* L.) na reakciju i električnu provodljivost tla.

## Materijal i metode

Tijekom 2019. godine na učilišnom pokušalištu istraživana je utjecaj uzgoja zobi (*Avena sativa* L.), kukuruza (*Zea mays* L.) i soje (*Glycine max* L.) na reakciju (pH u H<sub>2</sub>O i 1 MKCl-u) i električnu provodljivost (EC) tla. Istraživanja su provedena na hipogleju mineralnom nekarbonatnom na proizvodnoj površini veličine jednog hektara. Za determinaciju sistematske pripadnosti tla korištena je klasifikacija tala Hrvatske (Husnjak, 2014.). U osam su ponavljanja u tri navrata tijekom vegetacije iz golog tla (crni ugar) i neposredno uz korijenov sustav biljaka uzeti prosječni uzorci od 0 do 30 cm i od 30 do 60 cm dubine. Uzorci su uzeti na početku, u sredini i na kraju vegetacije po fazama razvoja biljaka (Tablica 1.). Iz njih je u laboratoriju određena pH vrijednost u vodi i 1 MKCl-u (ISO 10390:2005) te električna provodljivost (EC) u uzorku tla i vode omjera 1: 5 (ISO 11265:2004).

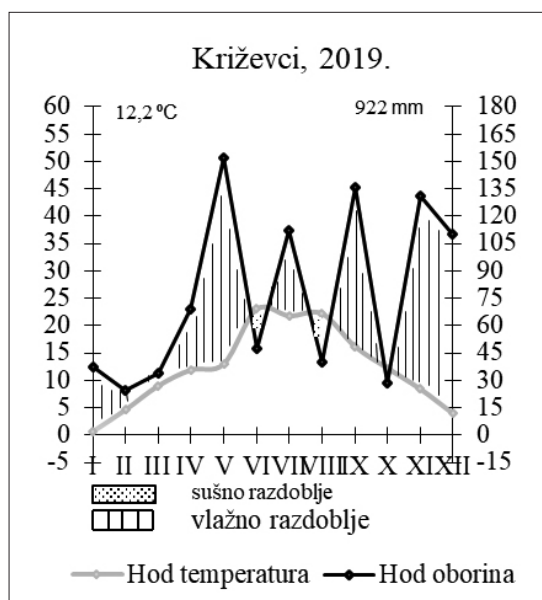
Tablica 1. Vrijeme uzorkovanja tla

Kultura	Faza razvoja	Datum uzorkovanja
Zob	Vlatanje	17. travnja
	Metličanje	7. lipnja
	Zrioba	23. srpnja
Kukuruz	Vegetativni porast	28. lipnja
	Metličanje	23. srpnja
	Zrioba	15. listopada
Soja	Grananje	28. lipnja
	Cvatnja	23. srpnja
	Zrioba	15. listopada

Rezultati istraživanja statistički su obrađeni analizom varijance (ANOVA), a srednje vrijednosti testirane su LSD testom. Za statističku obradu podataka korišten je programski paket Statistica 12.1. (StatSoft, Inc. 2012.).

## Rezultati i rasprava

Rezultati utjecaja uzgajanih kultura na reakciju i električnu provodljivost tla po mjerenjima prikazani su u Tablici 2., a po varijantama od 0 do 30 cm i od 30 do 60 cm dubine u Tablicama 3. i 4. Razvidno je, na temelju izmjerenih pH vrijednosti u vodi i 1 MKCl-u, kako su kukuruz i soja po mjerenjima do 30 cm dubine u odnosu na crni ugar uglavnom zakiselile tlo. Nasuprot tome, pri uzgoju zobi do 30 cm dubine utvrđene su veće pH vrijednosti tla mjerene u vodi i 1M KCl-u u odnosu na druge varijante. Kovačević i Rastija (2014.) pretpostavljaju da zob zbog dobro razvijenog korijena koristi teško pristupačna hraniva te da se uspješno uzgaja na kiselim tlima nepovoljnih vodozračnih odnosa. Kako korijenov sustav biljaka pri primanju aniona otpušta u otopinu tla OH<sup>-</sup> ione (Vukadinović i Vukadinović, 2011.), može se pretpostaviti da je to ključni razlog uglavnom većih pH vrijednosti u rizosferi zobi. Većinom je po mjerenjima kod svih varijanata zabilježeno smanjenje vrijednosti električne provodljivosti tla, što može biti rezultat vlažnijih klimatskih uvjeta u vrijeme uzorkovanja tla (Grafikon 1.). Špoljar (2019.) navodi kako vremenski uvjeti utječu na koncentraciju vodene otopine i s tim u svezi na izmjerene EC vrijednosti tla. Rengel (2002.) isto tako navodi, kako se tijekom vlažnog razdoblja i zbog ispiranja soli iz površinskog dijela tla smanjuje njihova koncentracija, a pH vrijednost tla se povećava. Tang i Rengel (2003.) (cit. Rengel 2015.) također ističu da se to ne odnosi na dugogodišnji utjecaj povećanih količina oborina zbog kojih se ispiru bazni kationi iz površinskog dijela tla i ono se postupno zakiseljava, već je riječ o razmatranom vlažnijem razdoblju tijekom vegetacije.



Grafikon 1. Klima dijagram prema Walteru

Tablica 2. Rezultati utjecaja uzgajanih kultura na reakciju i električnu provodljivost tla po mjerjenjima

Mjerenje	Dubina, cm	Crni ugar	Zob	Kukuruz	Soja
pH, u H <sub>2</sub> O					
1. mjerenje	0 – 30	6,09 <sup>b</sup>	6,23 <sup>a</sup>	5,54 <sup>d</sup>	5,82 <sup>c</sup>
	30 – 60	6,47 <sup>a</sup>	6,30 <sup>b</sup>	5,65 <sup>d</sup>	6,11 <sup>c</sup>
2. mjerenje	0 – 30	5,90 <sup>b</sup>	6,41 <sup>a</sup>	5,79 <sup>b</sup>	5,99 <sup>b</sup>
	30 – 60	6,02 <sup>b</sup>	6,47 <sup>a</sup>	5,98 <sup>b</sup>	5,94 <sup>b</sup>
3. mjerenje	0 – 30	5,88 <sup>b</sup>	6,09 <sup>a</sup>	5,75 <sup>c</sup>	5,91 <sup>b</sup>
	30 – 60	5,67 <sup>d</sup>	6,24 <sup>a</sup>	5,96 <sup>c</sup>	6,10 <sup>b</sup>
pH, u 1 M KCl					
1. mjerenje	0 – 30	4,68 <sup>b</sup>	4,89 <sup>a</sup>	4,25 <sup>d</sup>	4,50 <sup>c</sup>
	30 – 60	5,12 <sup>a</sup>	4,94 <sup>b</sup>	4,40 <sup>c</sup>	4,78 <sup>b</sup>
2. mjerenje	0 – 30	4,57 <sup>b</sup>	4,94 <sup>a</sup>	4,44 <sup>b</sup>	4,51 <sup>b</sup>
	30 – 60	4,77 <sup>b</sup>	4,99 <sup>b</sup>	4,59 <sup>a</sup>	4,56 <sup>a</sup>
3. mjerenje	0 – 30	4,51 <sup>b</sup>	4,73 <sup>a</sup>	4,41 <sup>b</sup>	4,46 <sup>b</sup>
	30 – 60	4,50 <sup>b</sup>	4,90 <sup>a</sup>	4,63 <sup>b</sup>	4,73 <sup>b</sup>
Električna provodljivost, (EC), $\mu$ S					
1. mjerenje	0 – 30	81,65 <sup>b</sup>	86,45 <sup>b</sup>	99,39 <sup>ab</sup>	84,19 <sup>b</sup>
	30 – 60	73,18 <sup>c</sup>	86,11 <sup>b</sup>	114,46 <sup>a</sup>	89,27 <sup>b</sup>
2. mjerenje	0 – 30	90,90 <sup>a</sup>	49,36 <sup>c</sup>	68,39 <sup>b</sup>	49,78 <sup>c</sup>
	30 – 60	93,44 <sup>a</sup>	49,44 <sup>bc</sup>	58,88 <sup>b</sup>	46,11 <sup>c</sup>
3. mjerenje	0 – 30	76,11 <sup>a</sup>	36,99 <sup>d</sup>	62,95 <sup>b</sup>	44,73 <sup>c</sup>
	30 – 60	116,47 <sup>a</sup>	37,78 <sup>c</sup>	61,23 <sup>b</sup>	57,36 <sup>b</sup>

\* vrijednosti u redovima označene različitim slovima značajno se razlikuju

Iz Tablice 3. i 4. razvidno je kako je kukuruz najviše zakiselio tlo. Do 30 cm dubine tla utvrđene su statistički opravdano manje pH vrijednosti mjerene u vodi u odnosu na druge istraživane varijante, a opravdanih razlika između tih varijanata nije bilo. Najveće vrijednosti električne provodljivosti tla bile su kod crnog ugara, a može se pretpostaviti da je to u svezi s manjom infiltracijskom sposobnošću golog tla i zbog toga povećane koncentracije vodene otopine. Naime, vegetacijski pokrov povoljno utječe na smanjenje otjecanja vode po površini i povećava se infiltracijska sposobnost tla (Gabriels i Verdoodt, 2012.). Slični rezultati istraživanih značajki tla dobiveni su i na dubini tla od 30 do 60 cm.

Tablica 3. Rezultati utjecaja uzgajanih kultura na reakciju i električnu provodljivost tla po varijantama za dubinu od 0 do 30 cm

Varijanta	Dubina, cm	pH, u H <sub>2</sub> O	pH, u 1 M KCl	Električna provodljivost, (EC), $\mu$ S
Ugar	0 – 30	5,96 <sup>b</sup>	4,59 <sup>b</sup>	82,89 <sup>a</sup>
Zob	0 – 30	6,24 <sup>b</sup>	4,85 <sup>a</sup>	57,60 <sup>b</sup>
Kukuruz	0 – 30	5,69 <sup>c</sup>	4,37 <sup>d</sup>	76,91 <sup>a</sup>
Soja	0 – 30	5,90 <sup>b</sup>	4,49 <sup>c</sup>	59,56 <sup>b</sup>

\* vrijednosti u stupcima označene različitim slovima značajno se razlikuju

Tablica 4. Rezultati utjecaja uzgajanih kultura na reakciju i električnu provodljivost tla po varijantama za dubinu od 30 do 60 cm

Varijanta	Dubina, cm	pH, u H <sub>2</sub> O	pH, u 1 M KCl	Električna provodljivost, (EC), $\mu$ S
Ugar	30 – 60	6,05 <sup>b</sup>	4,80 <sup>b</sup>	94,36 <sup>a</sup>
Zob	30 – 60	6,34 <sup>a</sup>	4,94 <sup>a</sup>	57,78 <sup>c</sup>
Kukuruz	30 – 60	5,86 <sup>c</sup>	4,54 <sup>c</sup>	78,19 <sup>b</sup>
Soja	30 – 60	6,05 <sup>b</sup>	4,69 <sup>b</sup>	64,25 <sup>c</sup>

\* vrijednosti u stupcima označene različitim slovima značajno se razlikuju

Iz rezultata istraživanja po mjerenjima proizlazi da je korijenov sustav kukuruza i soje najviše zakiselio tlo, dok su pri uzgoju zobi utvrđene uglavnom veće pH vrijednosti u odnosu na ostale istraživane varijante. Slični rezultati dobiveni su i međusobnom usporedbom srednjih vrijednosti istraživanih značajki tla po varijantama za dubinu od 0 do 30 cm i od 30 do 60 cm. Temeljem provedenih istraživanja moguće je navesti sljedeći red utjecaja istraživanih varijanata na pH vrijednosti tla (od manjih prema većim vrijednostima): kukuruz < soja < crni ugar < zob. Također je utvrđen sljedeći red utjecaja varijanata u pokusu na EC vrijednosti (od većih prema manjim vrijednostima): crni ugar > kukuruz > soja > zob. Iz navedenoga proizlazi da kukuruz i soja svojim korijenovim sustavom zakiseljavaju tlo. Kako jedna godina istraživanja nije dovoljna za donošenje relevantnijih zaključaka, istraživanja bi trebalo nastaviti.

## Zaključak

Korijenov sustav kukuruza i soje uvjetovali su zakiseljavanje tla, dok je pri uzgoju zobi došlo uglavnom do povećanja pH vrijednosti tla. Najveće vrijednosti električne provodljivosti tla utvrđene su kod crnog ugara, a može se pretpostaviti da je to u svezi s manjom infiltracijskom sposobnošću tla i zbog toga većom koncentracijom vodene otopine.

## Literatura

- Al Baqay, A., Jin-Yu, L., Jun, J., Khalid, M., Ren-Yong, S., Ren-Kou, X. (2018): Critical pH and exchangeable Al of four acidic soils derived from different parent materials for maize crops. *Journal of Soils and Sediments*, 18 (4), 1490-1499.
- Gabriels, D., Verdoodt, A. (2012): *Soil Degradation*. Universitet Gent, 244 p.
- Husnjak, S. (2014): *Sistematika tala Hrvatske*. Udžbenik, Sveučilište u Zagrebu, 373. str.
- Katerji, N., Van Hoorn, J.W., Hamdy, A., Mastrorilli, M. (2000): Salt tolerance classification of crops according to soil salinity and water stress day index. *Agricultural Water Management*, 43 (1), 99-109.
- Kovačević, V., Rastija, M. (2014): *Žitarice*. Poljoprivredni fakultet J.J. Strossmayera u Osijeku, udžbenik, Osijek, 235 str.
- Osman, K.T. (2014): *Soil Degradation, Conservation and Remediation*, Springer Dordrecht Heidelberg, New York, London, 227 p.
- Rengel, Z. (2002): Role of pH in availability of ions in soil. In: Z. Rengel (ed.) *Handbook of Plant Growth. pH as a Master Variable in Plant Growth*. Marcel Dekker, New York, pp: 323-350.
- Rengel, Z. (2015): Availability of Mn, Zn and Fe in the rhizosphere. *Journal of soil science and plant nutrition*. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15 (2), 397-409.
- Špoljar, A., Kvaternjak, I., Žibrin, D., Mužić, M. (2019): Utjecaj uzgoja kukuruza (*Zea mays* L.), soje, (*Glycyne max* L.), i uljane repice (*Brassica napus* L.) na električnu provodljivost i reakciju tla. *Agronomski glasnik*, 80 (2), 65-76.

10. Špoljar, A. (2019): Konzervacija i remedijacija tla. Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, udžbenik, 209. str.
11. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, udžbenik, 442 str.
12. Williams, K., Stevenson, W., Vaughan, J. (2005): Application of Paper Mill Residual to Potato/Corn/ Soybean. UWEX Langlade Co. and Dept. of Plant Pathology, Univ. of Wisconsin-Madison, 9 p.
13. \*\*\*<https://extension.usu.edu/publications/publication/AG-SO-03.pdf>. (20.12.2019.).
14. \*\*\* Statistica 12.1. (StafSoft, Inc. 2012.).

## The effect of growing oats (*Avena sativa* L.), maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.) on the reaction and electrical conductivity

### Abstract

The effect of growing oats (*Avena sativa* L.), maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.) on the reaction (pH in water and 1 MKCl) and electrical conductivity (EC) was investigated during 2019 at the Agricultural College in Križevci. On eight occasions, average samples from 0 to 30 cm and from 30 to 60 cm in depth were taken three times during the vegetation from the bare soil (black fallow) and close to the root system of the plants. From these, the laboratory determined the pH value in water and 1 MKCl and the electrical conductivity (EC). The root system of maize and soybean conditioned the acidification of the soil, while the cultivation of oat mainly resulted in an increase in the pH value of the soil. The highest values of electrical conductivity of soil have been found for black fallow, which may be related to the lower infiltration capacity of the soil and therefore the higher concentration of the aqueous solution.

**Key words:** acidification of soil, oats, corn, soybeans

## Utjecaj gnojidbe dušikom i sorte na zarazu zrna pšenice vrstama *Fusarium*

Magdalena Matić<sup>1</sup>, Dario Novoselović<sup>2</sup>, Jasenka Čosić<sup>1</sup>,  
Angelina Dujković<sup>3</sup>, Karolina Vrandečić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: maticm@fazos.hr

<sup>2</sup>Poljoprivredni institut Osijek, Južno predgrađe 17, 31000 Osijek, Hrvatska

<sup>3</sup>Studentica, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Hrvatska

### Sažetak

Gljive roda *Fusarium* pripadaju u najznačajnije uzročnike bolesti pšenice. Na kontaminaciju zrna pšenice vrstama *Fusarium* utječu brojni čimbenici od kojih su u ovom istraživanju analizirani sorta i gnojidba s dušikom. U pokusu provedenom 2019. godine nije utvrđena povezanost visoke gnojidbe dušikom i povećanja infekcije zrna pšenice kod svih sorata. Ipak je utvrđeno da različita gnojidba dušikom uzrokuje znatne razlike u postotku infekcije u ovisnosti o sorti. Također je utvrđena znatna razlika između sorata u stupnju osjetljivosti na infekciju vrstama *Fusarium*.

**Ključne riječi:** ozima pšenica, gnojidba dušikom, *Fusarium* spp.

### Uvod

Pšenica (*Triticum* spp.) je vrlo važna ratarska kultura u Republici Hrvatskoj, a s višegodišnjim prosječnim prinosom od 4,8 t ha<sup>-1</sup> nalazi se na drugom mjestu u odnosu na ostale žitarice (Iljkić i sur., 2019.). Fuzarijska palež klasova (FHB) bolest je koja se javlja gotovo kod svih žitarica, a upravo u proizvodnji pšenice može uzrokovati znatne gubitke prinosa i kvalitete. Najčešći je uzročnik FHB-a u Republici Hrvatskoj vrsta *Fusarium graminearum* Schwabe (*Gibberella zeae* Schwein. Petch.) (Čosić i sur., 2004.), iako se i ostale vrste roda *Fusarium* javljaju u većem ili manjem intenzitetu u ovisnosti o vegetacijskoj sezoni. Dušik (N) jedan je od najčešćih elemenata koji se koristi kao izvor hranjivih tvari u biljnoj proizvodnji. U literaturi ne postoji suglasnost o utjecaju gnojidbe dušikom na pojavu i intenzitet fuzarijske paleži klasova. Pojedini autori ističu kako visoka koncentracija N povećava pojavnost i intenzitet bolesti (Lemmens i sur., 2004., Heier i sur., 2005., Suproniene i sur., 2011.), dok drugi smatraju kako visoki unos N nema znatnog utjecaja (Van der Burgt i sur., 2011., Krnjaja i sur., 2015.). Cilj je ovog rada odrediti osjetljivost različitih sorata i utjecaj različite gnojidbe dušikom na infekciju zrna pšenice vrstama *Fusarium* spp.

## Materijali i metode

Pokus sa šest sorti ozime pšenice (Apache, BC Opsesija, Graindor, Kraljica, Srpanjka i Sofru) proveden je tijekom vegetacijske sezone 2018./2019. na Poljoprivrednom institutu Osijek (45°32'N, 18°44'E). Pokus je posijan prema split-split plot dizajnu kao kompletni randomizirani blok u dva ponavljanja, kao višefaktorijski pokus s tri glavna faktora: sorta, gnojidba s dušikom i tip infekcije (prirodna i umjetna infekcija). Gnojidba dušikom uključivala je primjenu 4 razine dušika: N1 (0 kg N/ha), N2 (35 kg N/ha), N3 (70 kg N/ha) i N4 (140 kg N/ha). Za inokulaciju pšenice korištena je konidijska suspenzija dviju vrsta, *F. graminearum* i *F. culmorum* koncentracije  $1 \times 10^6$  mL<sup>-1</sup>. Unutar svakog ponavljanja nasumično je odabrano 50 klasova za inokulaciju i 50 klasova iz prirodne infekcije. Umjetna infekcija pšenice vršena je pojedinačno na svakoj sorti kada se 50 % biljaka po parceli nalazilo u fenofazi cvatnje (Zadoksova skala 65, Zadoks i sur., 1974.). Vrijeme cvatnje razlikovalo se ne samo među sortama, već i unutar iste sorte, ovisno o razini N. Inokulacije su izvršene u prijednevnom satima i ponovljene nakon 48 h. Kako bi se održala optimalna vlažnost u zoni klasa radi što uspješnije zaraze, inokulirani su klasovi prekriveni plastičnim vrećicama tijekom 48 h.

Tijekom žetve pšenice ručno je sakupljeno 30 klasova sa svake parcele (prirodna + umjetna infekcija), a klasovi su ručno ovršeni u laboratoriju kako ne bi bilo velikih gubitaka sjemena. Za zdravstvenu analizu zrna korištena je metoda izmrzavanja (ISTA). Zrna pšenice u Petrijevim zdjelicama s navlaženim filter papirom drže se na sobnoj temperaturi 24 h, a zatim tijekom 24 h na -18°C. Nakon toga slijedi inkubacija u termokomori, pri temperaturi od 20 °C i svjetlosnom režimu 12 sati dan / 12 sati noć tijekom 12 dana. Zdravstvena analiza zrna obavljena je stereo mikroskopom (Olympus SZX9) i mikroskopom (Olympus BX41). Determinacija prisutnih gljiva do razine roda izvršena je na temelju morfoloških karakteristika pomoću ključeva za determinaciju: Barnett i Hunter (1972.) i Marasas i sur. (1984.). Svaki uzorak sastojao se od 3x100 zrna, a nakon analize izračunat je postotak zrna zaraženih vrstama Fusarium. Dobiveni podatci analizirani su u statističkom programu SAS 9.1 (SAS Institute Inc., USA).

Klimatski uvjeti za svibanj (cvatnja pšenice), lipanj i srpanj (žetva) 2019. godine za mjernu postaju Osijek prikazani su u Tablici 1. (DHMZ).

Tablica 1. Srednja dnevna temperatura, ukupna količina oborina i srednja dnevna relativna vlažnost zraka u 2019. godini.

Mjesec	Temperatura (°C)	Oborine (mm)	Relativna vlažnost zraka (%)
Svibanj	14,0	150,8	78
Lipanj	23,1	112,8	73
Srpanj	22,6	57,4	68

## Rezultati i rasprava

Klimatski su uvjeti od iznimnog značaja za uspješnost i razvoj zaraze. Vlaga u periodu cvatnje pšenice pogoduje širenju patogena i razvoju zaraze. Analizom klimatskih uvjeta za svibanj 2019. godine utvrđeno je kako je srednja mjesečna temperatura zraka bila niža od višegodišnjeg prosjeka, dok je količina oborina bila iznad višegodišnjeg prosjeka. Suprotno tome, u lipnju 2019. godine srednja je mjesečna temperatura zraka bila viša od višegodišnjeg prosjeka, dok je količina oborina bila u skladu s višegodišnjim prosjekom. Klimatski uvjeti za srpanj 2019. godine bili su u skladu s višegodišnjim prosjekom. Iznadprosječna količina oborina i visoka



relativna vlažnost zraka u svibnju tijekom cvatnje svih sorata pšenice, pogodovala je visokom stupnju infekcije zrna pšenice u uvjetima umjetne, ali i prirodne infekcije (Tablica 2. i 3.).

Uspoređujući podatke prirodne i umjetne infekcije (Tablica 2. i 3.) vidljivo je kako je postotak infekcije zrna pšenice vrstama *Fusarium* veći kod umjetne infekcije, što je u skladu s očekivanim. Umjetna je zaraza od velikog značaja u godinama kada klimatski uvjeti ne pogoduju prirodnoj infekciji. Umjetna infekcija radi se kako bi se osigurao visok pritisak zaraze, što omogućuje pouzdanije određivanje stupnja osjetljivosti testiranih sorata.

Tablica 2. Utjecaj prirodne infekcije na postotak zrna pšenice zaraženih vrstama *Fusarium* pri različitim razinama N gnojidbe kod različitih sorata

Sorta	Razina N gnojidbe			
	N1	N2	N3	N4
Srpanjka	23,67 b	46,00 a	34,67 b	17,00 bc
Sofru	22,00 b	8,67 c	37,67 a	18,67 bc
Apache	14,67 c	3,00 d	17,00 d	12,67 c
Graindor	0,67 d	6,00 cd	8,00 e	21,00 ab
BC Opsesija	20,67 b	26,67 b	10,67 e	26,00 a
Kraljica	33,00 a	23,67 b	21,00 c	17,00 bc
LSD $p \leq 0,05$	4,94	4,71	2,81	6,28

N1 – 0 kg N/ha, N2 – 35 kg N/ha, N3 – 70 kg N/ha i N4 – 140 kg N/ha

a, b, c, d, e – različita slova označavaju statistički značajne razlike prema Fisher testu za  $p \leq 0,05$

Tablica 3. Utjecaj umjetne infekcije na postotak zrna pšenice zaraženih vrstama *Fusarium* pri različitim razinama N gnojidbe kod različitih sorata

Sorta	Razina N gnojidbe			
	N1	N2	N3	N4
Srpanjka	91,00 a	89,00 a	92,00 a	70,00 b
Sofru	78,67 c	75,00 c	76,00 c	83,00 a
Apache	32,67 e	38,67 d	35,00 e	23,00 f
Graindor	29,67 e	36,00 d	39,00 de	37,67 e
BC Opsesija	84,67 b	81,67 b	84,00 b	54,67 d
Kraljica	44,67 d	76,67 bc	43,00 d	62,67 c
LSD $p \leq 0,05$	3,61	5,29	4,59	2,81

N1 – 0 kg N/ha, N2 – 35 kg N/ha, N3 – 70 kg N/ha i N4 – 140 kg N/ha

a, b, c, d, e, f – različita slova označavaju statistički značajne razlike prema Fisher testu za  $p \leq 0,05$

Utvrđene su statistički značajne razlike u zarazi s *Fusarium* spp. između sorata pšenice ovisno o razini gnojidbe, a neovisno o tipu infekcije (Tablica 4.). Ipak, povećana razina N ne utječe na povećanu zarazu zrna kod svih sorata. Trend povećanja zaraze uočen je samo kod sorte Graindor, dok je kod sorte BC Opsesija povećanje razine N uzrokovalo smanjenje zaraze.

Tablica 4. Utjecaj različite N gnojidbe na postotak zrna pšenice zaraženih vrstama *Fusarium* kod različitih sorata, neovisno o tipu infekcije

Razina N gnojidbe	Sorta					
	Srpanjka	Sofru	Apache	Graindor	BC Opsesija	Kraljica
N1	57,33 c	50,33 b	23,67 ab	15,17 d	52,67 a	38,83 b
N2	67,50 a	41,83 c	20,83 b	21,00 c	54,17 a	50,17 a
N3	63,33 b	56,83 a	26,00 a	23,50 b	47,33 b	32,00 c
N4	43,50 d	50,83 b	17,83 c	29,33 a	40,33 c	39,83 b
LSD $p \leq 0,05$	3,74	3,33	2,85	1,50	3,77	2,91

N1 – 0 kg N/ha, N2 – 35 kg N/ha, N3 – 70 kg N/ha i N4 – 140 kg N/ha

a, b, c, d – različita slova označavaju statistički značajne razlike prema Fisher testu za  $p \leq 0,05$

Kod različitih sorata, neovisno o gnojidbi i tipu infekcije (Tablica 5.), utvrđena je najznačajnija razlika između Srpanjke koja se pokazala kao najosjetljivija, a Apache kao najtolerantnija sorta.

Tablica 5. Postotak zrna pšenice zaraženih vrstama *Fusarium* kod različitih sorata, neovisno o gnojidbi i tipu infekcije

Sorta	Srpanjka	Sofru	Apache	Graindor	BC Opsesija	Kraljica
	57,92 a	49,96 b	22,08 d	22,25 d	48,63 b	40,21 c
LSD $p \leq 0,05$	1,46					

N1 – 0 kg N/ha, N2 – 35 kg N/ha, N3 – 70 kg N/ha i N4 – 140 kg N/ha

a, b, c, d – različita slova označavaju statistički značajne razlike prema Fisher testu za  $p \leq 0,05$

## Zaključak

U ovom istraživanju nije utvrđena povezanost visoke N gnojidbe i povećanja zaraze zrna pšenice kod svih sorata. Ipak, utvrđeno je da različita N gnojidba uzrokuje znatne razlike u postotku zaraze u ovisnosti o sorti. U daljnja istraživanja potrebno je uvrstiti još parametara koji bi dali detaljniji uvid o utjecaju N gnojidbe na pojavnost FHB te se iz tog razloga istraživanja nastavljaju.

## Zahvala

Ovo istraživanje financirala je Hrvatska zaklada za znanost u sklopu projekta IP-2016-06-2178 i Znanstveni centar izvrsnosti za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja (ZCI CroP-BioDiv).

## Literatura

1. Barnett, H. L., Hunter, B. B. (1960): Illustrated Genera of Imperfect Fungi – Burgess Publishing Company.
2. Čosić, J., Vrandečić, K., Svitlica, B. (2004): *Fusarium* vrste izolirane s pšenice i kukuruza u istočnoj Hrvatskoj. *Poljoprivreda*, 10 (1), 5-8.
3. Heier, T., Jain, S. K., Kogel, K. H., Pons Kühnemann, J. (2005): Influence of N fertilization and fungicide strategies on *Fusarium* head blight severity and mycotoxin content in winter wheat. *Journal of Phytopathology*, 153 (9), 551-557.

4. Iljkić, D., Kranjac, D., Zebec, V., Varga, I., Rastija, M., Antunović, M., Kovačević, V. (2019): Stanje i perspektiva proizvodnje žitarica i uljarica u Republici Hrvatskoj. Glasnik Zaštite Bilja, 42 (3), 62-71.
5. ISTA Plant Diseases Workshop. Seed-borne diseases on wheat, barley, corn, sunflower, soybean and carrot. Novi Sad, Serbia and Montenegro.
6. Krnjaja, V., Mandić, V., Lević, J., Stanković, S., Petrović, T., Vasić, T., Obradović, A. (2015): Influence of N-fertilization on Fusarium head blight and mycotoxin levels in winter wheat. Crop protection, 67, 251-256.
7. Lemmens, M., Haim, K., Lew, H., Ruckenbauer, P. (2004): The effect of nitrogen fertilization on Fusarium head blight development and deoxynivalenol contamination in wheat. Journal of Phytopathology, 152 (1), 1-8.
8. Marasas, W. F. O., Nelson, P. E., Toussoun, T. A. (1984): Toxigenic Fusarium species. Identity and mycotoxicology. Pennsylvania State University.
9. Suproniene, S., Mankeviciene, A., Kadziene, G., Feiziene, D., Feiza, V., Semaskiene, R., Dabkevicius, Z. (2011): The effect of different tillage-fertilization practices on the mycoflora of wheat grains. Agricultural and Food Science, 20, 312-326.
10. Van der Burgt, G. J. H. M., Timmermanns, B. G. H., Scholberg, J. M. S., Osman, A. M. (2011): Fusarium head blight and deoxynivalenol contamination in wheat as affected by nitrogen fertilization. Wageningen Journal of Life Sciences, 58, 123-129.
11. Zadoks, J. C., Chang, T. T., Konzak, C. F. (1974): Decimal code for growth stages of cereals. Weed research, 14(6), 415-421.

## Influence of nitrogen fertilization and variety on wheat grain infection by *Fusarium* species

### Abstract

The *Fusarium* genus represents an important group of causal agents of wheat diseases. The infection of wheat grains with *Fusarium* species is influenced by several factors, of which the variety and nitrogen fertilization were analyzed in this study. In the experiment conducted in 2019, no correlation was found between higher nitrogen fertilization and an increase in wheat grain infection in all varieties. However, different nitrogen rates have been found to cause significant differences in the percentage of infection depending on the variety. A significant difference was also found between varieties in the degree of susceptibility to infection.

**Keywords:** winter wheat, nitrogen fertilization, *Fusarium* spp.

## Grain filling of maize in the function of crop density and genotype

Vesna Dragičević, Milena Simić, Milan Brankov, Milena Milenković,  
Branka Kresović, Zoran Dumanović

*Maize Research Institute »Zemun Polje«, Slobodana Bajića 1,  
1185 Zemun Polje – Belgrade, Serbia, e-mail: vdragicevic@mrizp.rs*

### Abstract

Present experimental data indicate that meteorological conditions, with regard to genotype and crop density, are the main factor that contribute to grain yield variations of maize hybrids. H6, as a hybrid with longer vegetative period, responded better, with increased grain yield when it was grown at D1. Nevertheless, H3 could be characterised as more efficient in kernel weight accumulation, having higher values of shelling percentage and grain yield. DM accumulation is mainly dependable on maturity group. Thus, hybrids from later groups (H4-H6) had lesser DM accumulation from phase V to VI (especially at D1) indicating slower assimilates accumulation and/or gradual moisture releasing from the grain. That means that a longer grain filling period, as the background of high yield achievement, is not closely related to kernel weight. Grain filling period is the main factor that contributes to yield potential, what is mainly highlighted in hybrids from early maturity groups (H1-H3), particularly when they were grown at higher densities (D2), giving them advantage over hybrids from later groups.

**Key words:** maize hybrids, grain yield, shelling percentage, dry matter

### Introduction

Forming of grain yield is a complex process, based on kernel filling, and depending on all factors that could affect its realisation. Mandić et al. (2016) noticed that differences between growing seasons are more prominent to variations of maize grain yield and yield parameters than growing density.

Grain filling is one of the most important and sensitive phases in maize cropping. The post-silking period is characterised by gradual remobilization of water and assimilates from green leaves (source) into kernels (sink). In the study that involved comparison of maize hybrids of older and newer generations, based on source-sink ratio (post-silking dry matter accumulation to kernel number per plant), Chen et al. (2016) detected that newer hybrids were improved by increased SSR ratio, particularly when they were grown on high N rates and low plant density. Newer hybrids were also characterised by increased dry matter accumulation, as well as kernel weight, thus improving yield potential. All these improvements are based on higher leaf dry matter and N content at maturity, indicating that holding up the leaf activity by improved leaf biomass and N accumulation has as a consequence increased kernel weight, N and dry matter

accumulation (Chen et al., 2015). Nevertheless, Eichenberger et al. (2014) find that a correlation between length period of grain filling and kernel filling rate does not exist when maize populations were grown at higher densities. Thus, higher grain yields, achieved by growing at higher densities are not connected to biomass accumulation and final kernel weight.

Grain filling is susceptible to variations in agro-ecological conditions, particularly various abiotic and biotic stressors, affecting kernel formation and yield potential. What is more, dynamics of kernel filling, dry matter and water accumulation in kernels is highly dependable on genotype, agro-ecological conditions and their interaction (Brooking, 1990, Gambín et al., 2007, 2008). The same authors highlighted furthermore the importance of the relationship between kernel mass accumulation and water loss during maize filling, indicating that maximum kernel volume corresponds to the maximum water content, which dropped down to the physiological maturity.

The aim of this experiment was to examine dynamics of grain filling, based on shelling percentage and dry matter percentage, of six maize hybrids from different maturity groups, grown at densities of 59523 plants ha<sup>-1</sup> and 89286 plants ha<sup>-1</sup>.

## Material and methods

The experiment was conducted in Zemun Polje, on a slightly calcareous chernozem, within the growing season of 2017 and 2018. The experiment was performed with the aim to study how lower and higher crop density: 59523 plants ha<sup>-1</sup> (D1) and 89286 plants ha<sup>-1</sup> (D2) affects the dynamics of grain filling, including fluctuations of shelling percentage and dry matter percentage (DM) in kernels of six maize hybrids from different FAO groups: ZP 4007 (H1), ZP 5008 (H2), ZP 5561 (H3), ZP 5901 (H4), ZP 6561 (H5) and ZP 6901 (H6). Winter wheat was a preceding crop. Sowing was performed during the first half of April. Applied cropping practices involved conventional tillage: shallow ploughing performed immediately after wheat harvesting, primary tillage in the autumn and seedbed preparation in the spring. Fertilization included the application of 50 kg P ha<sup>-1</sup> and 50 kg K ha<sup>-1</sup> in the autumn, prior to primary tillage, while N fertilizer was applied in the spring, by supplying up to 240 kg N ha<sup>-1</sup> (based on soil analysis). The experimental area was treated with a pre-emergence mixture for grass and broad-leaf weeds control (terbuthylazine + metolachlor, in recommended dose: 500 + 960 g a.i. ha<sup>-1</sup>). The sampling of maize cobs was done every 10 days (phase I to phase VI), starting from the 15<sup>th</sup> day after full pollination. Cobs were weighted and then grains were detached and weighted. The dry matter was determined and calculated after drying at 105 °C. At the end of vegetative cycle, maize grain yield was measured and calculated to 14% of moisture.

Experimental data were statistically processed by analysis of variance (ANOVA) and analysed by the LSD-test (5%), while shelling percentage and dry matter accumulation were presented with standard deviation (SD).

Meteorological data indicated that 2018 was characterised with higher average temperature and greater precipitation amount, with precipitation peak present in June (Table 1). Nevertheless, 2017 was a drier year, with higher average temperature and relative low precipitation amount during July-August, i.e. kernel filling period.

Table 1. Average monthly air temperatures and precipitation sums for the vegetative period (April–October) of 2017 and 2018 at Zemun Polje

	Month	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Aver./Σ
T aver.	2017	12.4	18.6	24.4	25.5	25.8	18.4	13.3	19.8
	2018	18.0	21.7	22.7	23.6	25.7	19.8	15.9	21.1
Σ precip.	2017	47.1	49.2	39.0	26.7	23.7	36.6	62.0	284.3
	2018	24.6	39.0	150.1	61.9	44.0	16.9	20.8	357.3

## Results and discussion

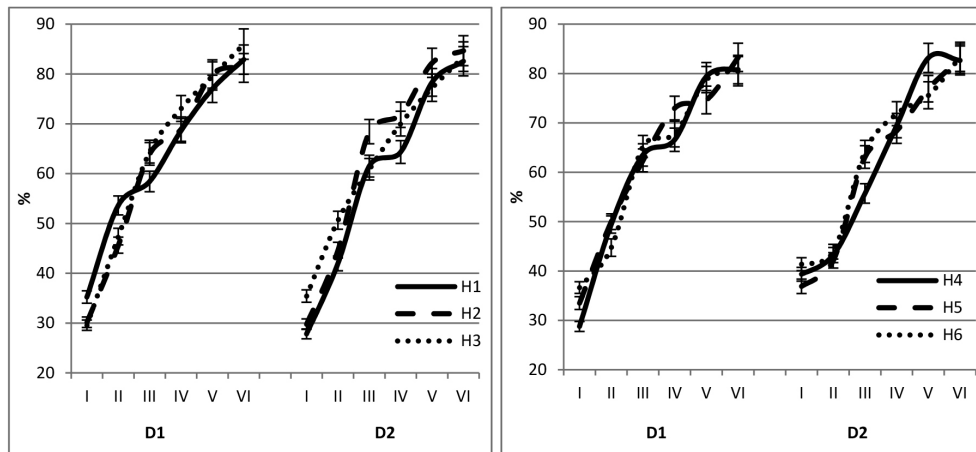
A significant difference in grain yield was observed between experimental years, as well as all interactions (Y×D, Y×H, D×H, Y×D×H). Nevertheless, the highest values of average grain yield were achieved by H3 at both densities, as well as H3 in 2017 and H5 in 2018. Moreover, higher average yields were achieved in D2 in 2018 and slightly lower in the same year in D1. In 2017, as the year with lesser precipitation amount, in both densities, grain yield was two times lower. Mandić et al. (2016) also concluded that differences between growing years are more prominent to variations of maize grain yield and yield parameters, than it is sowing density. High plant densities could negatively affect filling rate and grain yield of maize (Jia et al., 2018). Our results indicate slight and non-significant variations in grain yield between examined densities, except for H6, which had on average a 16% lower yield when it was grown at D2, in comparison to D1.

Table 2. Grain yield of six maize hybrids grown during 2017 and 2018, in two sowing densities: 59523 plants ha<sup>-1</sup> (D1) and 89286 plants ha<sup>-1</sup> (D2)

Hybrid	D 1			D 2			Year		
	2017	2018	Aver.	2017	2018	Aver.	2017	2018	Aver.
H1	6.64	8.21	7.43	6.07	8.74	7.40	6.35	8.47	7.41
H2	5.49	8.82	7.15	4.48	10.00	7.24	4.99	9.41	7.20
H3	6.42	9.54	7.98	5.69	10.41	8.05	6.06	9.97	8.01
H4	6.82	7.93	7.37	4.43	10.14	7.29	5.63	9.03	7.33
H5	5.08	9.60	7.34	3.16	11.41	7.29	4.12	10.50	7.31
H6	5.21	10.44	7.82	4.13	9.03	6.58	4.67	9.73	7.20
Aver.	5.94	9.09	7.52	4.66	9.95	7.31	5.30	9.52	
LSD 0.05	Year	Dens.	Hyb.	Y×D	Y×H	D×H	Y×D×H		
	1.312	2.507	1.089	1.206	1.177	0.841	0.974		

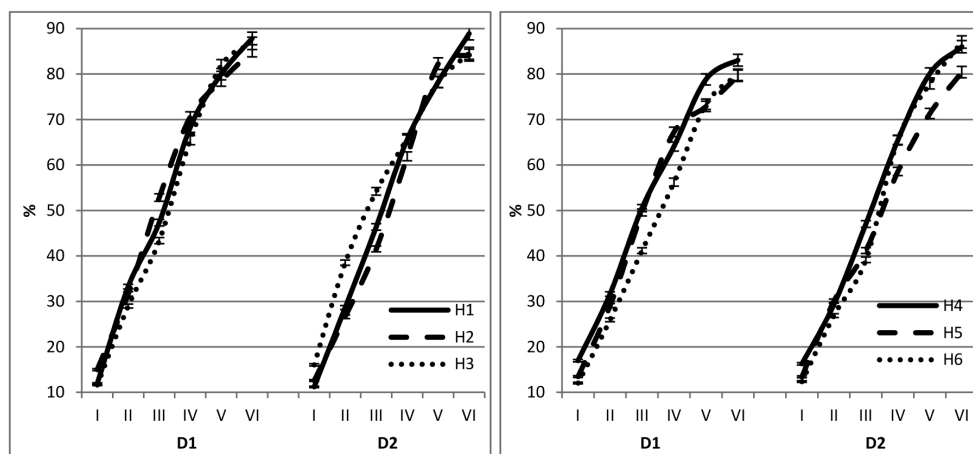
Grain filling is characterised by successive accumulation of assimilates from green parts (source) into kernels (sink) and further accumulation of starch, protein, oil and other components, characteristic for particular species and genotype. It is obvious that grain filling is not a continuous process and that it depends on growing conditions, including sowing density, as well as genotype. Based on data presented on Graph 1, it is obvious that some genotypes, like H3 have intensive accumulation of assimilates into grain, having steeper increase of shelling percentage, while the others, such as H1, H4 and H5 have slowing in shelling percentage, which is mainly present between phase III and IV. This trend is particularly underlined in D2, as well as phase V at hybrid H4. Chen et al. (2016) exhibited the presence of a great difference

between newer and older maize hybrids in overall source-sink ratio, as well as kernel filling that reflects on kernel weight, indicating that newer ones have longer active filling period, together with higher kernel weight. This could be recognised particularly with H3, as more efficient in kernel weight rise (increased shelling percentage and grain yield).



Graph 1. Dynamics of shelling percentage of six maize hybrids (H1-H6), measured every 10 days (phase I to VI) from the starting point of 15 days after pollination (results present average of 2017 and 2018  $\pm$  SD)

Opposite to shelling percentage, DM accumulation in maize kernels is a more intensive process (Graph 2). DM accumulation also depends on the hybrid, where it is almost linear for H1 and H6, particularly when they are grown at higher density (D2). Some hybrids, like H4, H5 and H6, grown at lower density (D1), have lesser DM accumulation from phase V to VI, indicating slower assimilates accumulation and/or gradual moisture releasing from the grain. Gambin et al. (2007) highlighted the importance of the relationship between kernel mass accumulation and water loss during maize filling, indicating that maximum kernel volume was achieved by maximum in water content, which dropped the physiological maturity. They also noticed the presence of high variability among maize hybrids. Then again, Chen et al. (2015) emphasized that maize hybrids of newer generations can accumulate greater leaf biomass, in order to retain higher DM in leaves and afterward to replace it slower to kernels. This means that these hybrids have longer grain filling period (Chen et al., 2016) what gives them ability to achieve greater yield potential. This notice is in line with higher values of average grain yield obtained by the same hybrids at D1 density (Table 2). Slightly lower values of DM content and shelling percentage, obtained by H2 and H3 and in small degree by H1 at higher density (D2), are not closely tied to kernel weight, i.e. yield potential, as it was previously noticed by Eichenberger et al. (2014), but could be more like linked to sink-source relations.



Graph 2. Dynamics of dry matter of six maize hybrids (H1-H6), measured every 10 days (phase I to VI) from the starting point of 15 days after pollination (results present average of 2017 and 2018  $\pm$  SD)

## Conclusion

Present experimental data indicate that meteorological conditions, in regard to genotype and crop density, are the main factor that contributes to grain yield of variations of maize hybrids. H6, as a hybrid with a longer vegetative period, responded better, with increased grain yield when it was grown at D1. Nevertheless, H3 could be characterised as more efficient in kernel weight accumulation, having higher values of shelling percentage and grain yield. DM accumulation is mainly dependable on maturity group. Thus, hybrids from later groups (H4-H6) had lesser DM accumulation from phase V to VI (especially at D1) indicating slower assimilates accumulation and/or gradual moisture releasing from the grain. That means that a longer grain filling period, as the background of high yield achievement, is not closely related to kernel weight, as the main factor that contributes to yield potential. This is mainly underlined at hybrids from early maturity groups (H1-H3), particularly when they were grown at higher densities (D2), having faster DM accumulation, and possibly increased kernel weight, giving them advantage over hybrids from later groups.

## Acknowledgments

The study was a part of the Project No. TR 31037 – Integrated system of field crop cultivation: conservation of biodiversity and soil fertility, supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.



## Literature

1. Brooking, I.R. (1990): Maize ear moisture during grain-filling, and its relation to physiological maturity and grain-drying. *Field Crops Research*, 23 (1), 55-68.
2. Chen, K., Camberato, J.J., Tuinstra, M.R., Kumudini, S.V., Tollenaar, M., Vyn, T.J. (2016): Genetic improvement in density and nitrogen stress tolerance traits over 38 years of commercial maize hybrid release. *Field Crops Research*, 196, 438-451.
3. Chen, K., Kumudini, S.V., Tollenaar, M., Vyn, T.J. (2015): Plant biomass and nitrogen partitioning changes between silking and maturity in newer versus older maize hybrids. *Field Crops Research*, 183, 315-328.
4. Eichenberger, S., Miguez, F., Edwards, J., Knapp, A. (2015): Changes in kernel filling with selection for grain yield in a maize population. *Crop Science*, 55, 521-526.
5. Gambín, B.L., Borrás, L., Otegui M.E. (2008): Kernel weight dependence upon plant growth at different grain-filling stages in maize and sorghum. *Australian Journal of Agricultural Research*, 59 (3), 280-290.
6. Gambín, B.L., Borrás, L., Otegui, M.E. (2007): Kernel water relations and duration of grain filling in maize temperate hybrids. *Field Crops Research*, 101 (1), 1-9.
7. Jia, Q., Sun, L., Mou, H., Ali, S., Liu, D., Zhang, Y., Zhang, P., Ren, X., Jia, Z. (2018): Effects of planting patterns and sowing densities on grain-filling, radiation use efficiency and yield of maize (*Zea mays* L.) in semi-arid regions. *Agricultural Water Management*, 201, 287-298.
8. Mandić, V., Bijelić, Z., Krnjaja, V., Tomić, Z., Stanojković-Sebić, A., Stanojković, A., Caro-Petrović, V. (2016): The effect of crop density on maize grain yield. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 32 (1), 83-90.

## Nalijevanje sjemena kukuruza u funkciji gustoće usjeva i genotipa

### Sažetak

Postojeći pokusni podaci govore kako su meteorološki uvjeti, s obzirom na genotip i gustoću usjeva, glavni faktor koji pridonosi varijabilnosti u prinosu zrna hibrida kukuruza. H6 je, kao hibrid s duljim vegetativnim razdobljem reagirao bolje s povećanim prinosom zrna kad je uzgojen pri D1. Ipak, H3 se može okarakterizirati kao efikasniji u nakupljanju mase zrna, s višim vrijednostima postotka krunjenja i prinosa zrna. Akumulacija suhe tvari uglavnom ovisi o skupini zriobe. Dakle, hibridi iz kasnijih grupa (H4-H6) imali su manju akumulaciju suhe tvari od faze V do VI (posebno pri D1), što ukazuje na sporije nakupljanje asimilata i/ili postupno oslobađanje vlage iz zrna. To znači da dulje razdoblje nalijevanja zrna, kao pozadina postignuća visokog prinosa, nije usko povezano s masom zrna. Razdoblje nalijevanja zrna glavni je faktor koji pridonosi potencijalu prinosa, što se uglavnom ističe kod hibrida iz skupina rane zriobe (H1-H3), osobito kada su uzgajani pri većim gustoćama (D2), što im daje prednost u odnosu na hibride iz kasnijih grupa.

**Ključne riječi:** hibridi kukuruza, prinos zrna, postotak krunjenja, suha tvar

## Promjene u proizvodnji sadnica duhana u cilju zaštite okoliša

Ankica Budimir<sup>1</sup>, Brankica Svitlica<sup>2</sup>, Darko Kiš<sup>3</sup>, Ana Lovrić<sup>4</sup>, Hrvoje Šarčević<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Hrvatski Duhani d.d. Virovitica & BAT, Zagrebačka 52, 34340 Kutjevo, Hrvatska,  
e-mail: ana\_budimir@bat.com

<sup>2</sup>Veleučilište u Požegi, Slavonska 6, 34000 Požega, Hrvatska

<sup>3</sup>Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,  
Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Hrvatska

<sup>4</sup>Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska

### Sažetak

Proizvodnja duhana na području Hrvatske zastupljena je na oko 4 000 ha. U prvim početcima proizvodnje 60-ih godina rasad se proizvodio u gredicama (lijeham), veličine 10 x 1 m, koje su bile pokrivene prozirnom plastičnom folijom i u njima se uzgajao rasad te je takav način uzgoja iziskivao mnogo ručnog rada. Takva proizvodnja bila je otežana zbog velike pojave korova, gdje se za njegovo uništavanje koristio metil-bromid, koji je štetan za okoliš. Zabranom njegove upotrebe stvorio se problem uzgoja rasada. Već od 1998. godine rasad duhana počinje se uzgajati hidroponski u plastenicima na vodenoj otopini u stiropornim pliticama. Veličina stiropornih plitica u svijetu različita je kao i broj otvora, sve u svrhu smanjenja troškova koji se pojavljuju u proizvodnji. Osim smanjenja troškova nakon 20 godina ovakve proizvodnje pojavljuje se problem otpada i zagađenja okoliša. U Hrvatskoj su se plitice koriste samo za jednogodišnju proizvodnju i sljedeće godine dolaze nove. Hidroponski uzgoj rasada nosi probleme razvoja bolesti i infekcija, zbog sprečavanja ili umanjenja tih pojava svake godine koriste se nove plitice. Sve veći problem zbrinjavanja stiropora nagnalo je i ovu proizvodnju na korištenje plitica koje se mogu koristiti više godina, kao trenutčan izlaz odabrane su plastične plitice koje se izrađuju od reciklirane plastike. Plastične plitice imaju mogućnost pranja i time višegodišnjeg korištenja, čime se smanjuje otpad i čini ih u ovom trenutku ekološki prihvatljivijima. Proizvodnja rasada u plastičnim pliticama nije pokazala pad kvalitete već prednosti u pogledu lakšeg čupanja rasada za sadnju i vidljivo bolje razvijenog korijenovog sustava, što je bitno kod presađivanja.

**Ključne riječi:** duhanski rasad, stiropor, plastične plitice

## Changes in the production of tobacco seedlings with the aim of environmental protection

### Abstract

Tobacco production in Croatia is carried out on approximately 4,000 ha. In the early beginnings of the production in the 1960s, seedlings were produced in beds, 10 x 1 m in size, which were covered with transparent plastic foil. Such farming practices required a lot of manual labor. Such production was difficult because of the large appearance of weeds. Methyl bromide, which is harmful to the environment, was used to kill weeds. The prohibition of its use created a problem of growing seedlings. Tobacco seedlings have been grown in hydroponic greenhouses in water solution in Styrofoam trays since 1998. The size of Styrofoam trays as well as the number of openings differ worldwide, in order to reduce production costs. In addition to reducing costs after 20 years of this type of production, the problem of waste and environmental pollution also arises. In Croatia, trays are only used for one year in production and new ones are used the following year. Hydroponic growing of seedlings brings problems of development of diseases and infections, to prevent or minimize their occurrence, new trays are used every year. The increasing problem of Styrofoam waste management prompted by this type of growing to use trays that can be used for several years, the current solution being the use of plastic trays made from recycled plastic. Plastic trays can be washed and thus used for many years. This reduces waste and makes these types of trays more environmentally friendly at the moment. Production of seedlings in plastic trays showed no degradation of quality but it showed the advantage of making it easier to pull out seedlings for planting and visibly better developed root system which is important in transplantation.

**Keywords:** tobacco seedlings, Styrofoam, plastic trays

## Biochemical changes in maize seeds at cold storage

Snezana Mladenovic Drinic, Violeta Andjelkovic, Jelena Vukadinovic,  
Natalija Kravic, Jelena Srdic, Zoran Dumanovic

*Maize Research Institute, Slobodana Bajica 1, 11000 Belgrade, Serbia,  
e-mail: drinicsnezana2@gmail.com*

### Abstract

After long-term of cold storage conditions, the seeds aged and biochemical changes occurred. The aim of our study was to evaluate changes in tocopherol and carotenoids content in maize seeds under cold storage after two, six and 33 years. Samples of four accessions of introduced populations regenerated in 1985, 2012 and 2016 were studied in 2018. 50 seeds of each accession, 12 in total, were germinated, in three replications and content of carotenoids and tocopherols were measured by HPLC.

The total tocopherol content varied between samples, but the differences among aged and new regenerated samples were not highly expressed. Samples from 2012 had the highest content of  $\alpha$ -tocopherol for three accessions, while the content of  $\gamma$  tocopherols was the highest in the samples regenerated in 2016 for all analysed accessions. Accessions IP 3687 and IP 3706 had the highest level of  $\delta$ -tocopherol content for samples regenerated in 2012. The lowest carotenoids content was in the oldest samples, and the highest in the samples regenerated in 2016. The greatest range and decrease with seed ageing was evident for  $\beta$ -carotene and luteine+zeaxantine content. Irrespective of the variability in tocopherols and carotenoids content in aged seeds, their protective function in maintaining seed viability and quality is evident and confirmed by the highest levels in newly regenerated seeds.

**Key words:** maize seed, aging, carotenoids, tocopherols

## Biokemijske promjene u sjemenu kukuruza pri hladnom skladištenju

### Sažetak

Nakon dugotrajnih uvjeta hladnog skladištenja došlo je do starenja sjemena i biokemijskih promjena. Cilj našeg istraživanja bio je procijeniti promjene u sadržaju tokoferola i karotenoida u sjemenu kukuruza pri hladnom skladištenju nakon dvije, šest i 33 godine. Uzorci četiriju primki unesene populacije regenerirane 1985., 2012. i 2016. proučavane su u 2018. godini. Pedeset sjemenki svake primke, ukupno 12, naklijavano je u tri replikacije, a sadržaj karotenoida i tokoferola izmjeren je HPLC-om.

Ukupni sadržaj tokoferola varirao je između uzoraka, ali razlike između starih i novih regeneriranih uzoraka nisu bile značajno izražene. Najveći sadržaj  $\alpha$ -tokoferola imali su, za tri primke, uzorci iz 2012., dok je sadržaj  $\gamma$  tokoferola bio najveći u uzorcima regeneriranim u 2016. za sve analizirane primke. Primke IP 3687 i IP 3706 imale su najviše količine  $\delta$ -tokoferola u uzorcima regeneriranim u 2012. Najniži sadržaj karotenoida bio je u najstarijim uzorcima, a najviši u uzorcima regeneriranim u 2016. Najveći raspon i smanjenje sa starenjem sjemena vidljivo je za sadržaj  $\beta$ -karotena i luteina + zeaksantina. Bez obzira na varijabilnost u sadržaju tokoferola i karotenoida u starijim sjemenkama, njihova zaštitna funkcija u održavanju vijabilnosti i kvalitete sjemena očita je i potvrđena najvišim razinama u novo regeneriranom sjemenu.

**Ključne riječi:** sjeme kukuruza, starenje, karotenoidi, tokoferoli

## QSAR analiza kumarinskih derivata s potencijalnim antifungalnim djelovanjem

Maja Karnaš<sup>1</sup>, Melita Lončarić<sup>2</sup>, Karolina Vrandečić<sup>1</sup>, Maja Molnar<sup>2</sup>,  
Domagoj Šubarić<sup>1</sup>, Vesna Rastija<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,  
Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: mkarnas@fazos.hr

<sup>2</sup>Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Hrvatska

### Sažetak

Kumarini i njihovi derivati pokazuju širok raspon bioloških aktivnosti na različite organizme. Nedavno su neki od ovih spojeva potvrđeni kao antifungalna sredstva protiv nekoliko patogenih gljivica i primijenjeni u poljoprivredi kao ekološki prihvatljiva sredstva za zaštitu bilja.

QSAR metodom utvrđuje se povezanost između kemijske strukture i biološke aktivnosti spojeva, predstavljajući alternativni put za dizajn i razvoj novih molekula s poboljšanom aktivnosti. QSAR modeli tako služe za predviđanje aktivnosti novih ili dosad neispitanih spojeva.

Cilj ovog istraživanja bio je otkriti fizikalno-kemijska i strukturna svojstva novih sintetiziranih kumarinskih derivata povezana s njihovom antifungalnom aktivnošću. Antifungalna aktivnost serije kumarinskih derivata ispitana je na dvije gljive: *Macrophomina phaseolina* i *Sclerotinia sclerotiorum* pri koncentraciji spoja 0,8  $\mu\text{mol/mL}$ . Na dobivenim rezultatima provedena je QSAR analiza kako bi se pronašla kvantitativna veza između strukture spojeva i njihove antifungalne aktivnosti. Većina ispitanih spojeva pokazala je umjerenu do dobru inhibiciju rasta micela obaju gljiva.

QSAR modeli ukazali su na važnost prisustva parova atoma N – Cl na topološkoj udaljenosti 5, kao i frekvencije prisutnosti para atoma O – O na topološkoj udaljenosti 4 i para atoma N – O na topološkoj udaljenosti 9. Također, prisutnost 3D-MorSE deskriptora utežanog atomskom masom ukazuje i na utjecaj trodimenzijske raspodjele atomske mase na aktivnost spojeva.

Ovo istraživanje predstavlja početnu fazu u razvoju proizvoda za zaštitu bilja jer pomaže u dizajniranju novih spojeva kao potencijalno aktivnih komponenti takvih proizvoda.

**Ključne riječi:** kumarini, QSAR, antifungalna aktivnost

## QSAR study of coumarinyl derivatives as potential antifungal agents

### Abstract

Coumarins and their derivatives demonstrate a wide range of biological activities on different organisms. Recently, some of these compounds have been reported as antifungal agents against several pathogenic fungi and applied in agriculture as eco-friendly plant protection agents.

QSAR techniques provide insight into relationships between the chemical structure and biological activity and present an alternative pathway for the design and development of new molecules with improved activity. Using this relationship, QSAR models are used to predict the activity of new or untested compounds.

The aim of this study was to reveal the physicochemical and structural requirements of newly synthesized coumarinyl derivatives related to their antifungal activity. Series of coumarinyl derivatives has been tested for antifungal activity on two different fungi: *Macrophomina phaseolina* and *Sclerotinia sclerotiorum* at the concentration of 0.8  $\mu\text{mol/mL}$ . Results of antifungal assay were evaluated by QSAR analysis in order to provide insight on the quantitative relationship between chemical structure and antifungal activity of these compounds. Most of the assayed compounds showed moderate to good inhibition of mycelial growth for the both examined fungi.

The QSAR study has clarified the importance of the presence of pairs: N – Cl atoms at the topological distance 5, as well as frequency of the pairs of O – O atoms at the topological distance 4, and N – O at the topological distance 9. Also, the presence of 3D-MorSE descriptor weighted with atomic mass implies of importance of three-dimensional distribution of atomic mass.

This research represents initial phase in plant protection product development as it helps design new compounds as potential active components of such products.

**Keywords:** coumarins, QSAR, antifungal activity

## Variranje sadržaja kumestrola u populacijama lucerne

Marijana Tucak<sup>1</sup>, Tihomir Čupić<sup>1</sup>, Daniela Horvat<sup>1</sup>, Goran Krizmanić<sup>1</sup>, Marija Ravlić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Poljoprivredni institut Osijek, Južno predgrađe 17, 31000 Osijek, Hrvatska,  
e-mail: marijana.tucak@poljin.hr

<sup>2</sup>Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,  
Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Hrvatska

### Sažetak

Lucerna je bogat izvor fitoestrogena, od kojih je najzanimljiviji kumestrol zbog snažnog estrogenog djelovanja i mogućeg utjecaja na reproduktivnu sposobnost domaćih životinja. Cilj istraživanja bio je utvrditi variranje sadržaja kumestrola kod populacija lucerne kao početnog *screeninga* naše oplemenjivačke strategije te izbora potencijalnih materijala i stvaranja novih modernih sorti za posebne namjene. Tijekom dvogodišnjeg razdoblja (2014., 2015.) kod ukupno 50 materijala lucerne procjenjivana je agronomska vrijednost u oplemenjivačkom rasadniku zasnovanom na selekcijskom polju Poljoprivrednog instituta Osijek. Rasadnik lucerne postavljen je po shemi RCBD-a u 4 ponavljanja, a osnovna parcela sastojala se od 52 pojedinačne biljke posijane u kućice (50 x 40 cm). Za ovo istraživanje izabrano je 12 populacija lucerne na osnovi ostvarenog visokog prinosa krmne i dobre perzistentnosti. U srpnju 2016. godine u vegetativnoj fazi biljaka puno pupanje – početak cvjetanja prikupljeni su prosječni uzorci lista (oko 100 g) sa 10 slučajno izabranih biljaka svake populacije lucerne iz dva ponavljanja. Iz liofiliziranih i samljevenih listova lucerne, kumestrol je ekstrahirano uz primjenu zakiseljenog metanola kao organskog otapala. Svaki uzorak je ekstrahirano i analizirano u dva ponavljanja. Za detekciju i kvantifikaciju kumestrola korišten je RP-HPLC (Perkin Elmer LC 200 Chromatograph) sustav s DAD detektorom ( $\lambda=260$  nm) i RP-C18 kolonom (Nova-Pak, 4  $\mu$ m, 3.9 x 150 mm). Analizom varijance (ANOVA) utvrđene su statistički opravdane razlike u sadržaju kumestrola između proučavanih oplemenjivačkih populacija lucerne. Koeficijent varijacije analiziranog svojstva iznosio je 2,38 %. Variranje sadržaja kumestrola se kretalo od 82,18 mg/kg ST do 619,53 mg/kg ST (suha tvar), a prosječan sadržaj kumestrola svih promatranih populacija lucerne iznosio je 435,67 mg/kg ST. Dvije populacije ostvarile su značajno niži sadržaj kumestrola u ST u odnosu na ostale promatrane u ovom istraživanju te predstavljaju odličan oplemenjivački izvor za razvoj novih modernih sorti za posebne namjene.

**Ključne riječi:** lucerna, *Medicago sativa* L., oplemenjivačke populacije, kumestrol, fitoestrogen



## Variation of coumestrol content in alfalfa populations

### Abstract

Alfalfa is a rich source of phytoestrogens, of which the most interesting is coumestrol due to its strong estrogenic activity and potential to affect the reproductive performance of domestic animals. The objective of the research was to determine the variation of coumestrol contents in alfalfa populations as an initial screening in our breeding strategy, as well as the selection of potential materials and creation of new modern cultivars for specific purposes. During the two-year period (2014, 2015), a total of 50 alfalfa materials were evaluated for agronomic value in a breeding nursery established on the selection field of Agricultural Institute Osijek. The alfalfa nursery was laid out as RCBD in four replications, and the basic plot consisted of 52 individual plants sown with intra-row spacing of 50 cm and inter-row spacing of 40 cm. For this study, 12 alfalfa populations were selected based on their high forage yield and good persistence. In July 2016, in the vegetative phase of plants (late bud – early flowering), average leaf samples (about 100 g) were collected from 10 randomly selected plants of each alfalfa population from two replications. From lyophilized and ground alfalfa leaves, coumestrol was extracted using acidified methanol as an organic solvent. Each sample was extracted and analysed in two replications. RP-HPLC (Perkin Elmer LC 200 Chromatograph) system with DAD detector ( $\lambda = 260$  nm) and RP-C18 column (Nova-Pak, 4  $\mu$ m, 3.9 x 150 mm) was used for the detection and quantification of coumestrol. Analysis of variance (ANOVA) revealed statistically significant differences in coumestrol content between the studied alfalfa breeding populations. The coefficient of variation (CV) for coumestrol content was 2.38%. The variation in coumestrol content ranged from 82.18 mg/kg of DM to 619.53 mg/kg DM (dry matter), and the average coumestrol content of all observed alfalfa populations was 435.67 mg/kg DM. Two populations achieved significantly lower coumestrol content in DM, compared to the other populations observed in this study, and are an excellent breeding source for the development of new modern varieties for special purposes.

**Keywords:** alfalfa, *Medicago sativa* L., breeding populations, coumestrol, phytoestrogen

## Monitoring pojave nematoda prenositelja virusa iz roda *Xiphinema* u vinogradima Vukovarsko-srijemske, Osječko-baranjske i Istarske županije 2018. godine

Luka Poturiček<sup>1</sup>, Josipa Puškarić<sup>2</sup>, Emilija Raspudić<sup>2</sup>,  
Karolina Vrandečić<sup>2</sup>, Marina Marić<sup>1</sup>, Mirjana Brmež<sup>2</sup>

<sup>1</sup>student, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Hrvatska

<sup>2</sup>Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: josipa.puskaric@fazos.hr

### Sažetak

Nematode roda *Xiphinema* značajna su grupa organizama u tlu koje su prilagođene životu u različitim uvjetima. Hrane se na korijenu mnogih biljnih vrsta, a na vinovoj lozi mogu raditi dodatne štete prenošenjem virusa lepezastog lista vinove loze (GFLV) i virusa mozaika gušarke (ArMV). Spomenuti virusi prenose bolest infektivne degeneracije vinove loze širom svijeta. Cilj ovog istraživanja bio je praćenje pojave nematoda iz roda *Xiphinema* u vinogradima Vukovarsko-srijemske, Osječko-baranjske i Istarske županije u 2018. godini. Uzorkovanje je obavljeno na 13 lokaliteta unutar tri županije. Uzorci su uzeti u zoni korijena na dubini od 30 cm. Izdvajanje nematoda iz uzoraka tla provedeno je metodom Baermannovih lijevaka, te su pripremljeni trajni preparati za mjerenje i determinaciju nematoda. Sve determinirane nematode roda *Xiphinema* iz uzoraka pripadale su vrsti *Xiphinema index*, a pronađene su u Vukovarsko-srijemskoj i Istarskoj županiji. Ovim istraživanjem potvrđena je prisutnost *Xiphinema index* među istraživanim vinogradima.

**Ključne riječi:** *Xiphinema*, vinograd, prenositelj virusa, monitoring

### Uvod

Nematode (Nematoda) su crvolike mikroskopske životinje koje se još nazivaju i oblići. Iako su prve nematode zabilježene kod čovjeka, najčešće parazitiraju životinje, te se hrane biljkama, biljnim ostacima, gljivama i bakterijama. Slobodno živuće nematode žive u slanim i slatkim vodama te u tlu. Nematode koje obitavaju u tlu zapravo se nalaze u filmu vode oko čestice tla pa je i za njih voda neophodna za život. Nematode se šire putem tla, biljnim materijalom, nečistom opremom, aktivnim kretanjem nematoda, prenošenjem s polja u polje i navodnjavanjem.

Sve vrste roda *Xiphinema* biljni su paraziti i hrane se na korijenskom sustavu različitih biljnih vrsta. Uz direktne štete koje prouzrokuju na podzemnim dijelovima domaćina, pojedine su vrste i potencijalni ili dokazani vektori nekih biljnih virusa i time dodatno doprinose oštećenju i nadzemnih dijelova biljaka i smanjenju količine prinosa.

Neke vrste roda *Xiphinema*, hrane se na korijenu vinove loze i time uzrokuju primarne štete. Te su vrste ujedno i prenositelji (vektori) virusa te time mogu uzrokovati sekundarne štete koje su mnogo značajnije u uzgoju vinove loze. Neki su od značajnih virusa virus lepezastog lista vinove loze (*Grapevine fanleaf virus* – GFLV) i virus mozaik gušarke (*Arabis mosaic virus* – ArMV). Oni prenose bolest zvanu infektivna degeneracija koja se prepoznaje po deformaciji različitih biljnih organa (Ivezić, 2014.).

Na temelju literaturnih podataka (Lamberti i sur., 1973., 1976., Barsi, 1989., Ivezić i Raspudić, 1998., Barsi i Lamberti, 2000., Ivezić i sur., 2002.) u Hrvatskoj su utvrđene sljedeće vrste roda *Xiphinema*: *Xiphinema diversicaudatum* (Hvar, Biševo), *Xiphinema index* (Vis, Biševo, Korčula, Hvar, Krk Istra), *Xiphinema italiae* (Vis, Biševo, Korčula, Hvar, Istra), *Xiphinema pachtaicum* (Vis, Biševo, Korčula, Hvar, Istra, Slavonija i Baranja) i *Xiphinema vuittenezi* (Slavonija i Baranja).

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi prisutnost nematoda roda *Xiphinema* u vinogradima triju hrvatskih županija: Vukovarsko-srijemskoj, Osječko-baranjskoj i Istarskoj županiji, tijekom 2018. godine.

## Materijal i metode

Za potrebe ovog istraživanja prikupljeni su uzorci s 13 lokaliteta unutar Osječko-baranjske, Vukovarsko-srijemske i Istarske županije tijekom 2018. godine. U Osječko-baranjskoj županiji uzeti su uzorci s dvaju, u Vukovarsko-srijemskoj s pet, a u Istarskoj županiji uzorci su uzeti sa šest različitih lokaliteta (Tablica 1.).

Tablica 1. Datum i mjesto uzorkovanja te ukupan broj uzoraka tla za utvrđivanje prisutnosti *Xiphinema* vrsta u ispitivanim vinogradima

Županija	Datum uzorkovanja	Mjesto uzorkovanja	Broj uzoraka
Istarska	02. – 07. 01. 2018.	Poreč	2
		Nova Vas	1
		Lindar	1
		Vodnjan	1
		Rovinj	1
Vukovarsko-srijemska	10. 06. 2018.	Ilok	5
Osječko-baranjska	15. 04. 2018.	Zmajevac	2
Ukupan broj uzoraka:			13

Uzorci tla prikupljeni su slučajnim odabirom, s dubine od 30 cm u zoni korijena vinove loze, pomoću nematološke sonde. Uzorci su zatim odloženi u plastične vrećice te spremljeni u hladnjak na temperaturi od 4 °C. Uzorci su doneseni na obradu unutar 48 sati od prikupljanja u vinogradu. Svi uzorci obrađeni su u Laboratoriju za nematologiju na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek.

Nematode roda *Xiphinema* slobodno su živuće nematode, stoga je prema EPPO standardima (*European plant protection organization*) za izdvajanje nematoda korištena metoda Baermannovih lijevaka (Van Bezooijen, 2006.). Za potrebe te metode, tlo je prosijano te je izdvojeno 100 g tla koje je stavljeno u sito s nematološkim filter-papirom. Zatim je sito s tlom smješteno na vrh plastičnog lijevka te su lijevci napunjeni vodom do razine koja pokriva tlo. Nematode se odvajaju od čestica tla, a aktivnim kretanjem prolaze kroz pore filter-papira te zbog gravitacije tonu na dno gumene cijevi koja je zatvorena stegom. Nakon 48 sati stega je otpuštena te je uzorak prikupljen u staklenim laboratorijskim čašama.

Nematode roda *Xiphinema* zatim su prebrojane pod stereozoom lupom (Olympus BX 16), te nakon sedimentacije pripremljene u trajne preparate za determinaciju do vrste koja je obavljena pod mikroskopom (Olympus BX 50). Nematode su izmjerene pomoću DP Soft programa, a determinirane po ključevima Andrassy (2009.), Bongers (1994.) te Mai i Lyon (1975.).

Najčešće korištene morfološke mjere nematoda (Van Bezooijen, 2006.):

- L = dužina tijela nematode
- $a = \frac{\text{dužina tijela}}{\text{najširi dio tijela nematode}}$
- $b = \frac{\text{dužina tijela}}{\text{dužina od glave do kraja oezofagusa}}$
- $c = \frac{\text{dužina tijela}}{\text{dužina repa}}$
- $c' = \frac{\text{dužina repa}}{\text{širina tijela (kod anusa)}}$
- V = % udaljenost vulve od prednjeg dijela nematode

## Rezultati i rasprava

Nematode roda *Xiphinema* su biljno parazitske nematode koje mogu nanijeti velike štete na kulturi na kojoj se hrane. Vektori su raznih virusa koji mogu smanjiti plod ili oštetiti podzemne i nadzemne dijelove biljke. Suzbijanje ovog štetnika nije jednostavan zadatak, a već zaraženi trs gotovo je nemoguće povratiti u prvobitno stanje. Stoga je iznimno važno praćenje ovih nematoda kako bi se metode suzbijanja mogle primijeniti na vrijeme i kako bi se štete svele na minimum.

Zbog navedenih razloga cilj ovog istraživanja bio je utvrditi prisutnost nematoda roda *Xiphinema* u vinogradima triju hrvatskih županija, Vukovarsko-srijemskoj, Osječko-baranjskoj i Istarskoj županiji 2018. godine te ih determinirati do vrste.

Nakon pronalaska nematoda roda *Xiphinema* u tri uzorka, izvršeno je mjerenje morfoloških karakteristika odraslih nematoda te je pomoću ključeva za determinaciju utvrđeno da se radi o vrsti *Xiphinema index*. Morfološke karakteristike tih nematoda mogu se vidjeti u tablici 2.

Dobiveni rezultati ovog istraživanja ukazuju kako mjere morfoloških karakteristika kod determinacije mogu varirati unutar vrste. Rezultati mjerenja nematoda *Xiphinema index* (Tablica 2.) ukazuju kako može postojati razlika u veličini pojedinih morfoloških karakteristika između jedinki, iako je u slučaju ovih nematoda ta razlika izrazito mala jer uvijek mora biti u granicama određenim za tu vrstu.

Nakon provedenog monitoringa utvrđeno je da su nematode roda *Xiphinema* prisutne u hrvatskim vinogradima. U Istarskoj županiji *Xiphinema index* pronađena je u jednom vinogradu u području Nove Vas, dok je u Vukovarsko-srijemskoj županiji pronađena u dva vinograda na području Iloka. Rezultati istraživanja potvrdili su pretpostavke s obzirom na već poznate činjenice

i rezultate drugih autora (Ivezić i Raspudić, 1998., Šamota i sur., 1994.). U istraživanjima Ivezić i sur. (2002.) *Xiphinema index* otkrivena je na području Visa, Biševa, Korčule, Hvara i Istre, dok su u Slavoniji pronađene *Xiphinema pachtaicum* i *Xiphinema vuittenezi*.

Tablica 2. Rezultati mjerenja odraslih nematoda roda *Xiphinema index* te referentne vrijednosti za vrstu *X. index* (Andrássy, 2009.)

Županija	Vukovarsko-srijemska		Istarska	Referentne vrijednosti za <i>X. index</i> ♀
Lokalitet	Ilok 2	Ilok 5	Nova Vas	
Broj jedinki	1 ♀	1 ♀	1 ♀	
mm	3,06 mm	3,12 mm	3,01 mm	2.9 – 3.4 mm
a	62,57	59,51	62	54 – 66
b	6,15	6,05	6,3	6.0 – 7.6
c	76,65	78	72	75 – 95
c'	1,02	1,39	1,13	0.8 – 1.3
v	38,66 %	42 %	42,08 %	38 – 42 %

Kako bi se nastavilo s istraživanjem nematoda navedenog roda i kako bi se nastavilo s praćenjem kretanja njihove populacije, potrebno je prikupljati što veći broj uzoraka te ih analizirati.

## Zaključak

Za potrebe ovog istraživanja prikupljeni su uzorci s 13 lokaliteta iz triju županija, Vukovarsko-srijemska, Istarska i Osječko-baranjska. Uzorci su analizirani u cilju otkrivanja prisutnosti nematode roda *Xiphinema*. Determinacijom nematoda utvrđene su tri odrasle ženke nematoda vrste *Xiphinema index* te nekoliko ličinki. Nematode su se nalazile u vinogradima u okolici Iloka te u vinogradu u okolice Nove Vas.

Na temelju podataka ovog istraživanja i istraživanja drugih autora može se zaključiti da su nematode roda *Xiphinema* prisutne u Hrvatskoj te zbog toga na njihovu pojavu treba iznimno obraćati pozornost radi štete koju mogu izazvati u vinogradima. Po našem istraživanju i po nama dostupnoj literaturi najzastupljenija vrsta iz roda *Xiphinema* u Hrvatskoj je *X. index*, a prisutne su i *X. diversicaudatum*, *X. americanum*, *X. pachtaicum*, *X. italiae* i *X. vuittenezi*.

## Napomena

Rad je proizašao iz diplomskog rada »Monitoring pojave vrsta nematoda prenosioca virusa iz roda *Xiphinema* u vinogradima Vukovarsko-srijemske, Osječko-baranjske i Istarske županije, 2018. godine« autora Luke Poturičeka, mag. ing. agr., obranjenog na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek.

## Literatura

1. Andrássy, I. (2009): Free-living nematodes of Hungary (Nematoda errantia) Volume III, Hungarian National History Museum, Budapest, Hungary.
2. Barsi, L. (1989): The Longidoridae (Nematoda: Dorylaimida) in Yugoslavia. I. Nematologia Mediterranea 17, 97-108.
3. Barsi, L., Lamberti, F. (2000): Morphometric variation and juvenile stages of *Xiphinema diversicaudatum* (Micoletzky, 1927) Thorne, 1939 and *X. index* Thorne et Allen, 1950 (Nematoda: Dorylaimida) from the former territory of Yugoslavia. Nematologia Mediterranea 28, 171-187.

4. Bongers, T. (1994): De Nematoden van Nederland. KNNV-bibliotheekuitgave 46. 408. Pirola, Schoorl.
5. Ivezić, M., Raspudić, E. (1998.): *Xiphinema* spp. (Nematoda, Dorylaimida, Longidoridae) u vinogradima Hrvatske. Poljoprivreda, 4 (2), 11-20.
6. Ivezić, M., Raspudić, E., Lamberti, F., Pribetić, Đ. (2002.): *Xiphinema* spp. in vineyards of Istra Peninsula in Croatia. Helminthologia, 39 (2), 119-120.
7. Ivezić, M., (2014): Fitonematologija. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek.
8. Lamberti, F., Bleve-Zacheo, T., Šarić, A. e Inserra, R. (1973.): Contributo alla conoscenza della nematofauna delle Isole Dalmate. I. I Longidoridae di Vis, Bisevo, Budikovac e Korčula. Nematologia Mediterranea 1; str. 115-123.
9. Lamberti, F., Coiro M. I. e Šarić, A. (1976): Contributo alla conoscenza della nematofauna delle Isole Dalmate. II. I Longidoridae di Hvar. Nematologia Mediterranea, 4, 249-251.
10. Mai, W. F., Lyon, H. H. (1975): Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes (No. 4th Ed. (revised)). Cornell University Press.
11. Šamota, D., Ivezić, M., Raspudić, E. (1994): Ecology of *Xiphinema vuittenezi* and *Xiphinema pachtaicum* in vineyards of north-east Croatia. University of J.J. Strossmayer in Osijek, Faculty of Agriculture, POB 117, 54000 Osijek (Croatia). Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 24,375-381.
12. Van Bezooijen, J. (2006): Methods and techniques for nematology. Wageningen University. 112 str.

## Monitoring of virus vectors (*Xiphinema*, Nematoda) in Vukovar-Srijem, Osijek-Baranja and Istrian county vineyards, 2018

### Abstract

Nematodes of the genus *Xiphinema* are a significant group of organisms in the soil that are adapted for living under different conditions. They feed on the roots of many plant species, but they can make additional damage on a vine by transmitting the Grapevine fanleaf virus (GFLV) and Arabis mosaic virus (ArMV). These viruses are responsible for infectious degeneration disease of grapevines worldwide. The goal of this study is to monitor the occurrence of nematodes of the genus *Xiphinema* in the vineyards of the counties Vukovar-Srijem, Osijek-Baranja and Istria in the year 2018. Sampling was performed at 13 localities within these three counties. Samples were taken from the root zone at a depth of 30 cm. The extraction of nematodes from the soil samples was carried out by the Baermann funnel method, followed by making of the permanent preparation for the measurement and determination of nematodes.

All determined nematodes of the genus *Xiphinema* from the samples belonged to the species *Xiphinema index* and were found in the counties Vukovar-Srijem and Istria. This research confirmed the presence of *Xiphinema index* in Croatian vineyards.

**Key words:** *Xiphinema*, vineyard, virus vector, monitoring

## Agrotehnika, organizacija i ekonomika uzgoja ječma u OPG-u »SAN« Budrovci u sezoni 2018./2019.

Irena Rapčan, Mladen Jurišić, Ivan Plaščak, Marin Kolić, Dorijan Radočaj

*Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: irapcan@fazos.hr*

### Sažetak

Ječam je žitarica višestruke primjene, a jedna je hranidba svinja, što čini djelatnost OPG-a »SAN« iz Budrovaca. Sezona uzgoja (2018./2019.) ove kulture neznatno se razlikovala od višegodišnjeg prosjeka prema prosječnim temperaturama i ukupnoj količini oborina, ali su pojave sušnih razdoblja i onih s većim količinama oborina bile neuobičajeno raspoređene za ovo područje. Agrotehničke mjere pri uzgoju ječma na površinama OPG-a izvršene su pravodobno i u skladu s rastom i razvojem biljaka. Ječam je uzgajan na 30 ha, a ostvareni prosječni prinos zrna iznosi 7,5 t ha<sup>-1</sup>. Cjelokupni urod zrna iskorišten je na OPG-u za ishranu svinja. Troškovi proizvodnje iznosili su 153.834,60 kn, od čega je najveći dio za gnojivo (49.774,50 kn). Kako su prihodi iznosili 261.750,00 kn, dobit je 107.915,40 kn.

**Ključne riječi:** ječam, proizvodnja zrna za tov svinja, agrotehničke mjere, dobit

### Uvod

Ječam (*Hordeum sativum* L.) se upotrebljava u ishrani stoke (mljeveno zrno i stočna hrana), ishrani ljudi (kruh, ječmena kaša, pivo) i u ljekovite svrhe kao narodni lijek (npr. za smanjenje kolesterola u krvi, reguliranje krvnog tlaka, poboljšanje probave i rada srca). Zrno ječma lako je probavljivo, a sadrži visoke koncentracije hranjivih tvari i funkcionalnih sastojaka (Knežević i sur., 2019.) U Republici Hrvatskoj u 2017. godini ječam je uzgajan na 47.060 ha, s ukupnim urodom zrna od 260.426 tona i prosječnim prinosom zrna od 4,8 t ha<sup>-1</sup> (Državni zavod za statistiku, 2018.). Cilj je ovog istraživanja utvrditi agrotehničke mjere i ekonomske rezultate proizvodnje ozimog stočnog ječma na površinama obiteljskog poljoprivrednog gospodarstva u sezoni 2018./2019.

### Materijal i metode

OPG »SAN« iz Budrovaca (Osječko-baranjska županija, 45°16'16"N, 18°26'35"E, 85 m nadmorske visine) bavi se proizvodnjom vlastite hrane za tov svinja, a zapošljava 10 radnika i posjeduje vlastite mehanizirane strojeve. Tijekom vegetacije ječma praćeni su srednja mjesečna temperatura zraka i mjesečne oborine (Tablica 1.), koji su u usporedbi s višegodišnjim prosjecima (2000. – 2018.) za te pokazatelje korišteni u interpretaciji klimatskih uvjeta (DHMZ, 2019.). Kovačević i sur. (2006.) navode da se istočna Hrvatska (gospodarski najvažnije agroekološko područje za uzgoj ječma) ubraja u prijelazna područja iz semiaridne umjereno kontinentalne klime

s istočnoeuropskim oznakama prema semihumidnoj umjereno kontinentalnoj srednjoeuropskoj klimi. Ovo područje karakteriziraju promjenjivi vremenski uvjeti s naglaskom na količinu i raspored oborina, što uvjetuje široku pojavnost kraćih ili dužih sušnih razdoblja (Tablica 1). Mjeseci vegetacije ječma u godini istraživanja bilježe prosječnu srednju temperaturu zraka od 9,83 °C, što je za 0,55 °C toplije od višegodišnjeg prosjeka za ove mjesece. Ukupne mjesečne oborine u višegodišnjem prosjeku za mjesece vegetacije ječma iznose 548,3 mm, dok u godini istraživanja iznose 509,5 mm, što je za 38,8 mm manje. Ovo područje karakterizira razdoblje povećane vlažnosti tijekom cijele vegetacije ječma, koje je nešto slabije izraženo u travnju. Sezona 2018./2019. pokazuje sasvim drugačiji hod mjesečnih oborina. Evidentno je razdoblje smanjenih oborina od listopada do prosinca 2018. godine u odnosu na višegodišnji prosjek. U siječnju 2019. bilježe se oborine na razini prosjeka, dok su veljača (manje za 29,4 mm), a posebice ožujak (manje za 36,4 mm), bili sušniji od prosjeka. Travanj, svibanj i lipanj ističu se oborinama većim od prosjeka (za 43,2 mm, 66 mm odnosno 11,4 mm).

Tablica 1. Srednja mjesečna temperatura zraka od listopada 2018. do lipnja 2019. godine i višegodišnji prosjek (2000. – 2018.) za mjesece vegetacije za lokaciju Budrovci (meteorološka postaja Đakovo)

Mjeseci Vegetacije	Srednja mjesečna temperatura zraka, °C		Ukupne mjesečne oborine, mm	
	2018./2019.	2000. – 2018.	2018./2019.	2000. – 2018.
Listopad	14,2	12,1	17,2	62,4
Studeni	7,1	7,0	35,0	55,8
Prosinac	1,7	1,9	33,3	54,2
Siječanj	0,6	0,9	50,3	57,0
Veljača	4,4	2,6	23,2	52,6
Ožujak	9,6	7,5	16,5	52,9
Travanj	13,0	13,0	95,8	52,6
Svibanj	14,3	17,5	139,5	73,5
Lipanj	23,6	21,0	98,7	87,3
	Prosjek: 9,83 °C	Prosjek: 9,28 °C	Ukupno: 509,5 mm	Ukupno: 548,3 mm

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod RH, 2019.

U ovom dijelu Osječko-baranjske županije uglavnom prevladavaju močvarno-glejna djelomično hidromeliorirana tla i lesivirana tla na praporu (Vukadinović, 2019.). Ova dva tipa tla ne spadaju u najpogodnija tla za uzgoj ječma, ali se pravovaljanim i pravodobnim agrotehničkim mjerama mogu postići zadovoljavajući prinosi.

Na površinama ovog OPG-a od ukupno 30 ha ječmom posijanih površina na 29 ha površine predusjev bio je kukuruz, a na jednoj parceli (1 ha) pšenica zbog terena pod nagibom, koji nije pogodan za uzgoj kukuruza. Osnovna obrada izvršena je krajem rujna 2018. plugom okretničem »Kuhn Muli Master 122« agregatiranim s traktorom »John Deere 6930 Premium«, na dubinu od 20 – 25 cm. Brzina rada iznosila je 7 – 8 km h<sup>-1</sup>. Na površinama sa zbijenim tlom nije izvedeno oranje, već tanjuranje u dva prohoda (4 – 6 odnosno 6 – 8 km h<sup>-1</sup>) tanjuračom »Tara V-48« agregatiranom s istim traktorom, na dubinu 12 – 15 cm. Zbog provedenog podririvanja u prethodnoj sezoni, dubina tanjuranja ipak je omogućila duboko prodiranje korijena ječma. Osnovna gnojidba obavljena je prije osnovne obrade tla mineralnim gnojivom NPK 0:20:30 u



količini od 400 kg ha<sup>-1</sup>, centrifugalnim rasipačem »Sulky DPX Prima 1200 l« (radnog zahvata 15 m) agregatiranim na traktor »John Deere 5820«. Neposredno prije predstjetvene pripreme tla aplicirano je gnojivo NPK 15:15:15 (200 kg ha<sup>-1</sup>) istim strojevima. Urea (100 kg ha<sup>-1</sup>) je u dodana u tlo rotodrljačom »Kuhn HRB 302« agregatiranom na traktor »John Deere 6420 Premium«. Brzina rada rotodrljače iznosila je 6 – 8 km h<sup>-1</sup>, a dubina 10 – 15 cm. Na parcelama sa zbijenim tlom izvršena je priprema tla tanjuračom »Metal-Fach 3m« agregatiranom na isti traktor na dubinu 10 – 12 cm brzinom 7 – 9 km h<sup>-1</sup>. Sjetva stočnog ječma austrijskog kultivara »Hannelore« na površini od ukupno 30 ha započela je 13. listopada 2018. Izvršena je sijačicom »Amazone D7 TYP 30« radnog zahvata 3 m agregatiranom s traktorom »John Deere 6930 Premium«. Razmak redova iznosio je 12 cm, a dubina 3 – 4 cm. Preporučena norma sjetve za ovaj kultivar je 160 – 210 kg ha<sup>-1</sup> (310 – 340 zrna m<sup>-2</sup>), a na ovim površinama iznosila je 200 kg ha<sup>-1</sup>. Brzina sjetve na parcelama s tlom povoljnog mehaničkog sastava iznosila je od 5 – 7 km h<sup>-1</sup> te je izvršena bez poteškoća. Biljni ostaci predusjeva na parcelama težeg mehaničkog sastava sprječavali su ulaganje sjemena u tlo pa je korištena sijačica »Amazone D7 Special II« s diskosnim ulagačima sjemena, brzinom 4 – 6 km h<sup>-1</sup>. Prva prihrana usjeva (KAN-om) obavljena je u busanju (175 kg ha<sup>-1</sup>), druga u vlatanju (140 kg ha<sup>-1</sup>), a treća u klasanju (90 kg ha<sup>-1</sup>). Brzina rada rasipača »Sulky DPX Prima 1200 l« iznosila je 5 – 7 km h<sup>-1</sup> pri 1500 okretaja min<sup>-1</sup> kardanskog vratila, tzv. »stalnim tragovima«, koji omogućuju ravnomjerno rasipanje gnojiva i minimalno preklapanje prohoda. Simptomi mrežaste pjegavosti (*Helminthosporium teres*) vjerojatno su se pojavili uslijed uvjeta koji su odgovarali uzročniku bolesti (vlažan i topao travanj). Daljnji razvoj bolesti spriječen je prvom primjenom sistemičnog kontaktnog fungicida »Prozol« u dozi od 0,5 l ha<sup>-1</sup> u završnoj fazi busanja. Oko tri tjedna nakon prve primjene obavezan je drugi tretman u početnoj fazi klasanja, što je izvršeno fungicidom »Prozol« (u dozi 0,5 l ha<sup>-1</sup>). Problem korova (uglavnom *Matricaria chamomilla*) uočen je na parcelama na kojima je obavljeno tanjuranje. Primijenjen je herbicid »Sekator OD« u dozi 0,15 l ha<sup>-1</sup>. Sredstvo je kvalitetno suzbilo korov i već u fazi vlatanja ječma u usjevu nije uočen korov. Primijenjen je i regulator rasta »Medax Top« u dozi od 0,6 l ha<sup>-1</sup> (od početka vlatanja). Prednosti su regulatora rasta poboljšanje razvoja korijena, reduciranje visine stabljike (stoga povećanje otpornosti na polijeganje) i homogena visina usjeva radi lakše žetve. Usjev je na manjem dijelu u završnoj fazi klasanja napao štetnik crveni žitni balac (*Oulema melanopus*), što se manifestiralo žuto-bijelim trakama na listovima širine 1 mm. Suzbijen je trećim tretiranjem ječma u završnoj fazi klasanja sredstvom »Fasthrin 10 EC« (u dozi 0,1 l ha<sup>-1</sup>). Primjene zaštitnih sredstava izvršene su prskalicom »Agromehanika ASG 1000 EN«, koja je agregatirana s traktorom »John Deere 5820«. Volumen spremnika prskalice iznosi 1000 l, dok je utrošak vode iznosio 180-200 l ha<sup>-1</sup>. Radni zahvat je 15 m pri 1500 okretaja min<sup>-1</sup> kardanskog vratila traktora i brzini 5 – 8 km h<sup>-1</sup>. Zbog vjetera je tretiranje zaštitnim sredstvima izvršeno tzv. »anti-drift« mlaznicama, što je smanjilo zanošenje sredstva. I pri ovoj agrotehničkoj mjeri sustav »stalnih tragova« omogućio je ravnomjerno nanošenje sredstava i minimalno preklapanje prohoda. Na površinama ovog OPG-a žetva ječma je započela 15. lipnja 2019. jednofaznim kombajnom »Deutz Fahr Top Liner 4075 HTS«, radnog zahvata hedera 4,80 m. Brzina kombajniranja iznosila je 4 – 6 km h<sup>-1</sup>. Tuča drugi dan žetve uzrokovala je štetu od 20 % ukupne vrijednosti usjeva. Zbog pojave žitnog žiška (*Sitophilus granarius*) skladište je tretirano sredstvom »Actellic 50 EC« (8 ml uz 0,5-1 l vode na jednu tonu zrna), koje preventivno i kurativno suzbija skladišne štetnike. Zrno je uskladišteno u tako pripremljeno skladište. Vлага zrna ječma iznosila je 11,3 %, koncentracija bjelančevina 13,7 %, a hektolitarska masa 63,3 kg, dok su primjese iznosile 2,4 %. Meljivost zrna bila je jako dobra, unatoč manjoj hektolitarskoj masi zrna, što je zadovoljilo potrebe OPG-a, jer se cjelokupan urod ječma koristi za hranidbu svinja. OPG uz vlastitu proizvodnju vrši i otkup zrna žitarica zbog nedostatnih količina potrebnih za proizvodnju stočne hrane.

## Rezultati i rasprava

Velika je agrotehnička važnost ječma, jer se ranije sije i ranije dozrijeva, time ostavlja dovoljno vremena za kvalitetnu obradu tla, gnojidbu i sjetvu sljedeće kulture. Obavezno ga treba uzgajati u plodoredu jer uzgojem u monokulturi daje niske prinose i lako obolijeva. Osnovnu obradu treba obaviti 2 – 3 tjedna prije sjetve (Gagro, 1997., Jurišić, 2008.). Ječam ima kraću vegetaciju od drugih pravih žitarica, što znači da u kraćem vremenu usvaja više hraniva pa svemu tome treba prilagoditi vrstu, količinu i raspored mineralnih gnojiva. Prvu prihranu ječma treba obaviti neposredno nakon zime, kada je usjev u fazi busanja, a drugi prihranu samo ako je nužno (Gagro, 1997.). Pri izboru sorte ječma za sjetvu treba voditi računa o namjeni zrna (za ishranu stoke, proizvodnju piva, za industrijsku preradu), zatim sijati deklarirano sjeme u sklopu koji je preporučan za odabranu sortu (Jurišić, 2008.). Važnost zaštite ječma i njezin pozitivan utjecaj na visinu prinosa zrna pokazuju brojni autori (Lalić i sur., 2014., Lalić i sur., 2015., Lalić i sur., 2016., Lalić i sur., 2017., Lalić i sur., 2018.). Schelling i sur. (2003.) navode da posljedice nedostatka vode tijekom nalijevanja zrna onemogućavaju ostvarenje genetskog potencijala kultivara, ujednačenosti i veličine zrna te potpunog formiranja oblika zrna. Kako u fazi nalijevanja zrna nije zabilježen nedostatak vode, sve komponente prinosa i prinos bili su zadovoljavajući. Ukupan prinos na 30 ha zasijanih površina iznosi 225 tona zrna ( $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ ), što je za  $2 \text{ t ha}^{-1}$  više nego što u svojim istraživanjima dobivaju Rapčan i sur. (2012.). Iljkić i sur. (2010.) uspoređuju prosječne prinose zrna ječma na razini Hrvatske i istočne Hrvatske tijekom triju uzastopnih sezona uzgoja te nalaze da su prosječni prinosi zrna na razini Hrvatske ( $3,23, 3,64$  i  $3,82 \text{ t ha}^{-1}$ ) dosljedno niži od onih na razini istočne Hrvatske ( $3,45, 3,74$  i  $4,04 \text{ t ha}^{-1}$ ). Ispitujući prinos zrna 14 kultivara ječma na četiri lokacije u istočnoj Hrvatskoj Lalić i sur. (2009.a) nalaze prinose od  $5,39-8,23 \text{ t ha}^{-1}$  ili u prosjeku  $6,80 \text{ t ha}^{-1}$ . U dugogodišnjim pokusima na površinama Poljoprivrednog instituta Osijek Lalić i sur. (2009.b) bilježe prinose zrna ječma od  $5,959-7,545 \text{ t ha}^{-1}$ . Nešto uži raspon ( $6,28-7,00 \text{ t ha}^{-1}$ ) prosječnih prinosa nalaze Madić i Paunović (2009.). Usporedbom 14 kultivara ječma u 11 sezona uzgoja Miroslavljević i sur. (2014.a) nalaze prinose zrna u prosjeku od  $6,23 \text{ t ha}^{-1}$  (2002./2003.) do  $10,40 \text{ t ha}^{-1}$  (1999./2000.). U ispitivanjima 25 kultivara ječma na četirima lokacijama tijekom sezone 2010./2011. Miroslavljević i sur. (2014.b) bilježe veće prosječne prinose zrna od  $8,21 - 11,28 \text{ t ha}^{-1}$ . Nešto nižu koncentraciju bjelančevina ( $12,08 - 12,87 \%$ ) od onih dobivenih u ovom istraživanju ( $13,7 \%$ ) bilježe Lalić i sur. (2009.b). Savin i Nicolas (1996.) ukazuju na to da se koncentracija bjelančevina u zrnu ječma povećava u uvjetima suše praćene visokim temperaturama. Iako u godini istraživanja nije zabilježena suša praćena visokim temperaturama u fazama formiranja i nalijevanja zrna, koncentracija bjelančevina u zrnu bila je visoka.

Jedan je od ciljeva upravljanja poljoprivrednim gospodarstvom ekonomično poslovanje tj. podmirivanje troškova iz ostvarenog ukupnog prihoda (Ranogajec i sur., 2014.). Zbog toga je potrebno praćenje tehničko-tehnoloških uvjeta i ekonomskih rezultata pojedinih kultura zastupljenih u strukturi sjetve. U Tablici 2. prikazani su troškovi i prihodi pri proizvodnji zrna ječma. Proizvodnost rada ljudi je količina proizvoda proizvedena po satu rada ljudi. Utvrđeno je da se utroškom jednog sata rada ljudi proizvelo  $1 \text{ } 100,24 \text{ kg}$  zrna ječma. Za proizvodnju jedne tone zrna utrošilo se  $0,909$  sati. Ekonomičnost je odnos između vrijednosti i ukupnih troškova proizvodnje, a za ovu proizvodnju iznosi  $1,702$ . Rentabilnost je pokazatelj stupnja ekonomske učinkovitosti ulaganja sredstava u proizvodnju, izražava se stopom rentabilnosti, a izračunava iz odnosa dobiti i ukupnih troškova te za ovu proizvodnju iznosi  $70,15 \%$ . Sve ove vrijednosti daleko su veće od onih koje za proizvodnju ozimog ječma dobivaju Rapčan i sur. (2012.).

Tablica 2. Troškovi, prihodi i dobit proizvodnje ječma na 30 ha površine  
OPG-a »SAN« Budrovci u sezoni 2018./2019.

Stavka	Količina	Cijena	Iznos
<b>Gorivo</b>	4.837,50 l	5,58 kn/l	26.993,25 kn
<b>Gnojivo</b>	23.850 kg	2,347 kn/kg (prosjek)	49.774,50 kn
<b>Sjeme</b>	240 kg	62,50 kn	15.000,00 kn
<b>Zaštitna sredstva</b>	55,5 l	223,95 kn/l (prosjek)	13.414,35 kn
<b>Zakup zemljišta</b>	30 ha	1.000,00 kn/ha	30.000,00 kn
<b>Radni sati</b>	204,5 h	45,00 kn	9.202,50 kn
<b>Vaganje</b>	15 prikolica	30,00 kn/prikolici	450,00 kn
<b>Najam skladišta</b>	6 mjeseci	1.500,00 kn/mjeseć	90.000,00 kn
<b>Ukupni troškovi</b>			<b>153.834,60 kn</b>
<b>Prinos zrna</b>	225 t	950,00 kn/t	213.750,00 kn
<b>Poticaј</b>	30 ha	1.600 kn/ha	48.000,00 kn
<b>Ukupni prihodi</b>			<b>261.750,00 kn</b>
<b>Dobit</b>			<b>107.915,40 kn</b>

## Zaključak

U sezoni 2018./2019., s raspodjelom oborina neuobičajenom za ovo područje, na površinama OPG-a »San« iz Budrovaca uzgajana je sorta »Hannelore« ozimog ječma na 30 ha površina. Pravilnim i pravodobnim agrotehničkim mjerama dobiven je prosječni prinos zrna od 7,5 t ha<sup>-1</sup>, iako nešto manje hektolitarske mase zrna. Cjelokupni urod zrna iskorišten je za hranidbu svinja, čiji je tov djelatnost ovog OPG-a. Dobit od ove proizvodnje iznosi 107.915,40 kn ili 3 597,18 kn ha<sup>-1</sup>. Vrijednosti za proizvodnost rada ljudi te ekonomičnost i rentabilnost proizvodnje vrlo su visoke. Navedena tehnologija (suvremena agrotehnika) te njezino dosljedno provođenje rezultiralo je visokim i stabilnim prinosom te vrlo visokim ekonomskim rezultatima.

## Literatura

1. Državni zavod za statistiku (2018): Statistički ljetopis Republike Hrvatske za 2018. godinu (2018.). Dostupno na <https://www.dzs.hr/>
2. Gagro, M. (1997): Ratarstvo obiteljskog gospodarstva, Žitarice i zrnate mahunarke, Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb.
3. Iljić, D., Kovačević, V., Kovačević, J., Lalić, A., Drezner, G. (2010): Weather impacts on yields of wheat and barley. Zbornik radova 45. hrvatskog i 5. međunarodnog simpozija agronoma, Opatija, 737-740.
4. Jurišić, M. (2008): AgBase –PRIRUČNIK ZA UZGOJ BILJA –1. Tehnologija (agrotehnika) važnijih ratarskih kultura. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
5. Knežević, N., Ivanuša, M., Palfi, M. (2019): Positive effects of barley on human health. Zbornik sažetaka 10. međunarodnog kongresa »Flour-Bread '19« i 12. hrvatskog kongresa tehnologa žitarica »Brašno-Kruh '19«, Osijek, 69.
6. Kovačević, J., Lalić, A., Kovačević, V., Banaj, Đ. (2006): Respons of barley to ameliorative fertilization. Cereal Research Communications, 34 (1), 565-568.
7. Lalić, A., Šimić, G., Kovačević, J., Novoselović, D., Abičić, I., Duvnjak, V., Lenart, L. (2009a): Sadržaj bjelančevina i urod zrna kod ozimog ječma s obzirom na sinergiju genotipa i okoliša u Republici Hrvatskoj. Poljoprivreda, 15 (1), 11-18.

8. Lalić, A., Kovačević, J., Novoselović, D., Mijaković, R., Abičić, I. (2009b): Temporalna analiza oplemenjivanja i proizvodnje ječma u Republici Hrvatskoj. *Glasnik zaštite bilja*, 32 (5), 77-87.
9. Lalić, A., Abičić, I., Šimić, G. (2014): Genotipovi ozimog ječma u uvjetima uzgoja Republike Hrvatske kroz parametre uroda i kakvoće zrna. *Zbornik sažetaka 7. međunarodnog kongresa »Oplemenjivanje bilja, sjemenarstvo i rasadničarstvo«*, Sv. Martin na Muri, Hrvatska, 59-61.
10. Lalić, A., Abičić, I., Šimić, G. (2015): Učinak genotipa, godine i agrotehničkih mjera na parametre uroda i kvalitete zrna ječma. *Zbornik sažetaka 8. međunarodnog kongresa »Oplemenjivanje bilja, sjemenarstvo i rasadničarstvo«*, Sv. Martin na Muri, Hrvatska, 59-60.
11. Lalić, A., Abičić, I., Šimić, G. (2016): Analiza učinaka genotipa, godine uzgoja i fungicidne zaštite na urod i kvalitetu zrna ozimog ječma. *Glasilo biljne zaštite – Zbornik sažetaka 60. seminara biljne zaštite, Opatija, Hrvatska*, 51-51.
12. Lalić, A., Abičić, I., Šimić, G., Andrić, L. (2017): Analiza učinka agrotehničkih mjera na urod i kvalitetu zrna ozimog ječma. *Zbornik sažetaka 10. međunarodnog kongresa »Oplemenjivanje bilja, sjemenarstvo i rasadničarstvo i 5. regionalni dani sjemenara«*, Sv. Martin na Muri, Hrvatska, 47-48.
13. Lalić, A., Abičić, I., Šimić, G., Novoselović, D., Andrić, L. (2018): Analiza indeksa biomase, uroda i kvalitete zrna kod sorti ozimog ječma. *Zbornik sažetaka 11. međunarodnog kongresa »Oplemenjivanje bilja, sjemenarstvo i rasadničarstvo«*, Umag, Hrvatska, 43-44.
14. Madić, M., Paunović, A.S. (2009): Grain yield and yield components of two-row winter barley cultivars and lines. *Acta Agriculturae Serbica*, 14 (27), 17-22.
15. Miroslavljević, M., Pržulj, N., Bočanski, J., Stanisavljević, D., Mitrović, B. (2014a): The application of AMMI model for barley cultivars evaluation in multi-year trials. *Genetika*, 46 (2), 445-454.
16. Miroslavljević, M., Pržulj, N., Čanak, P. (2014b): Analysis of new experimental barley genotype performance for grain yield using AMMI biplot. *Selekcija i semenarstvo*, 20 (1), 27-36.
17. Ranogajec, Lj., Kanisek, J., Deže, J. (2014): Ekonomski rezultati proizvodnje soje u Hrvatskoj, *Zbornik radova 49. hrvatskog i 9. međunarodnog simpozija agronoma, Dubrovnik, Hrvatska*, 171-176.
18. Rapčan, I., Juričić, M., Kanisek, J., Marković, M., Buhač, K. (2012): Organizacija i ekonomika proizvodnje ozimog ječma na PZ Korođ. *Agronomski glasnik*, 74 (1), 65-70.
19. Savin, R.S., Nicolas, M.E. (1996): Effects of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. *Australian Journal of Plant Physiology*, 23, 201-210.
20. Schelling, K., Born, K., Weissteiner, C., Kühbauch, W. (2003): Relationships between yield and quality parameters of malting barley (*Hordeum vulgare* L.) and phenological and meteorological data. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 189 (2), 113-122.
21. Vukadinović, V. (2019.): Interaktivna pedološka karta RH s legendom (prema Bogunović, M., Vidaček, Ž., Racz, Z., Husnjak, S., Sraka, M. (1996): Namjenska pedološka karta Republike Hrvatske mjerila 1:300.000 s tumačem karata. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za pedologiju). Dostupno na <http://pedologija.com.hr> (19.01.2020.)

\*\*\* DHMZ, 2019.

## Agrotechnics, organization and economic results of barley cultivation at the family farm »SAN« Budrovci in the season 2018/2019

### Abstract

Barley is a multi-use cereal, and one of its uses is feeding of pigs, which is the activity of the family farm »SAN« from Budrovci. The vegetation season (2018/2019) of this crop differed slightly from the long-term average in terms of average temperatures and total rainfall, but the occurrence of drought periods and periods of higher rainfall were uncommon in this area. The agro-technical measures for the cultivation of barley on the surfaces of family farm were carried out in a timely manner and in accordance with the growth and development of the plants. Barley was grown on a total of 30 ha, with an average yield of 7.5 t ha<sup>-1</sup>. The whole barley grain yield was utilized at the family farm for pig feeding. The cost of barley production amounted to HRK 153,834.60, the largest of which was for fertilizer (HRK 49,774.50). As the revenues amounted to HRK 261,750.00, the profit amounted to HRK 107,915.40.

**Key words:** barley, grain production for pig fattening, family farm »SAN« Budrovci, agrotechnical measures, profit

# Utjecaj ponovljene sjetve kukuruza na pojavu kukuruzne zlatice (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte – Coleoptera: Chrysomelidae) u 2018. godini

Ivan Lović<sup>1</sup>, Mirjana Brmež<sup>2</sup>, Ivana Majić<sup>2</sup>, Emilija Raspudić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Student diplomskog studija Bilinogojstvo, smjer Zaštita Bilja, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: ivan.lovic@gmail.com

<sup>2</sup>Zavod za fitomedicinu, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Hrvatska

## Sažetak

Jedan je od važnijih štetnika kukuruza u Hrvatskoj i svijetu kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte), njena ličinka oštećuje korijen kukuruza uslijed čega dolazi do polijeganja biljaka, dok imago oštećuje svilu i list. Jedna je od najvažnijih mjera prevencije plodored. Monitoringom kukuruzne zlatice u ponovljenoj sjetvi kukuruza u Gorjanima, na OPG-u Josip Lović u 2018. pratila se brojnost imaga, ocijenila oštećenost korijena, veličina korijena i porast sekundarnog korijena te se odredio postotak polegnutih biljaka. Istraživanjem je utvrđena značajna oštećenost korijena (ocjena 2,20), veliki postotak polegnutih biljaka (10 %), slaba razvijenost korijena (ocjena 3,7), slaba regeneracija sekundarnog korijena (ocjena 3,65) te visoka populacija štetnika (3,34 imaga po danu i mamcu). Istraživanjem je potvrđeno da je kukuruzna zlatica i dalje opasan štetnik kojeg treba pratiti svake godine i potrebno je izbjegavati ponovljenu sjetvu kukuruza.

**Ključne riječi:** kukuruz, monitoring, kukuruzna zlatica, oštećenje korijena, polegnutost stabljike

## Uvod

Svjetska proizvodnja kukuruza (*Zea mays* L.) u stalnom je porastu zbog različitih mogućnosti korištenja ove biljke (Zrakić i sur., 2017.). Unaprjeđenju proizvodnje kukuruza i povećanju prinosa uvelike doprinosi borba protiv ekonomski značajnih štetnika.

Među najvažnijim štetnicima kukuruza u svijetu je kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte), podrijetlom iz Meksika (Lombaert i sur., 2017.), prvi puta opisana na području Kansasa u SAD-u 1867. (Spencer i sur., 2009.). Na tlu Europe utvrđena je 1992. u Srbiji (Bača, 1993., 1994.), dok je na području Hrvatske utvrđena 1995. u Bošnjacima (Igrc Barčić i Macelj-ski, 1997.) odakle se naglo širi na cijelo područje uzgoja kukuruza u Hrvatskoj kao i na ostale europske države. Najveće štete uzrokuju ličinke kukuruzne zlatice, izgrizajući korijen, pa dolazi do polijeganja biljaka, odnosno tipičnog simptoma tzv. »guščjeg vrata« (Ivezić i sur., 2006.)

Hibridi koji imaju sposobnost regenerirati korijen nakon napada ovog štetnika smatraju se tolerantnima. Regeneracija korijena očituje se kao porast i veličina sekundarnog korijenja. Naj-

važnija je preventivna mjera protiv kukuruzne zlatice višegodišnji plodored. Kukuruzna zlatica najčešće je štetnik u ponovljenoj sjetvi kukuruza. Značajna pojava i ekonomski značajne štete očekuju se kod uzgoja kukuruza u monokulturi (Džoić i sur., 2003.). Ako ne dođe do ponovljene sjetve, pojava kukuruzne zlatice u pravilu izostane jer mlade ličinke bez hrane ugibaju u tlu (Lemić i Bažok, 2009.).

## **Materijal i metode**

Istraživanje utjecaja monokulture na pojavu kukuruzne zlatice provedeno je 2018. u Gorjanima na OPG-u Josip Lović na parceli površine 4993 m<sup>2</sup>, gdje je drugu godinu zaredom bio zasijan kukuruz. U 2018. zasijan je hibrid kukuruza OSSK 298 P.

Osim na istraživanoj parceli, kukuruz je bio zasijan i na susjednim parcelama. Od 2014., kukuruz je na istoj parceli dva puta sijan u ponovljenoj sjetvi, a 2016. bila je posijana zob.

### **a) Ocjena oštećenosti korijena, veličine korijena i veličine sekundarnog korijena**

Ocjena oštećenja korijena, veličina korijena te veličina sekundarnog korijena ocijenjena je na 5 slučajno odabranih biljaka u četiri ponavljanja (ukupno 20 biljaka). Izvađenim biljkama 26. lipnja 2018. odsječen je gornji dio stabljike, otrešana je zemlja s korijena te je korijen ispran mlazom vode. Korijen je ocijenjen na Zavodu za fitomedicinu Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku 28. lipnja 2018.

Oštećenje korijena ocijenjeno je Iowa Node Injury Scale 0 – 3 (INIS) (Oleson i Tollefson, 2000.). Ocjena veličine korijena i sekundarnog korijena ocijenjena je skalom 1 – 6 (Rogers i sur., 1975.).

### **b) Određivanje postotka polegnutih biljaka**

Biljke kukuruza smatraju se polegnutima (simptom »gušćjeg vrata«) ako je utvrđeno da je kut između stabljike i tla manji od 45° (Džoić, 2009.).

Pregled biljaka razdvojen je na dva dijela: sjeverni i južni dio parcele, a u svakom dijelu pregledano je 25 uzastopnih biljaka u redu u četiri ponavljanja (ukupno 100 biljaka).

### **c) Utvrđivanje brojnosti imaga**

Monitoring imaga trajao je od polovice lipnja do prve dekade rujna 2018. Imaga su prebrojavana svakih tjedan dana na žutim ljepljivim pločama koje su postavljene u visini klipa na četiri mjesta na parceli. Zasebno su evidentirane muške i ženske jedinice.

## **Rezultati i rasprava**

U tablicama su prikazani rezultati ocjene oštećenja, veličine i sekundarnog porasta korijena te % polegnutih biljaka i brojnost imaga po mamcu i danu.

Ocjena oštećenosti korijena, veličine korijena i veličine sekundarnog korijena prikazana je u Tablici 1. Utvrđeno je značajno oštećenje korijena (2,20) uslijed ishrane ličinki kukuruzne zlatice. Smatra se da oštećenja iznad ocjene 0,50 prema INIS-u može uzrokovati smanjenje prinosa (Nowatzki, 2001.).

Tablica 1. Prosječne ocjene oštećenosti korijena, veličine korijena i sekundarnog korijena

Ponavljjanje	Ocjena oštećenosti korijena Iowa Node Injury Scale 0 – 3	Ocjena veličine korijena, skala 1 – 6	Ocjena veličine sekundarnog korijena, skala 1 – 6
1.	1,95	2,60	3,40
2.	2,05	3,40	2,40
3.	2,20	3,80	3,80
4.	2,60	5,00	5,00
prosjek	2,20	3,70	3,65

Veličina korijena kukuruza ocijenjena je prosječno 3,7. Turpin i sur. (1972.) utvrdili su linearno smanjenje prinosa ukoliko ocjena veličine korijena prelazi 2,5, a svako povećanje za jednu ocjenu iznad 2,5 smanjuje prinos za 680 kg/ha. Dobrinčić (2001.) navodi kako se smanjenje prinosa može očekivati kod ocjene 2,25. Veličina sekundarnog korijena ocijenjena je prosječnom ocjenom 3,65. Ocijenjene veličine korijena i veličine sekundarnog korijena ukazuju na nisku tolerantnost hibrida i slabu mogućnost regeneracije korijena uslijed napada kukuruzne zlatice.

Prosječan postotak polegnutih biljaka iznosio je 10 % (Tablica 2.). Veći postotak polegnutih biljaka utvrđen je na sjevernom dijelu parcele (17 %), dok je na južnom dijelu znatno manji (3 %). Neravnomjerna pojava štetnika u polju čest je slučaj kod različitih vrsta kukaca, a utjecaj na distribuciju štetnika u polju imaju agroklimatski uvjeti, interakcija s drugim organizmima u polju, usjev na susjednom polju, neravnomjerna raspodjela pesticida na polju i dr.

Tablica 2. Postotak polegnutih biljaka

Broj ponavljanja	Pregled biljaka na sjevernoj strani parcele				Pregled biljaka na južnoj strani parcele				Prosječni Postotak
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	
Postotak polegnutih biljaka	16	48	4	0	4	0	0	8	10

Pojava prvih imaga utvrđena je u periodu od 20. do 25. lipnja 2018. Najviši broj imaga uhvaćen je u prvom tjednu srpnja (78 imaga/mamcu). Posljednji imago uhvaćen je 4. rujna. Prisutnost mužjaka i ženki bila je u omjeru 45 : 55 u korist ženki.

Početak leta imaga očekuje se najčešće krajem lipnja ili početkom srpnja. Maksimalan let imaga najčešće se događa u drugoj i trećoj dekadi srpnja ili prvoj dekadi kolovoza (Borić i sur., 2015.) dok let može trajati do kraja rujna (Igrc Barčić i Maceljski, 1997.).

Sve su češće toplije godine s većim prosječnim temperaturama od višegodišnjeg prosjeka. Na području Gorjana srednje maksimalne temperature od svibnja do kolovoza 2018. bile su za 4,45 °C više od povijesnog prosjeka ([www.accuweather.com](http://www.accuweather.com)), što je utjecalo na raniju pojavu imaga. Nešto više temperature zabilježene u kolovozu imale su negativan utjecaj na preživljavanje imaga što može biti jedan od razloga kraćeg leta. Utjecaj na kraći let imaga ima i raniji hibrid kukuruza (OSSK 298 P, FAO grupa 200) jer već oko 1. kolovoza nije bilo svile, a do 1. rujna sav list bio je suh.

U periodu monitoringa ukupno je uhvaćen 841 imago na 4 mamca, što prosječno po danu i mamcu iznosi 3,34 imaga. Istraživanja u SAD-u pokazala su da, ako se po danu i mamcu (žute ploče) utvrdi više od 5 (Ivezić, 2006.) odnosno 6 imaga (Hein i Tollefson, 1985.), tada promatra-



nu parcelu treba isključiti iz ponovljene sjetve ili je kod sjetve potrebno primijeniti insekticide. Ranijim istraživanjima je utvrđeno da je optimalno provoditi plodored u kojem se kukuruz tek u 4. godini sije na istoj parceli (Ivezić i sur., 2006).

## Zaključak

Monitoring kukuruzne zlatice (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) u Gorjanima potvrdio je njenu pojavu kod ponovljene sjetve kukuruza. Let kukuruzne zlatice započeo je polovicom lipnja i trajao do 4. rujna, nešto kraće nego što je to uobičajeno. Maksimalan broj imaga prisutan je u prvoj dekadi srpnja. Prosječno je po danu i mamcu ulovljeno 3,34 imaga. Na pojavu i brojnost imaga utjecaj su imale povoljne dnevne temperature te raniji hibrid kukuruza (kraća vegetacija). Utvrđena brojnost imaga nije kritična za ponovljenu sjetvu u idućoj godini, ali ako do nje dođe, poželjno je sijati sjeme zaštićeno insekticidima. Utvrđena je značajna oštećenost korijena od strane ličinki, pri čemu je oko 10 % biljaka pokazivalo karakterističan simptom »gušćjeg vrata«. Ocjena oštećenosti korijena pokazuje kako je moguće očekivati gubitke u prinosu, a zasijani hibrid kukuruza pokazuje nisku tolerantnost na kukuruznu zlaticu (ocjena veličine korijena 3,34) i slabu mogućnost regeneracije korijena (ocjena sekundarnog korijena 3,65). Preporučuje se uvođenje žitarica i industrijskog bilja u plodored s kukuruzom, čime se sprječava pojava kukuruzne zlatice, a time i moguće oštećenje kukuruza.

## Literatura

1. Borić, M., Raspudić, E., Brmež, M., Vrandečić, K., Ivezić, M., Brkić, A., Majić, I., Sarajlić, A. (2015): Let kukuruzne zlatice (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) na području Osijeka od 1996. do 2013. godine. Proceedings & abstracts 8<sup>th</sup> international scientific/professional conference Agriculture in nature and environment protection. Vukovar 1<sup>st</sup> – 3<sup>rd</sup> June 2015.: 181-185.
2. Bača, F. (1993): New member of the harmful entomofauna of Yugoslavia *D. virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae) IWGO, Newsletter, 12 (1-2), 21.
3. Bača, F. (1994): Novi član štetne entomofaune u Jugoslaviji *D. virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). Zaštita bilja, 45 (2), 125-131.
4. Dobrinčić, R. (2001): Istraživanje biologije i ekologije *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte novog člana entomofaune Hrvatske. Doktorska dizertacija. Agronomski fakultet Zagreb: 222.
5. Džoić, D. (2009): Prognoza pojave kukuruzne zlatice (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) na području istočne Slavonije. Doktorska dizertacija. Poljoprivredni fakultet u Osijeku: 1-94.
6. Džoić, D., Ivezić, M., Raspudić, E., Brmež, M. (2003): Control of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in corn production of Eastern Croatia. Poljoprivreda, 9 (2), 25-32.
7. Hein, G. L., Tollefson, J. J. (1985): Use of the Pherocon AM trap as a scouting tool for predicting damage by corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larvae. Journal of Economic Entomology, 78, 200-203.
8. Igrc Barčić, J., Maceljki, M. (1997): Kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte – Col.: Chrysomelidae) – novi štetnik u hrvatskom podunavlju. Agronomski glasnik, 59 (5-6), 429-443.
9. Ivezić, M., Tollefson, J.J., Raspudić, E., Brkić, I., Brmež, M., Hibbard, B.E. (2006): Evaluation of corn hybrids for tolerance to corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) larval feeding. Cereal Research Communications, 34 (2-3), 1101-1107.
10. Ivezić, M., Majić, I., Raspudić, E., Brmež, M., Prakatur, B. (2006): Značaj kukuruzne zlatice u ponovljenom uzgoju kukuruza. Poljoprivreda, 12 (1), 35-40.
11. Lemić, D., Bažok, R. (2009): Procjena rizika od kukuruzne zlatice *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte na području Moslavine. Agronomski glasnik, 71 (5-6), 337-346.

12. Lombaert, E., Ciosi, M., Miller, N.J., Sappington, T.W., Blin, A., Guillemaud, T. (2017): Colonization history of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*) in North America: insights from random forest ABC using microsatellite data. *Biological Invasions*, 20 (3), 665-677.
13. Nowatzki, T.M. (2001): Improvements in management of corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). Ph. D. Thesis. Iowa State University, Ames, Iowa: 118.
14. Oleson, D.J., Tollefson, J.J. (2000): A new Iowa Scale rating corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) larval injury. 5<sup>th</sup> FAO/TCT Meeting, 6<sup>th</sup> EPPO ad hoc Panel, 7<sup>th</sup> International IWGO – Workshop. Stuttgart 16/17: 9.
15. Rogers, R. R., Owens, J. C., Tollefson, J. J., Witkowski, J. F. (1975): Evaluation of commercial corn hybrids for tolerance to corn rootworms. *Environmental Entomology*, 4, 920-922.
16. Spencer, J. L., Hibbard, B. E., Moeser, J., Onstad, D. W. (2009): Behaviour and ecology of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *Agricultural and Forest Entomology*, 11, 9-27.
17. Turpin, F.T., Dumenil, L.C., Peters, D.C. (1972): Edaphic and agronomic characters that affect potential for rootworm damage to corn in Iowa. *Journal of Economic Entomology*, 65, 1615-1619.
18. Zrakić, M., Hadelan, L., Prišenk, J., Levak, V., Grgić, I. (2017): Tendencije proizvodnje kukuruza u svijetu, Hrvatskoj i Sloveniji. *Glasnik zaštite bilja*, 40 (6), 78-85.
19. AccuWeather: Hrvatska vrijeme.
20. <https://www.accuweather.com/hr/hr/gorjani/114277/month/114277?monyr=5/01/2020> 04.06.2019.

## Influence of crop rotation on appearance of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte)

### Abstract

The western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) is one of the most important corn pests in Croatia and the world. The larva damages the root of corn and causes lodging of plants, while imago damages silk and leaf. One of the most important preventive measures is crop rotation. The monitoring of corn rootworm in repeated corn sowing in Gorjani, at family farm Josip Lović in 2018, included the number of imago, evaluation of root damage, evaluation of root size and secondary root rate increase and determination of plant lodging percentage. Significant root damage (mark 2.20), high percentage of plant lodging (10%), poor root development (mark 3.7), poor secondary root regrowth (mark 3.65) and high pest population (3.34 imago per day and trap) were determined. The study confirmed that western corn rootworm is still a dangerous pest that should be monitored every year and repeated sowing of corn should be avoided.

**Key words:** corn, monitoring, western corn rootworm, root damage, plant lodging

## Morphological and productive characteristics of durum wheat in organic farming

Željko Dolijanović<sup>1</sup>, Dušan Kovačević<sup>1</sup>, Snežana Oljača<sup>1</sup>,  
Srđan Šeremešić<sup>2</sup>, Zoran Jovović<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Belgrade-Zemun, Serbia (dolijan@agrif.bg.ac.rs)

<sup>2</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad, Serbia

<sup>3</sup>University of Montenegro, Biotechnical faculty, Mihajla Lalića 1, Podgorica, Montenegro

### Abstract

Durum wheat (*Triticum durum* or *Triticum turgidum* subsp. *durum*) has been increasingly used as an alternative type of cereal in recent years. The main advantage of introducing durum wheat is its richness in carbohydrates, proteins, and vitamins B and E and low gluten content. Therefore, these food products are usually classified as functional food. The aim of this paper is to examine morphological and productive characteristics, as well as the relationship and dependence between the studied characteristics, of the winter genotype of durum wheat (cv. Dolap) cultivated in an organic farming system. The aforementioned characteristics were examined with regard to the weather conditions during two vegetation seasons (2009/10-2010/11) and with regard to fertilization. The impact of fertilization was monitored in the following treatments: T<sub>1</sub> – application of biofertilizer in topdressing (5.0 l ha<sup>-1</sup>); T<sub>2</sub> – fertilization using biohumus (3.0 t ha<sup>-1</sup>) and biofertilizer in topdressing (5.0 l ha<sup>-1</sup>); T<sub>0</sub> – control – without the use of fertilizer and biofertilizer. The experiment was carried out in a randomized block design with four replications on the soil type of eutric cambisol. The results showed that the year, i.e., meteorological factors during the vegetation season, had a very significant impact on all the investigated parameters. Fertilization had a significant impact on the number of fertile spikelets and grain yield. The combined application of organic and microbiological fertilizer, especially in the second year, resulted in the highest value of all morphological, productive traits (except harvest index) and grain yield of durum wheat.

**Key words:** durum wheat, fertilization, fertilizers, organic agriculture

### Introduction

Durum wheat, also called pasta wheat or macaroni wheat (*Triticum durum* or *Triticum turgidum* ssp. *durum*), is a tetraploid species of wheat. It is the second most cultivated species of wheat after common wheat, although it represents only 5% to 8% of global wheat production. The largest areas under organic cereals are found in Europe, i.e., European countries such as Germany, Italy and Spain. When it comes to growing cereals based on the principles of organic farming in the Republic of Serbia, according to 2017 data, these crops cover 13.5% of organic land, which is very modest compared to the potentials available to us.

The average yields of durum wheat globally are  $2.2 \text{ t ha}^{-1}$  of dry grain, which is about 30% less than the average yields of common wheat (Ercoli et al., 2011). In organic farming, durum wheat yields may also be 21% lower ( $2.5 \text{ t ha}^{-1}$ ) compared to conventional production (Fagnano et al., 2012). However, in the studies of Pampana et al. (2016) some varieties of durum wheat showed good yield in the organic cultivation system when applied appropriate cultural practices. Durum wheat is mainly used for making pasta, bites, nudles, as well as specialty breads (Rao et al., 2010). The favourable content of important microelements has increased interest in the use of whole wheat products (Ficco et al., 2009), as well as unique food products such as bulgur, couscous and the like.

Examining the yield components of three subspecies of wheat (*Triticum monococcum* L., *Triticum dicoccum* Schubler and *Triticum spelta* L.) compared with durum wheat (*Triticum durum* Desf. Cv. Trinakria), Codianni et al. (1996) reported that durum wheat yielded 16.1%, 37.6% and 69.5% higher yields than the monococcum dicoccum and spelt. As a consequence of the interaction of longer vegetation period compared to durum wheat (166 vs. 145 days), drier and warmer Mediterranean climate, the yield of husked grains of spelt was 37.6% lower than that of durum wheat (Codianni et al., 1996). Similar results, also in southern Italy, were reported by Troccoli et al. (1997).

The aim of this paper was to examine the effects of organic and microbial fertilizers and weather conditions on the morphological, productive characteristic and grain yield of durum wheat in organic wheat cultivation technology.

## Materials and methods

The investigation on the impact of different fertilization variants on morphological and productive characteristics of durum wheat in organic farming was conducted at the experimental field »Radmilovac« during two seasons (2009/10-2010/11). The applied method was a randomized block design with four replications, with the area of the elementary plot amounting to  $6 \text{ m}^2$ . The soil type was eutric cambisol, while the chemical properties were as follow: pH (in  $\text{H}_2\text{O}$ ) 8.04, the total nitrogen content was 0.13 %,  $\text{P}_2\text{O}_5$  22.18 mg  $100 \text{ g}^{-1}$  soil,  $\text{K}_2\text{O}$  19.10 mg  $100 \text{ g}^{-1}$  soil, the humus content in the ploughing layer amounted to 2.45 %.

The first factor is weather conditions, i.e., year, the second factor included in the research was fertilization, i.e., its different treatments:  $T_1$  – application of biofertilizer in topdressing ( $5.0 \text{ l ha}^{-1}$ );  $T_2$  – fertilization using biohumus ( $3.0 \text{ t ha}^{-1}$ ) and application of biofertilizer in topdressing ( $5.0 \text{ l ha}^{-1}$ );  $T_0$  – control – without the use of fertilizers and biofertilizer. Biohumus (the organic fertilizer) was ploughed down in the quantity of  $3.0 \text{ t ha}^{-1}$  with basic tillage. Biohumus is an organic fertilizer obtained by a special process from organic substances from pig and poultry farms that process flies using a special technology. It is characterized by a high pH value of 8 and an average content of: N 2.1%;  $\text{P}_2\text{O}_5$  3.6% and  $\text{K}_2\text{O}$  2.2%. For spring nutrition, a microbiological preparation – biofertilizer – was applied at the dose of  $5.0 \text{ l ha}^{-1}$  in the stem elongation phenophase. It is a natural microbial fertilizer containing two groups of bacteria, nitro-fixers and phosphominalizers, as well as some biostimulants. The essence of this preparation is that, in addition to supplying plants with nitrogen and phosphorus, it also enables the production of entomotoxins that protect plants from insects. All of these together affect the rapid growth of plants in an environmentally friendly manner.

Durum wheat of the Dolap cultivar was sown at the second ten days of October in the amount of  $550 \text{ seeds m}^{-2}$ . Nitrogen (about  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$ ), phosphorus (about  $80 \text{ kg P ha}^{-1}$ ), and potas-

sium (about 70 kg K ha<sup>-1</sup>) organic fertilizers were administered before pre-sowing ploughing. In each of the two investigation years, ten days prior to harvest 10 plants from the elementary plot were selected by random sampling in order to determine morphological and productive characteristics of the Dolap cultivar in all fertilization variants by laboratory testing. Determinations were conducted for: stem height and spike length, grain weight per spike, number of fertile spikelets, grain number per spike, harvest index and grain yield. Harvesting was conducted using a combine harvester at full crop maturity. The grain yield was calculated from the whole elementary plot. The grain moisture content of 14% was applied to calculate the yield which was expressed in kg ha<sup>-1</sup>.

The results obtained were scrutinized with the method of the analysis of variance (ANOVA), whereas significance of differences between mean values was evaluated using LSD test at the significance level of  $p=0.05$  and  $p=0.01$ .

Table 1 shows average monthly air temperatures and monthly precipitation during the investigation period and long-term period (1991-2009) obtained from the meteorological station located near the experimental field. There were variations of meteorological conditions depending on the year, particularly regarding precipitation. The average of air temperature in the vegetation season of both investigation years was similar and higher compared to the temperature in the long-term period. However, the differences between average monthly temperatures in two years are significant. In the second year, we can notice variations, especially in October and December were measured lower and November and June were measured higher temperatures than the temperatures in the same months in the first year.

Table 1. Average monthly mean air temperature (°C) and precipitation sum (mm) in Belgrade during the studied period

Years	Months										Average
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI		
<b>Average temperatures (°C)</b>											
2009/10	14.0	10.4	4.9	1.0	3.9	8.7	13.9	18.3	21.4	10.7	
2010/11	10.5	12.2	2.5	2.0	1.4	8.2	14.6	17.3	22.4	10.1	
<b>Average</b>	<b>12.3</b>	<b>11.3</b>	<b>3.7</b>	<b>1.5</b>	<b>2.6</b>	<b>8.5</b>	<b>14.2</b>	<b>17.8</b>	<b>21.9</b>	<b>10.4</b>	
<b>Average 1991/2009</b>	<b>13.4</b>	<b>7.4</b>	<b>2.4</b>	<b>1.8</b>	<b>3.8</b>	<b>7.6</b>	<b>13.2</b>	<b>18.2</b>	<b>21.6</b>	<b>9.9</b>	
<b>Precipitation (mm)</b>											
										Sum	
2009/10	101.0	62.0	122.0	89.0	111.0	46.0	41.0	85.0	180.0	837	
2010/11	49.0	45.0	61.0	40.0	53.0	26.0	11.0	63.0	40.0	446	
<b>Average</b>	<b>75.0</b>	<b>53.5</b>	<b>91.5</b>	<b>64.5</b>	<b>82.0</b>	<b>36.0</b>	<b>26.0</b>	<b>74.0</b>	<b>110.0</b>	<b>641.5</b>	
<b>Average 1991/2009</b>	<b>53.3</b>	<b>57.5</b>	<b>56.0</b>	<b>45.2</b>	<b>40.9</b>	<b>42.8</b>	<b>55.2</b>	<b>51.2</b>	<b>96.4</b>	<b>498.5</b>	

Source: RHMS of Serbia services

The amounts of precipitation in the first year were a lot higher than in the second investigation year and long-term period. However, high amount of precipitation at the time of crop maturation (May and June 2010) had an impact on getting a lower grain yield than in first year (tables 1 and 2). In 2010/11 March (26) and April (11 mm) had less precipitation than long term date, but these facts were not reflected on the quality and quantity of the yield.

## Results and Discussion

Based on the data in Table 2, we can state that in the first year of the investigation most of investigation traits and grain yield of the durum wheat had lower values. Fertilization showed complete correctness in terms of increasing the values of all tested parameters, with the change of the fertilization method, from the control variant, through the microbiological to the combined use of organic and microbiological fertilizer. Fertilization showed a statistically significant effect on the number of fertile spikelets and grain yield (Table 3). Yield studies by Vahamidis et al. (2019) show that increases in grain yield are always accompanied by an increase in grain number and, hence, further increases in yield potential may require additional improvements in grain number.

Analyzing the year/fertilization interaction (YT), it was observed that the stem height on the variants in the second year is higher compared to the first year of investigating. Also, the values of the other parameters tested, including grain yield, obtained on variants in the second year are generally higher than in the first, which is a consequence of the slower decomposition and action of the applied fertilizers in the first year. High amount of precipitation at the time of crop maturation (May and June 2010) had an impact on the slower decomposition and action of the fertilizers. The spike length in the second year (7.13 cm) is higher than in the first year of study (6.50 cm). The spike plays an important role not only as a direct carrier of yields and grains, but in large part, thanks to its large surface area, participates in photosynthesis, organic matter formation and grain filling (Đekić et al., 2012). The studies of Jablonskytė-Raščė et al. (2013) found that the application of organic fertilizer significantly affects the length and mass of common wheat spike, while the length and mass of spikelets were significantly increased by the combined application of organic fertilizer and bio-activators. The combined application of fertilizers has the best effect on the weight of the grain per spike in comparison to the stand-alone application of biofertilizers. The examined characteristics usually were not under a strong influence of the fertilization as the observed factor, because this is a variety that does not have many nutritional requirements (low input).

Table 2. Morphological and productive characteristics durum wheat in the two-year study period (2009/10-2010/11)

Year	Treatment			Average
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	
<b>Stem height (cm)</b>				
2009/10	56.77	58.63	61.11	58.84
2010/11	63.46	64.06	64.55	64.02
<b>Average</b>	<b>60.12</b>	<b>61.34</b>	<b>62.83</b>	<b>61.43</b>
Spike length (cm)				
2009/10	6.40	6.43	6.68	6.50
2010/11	7.07	7.09	7.24	7.13
<b>Average</b>	<b>6.74</b>	<b>6.76</b>	<b>6.96</b>	<b>6.82</b>
<b>Grain weight per spike (g)</b>				
2009/10	0.96	1.07	1.25	1.09
2010/11	1.61	1.81	1.90	1.78
<b>Average</b>	<b>1.28</b>	<b>1.44</b>	<b>1.57</b>	<b>1.44</b>

Year	Treatment			Average
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	
<b>Stem height (cm)</b>				
<b>Number of fertile spikelets</b>				
2009/10	16.70	17.40	18.60	17.57
2010/11	16.70	17.53	18.40	17.54
<b>Average</b>	<b>16.70</b>	<b>17.46</b>	<b>18.50</b>	<b>17.55</b>
<b>Number of grains per spike</b>				
2009/10	30.50	30.63	31.93	31.02
2010/11	36.71	38.60	42.27	39.19
<b>Average</b>	<b>33.61</b>	<b>34.61</b>	<b>37.10</b>	<b>35.11</b>
<b>Harvest index</b>				
2009/10	0.42	0.41	0.42	0.42
2010/11	0.37	0.39	0.39	0.38
<b>Average</b>	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>	<b>0.41</b>	<b>0.40</b>
<b>Yield (kg ha<sup>-1</sup>)</b>				
2009/10	1563	1835	2161	1853
2010/11	2213	2882	4321	3138
<b>Average</b>	<b>1888</b>	<b>2359</b>	<b>3241</b>	<b>2496</b>

Treatment: T<sub>0</sub> – control, T<sub>1</sub> – biofertilizer, T<sub>2</sub> – organic fertiliser + biofertilizer

In these investigations, a relatively high value of the harvest index was observed for the Dolap variety (0.40). In studies covering twelve durum wheat genotypes, Gorjanović and Kraljević-Balalić (2007) state that average values for the harvest index for durum wheat range 0.40-0.42. Depending on the genotype of durum wheat, under conventional growing conditions, the number of grains per spike varies from 35.27 to 55.53, while the weight of grains per spike varies from 1.64 g to 2.67 g (Gorjanović and Kraljević-Balalić, 2007). The number of grains per spike (35.11) and the weight of grains (1.44 g) obtained in our experiment with the Dolap variety, under rational investment conditions, are slightly lower compared to the results reported by Gorjanović and Kraljević-Balalić (2007). Yield components were differently sensitive to climatic variations between years and changed with different patterns among varieties (Ercoli et al., 2011).

Table 3. Analysis of variance of the examined characteristics

Tested parameters	2009/10-2010/11				
	p level	Y	T	Y × T	
Stem height	F test	**	ns	ns	
	LSD	0.05	3.42	4.18	5.92
		0.01	4.79	5.86	8.29
Spike length	F test	*	ns	ns	
	LSD	0.05	0.59	0.72	1.02
		0.01	0.83	1.01	1.44

Tested parameters	2009/10-2010/11				
	p level	Y	T	Y × T	
Grain weigh per spike	F test	**	ns	ns	
	LSD	0.05	0.23	0.29	0.41
		0.01	0.33	0.40	0.57
Number of fertile spikelets	F test	ns	*	ns	
	LSD	0.05	0.92	1.12	1.59
		0.01	1.29	1.58	2.23
Number of grains per spike	F test	*	ns	ns	
	LSD	0.05	5.88	7.21	10.19
		0.01	8.25	10.10	14.29
Harvest index	F test	ns	ns	ns	
	LSD	0.05	0.06	0.07	0.10
		0.01	0.08	0.10	0.14
Yield	F test	**	**	**	
	LSD	0.05	245.11	300.20	424.55
		0.01	343.63	420.86	595.19

Y – year, T – treatment, ns =  $P > 0.05$  \* =  $P < 0.05$  \*\* =  $P < 0.01$ .

The difference in grain yield between the two studied years, in relation to the fertilization method as well as the interaction of factors is statistically very significant (Tables 2 and 3). The combined application of organic and microbial fertilizers has always had a positive effect on the yield of durum wheat. Plant nutrition is an important element of organic cereal cultivation technology (Kovačević et al., 2007), as indicated by our results. In a study by Dolijanović et al. (2017), a combination of microbial and organic fertilizers was found to produce higher wheat yields. Woźniak and Soroka (2018) cited that usually, grain yield reduction is due to a decrease in the value of one or a few yield components – spike number, grain weight per spike, 1000 grain weight, and grain number per spike.

## Conclusion

The research results showed that the meteorological factors during the season had a very significant impact on the expression of the genetic potential of the Dolap cultivar, cultivated in an organic farming system. The combined application of organic fertilizer and biofertilizer had the significant impact on the grain yield. The obtained results show that plant breeding the most suitable cultivation technologies can improve both morphological and productive characteristics of the durum wheat cultivated in different meteorological conditions according to the principles of organic farming.

## Acknowledgments

Paper work is part of the project research 31066 »Modern breeding of small grains for present and future needs« financed by the Ministry of Education, Science and Technological Development Republic of Serbia



## References

1. Codianni, P., Ronga, G., Di Fonzo, N., Troccoli, A. (1996): Performance of selected strains of 'Farro' (*Triticum monococcum* L., *Triticum dicoccum* Schübler, *Triticum spelta* L.) and durum wheat (*Triticum durum* Desf. cv. 'Trinakria') in the difficult flat environment of Southern Italy. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 176, 15-21.
2. Đekić, V., Popović, V., Milivojević, J., Branković, S. (2012): Varijabilnost klasa kod kragujevačkih sorti ozimog tritikalea. *Bilten za alternat. biljne vrste*, 44 (85), 13-20.
3. Dolijanović, Ž., Kovačević, D., Oljača, S., Roljević Nikolić, S., Šeremešić, S. (2017): Effect of Fertilizers on the Yield of Alternative Small Grains, *Contemporary Agriculture*, 66 (3-4), 15-21.
4. Ercoli, L., Lulli, L., Arduini, I., Mariotti, M., Masoni, A. (2011): Durum wheat grain yield and quality as affected by S rate under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*, 35, 63–70.
5. Fagnano, M., Ritieni, A., Fiorentino, N., Ferracane, R., Grazia D'Egidio, M., Raimondi G. (2012): Durum Wheat in Conventional and Organic Farming: Yield Amount and Pasta Quality in Southern Italy, *The Scientific World Journal Volume 2012*, Article ID 973058, 9 pages.
6. Ficco, D.B.M., Riefolo, C., Nicastro, G., De Simone, V., Di Gesù, A.M., Beleggia, R., Platani, C., Cattivelli, L., De Vita, P. (2009): Phytate and mineral elements concentration in a collection of Italian durum wheat cultivars, *Field Crops Research*, 111 (3), 235–242.
7. Gorjanović, B., Kraljević-Balalić, M. (2007): Fenotipska varijabilnost genotipova durum pšenice za broj i masu zrna po klasu, *Savremena poljoprivreda*, 56 (3–4), 209–214.
8. Jablonskytė-Raščė, D., Maikštėnienė, S., Mankevičienė, A. (2013): Evaluation of productivity and quality of common wheat (*Triticum aestivum* L.) and spelt (*Triticum spelta* L.) in relation to nutrition conditions, *Zemdirbyste-Agriculture*, 100 (1), 45–56.
9. Kovačević, D., Dolijanović, Ž., Oljača, S., Milić, V. (2007): Organska proizvodnja alternativnih vrsta ozime pšenice. *Poljoprivredna tehnika*, 32 (4), 39-46.
10. Pampana, S., Masoni, A., Arduini, I. (2016): Grain Yield of Durum Wheat as Affected by Waterlogging at Tillering. *Cereal research communications*, 44, 706–716.
11. Rao, B.N., Pozniak, C.J., Hucl, P.J., Briggs, C. (2010): Baking quality of emmer-derived durum wheat breeding lines, *Journal of Cereal Science*, 51, 299–304.
12. Troccoli, A., Codianni, P., Ronga, G., Gallo, A., di Fonzo, N. (1997): Agronomical Performance Among Farro Species and Durum Wheat in a Drought-Flat Land Environment of Southern Italy, *J Agronomy & Crop Science*, 178, 211–217.
13. Vahamidis, P., Karamanos, A.J., Economou, G. (2019): Grain number determination in durum wheat as affected by drought stress: An analysis at spike and spikelet level. *Annals of Applied Biology*, 174 (2), 190-208.
14. Woźniak, A., Soroka, M. (2018): Effect of crop rotation and tillage system on the weed infestation and yield of spring wheat and on soil properties. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16, 3087-3096.

## Morfološke i proizvodne karakteristike durum pšenice u organskoj poljoprivredi

### Sažetak

Durum pšenica (*Triticum durum* ili *Triticum turgidum* subsp. durum) posljednjih se godina sve više koristi kao alternativna vrsta žitarica. Glavna je prednost uvođenja durum pšenice bogatstvo ugljikohidrata, bjelančevina, vitamina B i E te nizak sadržaj glutena. Stoga se ovi prehrambeni proizvodi obično klasificiraju kao funkcionalna hrana. Cilj je ovog rada istražiti morfološke i proizvodne karakteristike, kao i odnos i ovisnost između istraživanih karakteristika, zimskog genotipa durum pšenice (cv. Dolap) uzgajane u sustavu organskog uzgoja. Spomenute karakteristike istražene su s obzirom na vremenske uvjete tijekom dvije vegetacijske sezone (2009/10 – 2010/11) i gnojidbu. Utjecaj gnojidbe praćen je u sljedećim tretmanima: T1 – primjena biološkog gnojiva kao prihrana ( $5,0 \text{ l ha}^{-1}$ ); T2 – gnojidba biohumusom ( $3,0 \text{ t ha}^{-1}$ ) i primjena biološkog gnojiva kao prihrana ( $5,0 \text{ l ha}^{-1}$ ); T0 – kontrola – bez upotrebe gnojiva i biološkog gnojiva. Pokus je proveden kao randomizirani blok raspored s četiri ponavljanja na tlu vrste eutrični kambisol. Rezultati su pokazali da su godina, tj. meteorološki čimbenici tijekom vegetacijske sezone imali vrlo značajan utjecaj na sve istraživane parametre. Gnojidba je imala značajan utjecaj na broj fertilnih klasića i prinos zrna. Kombinirana primjena organskog i mikrobiološkog gnojiva, posebno u drugoj godini, rezultirala je najvećom vrijednošću svih morfoloških, proizvodnih svojstava (osim indeksa žetve) i prinosa zrna durum pšenice.

**Ključne riječi:** durum pšenica, gnojidba, gnojiva, organska poljoprivreda

## Inhibicija rasta *Alternaria* sp. i *Fusarium* sp. djelovanjem mliječno-kiselih bakterija

Gabriella Kanižai Šarić<sup>1</sup>, Svetlana Milijašević-Marčić<sup>2</sup>, Ivana Potočnik<sup>2</sup>,  
Elena Petrović<sup>3</sup> Ivana Majić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultet agrobiotehničkih znanosti, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,  
Vladimira Preloga 1, Osijek, Hrvatska, e-mail: gkanizai@fazos.hr

<sup>2</sup>Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, Banatska 31 b, Beograd, Srbija

<sup>3</sup>student Fakulteta agrobiotehničkih znanosti, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,  
Vladimira Preloga 1, Osijek, Hrvatska

### Sažetak

Spontane fermentacije djelovanjem mliječno kiselih bakterija koriste se od davnina u različitim prehrambenim proizvodima. Tako su i danas nezamjenjive u prehrambenoj i industriji stočne hrane. Koriste se kao probiotici te izvor vitamina i enzima. Istraživanja su utvrdila i antifungalne osobine mliječno kiselih bakterija. S obzirom na to da su gljive značajni kontaminanti poljskih usjeva i uskladištenih zrnatih proizvoda, mliječno kisele bakterije s odgovarajućim djelovanjem mogu biti potencijalan izvor njihove inhibicije. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi djelotvornost *Lactobacillus* spp. na inhibiciju rasta *Alternaria* sp. i *Fusarium* sp. na zrnu pšenice inokulacijom micelijskim diskom na sjeme tretirano mliječno kiselim bakterijama. Rezultati su utvrdili vrlo značajnu inhibiciju rasta koja se kreće u prosjeku od 82 – 94 % za obje ispitivane plijesni ( $p < 0,01$ ) i time potvrdili visoku djelotvornost ispitivanih bakterija. Buduća istraživanja trebala bi detaljnije identificirati najdjelotvornije sojeve te način njihova djelovanja i što je najbitnije utvrditi postoji li ovakva inhibicija i u realnim poljskim odnosno skladišnim uvjetima okoliša.

**Ključne riječi:** *Lactobacillus* spp, plijesni, pšenica, sjeme

## Growth inhibition of *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp. by action of lactic acid bacteria

### Abstract

Spontaneous fermentation by action of lactic acid bacteria has been used since ancient times in various food products. Even today, they are irreplaceable in the food and feed industries. They are used as probiotics and a source of vitamins and enzymes. Studies have also found antifungal properties of lactic acid bacteria. Fungi are significant contaminants of field crops and stored grain products, lactic acid bacteria with proper action can be a potential source of their inhibition. The aim of this study was to determine the efficacy of *Lactobacillus* spp. on growth inhibition of *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp. on a wheat grain by inoculation with a mycelial disk to the grains treated with lactic acid bacteria. The results found a very significant growth inhibition in average from 82-94% of both fungi ( $p < 0.01$ ) and thus confirmed the high efficiency of the tested bacteria. Future research should identify in more detail the most effective strains and their mode of action and, most importantly, determine whether such inhibition exists even in field and storage environmental conditions.

**Key words:** *Lactobacillus* sp., fungi, wheat, grains

## The effects of mulch and bio-fertilizers on soil properties in organic soybean and buckwheat production

Srdjan Šeremešić<sup>1</sup>, Maja Manojlović<sup>1</sup>, Monika Tomšik<sup>2</sup>, Nataša Vujić<sup>3</sup>,  
Boris Đurđević<sup>4</sup>, Željko Dolijanović<sup>5</sup>, Bojan Vojnov<sup>1</sup> Brankica Babec<sup>6</sup>

<sup>1</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Dositeja Obradovića 8, Novi Sad, Serbia  
srdjan.seremesic@polj.uns.ac.rs

<sup>2</sup>Greensoft Ltd., Cara Dušana 49 Novi Sad, Serbia

<sup>3</sup>Suncokret DOO, Hajdukovo, Serbia

<sup>4</sup>University of J.J. Strossmayer, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Croatia

<sup>5</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Belgrade-Zemun, Serbia

<sup>6</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, Novi Sad, Serbia

### Abstract

Buckwheat and soybean are regarded as important crops in organic production and their production could contribute to achieving farm sustainability. However, this significance derives from a preceding effect, but less research is done on these crops as major crops. The aim of this study is to examine soil properties under different mulches and bio-fertilizers in soybean NS Kaća and buckwheat Novosadska. The experiment was set up in semiarid conditions in the Center for organic production in Selenča with 3 types of mulches: wood chips, straw, living mulch as well as commercial fertilizers and soil enhancers: organic NPK fertilizer, *Ascophyllum nodosum* extract and microbiological stimulator. Mulches were helpful in maintaining the physical properties of soil, but they could not preserve the chemical properties of soil. Buckwheat manifested better chemical and physical soil properties compared to soybean. Our results showed differences regarding mulch application in terms of impact on soil, which could serve as a basis for improving the management of buckwheat and soybean under organic production systems in semiarid conditions.

**Key words:** organic agriculture, mineral nitrogen, bulk density, soil chemical properties

### Introduction

Organic farming is a way of food production that excludes the use of synthetic agrochemicals and lowers the environmental costs of agriculture, delivering numerous other benefits, especially in the spheres of natural resources management and viability of rural areas (Niggli et al., 2017). Observed in a wider sense, it is an ecological system of food production that keeps and improves biodiversity, encourages biological cycles and relies on the use of farm inputs (Šeremešić et al., 2017). Current data showed that the organic sector recorded an overall growth in the surface area, and in 2019 Serbia had 19,254 ha of certified land (MAFWM, 2020). The growing share of areas under organic agricultural system indicates that consumers show a developing interest in food production that favours nature conservation and human

health. Still, all these strengths may not be enough, because research shows that yields in organic agriculture are lower compared to conventional agriculture (Seufert et al., 2012). Therefore, yield stability and improving cropping technology are a permanent task. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) and soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) are regarded as multifunctional crops in organic agriculture and thus could be successfully alternated and combined. Buckwheat can be used as a main (cash) crop, cover crop, stubble crop or green manure, whereby challenges in production include sensitivity to weeds infestation, water shortage, uneven emergence, successive maturation and birds (Glamočlija et al., 2015). On the other hand, soybean can be used as animal feed, human food and green manure. However, the production of soybean depends on relative air humidity, slow initial growth, soil preparation, suppression from weeds and uneven ripening (Miladinović, 2012, Đorđević et al., 2013). Considering limitation and advantages, we can suppose that buckwheat and soybean can enhance organic production systems under adapted management. This is based on the fact that both crops are good preceding crops with a lower demand in nutrients, suitable for combining and mixing with other crops, with short growing period and less susceptible to infestation from diseases. Mulches are often used in organic agriculture mainly in vegetable production. Using mulch in organic production could result in reduced weed germination and suppression, enhanced crop growth and competitiveness by conserving soil moisture and modifying soil temperature, as well as nutrients provision following mineralization. Disadvantages of mulches are related to additional work and labour costs, difficulties when purchasing from organic farms, the required special measures for crop protection and complicated harvest. Combination of mulches and commercial fertilizers in buckwheat and soybean production can eliminate some disadvantages. However, research on that topic is scarce, mainly from conventional agriculture and therefore not fully relevant. Considering that, adaptation of crop management of buckwheat and soybean in organic production could enhance overall sustainability of farms and the integrity of organic production. Therefore, the aim of this study is to examine soil properties after buckwheat and soybean under different mulches and fertilizers.

## Material and method

The experiment with soybean and buckwheat was set up on certified organic land of the Center for Organic Production in Selenča as two-factorial experiments (mulching and biopreparation) in three repetitions. The following three types of mulch were used: wood chips (W) 3 kg m<sup>2</sup>; wheat straw (S) 4 kg m<sup>2</sup> and living mulch (L): *Matricaria chamomilla* for soybean and field pea for buckwheat. Commercial preparations and fertilizers were simultaneously used: Siforga (Si) – organic NPK (5:3:8) fertilizer; Wuxal Ascofol (Wa) – extract of *Ascophyllum nodosum* 2.3% N; Natur Plasma (Np) – Microbiological stimulator. The preceding crop of soybean and buckwheat was maize. The soil was ploughed in autumn and prepared for sowing on 26 April. The sowing took place on 28 April at a depth of 3 cm, with a distance of 50 x 3 cm (soybean) and 50 x 5 cm (buckwheat). Before sowing, inoculation of soybean seeds with Nitragine was performed. Sowing materials from the Institute of Field and Vegetable Crops from Novi Sad were used – soybean cultivar NS Kaća and buckwheat variety Novosadska. Irrigation was performed at the germination stage and in July. Hand harvesting was performed at full maturity of soybean (August 19) and at 80% of full maturity of seed in buckwheat. Samples were taken for each treatment and control. The arrangement of the treatment is shown in Table 1. Three composite soil samples per treatment were taken with soil auger from the topsoil layer (0-30 cm) for the chemical properties of soil. Whereas for soil bulk density, soil samples in natural, undisturbed condition were taken by Kopecky cylinders (100 cm<sup>3</sup>).

Table 1. Arrangement of application on experiment

	Siforga (Si) organic NPK (5:3:8)	Wuxal Ascofol (Wa) – Ascophyllum nodosum 2.3% N	Natur Plasma (Np) – Microbiological stimulator
Sowing	28.04.2015		
Inter-row cultivation I	18.05.2015		
Inter-row cultivation II	28.05.2015		
Mulch application		01.06.2015	01.06.2015
		11.06.2015	11.06.2015

The main climatic factors (temperature and precipitation) for the period from April to August 2015 differ from the long-term average. During the study, the highest rainfall was recorded in May (34 mm), while there was a drought in July. High temperatures and the absence of rainfall made irrigation necessary. In addition, in terms of temperature conditions, the highest average monthly temperature was recorded in August. The average mean daily temperature during the experiment was 18.8 °C, and the total precipitation for the vegetation period of these two crops was 117 mm. In a soil sampled prior to setting up the experiment the pH was moderately alkaline, with a high content of calcium carbonate. The soil is medium provided with organic matter, nitrogen and phosphorus and optimally supplied with available potassium. The obtained data were processed statistically by analysis of variance (ANOVA). For comparison of bulk density and NO<sub>3</sub>-N significant F-values ( $P < 0.05$ ) were obtained following the analysis of variance by using Fisher's LSD test.

## Results and discussion

In our study, after crop removal, the concentration of NO<sub>3</sub>-N at 0-30 cm soil depth was low (Figure 1). This could be explained by a lower amount of added nitrogen, specific crop management in organic farming, and the preceding crop maize (Šeremešić et al., 2009). The obtained values of NO<sub>3</sub>-N (4-20 kg N ha<sup>-1</sup>) correspond with findings of the study by Bogdanović et al. (2010), in which a similar level of NO<sub>3</sub>-N was observed at the unfertilized plot of the long-term experiment on Chernozem. Our results showed more NO<sub>3</sub>-N under treatments with living mulch compared to control in buckwheat, but a higher amount of NO<sub>3</sub>-N in the control plot for soybean. In average buckwheat, more NO<sub>3</sub>-N was left compared with soybean, but statistical differences were not significant at such a low NO<sub>3</sub>-N content. Wood chips showed higher reduction and decreased the NO<sub>3</sub>-N level in soil as a consequence of nitrogen depression.

Control plots were higher in BD because they were compacted and exposed to rainfall (Figure 2). Generally, the applied treatments were able to reduce BD and decrease compaction in both crops. Bulk density showed considerable variability, which was more conditioned by the humidity of the soil layer (Ćirić et al., 2014). The lowest values of BD in soybean were found on the plot with living mulch and Wuxal ascofol, probably because the green cover water uptake, also on the wheat straw + Siforga treatment, could be explained by the fact that wheat straw was decomposed during vegetation. In the average soil under buckwheat, it was statistically significantly higher ( $P < 0.05$ ) in BD compared to the soil under soybean. For buckwheat, a lower BD was observed in the treatment of woodchips and organic fertilizer Siforga. Living mulches were helpful in maintaining the water properties of the soil and weed suppression (Šeremešić et al., 2018). According to Savin et al. (2011), bulk density in organic agriculture is lower because of organic manure application.

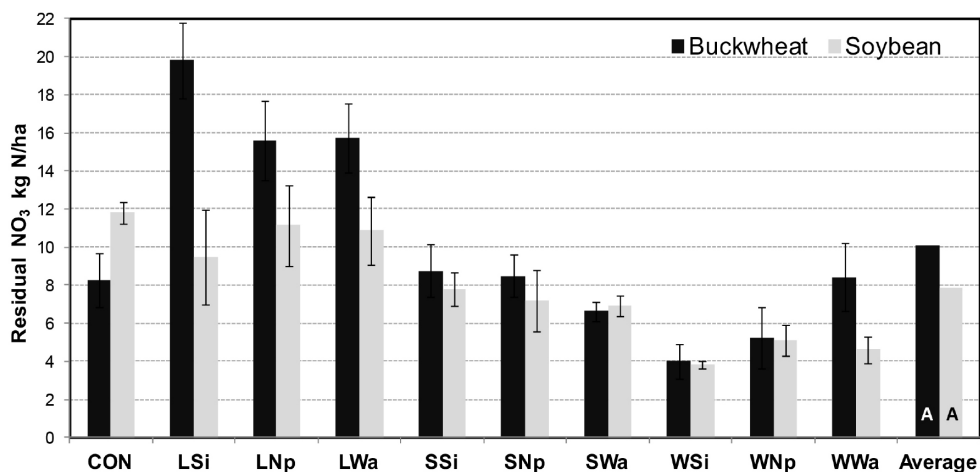


Figure 1. Residual NO<sub>3</sub> in soil (0-30cm) after buckwheat and soybean ((W) – Wood chips, (S) – Wheat straw, (L) – Living mulch, (CON) – Control, (Si) – Siforga, (Wa) – Wuxal ascofol, (Np) – Natur plasma)

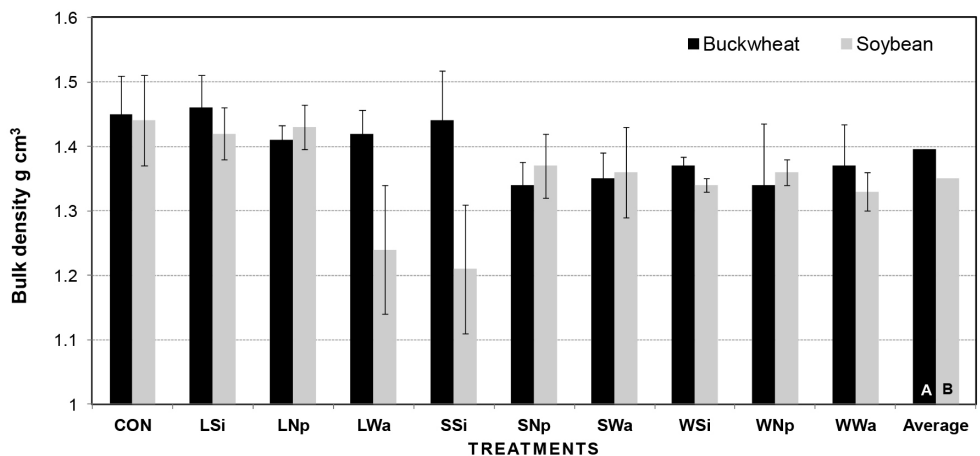


Figure 2. Soil bulk density (0-30 cm) after buckwheat and soybean (W) – Wood chips, (S) – Wheat straw, (L) – Living mulch, (CON) – Control, (Si) – Siforga, (Wa) – Wuxal ascofol, (Np) – Natur plasma)



Table 3. Soil chemical properties after soybean

Nr	Treatments	pH		CaCO <sub>3</sub> (%)	Organic matter (%)	Total N (%)	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	AL-K <sub>2</sub> O (mg/100g)
		KCl	H <sub>2</sub> O					
	Control	7.37	8.49	4.23	2.08	0.10	6.98	19.83
1.	LSi	7.40	8.42	4.23	2.24	0.11	8.20	19.91
2.	LNp	7.37	8.40	4.65	2.26	0.11	8.12	18.61
3.	LWa	7.42	8.47	5.49	2.15	0.11	8.20	17.98
4.	SSi	7.44	8.49	6.76	2.22	0.11	8.88	18.27
5.	SNP	7.47	8.47	7.61	2.26	0.11	8.87	17.89
6.	SWa	7.53	8.47	7.61	2.22	0.11	8.79	17.47
7.	WSi	7.55	8.53	9.72	2.10	0.10	7.78	15.71
8.	WNp	7.57	8.50	7.18	2.29	0.11	10.70	18.27
9.	WWa	7.55	8.49	6.76	2.15	0.11	10.0	17.89
	<b>Average*</b>	7.47	8.47	6.66	2.21	0.10	8.83	18

\*Average values for treatments

Soil analysis after soybean vegetation showed changes in chemical properties across the treatment and compared to the control. The results of agrochemical analyses indicate that the soil pH slightly increased. The CaCO<sub>3</sub> content varied widely compared to the pre-sowing value of 5.1% and increased compared to control. The soil remained poorly provided with organic matter with a noticeable increase of average value due to the addition of fresh organic matter, and as a reflection of microbial activity. The total N content was found to decrease from 0.18% at the experiment set up to 0.10%, and the readily available phosphorus content from 12.0 mg 100<sup>-1</sup>g was reduced to 8.83 mg 100<sup>-1</sup>g soil. Also, the content of available K<sub>2</sub>O decreased from 24.5 mg 100<sup>-1</sup>g to 15.71 mg 100<sup>-1</sup>g soil.

Table 4. Soil chemical properties after buckwheat

Nr	Treatments	pH		CaCO <sub>3</sub> (%)	Organic matter (%)	Total N (%)	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	AL-K <sub>2</sub> O (mg/100g)
		KCl	H <sub>2</sub> O					
	Control	7.48	8.35	2.95	2.70	0.13	10.13	23.19
1.	LSi	7.23	8.06	3.37	2.51	0.12	8.98	23.36
2.	LNp	7.10	8.04	3.79	2.50	0.12	8.54	20.79
3.	LWa	7.09	8.13	3.37	2.52	0.12	7.89	20.63
4.	SSi	7.11	8.14	3.79	2.43	0.12	8.34	21.09
5.	SNP	7.16	8.18	2.95	2.47	0.12	7.23	20.92
6.	SWa	7.16	8.21	3.37	2.43	0.12	8.54	21.09
7.	WSi	7.20	8.25	5.06	2.42	0.17	8.28	21.89
8.	WNp	7.18	8.30	3.37	2.55	0.13	9.54	21.42
9.	WWa	7.31	8.30	3.79	2.78	0.14	7.32	19.57
	<b>Average*</b>	7.17	8.17	3.65	2.51	0.12	8.29	21.19

\*Average values for treatments

In the buckwheat experiment, changes in chemical properties across the treatment differ compared with the control. The results of agrochemical analyses indicate that the soil pH slightly decreased. The average  $\text{CaCO}_3$  content was lower compared to the pre-sowing content and the control. A higher organic matter content was observed at the control compared with the combination of mulches and bio-preparation treatments. The total N content was found to decrease from 0.18% at the experiment set up to 0.12%. N concentrations in soil tend to decrease with addition of material with wider C/N ration such as straw or wood chips (Cabilovski et al., 2014). The readily available phosphorus content decreased from 12.0 mg  $100^{-1}\text{g}$  to 8.83 mg  $100^{-1}\text{g}$  soil. Likewise, the content of available  $\text{K}_2\text{O}$  decreased from 24.5 mg  $100^{-1}\text{g}$  to 21.19 mg  $100^{-1}\text{g}$  soil.

## Conclusions

Applied treatments have positively affected soil bulk density and higher values were observed after buckwheat compared to soybean. Mineral N was generally low after crop harvest and added mulch material and bio-preparation contributed to changes in  $\text{NO}_3\text{-N}$ , while living mulch in buckwheat (field pea) has most increased  $\text{NO}_3\text{-N}$ . Higher values were obtained after buckwheat compared to soybean. Soil chemical properties slightly changed. Most pronounced effects were observed for readily available P and K. Our results showed major influence on soil properties could come from mulch application, which could serve as the basis for improving the management of buckwheat and soybean growing in organic systems of the production in semiarid conditions.

## Acknowledgment

This research was carried out in cooperation with the Center for Organic Production of Selenča within the project entitled »Realization of R&D Activities from Idea to Implementation with the Purpose of Improving Organic Producer Production« which was supported by the National Regional Development Agency from 2015 to 2016.

## References

1. Bogdanović, D., Milošev, D., Šeremešić, S., Jug, I., Đalović, I. (2010): Mineral nitrogen dynamic in soil of different fertility as affected by agronomic practices. *Savremena poljoprivreda*, 59 (3-4), 278-286.
2. Cabilovski, R., Manojlović, M., Bogdanović, D., Magazin, N., Keserović, Z., Sitaula, K. (2014): Mulch type and application of manure and composts in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) production: impact on soil fertility and yield. *Zemdirbyste-Agriculture*, 101 (1), 67-74.
3. Ćirić, V., Belić, M., Ljiljana, N., Savin, L., Simikić, M., Gligorić, R., & Šeremešić, S. (2014): Uticaj organske i konvencionalne proizvodnje na stabilnost strukturalnih agregata zemljišta. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 40 (3), 191-198
4. Đorđević, V. Malidža G., Vidiš, M., Milovac, Ž., Šeremešić, S. (2013): Priručnik za gajenje soje. Danube Soya Regionalni Centar, Novi Sad, Srbija, 1-71.
5. Glamočlija, Đ., Janković, S., Popović, V., Filipović, V., Kuzevski, J., Ugrenović, V. (2015): Alternativne ratarske biljke u konvencionalnom i organskom sistemu gajenja. Monografija, Institut za primenu nauke u poljoprivredi, Beograd, Srbija, 176-185.
6. MAFWM (2020): [http://www.dnrl.minpolj.gov.rs/o\\_nama/organska/organska.html](http://www.dnrl.minpolj.gov.rs/o_nama/organska/organska.html)
7. Miladinović, J. (2012): Vodič za organsku proizvodnju soje. GlZ-Nemačka organizacija za internacionalnu saradnju GmbH; Institut za ratarstvo i povrtarstvo. Novi Sad, 1-22.
8. Niggli, U., Andres, C., Willer, H., Baker, B. P. (2017): Building a global platform for organic farming research, innovation and technology transfer. *Organic Agriculture*, 7(3), 209-224.

9. Savin, L., Simikić, M., Gligorić, R., Belić, M., Nešić, L., Ćirić, V., Tomić, M., Dedović, N. (2011): Stanje sabijenosti zemljišta u organskoj poljoprivredi. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 37(4), 335-344.
10. Šeremešić, S., Bogdanović, D., Milošev, D., Marinković, B., Latković, D., Jaćimović, G. (2009): Distribucija i dinamika NO<sub>3</sub>-N u sistemu ratarenja kukuruz-pšenica. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta*, 33 (1), 69-76.
11. Šeremešić, S., Manojlović, M., Tomšik, M., Vujić, N., Jaćimović, G., Vojnov, B. (2018): Linking mulch application and fertilization with organic soybean and buckwheat production. 6th International Conference on Organic Agriculture Sciences ICOAS. 7-9 November. Eisenstadt, Austria. 44
12. Šeremešić, S., Vojnov, B., Manojlović, M., Milošev, D., Ugrenović, V., Filipović, V., Babec, B. (2017): Organska poljoprivreda u službi biodiverziteta i zdravlja. *Letopis naučnih radova. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad*. 41 (2), 51-60.
13. Seufert, V., Ramankutty, N., Foley, J. A. (2012): Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485 (7397), 229-232.

## Utjecaj malča i bioloških gnojiva na svojstva tla u organskoj proizvodnji soje i heljde

### Sažetak

Heljda i soja smatraju se važnim kulturama u organskoj proizvodnji i njihova proizvodnja mogla bi pridonijeti postizanju održivosti poljoprivrednih gospodarstava. Međutim, ovaj značaj proizlazi iz prethodnog učinka, ali manje je istraživanja provedeno na ovim usjevima kao glavnim usjevima. Cilj istraživanja bio je ispitati svojstva tla pod različitim malčevima i biološkim gnojivima u soji NS Kaća i heljdi Novosadska. Pokus je postavljen u semiaridnim uvjetima u Centru za organsku proizvodnju u Selenči s tri vrste malča: drvnom sječkom, slamom, živim malčem, kao s i komercijalnim gnojivima i ojačivačima tla: organskim NPK gnojivom, ekstraktom *Ascophyllum nodosum* i mikrobiološkim stimulatorom. Malčevi su bili korisni u održavanju fizikalnih svojstava tla, ali nisu mogli sačuvati kemijska svojstva tla. Heljda se očitovala boljim kemijskim i fizikalnim svojstvima tla u odnosu na soju. Naši rezultati pokazali su razlike u primjeni malča u smislu utjecaja na tlo, što bi moglo poslužiti kao osnova za poboljšanje gospodarenja heljdom i sojom u sustavima organske proizvodnje u semiaridnim uvjetima.

**Ključne riječi:** organska poljoprivreda, mineralni dušik, volumna gustoća, kemijska svojstva tla

## Usporedba različitih metoda ulova kukaca vektora bakterije *Xylella fastidiosa* u maslinicima

Ivana Jakovljević<sup>1</sup>, Ivana Majić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Centar za zaštitu bilja,  
Kralja Zvonimira 14 a, 21 210 Solin, Hrvatska, e-mail: ivana.jakovljevic@hapih.hr

<sup>2</sup>Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,  
Vladimira preloga 1, 31 000 Osijek, Hrvatska

### Sažetak

*Xylella fastidiosa* je bakterija koja je uzročnik pojave brzog sušenja masline. Primarno se širi kukcima vektorima iz podreda Cicadomorpha ili zaraženim sadnim materijalom. Cilj je rada utvrditi brojnost populacija kukaca potencijalnih vektora *X. fastidiosa* u maslinicima. Tijekom 2015. i 2016. godine prikupljeni su kukci potencijalni vektori iz podreda Cicadomorpha, pripadnici četiri porodice: Cicadidae, Cercopidae, Aphrophoridae i Cicadellidae. Korištene su dvije metode ulova kukaca vektora: pomoću entomoloških mreža i aspiratora, te druga metoda uporabom žutih ljepljivih ploča postavljenih u maslinicima na šest lokacija. Ulov kukaca proveden je u maslinicima obalnog pojasa i zaleđa sjevernog, srednjeg i južnog dijela hrvatske obale u razdoblju od svibnja do prosinca svake godine. Tijekom 2015. godine, korištenjem entomološke mreže i aspiratora prikupljeno je ukupno 188 jedinki kukaca vektora, a žutim ljepljivim pločama ukupno 144 jedinke. U 2016. godini prikupljeno je ukupno 365 potencijalnih vektora pomoću entomološke mreže i aspiratora te ukupno 252 vektora pomoću žutih ljepljivih ploča. Pomoću entomološke mreže i aspiratora, tijekom 2015. godine utvrđeno je 23 % više jedinki kukaca vektora u odnosu na ulov na žutim ljepljivim pločama. Tijekom 2016. godine 30 % više kukaca vektora ulovljeno je pomoću entomološke mreže i aspiratora u odnosu na ulov na žutim ljepljivim pločama. Masovniji ulov vektora *X. fastidiosa* pomoću entomološke mreže i aspiratora tijekom obje godine istraživanja ukazuje na veći značaj korištenja entomološke mreže i aspiratora u odnosu na žute ljepljive ploče za praćenje populacije Cicadomorpha. Žute ljepljive ploče praktičnije su za primjenu, a pokazale su se pouzdanom metodom za utvrđivanje prisutnosti ovih štetnika. Preporuka je kombinirati navedene dvije metode praćenja populacije kukaca vektora *X. fastidiosa*. Daljnja faunistička istraživanja podreda Cicadomorpha u bioce-nozi masline nužna su jer dosadašnja istraživanja nisu bila intenzivna, budući da se nije radilo o štetnicima koji su pravili značajne štete na gospodarski važnim kulturama. Pojavom bakterije *X. fastidiosa* potrebno je redovito provoditi prikupljanje kukaca vektora podreda Cicadomorpha čime dobivamo važne informacije o njihovoj prisutnosti, pojavnosti i rasprostranjenosti u maslinicima u Hrvatskoj kako bi se na vrijeme prevenirale moguće štete.

**Ključne riječi:** Cicadomorpha, *Xylella fastidiosa*, entomološka mreža, aspirator, žuta ljepljiva ploča

## Comparison of different methods for collecting insect vectors of the *Xylella fastidiosa* bacterium in olive orchards

### Abstract

*Xylella fastidiosa* is a bacterium which causes rapid drying of olive trees known as olive quick decline syndrome. It is spread primarily by insect vectors from the Cicadomorpha subfamily or infected plant material. The aim of this study is to determine the populations of potential insect vectors of *X. fastidiosa* in olive orchards. The collection of potential insect vectors from the Cicadomorpha subfamily belonging to four families: Cicadidae, Cercopidae, Aphrophoridae, and Cicadellidae was conducted during 2015 and 2016. Two collection methods of insect vectors were used: entomological nets and aspirators, and the second method using yellow sticky traps that were installed in olive orchards at six locations. It was carried out in olive groves of the coastal zone and hinterland of the northern, middle and southern part of the Croatian coast in the period from May to December. During 2015, a total of 188 insect vectors were collected using entomological nets and aspirators, and a total of 144 insect vectors were collected on yellow sticky traps. In 2016, a total of 365 insect vectors were collected using entomological nets and aspirators and a total of 252 insect vectors on yellow sticky traps. In 2015, 23% more insect vectors were collected using entomological nets and aspirators, compared to the collection of vectors on yellow sticky traps. In 2016, the use of entomological nets and aspirators was 30% more efficient in collecting a higher number of insect vectors compared to yellow sticky traps. The greater number of insects collected by entomological nets and aspirators than with yellow sticky traps indicates the importance of this method in monitoring of Cicadomorpha. Yellow sticky traps are more practical for usage, they also proved to be efficient for the detection of insect vectors of *X. fastidiosa*, therefore a combination of these two sampling methods is recommended. Further faunistic investigations of the Cicadomorpha in olive biocenosis have to be carried out, since previous research has not been intensive because these were not pests that caused significant damage to economically important crops. It is necessary to regularly monitor the appearance of the *X. fastidiosa* bacterium by collecting insect vectors to obtain important information on the presence, occurrence and distribution of these insects in olive orchards in Croatia in order to prevent possible further damages.

**Key words:** Cicadomorpha, *Xylella fastidiosa*, entomological nets, aspirator, yellow sticky trap

## Weeds in sugar beet crops and possibilities of control

Sanda Rašić<sup>1</sup>, Jurica Jović<sup>1</sup>, Josipa Šošić<sup>2</sup>, Suzana Kristek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Sveučilište Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: srasic@fazos.hr*

<sup>2</sup>*Student at the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek*

### Summary

Sugar beet is a weak competitor against weeds. Weeds that emerge with sugar beet cause significant yield loss. They cause direct damage which can be quantitative (root yield) and qualitative (sugar content). Direct damage occurs due to the competitive relationship between weed and sugar beet for limited resources (water, nutrients, light, space). Indirect damage is the result of complicated tillage, crop care and mechanized removal of sugar beet roots. Another important indirect damage is the increasing amount of weed seeds in the upper soil layer. Therefore, it is important to implement proper preventive and curative measures that will prevent the spread of vegetative and generative organs of weeds. Integrated weed management gives priority to rational usage of herbicides based on the critical period of weed competition.

**Key words:** weeds, sugar beet, weed control

### Introduction

Sugar beet is an important crop in Croatia, which is grown on 20,000-25,000 ha (Bažok et al., 2015). Sugar beet is grown in the eastern and north-western part of Croatia and it is one of the most profitable agricultural crops in the country. Weed control is mandatory, because sugar beet is not a very competitive crop. Uncontrolled weeds can reduce sugar beet yield (Konstantinović et al., 2010). Weed populations in fields depend on the season and location. Weed management program is determined by several factors: location, weed spectrum, equipment for herbicides application and cost of field workers for weeding.

Weeds compete with the sugar beet crop for water, nutrients and light. Most weeds take nutrients and water better than crops. Moisture and light have a significant impact on the sugar beet crop in the growing season (Jursik et al., 2008). Annual broad-leaved species of weeds are the most competitive. Those weeds emerge with or shortly after the crop, grow taller, and produce bigger shade. If the density of weeds increases, light becomes more limited for sugar beet, which may result in a decrease of root yield. Yield losses are small only if a few weeds are present, but a large weed density can cause complete crop failure. Yield loss depends on the composition of weed flora (Zoschke and Quadranti, 2002). May (2001) and Schweizer and Dexter (1987) reported that total potential losses due to weeds are between 26-100% of potential sugar beet yield. Rational measures to combat weeds imply knowledge of the floristic com-

position (Rašić et al., 2016). Critical period for weed control is one of the key components of proper integrated weed management (Knežević et al., 2002, Štefanić et al., 2015). Application of herbicide before and after this period is not in harmony with the principles of integrated weed managements. For economic and environmental reasons, it is important to rationalize the use of herbicide, i.e., lower dosage without diminishing their biological effect (Tičinović et al., 2007). The main factor that can affect the dose of herbicides is the composition of weed flora (Kudsk, 2008).

### Important weed species in sugar beet

The knowledge of weed flora is important for weed control. Competitive ability of weeds means better adaptation to unfavourable living conditions (Rašić et al., 2015). About 250 plant species in the world are important weeds in sugar beet crop and about 60 of these are found in the main sugar beet production regions (Cioni and Maines, 2011). Around 70% of weeds found in sugar beet crops are broad-leaved species and 30% belong to grass species. Only ten species are important weeds in any farms (May and Wilson, 2006). Dominant weeds in sugar beet crop in Croatia are as follows: *Chenopodium album* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Polygonum persicaria* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., *Abutilon theophrasti* Medik. and *Ambrosia artemisiifolia* L. Apart from them there are also *Chenopodium polyspermum* L., *Xanthium strumarium* L., *Convolvulus arvensis* L., *Datura stramonium* L. and *Solanum nigrum* L. According to Kristek et al. (2004), the prevailing weeds in the eastern part of Croatia were as follows: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Polygonum persicaria* L., *Amaranthus retroflexus* L., and *Echinochloa crus-galli* L.

*Chenopodium album* L. is most common weed in crops and belongs in the same family as sugar beet. The most important broad-leaved and grass species of weeds in sugar beet are listed in Table 1. (May and Wilson, 2006).

Table 1. Some of the most important weeds in sugar beet crops

Scientific name	Common name
<b>Broad-leaved species</b>	
<i>Chenopodium album</i> L.	Fat-hen, white goosefoot
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Common amaranth, redroot pigweed
<i>Matricaria camomilla</i> L.	Common chamomile
<i>Polygonum spp.</i>	Smartweeds, polygonum
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Common chickweed
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Common ragweed
<i>Abutilon theophrasti</i> Med.	Velvetleaf
<i>Solanum nigrum</i> L.	Black nightshade
<i>Datura stramonium</i> L.	Jimsonweed, thorn-apple
<b>Grass species</b>	
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) PB.	Barnyard grass
<i>Poa annua</i> L.	Annual meadow-grass
<i>Setaria spp.</i>	Foxtail, bristle grass
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Johnsongrass
<i>Agropyron repens</i> (L.) PB.	Common couch

The composition of weed spectra is influenced by several factors and the most important are as follows: sowing period, crop rotation, and tillage methods. If sowing in sugar beet crops happens earlier, weed with low growth occurs, such as: *Lamium purpureum* L., *Sinapis arvensis* L., *Polygonum persicaria* L., *Matricaria chamomila* L., *Stachys annua* L., *Veronica persica* Poir. and *Anagallis arvensis* L. The influence of these weeds on the yield is minor. In the later sowing, dominant weeds have a high growth that significantly affects yield. Those weeds are: *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli*, *Datura stramonium*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Solanum nigrum*, *Abutilon theophrasti*, *Xanthium strumarium* and *Setaria* sp.

Weed species have different seed production and seed size. Most weeds have small seeds which germinate from a shallow layer of soil, and this makes it difficult to control (Šćepanović, 2011).

Except from annual weeds, there are perennial weeds in sugar beet crop, too. Most common perennial broad-leaves weeds are *Cirsium arvense* L. and *Calystegia sepium* L. Perennial grass weeds are *Sorghum halepense* L., and *Agropyron repens* (L.) Beauv.

## Weed control

Sugar beet growth requires many months and therefore weed control in early season may not last until harvest. Weed control is a crucial and very difficult agricultural measure in sugar beet production because of the slow early growth of sugar beet. Weed management should be based on early control of weeds which lasts until row closure.

Mechanical control eliminates weeds by weeding entire plants. Hand hoeing is common in many European countries in smaller estates with low weed infestations. Field experiments at Iranian Plant Protection Research farm in Karaj (Zargar et al., 2011) indicate that the best time of mechanical weed control is at sugar beet 4-6 leaves stage. Soil cultivation is an important non-chemical weed control measure. The influence of different tillage systems (traditional tillage, minimum tillage, direct drilling) in previous crop on weed species in sugar beet are shown in the research of Cioni et al. (1998) in Mediterranean regions. The same authors state that minimum tillage could mean an increase in perennials, grass species, and Asteraceae species as well. Minimum tillage means that most of weed seeds stay on soil surface, which is suitable for weeds with smaller seeds. At the traditional tillage dominant weeds with large seeds (Bollman and Sprague, 2009).

Herbicides are a very important tool for weeds control (Deveikyte and Seibutis, 2006) and significantly affect weed spectrum (Winkler and Bilkova, 2016). Timing of application is important for successful weed control, sugar beet yield, and quality. Herbicides can be used in sugar beet production pre-sowing, pre-emergence (Cioni and Maines, 2011), and post-emergence. To maximize weed control, it is necessary to apply herbicides when weeds are at the cotyledon or first true leaf stage. Using herbicides in this crop usually decreases the root yield. Changed herbicide formulation are used to decrease human and environmental toxicity. The research in the Czech Republic showed that in crops treated with herbicides, the dominant weed species is *Chenopodium album* (Winkler and Bilkova, 2016), and in untreated crops it is *Tripleurospermum inodorum*. Crop rotation influences weed spectrum and intensity of weed infestation of sugar beet crops (Winkler et al., 2015, Dotzenko et al., 1969). Several herbicides are registered in Croatia for weed control in sugar beet (Glasilo, 2020). More herbicides must be combined to obtain adequate broad spectrum of weed control.



## Conclusion

Weeds cause significant losses in sugar beet crops. The composition of sugar beet weed flora may be influenced by sowing date, tillage and other agricultural operations. Broad-leaved weeds are most common, such as *Chenopodium album*. *Echinochloa crus-galli* is the most common grass weed in sugar beet crops. Broad-leaved weeds are more competitive than grass weeds. Weed management requires a combination of measures including crop rotation, land preparation, mechanical and chemical control. Integrated weed management means herbicide is used only when necessary. It is essential to limit environment pollution by reduced use of herbicides.

## Reference

1. Bažok, R., Barić, B., Čačija, M., Drmić, Z., Đermić, E., Gotlin Čuljak, T., Grubišić, D., Ivić, D., Kos, T., Kristek, A., Kristek, S., Lemić, D., Šćepanović, M., Vončina, D. (2015): Šećerna repa. Zaštita od štetnih organizama u sustavu integrirane biljne proizvodnje. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
2. Bollman, S.L., Sprague, C.L. (2009): Effect of tillage and soil-applied herbicides with micro-rate herbicide programs on weed control and sugar beet growth. *Weed Technology*, 23, 264-269.
3. Cioni, F., Guizelis, A., Meriggi, P., Vicari, A., Villarias, J.L. (1998): Role de la betterave a sucre dans les strategies de controle des mauvaises herbes dans les assolements des regions de la mediterranee. In: Proceedings of the 61 IIRB Congres, Brussels.
4. Cioni, F., Maines, G. (2011): Weed control in sugar beet. *Sugar Tech*. DOI 10.1007/s12355-010-0036-2
5. Deveikyte, I., Seibutis, V. (2006): Broadleaf weeds and sugar beet response to phenmedipham, desmedipham, ethofumesate and triflurosulfuron-methyl. *Agronomy Research*, 4, 159-162.
6. Dotzenko, A.D., Ozkan, M., Storer, K.R. (1969): Influence of crop sequence, nitrogen fertilizer and herbicide on weed seed populations in sugar beet fields. *Agronomy Journal*, 61, 34-37.
7. Glasilo biljne zaštite, 2020.
8. Jursik, M., Holec, J., Soukup, J., Venclova, V. (2008): Competitive relationship between sugar beet and weeds in dependence on time of weed control. *Plant, soil and Environment*, 54 (3), 108-116.
9. Knežević, S.Z., Evans, S.P., Blankenship, E.E., Van Acker, R.C., Lindquist, J.L. (2002): Critical period for weed control: the concept and data analysis. *Weed Science*, 50, 773-786.
10. Konstantinović, B., Meseldžija, M., Korać, M., Mandić, N. (2010): A study of weed seed bank under wheat, sugar beet and clover crops. *Herbologia*, 11 (2), 37-46.
11. Kristek, A., Kristek, S., Antunović, M. (2004): Influence of fertilization and herbicides application on soil microflora and elements of sugar beet yields. *Poljoprivreda*, 10 (1), 35-42.
12. Kudsk, P. (2008): Optimising herbicide dose: a straight forward approach to reduce the risk of side effects of herbicides. *Environmentalist*, 28, 49-55.
13. May, M. (2001): Crop protection in sugar beet. *Pesticide Outlook*, 12 (5), 188-191.
14. May, M. J., Wilson, R. G. (2006): Weeds and weed control // Sugar beet / eds. A. P. Drycott. – Blackwell Publishing Ltd, p. 359–386.
15. Rašić, S., Ozimec, S., Štefanić, E., Kristek, S., Dimić, D. (2016): Korovna flora vinograda i mogućnosti suzbijanja. Proceedings 9<sup>th</sup> international scientific/professional conference Agriculture in nature and environment protection, Vukovar, Croatia, 168-172.
16. Rašić, S., Štefanić, E., Varga, I., Kristek, S., Lončar, M. (2015): Značajni korovi u soji i mogućnosti njihove suzbijanja. Proceedings 51<sup>st</sup> Croatian and 11<sup>th</sup> International Symposium on agriculture. Opatija, Croatia, 247-250.
17. Šćepanović, M. (2011): Učinak višekratne primjene smanjenih količina herbicida na korove i prinos šećerne repe (*Beta vulgaris* L. var. *altissima* Doll), Agronomski fakultet Zagreb, Doktorska disertacija.
18. Schweizer, E.E., Dexter, A.G. (1987): Weed control in sugar beets (*Beta vulgaris*) in North America. *Rev. Weed Sci.* 3, 1133.

19. Štefanić, E., Gregić, I., Štefanić, I., Rašić, S., Pančić, S. (2015): Determination of the critical period for weed control in soybean crop (*Glycine max* (L.) Merr.), Proceedings 8<sup>th</sup> international scientific/professional conference Agriculture in nature and environment protection, Vukovar, Croatia, 99-103.
20. Tičinović, A., Barić, K., Ostojić Z. (2007): Influence of one, two and three after emergence herbicide treatments on weeds in sugar beet. *Agronomski glasnik*, 6, 445-457.
21. Winkler, J., Bilkova, V. (2016): Weed infestation of sugar beet in operational conditions. *Listy cukrovarnicke a reparska*, 132 (4), 130-136.
22. Winkler, J., Hladik, P., Prochazkova, B. (2015): Influence of crop rotation on actual weed infestation on sugar beet. *Listy cukrovarnicke a reparska*, 131 (5-6), 162-166.
23. Zargar, M., Khomaraki, M. B., Mafakheri, S. (2011): Optimizing the Integrated Weed Management in sugar beet field with the aim of reducing herbicides application. *Annals of Biological Research*, 2 (6), 448-455.
24. Zoschke, A., Quadranti, M. (2002): Integrated weed management: Quo vadis? *Weed Biology and Management*, 2, 1-10.

## Korovi u usjevu šećerne repe i mogućnosti njihova suzbijanja

### Sažetak

Šećerna repa slaba je konkurencija korovima. Korovi koji se pojavljuju uz šećernu repu uzrokuju značajne gubitke prinosa. Izazivaju izravnu štetu koja može biti kvantitativna (prinos korijena) i kvalitativna (sadržaj šećera). Izravne štete nastaju zbog konkurentnog odnosa korova i šećerne repe za ograničene resurse (voda, hranjiva, svjetlost, prostor). Neizravne štete rezultat su komplicirane obrade tla, njege usjeva i mehaniziranog uklanjanja korijena šećerne repe. Važna je neizravna šteta i sve veća količina sjemena korova u gornjem sloju tla. Stoga je važno provoditi odgovarajuće preventivne i kurativne mjere koje će spriječiti širenje vegetativnih i generativnih organa korova. Integrirano suzbijanje korova daje prednost racionalnoj upotrebi herbicida temeljenoj na kritičnom periodu zakorovljenosti.

**Ključne riječi:** korovi, šećerna repa, suzbijanje korova

## Utjecaj supstrata različitog porijekla s dodatkom i bez dodatka cinka na translokaciju cinka u presadnice špinata

Goran Herman, Vladimir Ivezić, Meri Engler, Helena Žalac, Brigita Popović

*Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: brigita.popovic@fazos.hr*

### Sažetak

Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj porijekla supstrata na mogućnost uzgoja presadnica špinata, na sadržaj cinka u presadnicama špinata te kako dodatno unošenje otopine cinka u različite supstrate utječe na translokaciju cinka u presadnice špinata. Najveći koeficijent akumulacije cinka kod kontrolnih supstrata imale su presadnice uzgojene u supstratu kontrola-Organjska zemlja (0,95), a kod supstrata obogaćenih cinkom najveći koeficijent akumulacije imale su presadnice uzgajane u Klasmann Potgrond H+ZnSO<sub>4</sub> 3,27. Iako je u kontrolnom Konjskom peletiranom stajnjaku utvrđena najveća koncentracija cinka, koeficijent akumulacije u tom supstratu bio je najniži (0,47). Generalno, najveća koncentracija cinka u presadnicama špinata utvrđena je kod svih supstrata dodatno obogaćenih cinkom.

**Ključne riječi:** špinat, porijeklo, supstrat, cink, akumulacija

### Uvod

Špinat je jednogodišnja zeljasta biljka, korijen mu je vretenast i u površinskom dijelu razgranat. Listovi mogu biti uspravni ili položeni, a sastoje se od kraćih i dužih peteljki na kojima je lisna plojka različitih oblika ovisno o kultivaru. Špinat je nitrofilna biljka, što znači da usvaja, tj. nakuplja, nitrata koji dužim stajanjem nakon berbe mogu u listovima prijeći u nitrite, stoga je važna pravilna gnojidba dušičnim gnojivima (Parađiković, 2009.).

Cink (Zn) je kemijski element koji prema značaju za ishranu biljaka pripada u skupinu esencijalnih elemenata. Najvažniji je mikroelement potreban u vrlo ranim fazama rasta biljke. Njegova je uloga u biljkama višestruka: potreban je za širenje stanica, sintezu ugljikohidrata, proteina i proizvodnju hormona rasta korijena. Potarzycki i Grzebisz (2009.) navode da cink ima veliki utjecaj na osnovne životne procese biljke, kao što su metabolizam dušika i fotosinteza, te da se u biljkama sa nedostatnom količinom cinka drastično smanjuje sinteza proteina. Fitotoksičnost cinkom se javlja samo pri relativno visokim koncentracijama od oko 400 mg/kg i više, a simptomima nedostatka Zn javljaju se za većinu biljnih vrsta pri razinama nižim od 20-25 mg/kg (Mengel i Kirkby, 1979.). Kako za biljke i životinje, cink je esencijalni mikroelement i za metabolizam ljudi. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj porijekla supstrata na sadržaj cinka u presadnicama špinata. Isto je tako cilj bio i istražiti kako dopunsko unošenje otopine cinka u različite supstrate utječe na translokaciju cinka u presadnice špinata.

## Materijal i metode

### Postavljanje laboratorijskog gnojidbenog pokusa

Pokus je postavljen u laboratoriju Zavoda za agroekologiju i zaštitu okoliša Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, pri čemu je sjeme špinata posijano u tri različita supstrata (s dodatkom i bez dodatka otopine cinka) u četiri ponavljanja u stiroporne kontejnere sa 40 sjetvenih mjesta. Kao kontrolni supstrat korišten je komercijalni supstrat za uzgoj presadnica povrća Klasmann Potgrond H, dok su kao alternativni supstrati za uzgoj presadnica korišteni supstrati Organska zemlja i Konjski peletirani stajnjak. Navedeni supstrati korišteni su za uzgoj presadnica špinata (kontrola), a s ciljem povećanja koncentracije cinka, dopunski su tretirani otopinom cinka u količini od 2 g Zn u obliku  $ZnSO_4$  (tretman cinkom). Ovakav način postavljanja pokusa omogućio je precizniji uvid u translokaciju cinka iz supstrata u presadnicu špinata.

Isto tako, u okviru laboratorijskih istraživanja provedene su kemijske analize supstrata i presadnica špinata, te su utvrđena slijedeća kemijska svojstva supstrata: pH reakcija (EN13037:2011), električni konduktivitet (EC) (EN13038:2011), sadržaj organskog ugljika (HRN ISO 14235:1994.), C/N odnos. Sadržaj fosfora i kalija, te koncentracija cinka utvrđeni su na AAS Shimadzu Scientific Instruments/AA-7000 nakon digestije uzoraka. Biljni materijal uzorkovan je nakon pojave 5 listova, tri tjedna nakon sjetve. Kemijskom analizom utvrđena je koncentracija cinka u presadnicama pomoću ICP-OES tehnike. Analize supstrata i presadnica provedene su u laboratoriju Zavoda za agroekologiju i zaštitu okoliša pri Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek.

Svi dobiveni rezultati statistički su analizirani uporabom programa SAS 9.1 for Windows (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Statističke značajnosti utvrđene su Fisher-testom ( $p < 0,05$ ).

## Rezultati i rasprava

Laboratorijskim analizama za sva tri supstrata utvrđena su njihova osnovna kemijska svojstva pri čemu je utvrđeno kako su se pH vrijednosti supstrata Organska zemlja i Konjski peletirani stajnjak kretale od 6,5 do 6,7, dok je Klasmann Potgrond H imao pH vrijednost 5,5 (Tablica 1.). Prema Parađiković (2009.), idealan pH za proizvodnju špinata je pH 6 – 7, što istraživane supstrate Organska zemlja i Konjski peletirani stajnjak svrstava u grupu pogodnih supstrata za uzgoj špinata. Jedan od proučavanih parametara u analizi supstrata jest C/N odnos, koji se zbog utjecaja na mikrobiološku aktivnost koristi kao jedan od indikatora stabilnosti komposta (Epstein, 1997.). U istraživanim supstratima utvrđeni C/N odnosi kretali su se od 7,2:1 u Organskoj zemlji, preko 12,12:1 u Konjskom peletiranom stajnjaku do 22:1 u Klasmann Potgrond H. Prema Fidanza i sur. (2010.), C/N odnos u supstratu za proizvodnju lisnatog povrća kreće se od minimalno 10:1 do maksimalno 15:1, dok je idealan 13:1, što Konjski peletirani stajnjak svrstava u najpogodniji supstrat za uzgoj presadnica špinata prema C/N odnosu (Tablica 1.).

Tablica 1. Osnovna kemijska svojstva supstrata

Vrsta supstrata	pH (H <sub>2</sub> O) 1:5	EC mS/ cm 1:5	ST %	N g/kg ST	C g/kg ST	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
Klasmann Potgrond H	5,5	0,4	95	12,74	286	22	0,05	0,17
Organska zemlja	6,5	0,6	95	10,36	75	7,2	3,5	3,2
Konjski peletirani stajnjak	6,7	0,4	85	2,4	26	12,12	3,0	3,3

Statističkom analizom podataka utvrđena je statistički značajna razlika u koncentraciji cinka za sve ispitivane supstrate, a vrijednost koncentracije tretiranih supstrata otopinom cinka pove-

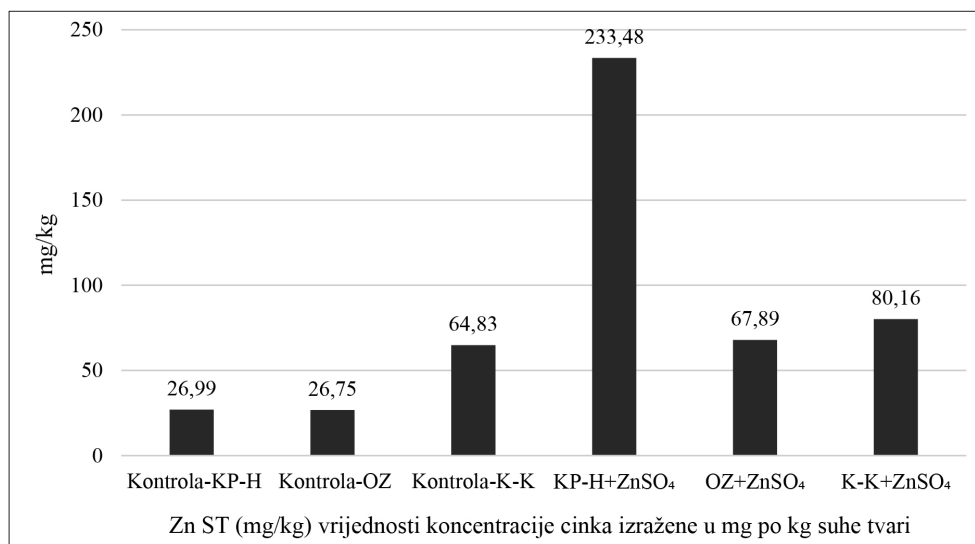
čavala se proporcionalno dodanoj količini cinka pri čemu je najveća koncentracija cinka utvrđena u Konjskom peletiranom stajnjaku od 170,00 mg/kg (Tablica 2.).

Sve utvrđene vrijednosti koncentracije cinka u supstratima bile su ispod granica propisanih Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN71/2019).

Tablica 2. Koncentracija cinka u supstratima

Supstrat	Zn mg/kg
Klasmann Potgrond H	71,3 b
Organska zemlja	28,02 c
Konjski peletirani stajnjak	170,00 a
<b>LSD 0,05</b>	<b>1,3734</b>
<b>Prosjek</b>	<b>89,77</b>

a, b ista slova u koloni nemaju statistički značajnu razliku ( $p < 0,05$ , Fisher test)



Grafikon 1. Koncentracija cinka u presadnicama špinata

Kako bi se utvrdila translokacija cinka iz supstrata u presadnice špinata, utvrđena je koncentracija cinka u špinatu uzgojenom na svim tretmanima. Translokacija je premještanje tvari s jedne na drugu lokaciju unutar biljke (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Tako je u presadnicama špinata uzgojenim u supstratu Klasmann Potgrond H+ZnSO<sub>4</sub> utvrđena statistički značajna razlika koncentracije cinka u odnosu na presadnice uzgojene u svim kontrolnim supstratima. Također je utvrđena statistički značajna razlika u koncentraciji cinka u supstratu Klasmann Potgrond H+ZnSO<sub>4</sub> (233,48) u odnosu na supstrate: Organska zemlja+ZnSO<sub>4</sub> (67,89) i Konjski peletirani stajnjak+ZnSO<sub>4</sub> (80,16) (Tablica 3.). Kako Gluhic (2004.) navodi, prosječan sadržaj cinka u biljnom materijalu iznosi 0,6 do 83 mg/kg, ovisno o biljnoj vrsti, dok je u provedenom istraživanju u presadnicama uzgojenim u supstratu Klasmann Potgrond H+ZnSO<sub>4</sub> utvrđena značajno viša koncentracija cinka od prosječne (233,48 mg/kg) (Grafikon 1.). Ovakvi rezultati, vjerojatno su posljedica niže pH vrijednosti (5,5) supstrata Klasmann Potgrond H, što potvrđuju istraživa-

nja Lončarić i sur. (2015.) koji navode da raspoloživost teških metala i esencijalnih mikroelemenata ovisi o pH vrijednosti i veća je pri nižim pH vrijednostima supstrata. Nadalje prema Kastori (1983.) na usvajanje i translokaciju cinka utječu i brojni ekološki čimbenici kao što su temperatura, svjetlost, prisustvo fosfata, željeza i dr. dok Parađiković (2009.) navodi kako je optimalna temperatura za uzgoj presadnica špinata 20 °C. Dobivene rezultate moguće je povezati s temperaturom kao čimbenikom koji utječe na usvajanje i translokaciju cinka, budući da je u plasteniku prilikom nicanja i rasta presadnica špinata utvrđena nešto viša temperatura od optimalne (25 °C). Isto tako i niži sadržaj fosfora u supstratu Klasmann Potgrond H uz višu temperaturu od optimalne prilikom uzgoja presadnica, za posljedicu je mogao imati povećano usvajanje i translokaciju cinka u presadnice špinata. Što je u skladu sa utvrđenim rezultatima istraživanja Kastori (1983.).

Tablica 3. Koncentracija cinka utvrđena u presadnicama špinata u različitim supstratima

Tretman	Zn mg/kg
Kontrola KP-H	26,99 c
Kontrola OZ	26,75 c
Kontrola K-K	64,83 b
KP-H+ZnSO <sub>4</sub>	233,48 a
OZ+ZnSO <sub>4</sub>	67,89 b
K-K+ZnSO <sub>4</sub>	80,16 b
<b>LSD 0,05</b>	<b>15,36</b>
<b>Prosjek</b>	<b>83,35</b>

a, b ista slova u koloni nemaju statistički značajnu razliku ( $p < 0,05$ , Fisher test)

### Koeficijent akumulacije cinka

Koeficijent akumulacije cinka iz supstrata u presadnice dobiven je po formuli  $Ka = C_m / C_s$ , gdje je  $C_m$  utvrđena koncentracija cinka u presadnici, a  $C_s$  utvrđena koncentracija cinka u supstratu (Stihi i sur., 2009.). Prema Chaney (2010.), glavni su faktori koji utječu na akumulaciju cinka biljna vrsta, pristupačni oblici Zn u tlu, omjer Cd:Zn, pH tla, sadržaj klorida u tlu, sadržaj mangana i željezovih oksida, organske tvari, dušičnih i fosfornih gnojiva itd. Najviši koeficijent akumulacije cinka utvrđen je u presadnicama špinata uzgojenim na supstratu Klasmann Potgrond H+ZnSO<sub>4</sub> u iznosu 3,27. Najniži koeficijent akumulacije 0,37 imale su presadnice uzgojene u istom supstratu koji nije tretiran otopinom cinka, kontrola Klasmann Potgrond H (Tablica 4.).

Tablica 4. Koeficijenti akumulacije cinka iz supstrata u presadnice špinata

Vrsta supstrata	Zn mg/kg			Koef. akumulacije	Koef. akumulacije
	supstrat	kontrola presadnica	tretirano presadnica	(Ka <sup>1</sup> )	(Ka <sup>2</sup> )
Klasmann Potgrond H – kontrola	71,3	26,99	233,48	0,37	3,27
Organska zemlja	28,02	26,75	67,89	0,95	2,42
Konjski peletirani stajnjak	170,00	64,83	80,16	0,38	0,47

Ka<sup>1</sup> – koeficijent akumulacije kontrola, Ka<sup>2</sup> – koeficijent akumulacije tretirano

## Zaključak

Provedenim istraživanjem i statističkom analizom utvrđena je statistički značajna razlika u koncentraciji cinka u presadnicama uzgajanim na različitim supstratima, što potvrđuje hipotezu ovog istraživanja da porijeklo supstrata ima veliku ulogu u usvajanju i akumulaciji cinka u presadnicama špinata. Nadalje, supstrati obogaćeni otopinom cinka utjecali su na veću translokaciju cinka u presadnice špinata pa su tako presadnice uzgojene u Klasmann Potgrond H+ZnSO<sub>4</sub> imale najveći koeficijent akumulacije cinka. Iako je u kontrolnom Konjskom peletiranom stajnjaku utvrđena najveća koncentracija cinka, koeficijent akumulacije cinka u presadnice špinata bio je neočekivano nizak u odnosu na ostale tretmane. Prema rezultatima ovog istraživanja, aplikacija otopine cinka u supstrate može poboljšati proizvodnju presadnica obogaćenih cinkom, ali je translokacija cinka pod velikim utjecajem porijekla supstrata.

## Literatura

1. Chaney, R.L. (2010): Cadmium and Zinc. U: Hooda P. S. (ur.): Trace Elements in Soils. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication. United Kingdom. 409-439.
2. EN13037 (2011): Determination of pH.
3. EN13038 (2011): Determination of electrical conductivity
4. Epstein, E. (1997): The science of composting. Technomic Publishing Company. Lancaster, Pennsylvania, USA.
5. Fidanza, M. A., Sanford, D. L., Beyer, D. M., Aurentz, D. J. (2010): Analysis of fresh mushroom compost. HortTechnology, 20 (2), 449-453.
6. Gluhčić, D. (2004): Važnost cinka u gnojidbi kukuruza. Glasnik zaštite bilja, 27 (3), 45-55.
7. HRN ISO 14235 (1994): Kakvoća tla -Određivanje organskog ugljika sulfokromnom oksidacijom, Hrvatski zavod za norme, Zagreb
8. Kastori, R. (1983): Uloga elemenata u ishrani biljaka, Matica Srpska, Novi Sad.
9. Lončarić, Z., Rastija, D., Karalić, K., Popović, B., Ivezić, V., Lončarić, R. (2015): Kalcijacija tala u pograničnom području, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
10. Mengel, K., Kirkby, E.A. (1979): Principles of Plant Nutrition. (International Potash Institute: Berne, Switzerland.)
11. Parađiković, N. (2009): Opće i specijalno povrćarstvo, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
12. Potarzycki, J., Grzebisz, W. (2009): Effect of Zinc Foliar Application on Grain Yield of Maize and Its Yielding Components. Plant Soil and Environment, 55, 519-527.
13. Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN71/2019).
14. Stihl, C., Radulescu, C., Busuioc, G., Popescu, I. V., Gheboianu, A., Ene, (2009): A. studies on accumulation of heavy metals from substrate to edible wild mushrooms, Faculty of Sciences and Arts, Sciences Department.
15. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011): Ishrana bilja. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

## Influence of substrates of different origin with and without zinc supplementation on zinc translocation into spinach seedlings

### Abstract

The aim of the study was to determine the influence of the origin of the substrate on the possibility of growing spinach seedlings, on the zinc content of spinach seedlings, and how the additional introduction of zinc solution into different substrates affects the translocation of zinc into spinach seedlings. Seedlings grown in the control-Organic soil substrate had the highest zinc accumulation coefficient for control substrates (0.95), and seedlings grown in Klasmann Potgrond H+ZnSO<sub>4</sub> had the highest accumulation coefficient for the zinc-enriched substrates (3.27). Although the highest concentration of zinc was found in the control Horse pelleted substrate, the coefficient of accumulation in that substrate was the lowest (0.47). Generally, the highest concentration of zinc in spinach seedlings was found in all zinc-enriched substrates.

**Key words:** spinach, origin, substrate, zinc, accumulation



## Concentrations of Mg, Fe and Zn in wheatgrass cultivated from wheat cultivars of different origin

Sunčica Guberac, Sanja Grubišić, Vedran Orkić, Sonja Petrović,  
Sonja Vila, Andrijana Rebekić

*Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek,  
Vladimira Preloga 1, HR – 31000 Osijek, Croatia, e-mail: suncica.guberac@fazos.hr*

### Abstract

Wheatgrass is rich in nutritionally valuable compounds, which is a reason why it is often consumed as a natural food supplement. It is well known that Mg, Fe and Zn are mineral elements often lacking in human diet. So, in order to identify genotypes that are rich in these elements, the aim of this research was to determine the differences in Mg, Fe and Zn concentration in wheatgrass juice in a set of wheat cultivars of a different origin.

Wheatgrass (100 cultivars originating from different countries: Croatia (30), Austria (10), Germany (10) France (10), Hungary (10), Italy (10), Russia (10), and Serbia (10)) was grown in controlled conditions (20 °C and 10/14 h day/night cycle). Wheatgrass juice was prepared from 12 days old leaves by a manual wheatgrass juicer. Total concentrations of Mg, Fe and Zn were determined by ICP-OES technique after wet digestion of juice samples. Tested groups of wheat cultivars differed significantly in Mg ( $F = 8.13$ ;  $df = 7$ ;  $p < 0.01$ ), Fe ( $F = 13.34$ ;  $df = 7$ ;  $p < 0.01$ ) and Zn ( $F = 16.06$ ;  $df = 7$ ;  $p < 0.01$ ) concentration in wheatgrass juice. Mg concentration varied from  $209 \pm 35.4$  in Serbian to  $266 \pm 36$  mg kg<sup>-1</sup> in French cultivars. The lowest Fe concentration was determined in Russian cultivars ( $3.10 \pm 0.42$  mg kg<sup>-1</sup>), while the lowest average Zn concentration was found in French cultivars ( $1.79 \pm 0.28$  mg kg<sup>-1</sup>). The highest concentrations of Fe and Zn were found in Croatian cultivars ( $4.02 \pm 0.59$  and  $2.29 \pm 0.25$  mg kg<sup>-1</sup>). The obtained results indicate that it would be possible to choose cultivars from the group of Croatian cultivars that will yield wheatgrass juice with higher concentrations of desirable mineral elements in comparison to cultivars from other tested groups.

**Keywords:** wheatgrass, hidden hunger, bioavailability

## Koncentracije Mg, Fe i Zn u pšeničnoj travi uzgojenoj iz kultivara pšenice različitog podrijetla

### Sažetak

Pšenična trava bogata je nutritivno vrijednim spojevima, zbog čega se često koristi kao prirodni dodatak prehrani. Poznato je da su Mg, Fe i Zn mineralni elementi koji često nedostaju u ljudskoj prehrani. Kako bi se identificirali genotipovi bogati navedenim elementima, cilj ovog istraživanja bio je utvrditi razlike u koncentraciji Mg, Fe i Zn u soku pšenične trave dobivenom od kultivara pšenice različitog podrijetla.

Pšenična trava (100 kultivara podrijetlom iz različitih zemalja: Hrvatska (30), Austrija (10), Njemačka (10) Francuska (10), Mađarska (10), Italija (10), Rusija (10) i Srbija (10)) uzgojena je u kontroliranim uvjetima (20 °C i 10/14 h dan/noć ciklus). Sok pšenične trave dobiven je od listova pšenice starih 12 dana pomoću ručnog sokovnika za pšeničnu travu. Ukupne koncentracije Mg, Fe i Zn određene su ICP-OES metodom nakon razaranja uzoraka metodom po mokrom postupku. Ispitivane grupe kultivara pšenice značajno su se razlikovale u pogledu koncentracije Mg ( $F = 8,13$ ;  $df = 7$ ;  $p < 0,01$ ), Fe ( $F = 13,34$ ;  $df = 7$ ;  $p < 0,01$ ) i Zn ( $F = 16,06$ ;  $df = 7$ ;  $p < 0,01$ ) u soku pšenične trave. Koncentracija Mg varirala je od  $209 \pm 35,4$  kod srpskih kultivara do  $266 \pm 36$  mg kg<sup>-1</sup> kod francuskih kultivara. Najniža koncentracija Fe utvrđena je kod ruskih kultivara ( $3,10 \pm 0,42$  mg kg<sup>-1</sup>), dok je najniža prosječna koncentracija Zn utvrđena kod francuskih kultivara ( $1,79 \pm 0,28$  mg kg<sup>-1</sup>). Najveće koncentracije Fe i Zn utvrđene su kod hrvatskih kultivara ( $4,02 \pm 0,59$  i  $2,29 \pm 0,25$  mg kg<sup>-1</sup>). Dobiveni rezultati pokazuju da je moguće odabrati kultivare pšenice, iz grupe hrvatskih kultivara, od kojih će se dobiti sok pšenične trave s većom koncentracijom poželjnih mineralnih elemenata u usporedbi s kultivarima iz drugih testiranih grupa.

**Ključne riječi:** pšenična trava, skrivena glad, bioraspoloživost

## Differences in Mg, Fe and Zn concentration in wheatgrass juice of wild relatives and modern wheat cultivars

Vedran Orkić, Sanja Grubišić, Sunčica Guberac, Sonja Petrović,  
Sonja Vila, Andrijana Rebekić

*Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek,  
Vladimira Preloga 1, HR – 31000 Osijek, Croatia, e-mail: vedran.orkic@fazos.hr*

### Abstract

Due to its diverse chemical composition and abundance of nutritionally valuable compounds, wheatgrass is used as a natural food supplement. The mineral composition of wheatgrass is highly dependent on the amount of minerals accumulated in the grain that is used for its cultivation. It is known that wild relatives of wheat are able to accumulate more minerals in the grain in comparison to the majority of modern cultivars. Therefore, the aim of this research was to investigate differences between wild relatives and modern cultivars in total Mg, Fe and Zn concentration in wheatgrass juice. 100 wheat cultivars of different years of release (divided in three groups: before 1960, 1960 to 1990, and 1991 to 2010) and 5 wild relatives were grown for 12 days in a plant growth chamber at 20 °C and 10/14 day night cycle. The samples of wheatgrass juice were wet digested and total concentrations of Mg, Fe and Zn concentrations were determined by the ICP-OES technique. Although, one-way ANOVA didn't show significant difference in Mg ( $F = 1.24$ ;  $df = 3$ ;  $p = 0.30$ ) and Fe ( $F = 1.61$ ;  $df = 3$ ;  $p = 0.18$ ) concentration between examined group of cultivars, wild relatives had the highest Mg ( $238 \pm 32.7 \text{ mg kg}^{-1}$ ) and Fe ( $3.66 \pm 0.60 \text{ mg kg}^{-1}$ ) concentration in comparison to other groups. Regarding the Zn concentration, wild relatives ( $2.92 \pm 0.75 \text{ mg kg}^{-1}$ ) had significantly higher concentration in comparison to other examined group of cultivars ( $F = 23.44$ ;  $df = 3$ ;  $p < 0.01$ ). As anticipated, in comparison to other groups, wild relatives had highest concentration of Mg, Fe and Zn in wheatgrass juice. But, it should be further investigated, whether are the differences result from higher grain concentration or better ability to translocate elements from grain to young plants.

**Key words:** wheatgrass, functional food, translocation, accumulation

## Razlike u koncentraciji Mg, Fe i Zn u soku pšenične trave divljih srodnika i modernih kultivara pšenice

### Sažetak

Zbog raznolikog kemijskog sastava i obilja nutrijenata pšenična trava koristi se kao prirodni dodatak prehrani. Mineralni sastav pšenične trave u značajnoj mjeri ovisi o mineralima akumuliranim u zrnu koje se koristi za uzgoj pšenične trave. Poznato je da su divlji srodnici pšenice sposobni akumulirati više minerala u zrnu u odnosu na većinu modernih kultivara. Prema tome, cilj ovog istraživanja bio je ispitati razlike između divljih srodnika i modernih kultivara u ukupnim koncentracijama Mg, Fe i Zn u soku pšenične trave. U ispitivanje je uključeno 100 kultivara pšenice koji su priznati u različitim periodima (prije 1960., 1960. do 1990. i 1991. do 2010.) te 5 divljih srodnika. Pšenica je uzgajana 12 dana u komori za rast biljaka pri temperaturi od 20 °C i ciklusu dan/noć 10/14. Uzorci soka pšenične trave razoreni su po mokrom postupku, a ukupne koncentracije Mg, Fe i Zn određene su ICP-OES tehnikom. Iako između ispitivanih grupa kultivara i divljih srodnika nisu utvrđene statistički značajne razlike u koncentracijama Mg ( $F = 1,24$ ;  $df = 3$ ;  $p = 0,30$ ) i Fe ( $F = 1,61$ ;  $df = 3$ ;  $p = 0,18$ ), divlji su srodnici ipak imali više koncentracije Mg ( $238 \pm 32,7 \text{ mg kg}^{-1}$ ) i Fe ( $3,66 \pm 0,60 \text{ mg kg}^{-1}$ ) nego moderni kultivari. Što se tiče koncentracije Zn, divlji srodnici ( $2,92 \pm 0,75 \text{ mg kg}^{-1}$ ) imali su značajno višu koncentraciju u odnosu na ostale ispitivane grupe kultivara ( $F = 23,44$ ;  $df = 3$ ;  $p < 0,01$ ). Kao što je očekivano, divlji srodnici imaju više koncentracije Mg, Fe i Zn u soku pšenične trave, u odnosu na ostale ispitivane grupe kultivara. Budućim istraživanjima treba ispitati jesu li razlike u koncentraciji minerala između divljih srodnika i modernih kultivara posljedica viših koncentracija minerala u zrnu divljih srodnika ili su rezultat učinkovitije translokacije minerala iz zrna u mlade biljke.

**Ključne riječi:** pšenična trava, funkcionalna hrana, translokacija, akumulacija

# The impact of catch crops on physical, chemical and biological properties of soil

Edward Wilczewski

*Department of Agronomy, UTP University of Science and Technology in Bydgoszcz,  
prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland, e-mail: edward@utp.edu.pl*

## Abstract

The increasing demand for food products in conditions with decreasing area of arable land necessitates the use of environmentally safe methods of intensifying plant production. Achieving this goal is possible through the use of green manures, ensuring not only plant nutrition but also improving physical and biological properties of the soil. The paper presents a synthetic summary of the current research results on the impact of catch crops from legume crops or mixtures with legume component used as green manure on the physical, chemical and biological properties of soil. The analysed literature indicates that catch crops from legume crops or mixtures with the participation of legume crops usually have a positive effect on the properties of the arable soil layer by: reducing the resistance of soil penetration in the early spring period; increasing soil moisture (especially in light soils) during the sowing of spring cereals; increasing the content of mineral nitrogen and assimilable forms of phosphorus and potassium; increasing the content and activity of microbial biomass, especially in crop rotation with low ratio of nitrogen fixing crops.

**Key words:** catch crops, green manure, soil microbial biomass, penetration resistance, macronutrients, organic matter

## Introduction

To feed the growing human population, more and more food production is needed and this must be achieved with decreasing of arable land. This means more and more intensive production systems (Di and Cameron, 2002, Green, 2005, Cazalis et al., 2018). As a result, there is a risk that excessive nitrogen (N) doses may lead to high NO<sub>3</sub> leaching losses. According to Di and Cameron (2002) the risk is especially high when N is applied at the wrong time (e.g. on late autumn), ploughing pasture leys early in the autumn, or long periods of fallow ground. Moreover, nitrogen returns in animal urine have a major impact on NO leaching in grazed pastures.

A relatively safe way to intensify food production is to use natural fertilizers, the nutrients of which are gradually mineralized and become available to the grown crops. This not only affects the supply of plants with macro- and micronutrients, but also allows the improvement of physical properties and biological life of the soil (Thorup-Kristensen and Dresbøll, 2010, Piotrowska-Długosz and Wilczewski, 2015, Wanic et al., 2019). However, the growing population necessitates limiting the consumption of food products from animals. To feed an increasing population it is necessary to increase the consumption of plant products. Therefore, it can be expected that livestock population and, consequently, the production of natural fertilizers

will successively be reduced. Thus, an alternative source of organic matter is needed to meet the needs of soil organisms. Green manure from catch crops is a well-recognized and valuable source of organic matter. According to Gruczek (1994), catch crops combined with high mineral fertilization make it possible to obtain a positive balance of organic matter in soil and increase the organic carbon content without using farmyard manure. The paper presents a synthetic summary of current research results on the impact of catch crops from legume crops or mixtures with legume component, used as green manure, on the physical, chemical and biological properties of soil, important for cereal crops.

### Physical properties of soil

Catch crops used as green manure most often have a positive effect on soil physical properties (Hubbard et al., 2013, Majchrzak, 2015, Tendziagolska, 2010, Wilczewski et al., 2015). Usually stubble catch crops reduce soil compaction and improve the conditions for the growth of the plant root system. However, they can lead to a temporary decrease in soil moisture and, as a result, an increase in penetration resistance of the topsoil (Table 1). This happens in autumn, especially in a year with a rainfall shortage from August to October. However, according to research conducted in the central-north region of Poland, this short-term deterioration of the soil's physical conditions in autumn does not limit the possibility of autumn ploughing, and in the early spring the catch crop biomass promotes the improvement of soil moisture and reduction of soil compactness measured as penetration resistance (Wilczewski et al., 2014, 2015). A very significant improvement in humidity and reduction of soil compactness during spring wheat sowing was also found in studies conducted in south-eastern Poland on Loess soil (Harasim et al., 2020). Later in the growing season, the catch crop may cause a short-term deterioration of the soil's physical properties, which may be due to its positive effect on the vegetation of cereals grown after it. More dynamic plant growth results in increased transpiration and, as a result, increased penetration resistance, which, however, does not limit the development of the root system.

Table 1. The effect of catch crop on humidity and soil penetration resistance in autumn and in the following growing season, during the growth of cereals

Measurement season	Soil type	Change in soil moisture [p%]	Changes in penetration resistance of the topsoil compared to control [MPa]
In the autumn (October)	Black earth <sup>A</sup>	-0.40	+0.467 (+92.6%)*
	Luvisol <sup>B</sup>	-0.46	+0.122 (+16.1%)
Before sowing of cereal (March)	Black earth <sup>A</sup>	ns	-0.026 (-7.11%)
	Luvisol <sup>B</sup>	+0.60	-0.036 (-9.99%)
	Loess soil <sup>C</sup>	+1.10	-0.260 (-16.00%)
During tillering of cereal (May)	Black earth <sup>A</sup>	ns	+0.141 (+14.1%)
	Luvisol <sup>B</sup>	-0.400	+0.022 (+2.29%)
During shooting stage of cereal (May/June)	Black earth <sup>A</sup>	ns	+0.087 (+6.73%)
	Luvisol <sup>B</sup>	ns	+0.153 (+14.62%)
During flowering of cereal (June/July)	Alluvial soil <sup>D</sup>	+2.70	no data
During harvest of cereal (August)	Alluvial soil <sup>D</sup>	+3.42	-0.260 (-6.95%)

A – Wilczewski et al., 2014; B – Wilczewski et al., 2015; C – Harasim et al., 2020;

D – Wojciechowski, 2009;

\* – data in parentheses represent the percentage of difference compared to control

## Chemical properties of soil

Catch crop biomass mixed with soil during autumn ploughing or by spring disking not only contributes to loosening the soil and improving its physical properties but is also a valuable source of nutrients important for the proper growth of successive plants (Askegaard and Eriksen, 2008, Eichler-Löbermann et al., 2008, Wilczewski et al., 2014, 2015). Soil pH in spring and summer usually does not depend on catch crop ploughed in the autumn of the previous year (Table 2). Most often, no effect of this factor on the total nitrogen content in soil is found. Only in Alluvial soil conditions the author stated an increase in this component during the wheat harvest period, under the influence of catch crop biomass consisting of a mixture of legume and brassica plants. The influence of this factor on the content of  $Mg_{AVAIL}$  in soil was similar. A much greater impact of catch crop was found in relation to the content of assimilable forms of phosphorus and potassium in soil, especially in early spring, when it was positive or insignificant ( $P_{AVAIL}$  on Luvisol). The influence of this factor on the content of available P and K forms was different on individual soils. Catch crop had a positive effect on the  $P_{AVAIL}$  content under Black earth and Rendzina conditions and on  $K_{AVAIL}$  content on Black earth, Luvisol and Rendzina.

Table 2. Impact of catch crop ploughed in autumn on the chemical properties of soil in the following growing season.

Characteristic	Soil type	Changes in content in the 0-30 cm depth layer compared to control [ $g \cdot kg^{-1}$ of soil]	
		In the spring, before sowing of cereals	In the summer, during the harvest of cereals
pH in KCl	Alluvial soil <sup>A</sup>	no data	ns
	Black earth <sup>B</sup>	ns	ns
	Luvisol <sup>B</sup>	ns	ns
Content of $N_{tot}$	Alluvial soil <sup>A</sup>	no data	+0.19 (+14.96%)
	Black earth <sup>B</sup>	ns	ns
	Luvisol <sup>B</sup>	ns	ns
	Rendzina <sup>C</sup>	ns	no data
Content of $P_{Avail}$	Alluvial soil <sup>A</sup>	no data	ns
	Black earth <sup>B</sup>	+0.029 (+31.2%)	+0.044 (+41.1%)
	Luvisol <sup>B</sup>	ns	ns
	Rendzina <sup>C</sup>	+0.043 (+8.79%)	no data
Content of $K_{Avail}$	Alluvial soil <sup>A</sup>	no data	+0.026 (+17.93%)
	Black earth <sup>B</sup>	+0.010 (+4.33%)	ns
	Luvisol <sup>B</sup>	+0.007 (+3.41%)	+0.007 (+3.41%)
	Rendzina <sup>C</sup>	+0.007 (+3.77%)	no data
Content of $Mg_{Avail}$	Alluvial soil <sup>A</sup>	no data	+0.016 (+12.6%)
	Black earth <sup>B</sup>	ns	ns
	Luvisol <sup>B</sup>	ns	ns
	Rendzina <sup>C</sup>	ns	no data

Characteristic	Soil type	Changes in content in the 0-30 cm depth layer compared to control [g·kg <sup>-1</sup> of soil]	
		In the spring, before sowing of cereals	In the summer, during the harvest of cereals
Content of C <sub>ORG</sub>	Alluvial soil <sup>A</sup>	no data	+1.20 (+10.3%)
	Black earth <sup>B</sup>	ns	ns
	Luvisol <sup>B</sup>	ns	ns
	Rendzina <sup>C</sup>	+1.25 (+4.29%)	no data

A – Wojciechowski, 2009; B – Unpublished data; C – Kraska, 2011

ns – not significant

Most often, catch crops ploughed in autumn does not affect the content of C<sub>ORG</sub> and soil organic matter in spring and/or summer (Eichler-Löbermann et al., 2008, Marcinkevičienė and Bogužas, 2006, Wilczewski et al., 2014, 2015). However, research by Kraska (2011) showed a positive effect of this factor on the content of C<sub>ORG</sub> in Rendzina in the spring, and research by Wojciechowski (2009) showed a positive effect of this factor in Alluvial soil in the summer. A single application of catch crop as a green manure usually does not give the possibility to increase the soil C<sub>ORG</sub> content. However, research by Wanic et al. (2013) shows that using this treatment during 4 years in the same field ensures a significant increase in the content of organic matter.

Catch crops from legume crops have a definitely positive effect on the N<sub>MIN</sub> content in the arable soil layer (Table 3). This impact is significant throughout the growing season of cereals cultivated after the catch crop, both ploughed in autumn as well as left in the form of mulch during the winter. In the case of autumn ploughing of catch crop, no relationship was found between soil type and increase in N<sub>MIN</sub> content under the influence of catch crop. The use of catch crop as mulch during the winter period favoured more abundance in this component in Luvisol than in Black earth.

Table 3. Impact of catch crop on the content of N<sub>MIN</sub> in soil in the following growing season.

Measurement season	Soil type	Changes in N <sub>MIN</sub> content in the 0-30 cm depth layer compared to control [g·kg <sup>-1</sup> of soil]	
		Catch crop ploughed in October/November	Mulch of catch crop mixed with soil in the spring
Before sowing of cereal (March)	Black earth <sup>A</sup>	+2.90 (+30.8%)*	+4.90 (+52.1%)*
	Luvisol <sup>B</sup>	+3.60 (+43.9%)	+6.90 (+84.1%)
During tillering of cereal (May)	Black earth <sup>A</sup>	+17.20 (+75.1%)	+10.20 (+44.5%)
	Luvisol <sup>B</sup>	+3.40 (+22.2%)	+9.60 (+62.7%)
During shooting stage of cereal (May/June)	Black earth <sup>A</sup>	+2.20 (+15.8%)	+5.70 (+41.0%)
	Luvisol <sup>B</sup>	+4.30 (+58.9%)	+4.60 (+63.0%)
During harvest of cereal (August)	Black earth <sup>A</sup>	+1.70 (+17.7%)	+1.70 (+17.7%)
	Luvisol <sup>B</sup>	+0.30 (+3.66%)	+2.70 (+32.9%)

A – Wilczewski et al., 2014; B – Wilczewski et al., 2015

\* – data in parentheses represent the percentage of difference compared to control



## Biological properties of soil

The research results presented in literature concerning the impact of catch crops from legume crops on the biological properties of soil most often indicate their positive role (Tables 4 and 5). This effect may result in a significant increase in the content of microbial biomass carbon, soil basal respiration and enzymes activity (cellulase,  $\beta$ -glucosidase, invertase, urease and saccharose). This increased soil biological activity may persist from early spring (March) to the harvest of cereals. Only in case of cellulase, the effect of ploughed catch crop biomass persisted only until June. The study by Marcinkevičienė and Pupalienė (2009) shows that the impact of catch crops on soil enzyme activity is particularly strong in conditions of crop rotation with a low share of nitrogen fixing crops (Table 5). However, catch crops do not always have a beneficial effect on soil enzymatic activity. In studies by Marcinkevičienė and Bogužas (2006), no effect of catch crops, including red clover, on urease and saccharose activity was demonstrated.

Research presented in literature shows that catch crop biomass, similar as other sources of organic matter, introduced into the soil, significantly increases the number and activity of earthworms in the arable soil layer (Riley et al., 2008, Palm et al., 2013, Bertrand et al., 2015). According to Riley et al. (2008), catch crops used as green manure increase the number and biomass of earthworms and the density of earthworm channels in soil. The biomass of earthworms in soil may even be several times higher in an organic system with catch crops cultivation than in a conventional system without catch crops. According to Palm et al. (2013) the number and activity of earthworms are also influenced by the volume and quality of catch crop. Biomass rich in nitrogen is a particularly valuable for earthworms.

Table 4. Carbon-related enzymes activity as influenced by catch crop (Piotrowska and Wilczewski, 2015)

Characteristic	Time and method of catch crop incorporation into the soil	Sampling season			
		March	May	June	August
		Increase (+) or decrease (-)			
Microbial biomass carbon [mg·kg <sup>-1</sup> ]	Ploughed in October/November	+30.5 (+31.1%)*	+22.2 (+19.3%)	+32.8 (+28.1%)	+21.5 (+18.6%)
	Disking in the spring	+37.5 (+38.3%)	+35.9 (+31.2%)	+28.2 (+24.2%)	+34.5 (+29.9%)
Soil basal respiration [mg CO <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> ]	Ploughed in October/November	+0.03 (+25.0%)	+0.02 (+18.2%)	+0.01 (+9.1%)	+0.02 (+14.3%)
	Disking in the spring	+0.05 (+41.7%)	+0.03 (+27.3%)	+0.02 (+18.2%)	+0.03 (+21.4%)
Cellulase activity [mg Gl·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> ]	Ploughed in October/November	+1.90 (+10.9%)	+1.90 (+14.4%)	+1.70 (+13.7%)	ns
	Disking in the spring	+2.30 (+13.1%)	+2.30 (+17.4%)	+3.10 (+25.0%)	+1.80 (+18.4%)
$\beta$ -Glucosidase activity [mg PNP·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> ]	Ploughed in October/November	+0.12 (+21.4%)	+0.10 (+13.7%)	+0.03 (+4.8%)	+0.05 (+9.1%)
	Disking in the spring	+0.15 (+26.8%)	+0.14 (+19.2%)	+0.07 (+11.3%)	+0.07 (+12.7%)
Invertase activity [g Gl·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> ]	Ploughed in October/November	+0.14 (+17.7%)	+0.02 (+1.7%)	+0.12 (+11.6%)	+0.19 (+19.0%)
	Disking in the spring	+0.14 (+17.7%)	+0.15 (+13.0%)	+0.15 (+14.6%)	+0.20 (+20.0%)

\* – data in parentheses represent the percentage of difference compared to control  
ns – not significant

Table 5. Soil enzyme activities as effected by crop rotation and catch crop in organic farming conditions (Marcinkevičienė and Pupalienė, 2009)

Crop rotations with a different ratio of nitrogen fixing crops	Changes in soil enzyme activities in organic farming	
	Urease activity [mg NH <sub>3</sub> ·g <sup>-1</sup> soil·24h <sup>-1</sup> ]	Saccharase activity [mg glucose·g <sup>-1</sup> soil·48h <sup>-1</sup> ]
grass-clover→grass-clover→winter wheat→spring barley→peas→winter wheat→spring barley (43%)	ns	ns
grass-clover→winter wheat→peas→spring barley→grass-clover→winter wheat→spring barley (43%)	ns	ns
grass-clover→potato→oat→spring barley→peas→winter wheat→spring barley (29%)	ns	ns
grass-clover→winter wheat→potato→spring barley→winter rape→winter wheat→spring barley (14%)	+0.05 (+100%)	+5.80 (+43.6%)

## Conclusion

The results presented in this paper indicate a definitely positive role of catch crops from legume crops or mixtures with legume component used as green manure in forming the physical, chemical and biological properties of soil, important for cereals yield. They have a positive effect on the conditions of growth and development of spring cereals by:

- reduction of soil penetration resistance in the early spring period, under the influence of ploughed biomass;
- increase of water content in the arable layer of light soil, in time of spring cereals sowing;
- increase of the content of mineral nitrogen and assimilable forms of phosphorus and potassium in the arable layer of soil;
- increase in the content and activity of microbial biomass in the arable soil layer, especially in crop rotation with low ratio of nitrogen fixing crops.

## Literature

1. Askegaard, M., Eriksen, J. (2008): Residual effect and leaching of N and K in cropping systems with clover and ryegrass catch on a coarse sand. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123, 99–108.
2. Bertrand, M., Barot, S., Blouin, M., Whalen J., de Oliveira T., Roger-Estrade, J. (2015): Earthworm services for cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 553–567.
3. Cazalis, V., Loreau, M., Henderson, K. (2018): Do we have to choose between feeding the human population and conserving nature? Modelling the global dependence of people on ecosystem services. *Science of The Total Environment*, 634, 1463–1474.
4. Di, H.J., Cameron, K.C. (2002): Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 64, 237–256.
5. Eichler-Löbermann, B., Köhne, S., Kowalski, B., Schnug, E. (2008): Effect of catch cropping on phosphorus bioavailability in comparison to organic and inorganic fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 31 (4), 659–676.
6. Green, R.E. (2005): Farming and the fate of wild nature. *Science*, 307 (5709), 550–555.
7. Gruczek, T. (1994): Farming without stable manure on light soil. *Fragm. Agron.* 11(2), 72–81. (in Polish)
8. Harasim, E., Antonkiewicz, J., Kwiatkowski, C.A. (2020): The effects of catch crops and tillage systems on selected physical properties and enzymatic activity of loess soil in a spring wheat monoculture. *Agronomy*, 10(334), 1–12.

9. Hubbard, R.K.; Strickland, T.C.; Phatak, S. (2013): Effects of cover crop systems on soil physical properties and carbon/nitrogen relationships in the coastal plain of southeastern USA. *Soil and Tillage Research*, 126, 276–283.
10. Kraska, P. (2011): Effect of conservation tillage and catch crops on some chemical properties of rendzina soil. *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura*, 10 (3), 77–92.
11. Majchrzak L. (2015): Influence of white mustard cover crop and method of tillage on soil properties, growth and yielding of spring wheat. *Scientific Dissertations 480*, Poznań University of Life Sciences, 2-113. (in Polish)
12. Marcinkevičienė, A., Bogužas, V. (2006): The influence of catch crops and manure on soil bioactivity in sustainable and organic farming. *Zemdirbyste-Agriculture*, 93 (4), 146–154.
13. Marcinkevičienė, A., Pupalienė, R. (2009): The influence of crop rotation, catch crop and manure on soil enzyme activities in organic farming. *Zemdirbyste-Agriculture*, 96 (1), 70–84
14. Palm, J., Schaik, N.L.M.B., Schröder, B. (2013): Modelling distribution patterns of anecic, epigeic and endogeic earthworms at catchment-scale in agro-ecosystems. *Pedobiologia*, 56, 23–31.
15. Piotrowska-Długosz, A., Wilczewski, E. (2015): Influences of catch crop and its incorporation time on soil carbon and carbon-related enzymes. *Pedosphere*, 25 (4), 569–579.
16. Riley, H., Pommeresche, R., Eltun, R., Hansen, S., Korsæth, A. (2008): Soil structure, organic matter and earthworm activity in a comparison of cropping systems with contrasting tillage, rotations, fertilizer levels and manure use. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 124, 275–284.
17. Tendziagolska, E. (2010): Changes of selected physical properties of the soil during cultivation of naked oats in ecological system. *Prob. Inż. Rol.*, 2, 31–39. (in Polish)
18. Thorup-Kristensen, K., Dresbøll, D.B. (2010): Incorporation time of nitrogen catch crops influenced the N effect for the succeeding crop. *Soil Use and Management*, 26, 27–53.
19. Wanic M., Kostrzewska M. K., Myśliwiec M., Brzezina G. (2013): Influence of undersown catch crops and crop rotation on some physical and chemical properties of the soil. *Fragm. Agron.*, 30 (1), 121–132. (in Polish)
20. Wanic M., Żuk-Gołaszewska K., Orzech K. (2019): Catch crops and the soil environment – a review of the literature. *Journal of Elementology*, 24 (1), 31-45.
21. Wilczewski, E., Piotrowska-Długosz, A., Lemańczyk, G. (2014): Influence of catch crop on soil properties and yield of spring barley. *International Journal of Plant Production*, 8 (3), 391–408.
22. Wilczewski, E., Piotrowska-Długosz, A., Lemańczyk, G. (2015): Properties of Alfisol and yield of spring barley as affected by catch crop. *Zemdirbyste-Agriculture*, 102 (1), 23–30.
23. Wojciechowski W. (2009). The importance of catch crops for optimizing nitrogen fertilization of quality spring wheat. *Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Monographs*, 76, 7-122. (in Polish)

## Utjecaj usjeva hvatača na fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla

### Sažetak

Rastuća potražnja za prehrambenim proizvodima u uvjetima smanjenja površina obradivog tla zahtijeva uporabu ekološki sigurnih metoda intenziviranja biljne proizvodnje. Postizanje ovog cilja moguće je uporabom zelene gnojidbe, čime se osigurava ne samo prehrana biljaka, već i poboljšavaju fizikalna i biološka svojstva tla. U radu je predstavljen sažetak rezultata trenutnih istraživanja utjecaja usjeva hvatača i to leguminoza ili kombinacija s leguminozama, koji se koriste kao zelena gnojidba na fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla. Analizirana literatura pokazuje da usjevi hvatači, bilo leguminoze ili kombinacije s leguminozama, obično imaju pozitivan učinak na svojstva obradivog sloja tla: smanjujući zbijenost i otpore tla u rano proljeće; povećavajući vlagu u tlu (posebno na lakim tlima) tijekom sjetve proljetnih žitarica; povećavajući sadržaj mineralnog dušika i lako pristupačnih oblika fosfora i kalija; povećavajući sadržaj i aktivnost biomase mikroorganizama u tlu, posebno u rotaciji usjeva s malim omjerom usjeva koji fiksiraju dušik.

**Ključne riječi:** usjevi hvatači, zelena gnojidba, biomasa mikroorganizama u tlu, otpornost na prodiranje, mikronutrijenti, organska tvar

## Soil protection with different cover crops in the fallow period

Bojana Brozović<sup>1</sup>, Danijel Jug<sup>1</sup>, Irena Jug<sup>1</sup>, Bojan Stipešević<sup>1</sup>,  
Boris Đurđević<sup>1</sup>, Doris Vidić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek,  
Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Croatia, e-mail: bojana.brozovic@fazos.hr

<sup>2</sup>Student of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

### Abstract

The aim of this research, performed in eastern Croatia during 2010/2011, was to evaluate the most suitable plant species for soil protection and covering in the fallow period. The field experiment organized as a completely randomized block design in four repetitions included 11 cover crops treatments: R (rye), W (winter wheat), F (lacy phacelia), P (field pea), V (hairy vetch) as single crops and cover crops mixtures RP, RV, WP, WV, FP and FV. The determination of plant density and aboveground biomass production (dry matter, DM) was used to estimate the most suitable plant species for efficient soil covering. The highest plant density was recorded on W treatment (484 m<sup>-2</sup>) with confirmed statistically significant differences compared to other treatments. R treatment stood out as the most suitable for soil covering with the highest recorded DM (317.88 g m<sup>-2</sup>), followed by RV (278.82 g m<sup>-2</sup>). Comparing the mixtures of cover crop, the best treatments proved to be WV with the highest plant density (328 m<sup>-2</sup>) and RV with the highest DM (278.82 g m<sup>-2</sup>) production.

**Key words:** soil preservation, bare soil, soil covering, cover cropping

### Introduction

The use of cover crops is a well-known method for enhancing agricultural productivity and multiple environmental benefits (Sharma et al., 2018). Cover crops are plant species that play a primary role in soil protection and usually are planted between two main crops to replace fallow and to improve yield stability (Kaspar and Singer, 2011). Commonly used cover crops are grasses and legumes grown as pure stands or in mixtures. The primary function of cover crops is the benefit through soil covering (Kaye and Quemada, 2017). By covering the soil, cover crops have a positive effect on the chemical, biological and physical properties of the soil and on reducing soil degradation (Sharma et al., 2018). The presence of cover crops during fallow period protects the soil from wind and water erosion (Langdale et al., 1991), prevents nutrient leaching and increases its availability, thus preserving the nutrients (Sorensen, 2004). They contribute to greater water infiltration (Basche et al., 2016), improve soil structure (Liu and Bomke 2005), prevent soil crust formation and maintain soil tilth (Stipešević and Kladičko, 2005). Cover crops positively affect the population of soil microorganisms (Finney et al.,

2017) and earthworms (Reeleder et al., 2006), as well as decrease weeds incidence (Brozović et al., 2018). Obtaining nitrogen from leguminous cover crops is also their important function especially in organic farming of which they are an indispensable component (Rosa, 2015). For optimum and quick cover of the soil, it is very important to choose the right plant species for the cover crop. Establishment of a cover crop must be as fast and simple as possible, and often involves reduced tillage. Cover crops should be resistant to low temperatures, have rapid and uniform emergence, ability to fix atmospheric nitrogen and produce sufficient amounts of biomass (Reddy, 2016). All mentioned benefits of cover crops for soil protection and improvement of soil properties will be achieved if cover crops are adapted to existing environmental conditions. Since the proper choice of cover crops is under-researched in Croatian agro-ecological conditions, the aim of this paper was to determine the most suitable cover species for soil protection in fallow period.

## Material and methods

The field experiment was established at the lessive soil of the Eastern Croatia (45°38' 46, 52'' N / 18°23' 32, 73'' E) during 2010/2011 years to determine the most suitable plant species for soil covering in the fallow period. The experimental design was set up as complete randomized block design in four repetitions with the basic experimental plot size 4.5 x 12.5 m. The experiment started with cover crops seeding in autumn (beginning of October) in 2010. 11 cover crops treatments, five single crops and six mixtures, with proper seeding rates and target plant densities were sown by hand broadcasting seeds over the soil surface, disc harrowed after the harvest of the previous soybean crop (Table 1). Cover crop mixtures were sown in the 50% seeding recommendation when grown as single crops.

Table 1. Cover crops treatments (T) with seeding rates (kg ha<sup>-1</sup>) and target plant number (m<sup>2</sup>)

T	Plant species	Cultivar	Seeding rate	Target plant number
<b>Single crops</b>				
R	Rye ( <i>Secale cereale</i> L.)	Eho Kurz	180	400
W	Winter Wheat ( <i>Triticum aestivum</i> L.)	Žitarka	300	700
F	Lacy phacelia ( <i>Phacelia tanacetifolia</i> L.)	Balo	10	500
P	Field pea ( <i>Pisum arvense</i> L.)	Osječki zeleni	125	100
V	Hairy vetch ( <i>Vicia Villosa</i> L.)	Poppelsdorf	120	250
<b>Mixtures</b>				
RP, RV, WP, WV, FP, FV				

For the purpose of assessing the cover value of treatments plant number and aboveground biomass have been determined for each cover crop treatment. Plant density of cover crops was determined by counting plants on four randomly selected places in each plot from ¼ m<sup>2</sup> frame at the beginning of April in 2011. Cover crop aboveground biomass was determined by collecting cover crops in full growing stage by cutting and collecting plant material from ¼ m<sup>2</sup> frame on four randomly selected places in each experimental plot at the end of April. The total cover crop aboveground biomass was dried up at 60 °C until constant weight for dry weight determination. Weather data (air temperature and precipitation) were collected from the Meteorological station Osijek, which is the nearest one to the experimental site. Analysis of variance (one-way ANOVA) was performed on collected data using the GLM procedure of

SAS (1999) with the T (treatment) as the main level. Differences among the treatments means were determined by Fisher protected LSD-test at a significance level of 0.05.

## Weather conditions

The precipitation amount in the sowing period and in the initial stage of cover crops (2010) was slightly higher compared to long-term average (1961-90) and it can be assumed that there was sufficient soil moisture for germination and emergence of cover crops (Table 2). The total amount of precipitation in vegetation period of cover crops in spring (2011) was almost 50% lower in relation to the long-term average (1961-90) with slightly higher average temperatures which may indicate unfavourable conditions for cover crops growth and development.

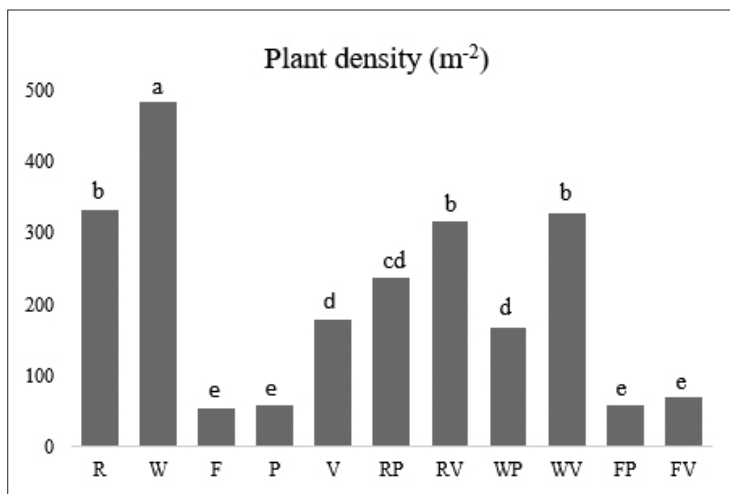
Table 2. Temperatures and precipitations during cover crops vegetation period (X-XII 2010) and (I-IV 2011)

Year	Months								Total
	X	XI	XII	I	II	III	IV		
Precipitation (mm)									
2010	67.1	56.3	73.5						196.9
2011				23.6	18.4	37.1	19.4		98.5
Averages 1961/90	41.34	57.27	51.65	46.88	40.21	44.77	53.80		150.32/185.66
Temperature (°C)									
2010	9.1	8.9	0.2						6.06
2011				1.1	0.7	6.4	13.2		5.35
Averages 1961/90	11.7	5.43	0.90	-1.23	1.55	6.06	11.34		6.01/4.43

## Results and discussions

Winter wheat used as cover crop had the highest plant density (484 m<sup>-2</sup>) with recorded statistically significant differences compared to all others cover crops treatments. Next to the W treatment, there was winter rye (R) with 333 plant m<sup>-2</sup> (Graph 1). Grasses such as winter wheat and rye usually establish and grow quite quickly thus providing rapid soil cover which was also confirmed by Clark (2007) and Treadwell et al. (2010). The actual plant density on W treatment in this experiment was far lower than target value (Table 1) probably because of hand seeding in inadequately prepared soil covered with soybean crop residues. Relative to target values (Table 1), R treatment recorded better value than W treatment because rye establishes more quickly than all other cover crops used, and provides ground cover of 30% already in autumn which leads to high aboveground biomass production in spring (Boyd et al., 2009). Cover crops mixtures RV and WV achieved higher plant densities by more than 40% compared to pure stand of hairy vetch (V) (Graph 1).

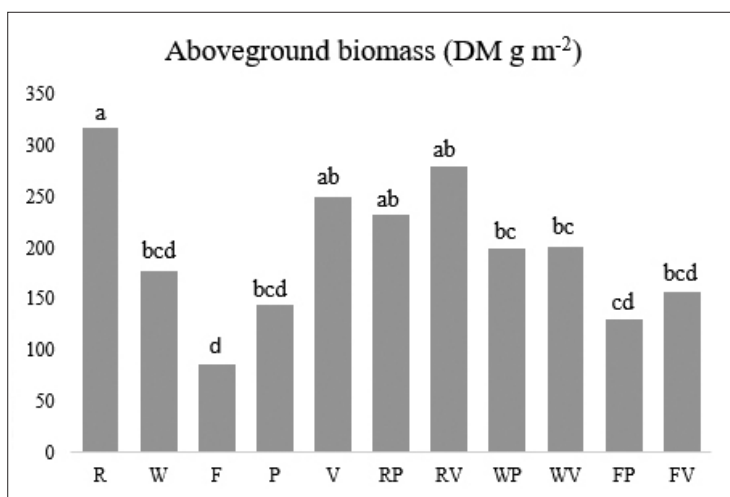
Also, higher plant densities were realised on mixtures RP and WP compared to field pea alone (Graph 1) with statistically significant differences. Mixture of rye and field pea had a higher plant number by over 70% compared to pure stand of field pea (59 m<sup>-2</sup>). The advantages of the mixtures over single crops is also confirmed by Boyd et al. (2009) and Snapp et al. (2005) because they provide more efficient soil cover and better biomass production. Treatment F had the lowest plant density, only 55 m<sup>-2</sup> which was also reflected in the lowest biomass achieved (Graph 2). Poor phacelia emergence is a consequence of inadequate pre-sowing soil preparation. Since the seed of the phacelia is small, a well-prepared soil is required for optimal ger-



Values marked with the same letters are not significantly different at  $P = 0.05$

Graph 1. Aboveground biomass of different cover crops species

mination and emergence. It can be assumed that the higher amount of soybean crop residues prevented direct seed contact with soil thus causing weak emergence as well as exposure to light that inhibits germination of phacelia (Shepley, 1970).



Values marked with the same letters are not significantly different at  $P = 0.05$

Graph 2. Aboveground biomass of different cover crop species

Blazewicz-Wozniak and Kompinski (2012) highlight phacelia as a valuable cover crop due to the long flowering period, pollen sources for bees and contribution to biodiversity. The most productive cover crop treatment regarding above biomass (dry matter, DM) was R (rye) with



317.88 g m<sup>-2</sup> which is consistent with Rosa (2015) and Clark (2007) in whose research rye biomass ranged from 330 to 587 g m<sup>-2</sup> DM. The following treatments were RV, V and RP (Graph 2). No statistically significant differences were noted between mentioned treatments. Cover crop mix RV resulted in less DM production (278.82 g m<sup>-2</sup>) compared to R which is opposite to findings of Sainju et al., 2005 which proved the greater effectiveness of the RV mixture regarding DM production. RP treatment proved to be more suitable for soil covering than P which recorded lower DM (Graph 2) which is also noted by Akemo et al. (2002). Although treatment P had the highest plant density, the amount of DM produced was statistically significantly lower compared to treatment R with only 177.16 g m<sup>-2</sup> which is a possible consequence of less precipitation recorded in spring (Table 2). Cover crop mixtures WV and WP in relation to W and P had higher DM which points to better productivity of the mixture. Liebman and Dyck (1993) argue that cover crop mixtures are often more efficient in utilizing light, water and nutrients than monoculture, which contributes to a higher biomass productivity of cover crops used in this way.

## Conclusion

From the research conducted with different plant species used as cover crops for soil covering and protection it can be concluded:

- The most suitable treatments for optimal soil covering proved to be W (winter wheat) with the highest plant density recorded and R (rye) with the biggest DM production in relation to other cover crops treatments,
- Looking at cover crops mixtures, WV and RV were the best for soil covering with the highest obtained plant density and DM.

## Literature

1. Akemo, M. C., Regnier, E.E., Bennett, M.A. (2002): Weed suppression in spring-sown rye-pea cover crop mixes. *Weed Technology*, 14, 545-549.
2. Basche, A.D., Kaspar, T.C., Archontoulis, S.V., Jaynes, D.B., Sauer, T.J., Parkin, T.B., Miguez, F.E. (2016): Soil Water Improvements with the Long-Term Use of a Winter Rye Cover Crop. *Agricultural Water Management*, 172, 40-50.
3. Błażewicz-Woźniak, M., Konpinski, M. (2012): Influence of ridge cultivation and phacelia intercrop on weed infestation of root vegetables of the Asteracea family. *Folia Horticulturae*, 24, 21-32.
4. Boyd, N. S., Brennan E.B., Smith, R.F., Yokota R. (2009): Effects of seeding rate and planting arrangement on rye cover crop and weed growth. *Agronomy Journal*, 101, 47-51.
5. Brozović, B., Jug, D., Jug, I., Đurđević, B., Vukadinović, V., Tadić, V., Stipešević, B. (2018): Influence of Winter Cover Crops Incorporation on Weed Infestation in Popcorn Maize (*Zea mays everta* Sturt.) *Organic Production. Agriculturae Conspectus Scientificus*, 83 (1), 77-81.
6. Clark, A. (2007): *Managing cover crops profitably*. 3rd ed. Accessed online at: <http://www.sare.org/Learning-Center/Books/Managing-Cover-Crops-Profitably-3rd-Edition>, 7 December 2014: Sustainable Agriculture Network, Beltsville, MD.
7. Finney, D., Buyer, J., Kaye, J. (2017): Living Cover Crops Have Immediate Impacts on Soil Microbial Community Structure and Function. *Journal of Soil and Water Conservation*, 72, 361-373.
8. Kaspar, T. C., Singer, J. W. (2011): *The Use of Cover Crops to Manage Soil*. Publications from USDAARS/ UNL Faculty. 1382. <https://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/1382>.
9. Kaye, J.P., Quemada, M. (2017): Using Cover Crops to Mitigate and Adapt to Climate Change. *A Review. Agronomy for Sustainable Development*, 37, 4.

10. Langdale, G.W., R.L., Blevins, D.L., Karlen, D.K., McCool, M.A., Nearing, E.L., Skidmore, A.W., Thomas, D.D, Tyler, J.R., Williams (1991): Cover crop effects on soil erosion by wind and water. p. 15–22. In W.L. Hargrove (ed.) Cover crops for clean water. Proc. Int. Conf., Jackson, TN. 9–11 April 1991. Soil and Water Conserv. Soc., Ankeny, IA.
11. Liebman, M., Dyck, E. A. (1993): Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological Applications*, 3, 92-122.
12. Liu, A. Ma, B.L., Bomke, A.A. (2005): Effects of cover crops on soil aggregate stability, total organic carbon, and polysaccharides. *Soil Science Society of America Journal*, 69, 2041-2048.
13. Reddy, P.P. (2016): Cover/Green Manure Crops. In: Sustainable Intensification of Crop Production, Springer, Singapore, 55-67.
14. Reeleder, R.D., Miller, J.J., Coelho, B.R.B., Roy, R.C. (2006): Impacts of tillage, cover crop, and nitrogen on populations of earthworms, microarthropods, and soil fungi in a cultivated fragile soil. *Applied Soil Ecology*, 33, 243–257.
15. Rosa, R. (2015): The effects of winter catch crops on weed infestation in sweet corn depending on the weed control methods. *Journal of Ecological Engineering*, 16, 125-135.
16. Sainju, U. M., Whitehead, W.F., Singh, B.P. (2005): Biculture legume – cereal cover crops for enhanced biomass yield and carbon and nitrogen. *Agronomy journal*, 97, 1403-1412.
17. Sharma, P., Singh, A., Singh Kahlon, C., Singh Brar, A., Grover, K. K., Dia, M., Steiner, R.I. (2018): The role of cover crops towards sustainable soil health and agriculture-A review paper. *American Journal of Plant Science*, 9, 1935-1951.
18. Shepley, S.C. Chen. (1970): Influence of factors affecting germination on respiration of *Phacelia tanacetifolia* seeds. *Planta* (Berl.). By Springer-Verlag. 95: 330-335.
19. Stipešević, B., Kladičko, E. J. (2005): Effects of winter cover crops wheat desiccation times on soil moisture, temperature and early maize growth. *Plant, Soil, Environment*, 51 (6), 255-261.
20. Snapp, S. S., S. M. Swinton, R. Labarta, D. Mutch, J. R. Black, R. Leep, J. Nyiraneza, K. O’Neil. (2005): Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. *Agronomy Journal*, 97 (1), 322-332.
21. Sorensen, P. (2004): Immobilization, remineralization, and residual effects in subsequent crops of dairy cattle slurry nitrogen compared to mineral fertilizer nitrogen. *Plant and Soil*, 267, 285-296
22. Treadwell, D., N. Creamer, and K. Baldwin. (2010): An introduction to cover crop species in organic farming systems. Accessed online at: <https://www.extension.org/pages/18542/an-introduction-to-cover-crop-speciesfor-organic-farming-systems>, 7 December 2014.

## Zaštita tla s različitim pokrovnim usjevima u predsjetvenom razdoblju

### Sažetak

Cilj istraživanja provedenog u istočnoj Hrvatskoj tijekom 2010/2011. godine bio je utvrditi najpogodnije biljne vrste za zaštitu i pokrovnost tla u predsjetvenom razdoblju. Poljski pokus postavljen je kao potpuno slučajni blok raspored s četiri ponavljanja, a uključivao je 11 tretmana pokrovnih usjeva: R (raž), W (ozima pšenica), F (facelija), P (stočni grašak), V (ozima grahorica) kao samostalne usjeve i smjese pokrovnih usjeva RP, RV, WP, WV, FP i FV. Za procjenu pogodnosti biljnih vrsta za učinkovitu pokrovnost tla, utvrđivan je sklop i nadzemna biomasa usjeva (suha tvar, ST). Najveći sklop zabilježen je na tretmanu W ( $484 \text{ m}^{-2}$ ) s utvrđenim značajnim statističkim razlikama u odnosu na ostale tretmane. Tretman R pokazao se najpogodnijim za pokrovnost tla s najvećom produkcijom ST ( $317,88 \text{ g m}^{-2}$ ), a slijedio je tretman RV ( $278,82 \text{ g m}^{-2}$ ). Između smjesa pokrovnih usjeva najboljim tretmanom pokazao se WV s najvećim ostvarenim sklopom ( $328 \text{ m}^{-2}$ ) i RV s najvećom produkcijom suhe tvari ( $278,82 \text{ g m}^{-2}$ ).

**Ključne riječi:** zaštita tla, golo tlo, prekrivanje tla, pokrovni usjevi

## Biofortifikacija nanoselenom – utjecaj na mineralni sastav korijena i lista špinata

Boris Ravnjak<sup>1</sup>, Tomislav Vinković<sup>1</sup>, Zdenko Lončarić<sup>1</sup>, Monika Tkalec Kojić<sup>1</sup>,  
Emerik Galić<sup>1</sup>, Ivana Vinković Vrček<sup>2</sup>, Ivna Štolfa Čamagajevac<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek,  
Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: bravnjak@fazos.hr

<sup>2</sup>Institut za medicinska istraživanja, Ksaverska cesta 2, 10000 Zagreb, Hrvatska

<sup>3</sup>Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju,  
Cara Hadrijana 8/A, 31000 Osijek, Hrvatska

### Sažetak

U ovom istraživanju ispitan je utjecaj biofortifikacije špinata nanoselenom na rast i razvoj te mineralni sastav korijena i lista špinata u usporedbi s konvencionalnom biofortifikacijom selenom u obliku selenata ( $\text{SeO}_4^{2-}$ ). Oba oblika selenata primijenjena su u četiri različite koncentracije u rasponu od 40 do 320  $\mu\text{mol m}^{-3}$  hranjive otopine. Istraživanje je provedeno tijekom 2019. godine u grijanom plasteniku s automatskom kontrolom temperature i prozračivanja u sustavu plutajućeg hidropona. Primjena nanoselena i selenata značajno je utjecala na koncentraciju svih ispitivanih mikro- i makroelemenata u korijenu špinata. Također, oblik selenata značajno je utjecao i na koncentraciju Mg, Cu i Se u listu špinata. Primjena nanoselena rezultirala je značajnim povećanjem koncentracije selenata u korijenu špinata koja je bila prosječno 18 puta veća u usporedbi s biljkama biofortificiranim sa selenatom. Međutim, koncentracija selenata u listu špinata bila je prosječno 8 puta veća u slučaju biofortifikacije sa selenatom. Nadalje, primjena različitih koncentracija selenata kod obaju je oblika statistički značajno utjecala na koncentraciju svih ispitivanih mikro- i makroelemenata u korijenu i listu špinata, osim u slučaju koncentracije Fe i Mg u listu. Slijedom navedenog može se zaključiti da oblik selenata značajno utječe na usvajanje i translokaciju elemenata ishrane u špinatu. Ovo istraživanje financirano je od strane Hrvatske zaklade za znanost u sklopu projekata HRZZ IP-2018-01-8119 i HRZZ-PZS-2019-02-4323.

**Ključne riječi:** biofortifikacija, špinat, mineralni sastav, korijen, list

## Biofortification with nanoselenium – influence on root and leaf nutrient content of spinach

### Abstract

The influence of spinach biofortification with nanoselenium on growth and development, as well as root and leaf nutrient concentration compared to conventional biofortification with selenium in form of selenate ( $\text{SeO}_4^{2-}$ ) was investigated in this research. Both Se forms were applied in four different concentrations ranging from 40 to 320  $\mu\text{mol m}^{-3}$  nutrient solution. Research was carried out during 2019 in a heated greenhouse with automatic control of temperature and ventilation in a floating hydroponic system. The chemical form of selenium significantly influenced the concentration of all analysed nutrients in spinach roots. Also, the Se form significantly influenced the concentration of Mg, Cu and Se in spinach leaves. Therefore, the application of nanoselenium resulted in a significant increase of Se concentration in the spinach root, which was on average 18 times higher compared to plants biofortified with selenate. However, the concentration of selenium in spinach leaves was on average 8 times higher when selenate was applied. Furthermore, the application of different concentrations of selenium in both forms significantly influenced the concentration of all analysed nutrients in roots and leaves of spinach, except in the case of Fe and Mg concentration in the leaf. Accordingly, it can be concluded that the selenium form significantly influences nutrient uptake and translocation in spinach plants. This research was supported by the Croatian Science Foundation (HRZZ) within the projects HRZZ IP-2018-01-8119 and HRZZ-PZS-2019-02-4323.

**Keywords:** biofortification, spinach, nutrient concentration, root, leaf

## Alelopatski utjecaj Teofrastovog mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Medik.) na klijavost i rast soje

Jelena Ravlić<sup>1,2</sup>, Zvonimir Bede<sup>1,2</sup>, Milutin Bede<sup>1</sup>, Doris Adašević<sup>3</sup>, Marija Ravlić<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Agrigenetics d.o.o., Sjenjak 13, 31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: jelaravlic@gmail.com*

<sup>2</sup>*doktorand, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek*

<sup>3</sup>*studentica preddiplomskog studija, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek*

<sup>4</sup>*Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Hrvatska*

### Sažetak

Teofrastov mračnjak (*Abutilon theophrasti* Medik.) invazivna je korovna vrsta u okopavinskim usjevima. Cilj rada bio je utvrditi alelopatski potencijal vodenih ekstrakata Teofrastovog mračnjaka na klijavost sjemena i početni rast klijanaca soje. Vodeni ekstrakti od suhe nadzemne mase Teofrastovog mračnjaka istraženi su u različitim koncentracijama (1 %, 2,5 %, 5 %, 10 %) u laboratorijskom pokusu u Petrijevim zdjelicama. Rezultati istraživanja pokazali su da se povećanjem koncentracije povećavao i negativni alelopatski utjecaj. Utvrđena je značajna inhibicija duljine korijena i svježe mase klijanaca soje koji su bili smanjeni i do 69,9 % odnosno 23 %. S druge strane, nije zabilježeno statistički značajno djelovanje na klijavost sjemena, duljinu izdanka i suhu masu klijanaca soje.

**Ključne riječi:** alelopatija, soja, vodeni ekstrakti, klijavost, *Abutilon theophrasti*

### Uvod

Teofrastov mračnjak (*Abutilon theophrasti* Medik.) jednogodišnja je invazivna vrsta izrazitih kompetitivnih sposobnosti te opasan korov u okopavinskim usjevima (soja, kukuruz, sunco-kret) (Knežević, 2006., Nádasy i sur., 2018.). Osim kompeticije, Teofrastov mračnjak djeluje i alelopatski na druge biljne vrste, i usjeve i korove (Šćepanović i sur., 2007., Balah i Nassar, 2011., Nádasy i sur., 2018., Novak i sur., 2018.).

Alelopatija predstavlja pozitivno ili negativno djelovanje jedne biljne vrste na rast i razvoj biljaka u okruženju putem kemijskih spojeva (alelokemikalija) koje se iz različitih biljnih dijelova otpuštaju u okoliš (Rice, 1984., Alam i sur., 2001.). Alelopatske interakcije u poljoprivrednim sustavima utječu na rast i prinos usjeva te promjenu sastava korovne flore (Singh i sur., 2001.). Poznavanje alelopatskog utjecaja invazivnih vrsta od iznimnog je značaja, s obzirom na njihovu agresivnost i mogućnost brzog širenja (Marinov-Serafimov, 2010., Novak i sur., 2018., Szilágyi i sur., 2018.).

Stoga je cilj istraživanja bio utvrditi alelopatski potencijal vodenih ekstrakata nadzemne mase Teofrastovog mračnjaka na klijavost i početni rast soje.

## Materijal i metode

Nadzemna masa korovne vrste Teofrastov mračnjak prikupljena je u fenološkoj fazi cvatnje (Hess i sur., 1997.) na ruderalnim staništima u Osječko-baranjskoj županiji. Prikupljena masa sušena je u laboratoriju na zraku tijekom 5 dana, a nakon toga u sušioniku na 70 °C tijekom 72 sata. Suha biljna masa izmljevena je u prah električnim mlinom i pohranjena u papirnate vrećice do upotrebe. Vodeni ekstrakti pripremljeni su prema metodi Norsworthy (2003.) miješanjem 100 grama suhe biljne mase s 1000 ml destilirane vode. Nakon 24 sata mješavina je procijeđena kroz muslinsko platno kako bi se uklonile grube čestice, a nakon toga filtrirana kroz filter papir kako bi se dobio ekstrakt koncentracije 10 %. Daljnjim razrjeđivanjem ekstrakta destiliranom vodom dobiveni su ekstrakti koncentracije 5 %, 2,5 % i 1 %.

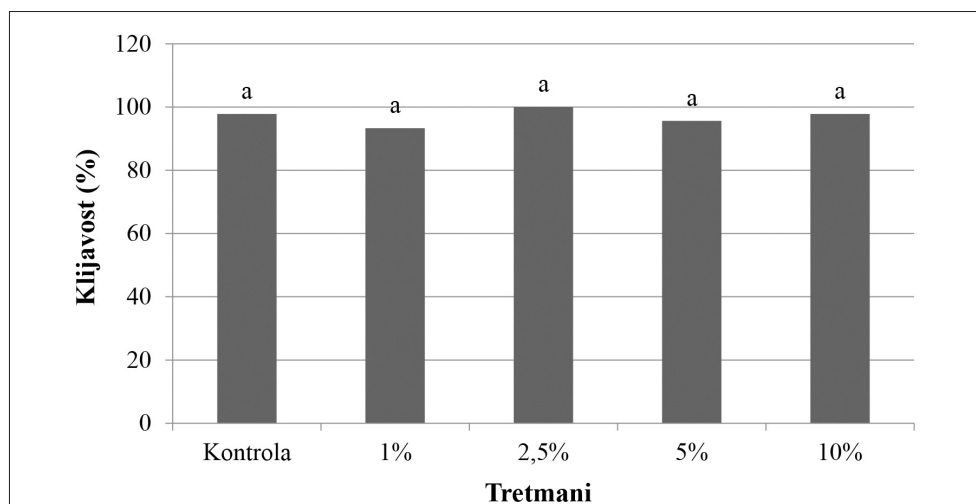
U pokusu je kao test vrsta korišteno sjeme soje (cv. Atacama). Sjeme soje površinski je dezinficirano prije pokusa 1 % NaOCl tijekom 20 minuta, nakon čega je isprano destiliranom vodom (Siddiqui i sur., 2009.).

Pokus je proveden u laboratorijskim uvjetima u Petrijevim zdjelicama prema potpuno slučajnom planu u četiri ponavljanja, a pokus je proveden dva puta. Tretmani su se sastojali od naklijavanja 15 sjemenki soje na filter papiru navlaženom s 8 ml ekstrakta određene koncentracije. U kontrolnom tretmanu korištena je destilirana voda. Sjeme soje naklijavano je 5 dana pri temperaturi od 22 (± 2) °C na laboratorijskim klupama.

Alelopatički potencijal ekstrakata Teofrastovog mračnjaka procijenjen je mjerenjem klijavosti sjemena (%), duljine korijena i izdanka (cm) te svježe i suhe mase klijanaca (mg) soje. Prikupljeni podatci analizirani su statistički analizom varijance (ANOVA), a razlike između srednjih vrijednosti tretmana testirane su LSD testom na razini 0,05.

## Rezultati i rasprava

Vodeni ekstrakti Teofrastovog mračnjaka u primjenjenim koncentracijama nisu pokazali statistički značajan alelopatički utjecaj na klijavost sjemena soje (Grafikon 1.).



Grafikon 1. Alelopatički utjecaj vodenih ekstrakata Teofrastovog mračnjaka na klijavost (%) sjemena soje

Rezultati su u skladu s rezultatima Novak i sur. (2018.) koji također navode da vodeni ekstrakti od svježe nadzemne mase Teofrastovog mračnjaka nemaju inhibitorno djelovanje na klijavost sjemena uljane repice, suncokreta i zobi. S druge su strane Nádasy i sur. (2018.) u tretmanima s vodenim ekstraktima od suhe mase korijena i nadzemne mase Teofrastovog mračnjaka zabilježili smanjenje klijavosti sjemena kukuruza do 19 %, dok Balah i Nassar (2011.) navode 100 % smanjenje klijavosti sjemena tušta (*Portulaca oleracea* L.) pri koncentraciji ekstrakata od 10 %. Alelopatički potencijal pojedine biljne vrste ovisi o brojnim čimbenicima kao što su koncentracija/doza, biljni dio, stanje biljne mase, način oslobađanja alelokemikalija te test vrsta (Marinov-Serafimov, 2010., Ravlić, 2015.). Razlike u klijavosti utvrđene su i među genotipovima istih vrsta pri primjeni ekstrakta iste koncentracije (Aleksieva i Marinov-Serafimov, 2008., Baličević i sur., 2014.).

Statistički značajan alelopatički utjecaj zabilježen je na duljinu korijena soje (Tablica 1.), a s povećanjem koncentracije povećalo se i negativno alelopatičko djelovanje ekstrakata. U tretmanu s ekstraktom koncentracije 2,5 % duljina korijena smanjena je za 37,9 %, dok je pri najvećoj koncentraciji smanjenje iznosilo 69,9 %. Duljina izdanka klijanaca soje nije bila značajno smanjena niti pri jednoj koncentraciji ekstrakta. Nádasy i sur. (2018.) također navode izraženiji inhibitorni utjecaj vodenih ekstrakata na duljinu korijena u odnosu na duljinu izdanka kukuruza, koji može biti posljedica direktnog doticaja korijena s alelokemikalijama na filter papiru (Correira i sur., 2005.). Međutim, vodeni ekstrakti Teofrastovog mračnjaka također mogu značajno smanjiti duljinu izdanka klijanaca i do 88,9 % u odnosu na kontrolu (Novak i sur., 2018.). Alelokemikalije izolirane iz različitih dijelova Teofrastovog mračnjaka uključuju fenolne spojeve i terpenoide (Kazinczi i sur., 2001.) te flavonoide (delfinidin, cijanidin, kvercetin) koji su značajno inhibirali rast korijena testiranih vrsta (Paszkowski i Kremer, 1988.).

Tablica 1. Alelopatički utjecaj vodenih ekstrakata Teofrastovog mračnjaka na duljinu korijena i izdanka (cm) klijanaca soje

Tretman	Duljina korijena (cm)	Duljina izdanka (cm)
Kontrola	6,74 a	4,51 a
1 %	5,91 a	4,91 a
2,5 %	4,18 b	4,39 a
5 %	3,08 c	4,90 a
10 %	2,03 d	4,32 a

a,b,c – vrijednosti označene istim slovom u koloni nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ )

Svježa masa klijanaca soje statistički je značajno snižena pri dvije najviše koncentracije vodenog ekstrakta i to za 17,3 %, odnosno 23,3 % (Tablica 2.). Smanjenje svježe mase korijena i izdanka klijanaca kukuruza do 45 %, odnosno 30 %, zabilježili su i Nádasy i sur. (2018.) u tretmanima s vodenim ekstraktima korijena i nadzemne mase Teofrastovog mračnjaka.

Suha masa klijanaca u tretmanima s ekstraktima nije se razlikovala od suhe mase u kontrolnom tretmanu (Tablica 2.). Baličević i sur. (2018.) također nisu zabilježili promjene u suhoj masi klijanaca, dok je svježa masa klijanaca bila stimulirana u odnosu na kontrolu. Autori povećanje svježe mase klijanaca pripisuju većem usvajanju vode kao odgovora biljke na toksičnost ekstrakata (Eshan i sur., 2012.).



Tablica 2. Alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata Teofrastovog mračnjaka na svježju i suhu masu (mg) klijanaca soje

Tretman	Svježja masa (mg)	Suha masa (mg)
Kontrola	221,76 a	20,28 a
1 %	224,16 a	20,27 a
2,5 %	202,58 ab	19,74 a
5 %	190,08 bc	17,90 a
10 %	170,24 c	18,22 a

a,b,c – vrijednosti označene istim slovom u koloni nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ )

## Zaključak

Dobiveni rezultati ukazali su na negativno alelopatsko djelovanje vodenih ekstrakata od suhe nadzemne mase Teofrastovog mračnjaka na soju. Alelopatski utjecaj ovisio je o koncentraciji te mjerenom parametru. Povećanjem koncentracije ekstrakta negativni utjecaj se povećavao, no statistički značajno inhibitorno djelovanje zabilježeno je samo na duljinu korijena te na svježju masu klijanaca soje.

## Literatura

1. Alam, S.M., Ala, S.A., Azmi, A.R., Khan, M.A., Ansari, R. (2001): Allelopathy and its role in agriculture. *Journal of Biological Sciences*, 1 (5), 308-315.
2. Aleksieva, A., Marinov-Serafimov, P. (2008): A study of allelopathic effect of *Amaranthus retroflexus* (L.) and *Solanum nigrum* (L.) in different soybean genotypes. *Herbologia*, 9 (2), 47-58.
3. Balah, M.A., Nassar, M.I. (2011): Allelopathic constituents from *Abutilon theophrasti* aerial parts to other weeds. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 7 (2), 243-250.
4. Baličević, R., Ravlić, M., Lucić, K., Tatarević, M., Lucić, P., Marković, M. (2018): Allelopathic effect of *Aloe vera* (L.) Burm. F. on seed germination and seedlings growth of cereals, industrial crops and vegetables. *Poljoprivreda*, 24 (2), 13-19.
5. Baličević, R., Ravlić, M., Knežević, M., Serezlija, I. (2014): Allelopathic effect of field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) water extracts on germination and initial growth of maize. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 24 (6), 1844-1848.
6. Correia, N.M., Centurion, M.A.P.C., Alves, P.L.C.A. (2005): Influence of sorghum aqueous extracts on soybean germination and seedling development. *Ciência Rural*, 35 (3), 498-503.
7. Eshan, M., Hussain, F., Mubarak, S.S. (2012): Allelopathic potential of *Anagalis arvensis* L. *African Journal of Biotechnology*, 11 (46), 10527-10533.
8. Hess, M., Barralis, G., Bleiholder, H., Buhr, H., Eggers, T., Hack, H., Stauss, R. (1997): Use of the extended BBCH scale – general for the description of the growth, stages of mono- and dicotyledonous species. *Weed Research*, 37, 433-441.
9. Kazinczi, G., Beres, I., Narwal, S.S. (2001): Allelopathic plants. 3. Velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic.). *Allelopathy Journal*, 8 (2), 179-188.
10. Knežević, M. (2006): Atlas korovne, ruderalne i travnjačke flore. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
11. Marinov-Serafimov, P. (2010): Determination of allelopathic effect of some invasive weed species on germination and initial development of grain legume crops. *Pesticides and Phytomedicine*, 25 (3), 251-259.

12. Nádasy, E., Pásztor, G., Béres, I., Szilágyi, G. (2018): Allelopathic effects of *Abutilon theophrasti*, *Asclepias syriaca* and *Panicum ruderales* on maize. U: Proceedings of 28<sup>th</sup> German Conference on Weed Biology and Weed Control, Braunschweig, Germany, Julius-Kühn-Archiv, 454-458.
13. Norsworthy, J. K. (2003): Allelopathic potential of wild radish (*Raphanus raphanistrum*). Weed Technology, 17, 307-313.
14. Novak, N., Novak, M., Barić, K., Šćepanović, M., Ivić, D. (2018): Allelopathic potential of segetal and ruderal invasive alien plants. Journal of Central European Agriculture, 19 (2), 408-422.
15. Paszkowski, W.I., Kremer, R.J. (1988): Biological activity and tentative identification of flavonoid components in velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic.) seed coats. Journal of Chemical Ecology, 14, 1573-1582.
16. Ravlić, M. (2015): Alelopatsko djelovanje nekih biljnih vrsta na rast i razvoj usjeva i korova (Doktorski rad). Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek. pp. 147.
17. Rice, E.L. (1984): Allelopathy. 2nd Edition, Academic Press, New York.
18. Siddiqui, S., Bhardwaj, S., Khan, S. S., Meghvanshi, M. K. (2009): Allelopathic effect of different concentration of water extract of *Prosopis juliflora* leaf on seed germination and radicle length of wheat (*Triticum aestivum* Var-Lok-1). American-Eurasian Journal of Scientific Research, 4 (2), 81-84.
19. Singh, H.P., Batish, D.R., Kohli, R.K. (2001): Allelopathy in agroecosystems: an overview. Journal of Crop Production, 14 (4), 1-42.
20. Szilágyi, A., Radócz, L., Tóth, T. (2018): Allelopathic effect of invasive plants (*Eriochloa villosa*, *Asclepias syriaca*, *Fallopia x bohemica*, *Solidago gigantea*) on seed germination. Acta Agraria Debreceniensis, 74, 179-182.
21. Šćepanović, M., Novak, N., Barić, K., Ostojić, Z., Galzina, M., Goršić, M. (2007): Alelopatski utjecaj korovnih vrsta *Abutilon theophrasti* Med. i *Datura stramonium* L. na početni razvoj kukuruza. Agronomski glasnik, 69 (6), 459-472.

## Allelopathic effect of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medik.) on germination and growth of soybean

### Abstract

Velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medik.) is an invasive weed species in numerous crops. The aim of the study was to determine the allelopathic potential of velvetleaf water extracts on seed germination and initial growth of soybean. Water extracts from dry above-ground mass of velvetleaf in different concentrations (1%, 2.5%, 5%, 10%) were evaluated in a laboratory experiment in Petri dishes. The results of the study showed that the increase in extract concentration increased the negative allelopathic effect. Significant inhibition of root length and fresh weight of soybean seedlings was found, with a reduction of up to 69.9% and 23.3%, respectively. On the other hand, a statistically significant effect on seed germination, shoot length, and dry weight of soybean seedlings was not observed.

**Keywords:** allelopathy, soybean, water extracts, germination, *Abutilon theophrasti*

Predhodno priopćenje / Preliminary Communication

## Usporedba utjecaja dva mikrobiološka gnojiva na rast i razvoj cinije (*Zinnia elegans* L.)

Božica Japundžić-Palenkić, Nataša Romanjek Fajdetić, Branimir Vujčić

*Veleučilište u Slavanskom Brodu, Dr. Mile Budaka 1, 35000 Slavonski Brod,  
e-mail: bjpalenkic@vusb.hr*

### Sažetak

Mikrobiološka gnojiva sadrže različite vrste mikroorganizama koji pomažu pri uzgoju biljaka na ekološki prihvatljiv način. Cilj ovoga istraživanja bio je usporediti utjecaj dvaju mikrobioloških gnojiva (Slavol i Terra Green) na rast i razvoj cinije (*Zinnia elegans* L.). Pokus je postavljen u četiri ponavljanja s 20 presadnica za svako gnojivo. Utjecaj gnojiva na rast i razvoj presadnica utvrđen je mjerenjem mase presadnice, mase nadzemnog dijela, visine nadzemnog dijela, broja listova i suhe mase nadzemnog dijela. Nije utvrđen značajan utjecaj gnojiva na mjerena svojstva, ali je utvrđena značajna korelacija između visine nadzemnog dijela i mase ( $P \leq 0,05$ ) te visine nadzemnog dijela i broja listova ( $P \leq 0,01$ ) kod presadnica tretiranih Slavolom. Utjecaj gnojiva na rast i razvoj biljaka cinije utvrđen je mjerenjem broja koljenaca, broja postranih grana, broja listova, promjera cvijeta i visine biljaka pri čemu nije utvrđena značajna razlika u vrijednostima praćenih svojstava između korištenih gnojiva. Dobiveni rezultati pokazuju da su Slavol i Terra Green jednakovrijedna mikrobiološka gnojiva za proizvodnju cinije.

**Ključne riječi:** mikrobiološko gnojivo, Slavol, Terra Green, cinija (*Zinnia elegans* L.), rast i razvoj

### Uvod

Konvencionalna poljoprivreda koja se zasniva na korištenju kemijskih sredstava zaštite i upotrebi anorganskih gnojiva dovodi do erozije tla, gubitka hranjiva, akumulacije soli i drugih toksičnih elemenata te ispiranja tla, što u konačnici dovodi do gubitka plodnosti tla. Stoga se sve više javlja potreba za mijenjanjem načina proizvodnje i uvođenjem mikrobioloških gnojiva koja su važna za uspostavu održive poljoprivredne proizvodnje (Bloemberg i sur., 2000.). Cilj je organske proizvodnje zaštita i poboljšanje agroekosustava, bioraznolikosti i biološkog sastava tla. Prisutnost mikroorganizama u rizosferi tla kao i različiti spojevi koje oni izlučuju mogu stimulirati rast biljaka (Miransari, 2011.). Mikroorganizmi u tlu i rizosferi važni su čimbenici za razvoj i otpornost biljke na patogene (Berendsen i sur., 2012.). Korisni ili efektivni mikroorganizmi (EM) označavaju pojam koji se pojavljuje devedesetih godina prošlog stoljeća. Začetnik koncepta korištenja korisnih mikroorganizama je Teruo Higa (Higa, 1991., Higa i Wididana, 1991.). EM mogu se upotrebljavati kao dodatak gnojidbi ili se njima može tretirati tlo, što posljedično uzrokuje povećanje raznolikosti mikrofaune tla (Condor – Golec i sur., 2007.). Kako navode Higa i Parr (1994.) efektivni mikroorganizmi mogli bi se definirati kao mikrobiološka gnojiva koja se proizvode korištenjem selekcioniranih vrsta mikroorganizama kao što su bakterije, kvasci,

aktinomicete i neki drugi mikroorganizmi. EM nisu zamjena za druge načine poboljšanja svojstava tla i razvoja biljaka. Oni omogućuju optimalno iskorištavanje organskih poboljšivača tla, recikliranje ostataka usjeva i biokontrolu patogena (Higa i Wididana, 1991.). Rezultati provedenih istraživanja ukazuju na to da je pozitivan učinak EM iz primijenjenih mikrobioloških gnojiva na fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla direktno povezan s prinosom (Rivera-Cruz i sur., 2008., Shen i sur., 2013.). Povećanje prinosa može se tumačiti povećanjem sadržaja organske tvari, ukupnog dušika i aktivnosti enzima tla zbog obogaćivanja tla bakterijama roda *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Lysobacter* i *Ohtaekwangia* (Wang i sur., 2016.). Mikroorganizmi pozitivno djeluju na rast i razvoj biljaka povećanjem pristupačnosti pojedinih makroelemenata i mikroelemenata neophodnih za ishranu biljaka. Povećanje pristupačnosti dušika omogućuju bakterije roda *Rhizobium* koje djeluju u simbiozi s domaćinom, te *Azospirillum* kao nesimbiotski fiksatori atmosferskog dušika (Arzanesh i sur., 2010. cit. Miransari, 2011.). *Pseudomonas fluorescens* i *Pseudomonas putida* povećavaju pristupačnost fosfora izlučujući organske kiseline i enzim fosfatazu (Abbas-Zadeh i sur., 2010.). Također, izlučene siderofore mogu povećati topivost željeza i time olakšati biljkama njegovo usvajanje (Lugtenberg i Kamilova, 2009.). Mikrobiološka gnojiva sadrže različite vrste mikroorganizama koji pomažu biljkama prevladati nepovoljne okolišne uvjete (Matahlija, 2012.) uz postizanje većeg prinosa zbog bolje opskrbe hranivima (Kovács i sur., 2011., Bákonji i sur., 2011., Vinković i sur., 2010.).

Povećanje raspoloživosti hraniva korištenjem mikroorganizama ovisno je o nizu biotskih i abiotičkih činitelja. Stoga je za svaku biljnu vrstu i tip tla, uz uvažavanje klimatskih uvjeta, potrebno izabrati odgovarajuće mikrobiološko gnojivo kako bi ono imalo optimalan učinak na porast biljke (Miransari, 2011.). Stoga je cilj ovoga istraživanja bio usporediti djelovanje dvaju mikrobioloških gnojiva na rast i razvoj cinije (*Zinnia elegans* L.).

## Materijali i metode

Za usporedbu djelovanja mikrobioloških gnojiva na rast i razvoj cinije (*Zinnia elegans*) u ovom istraživanju provedenom u Slavanskom Brodu korištena su dva gnojiva: Slavol i Terra Green. Slavol je prirodno mikrobiološko gnojivo koje sadrži dvije grupe bakterija: nitrofiksatore i fosfominalizatore, kao i neke biostimulatore. Osim navedenog, omogućuje produkciju entomotoksina koji štite biljke od kukaca. U ovom je istraživanju Slavol korišten za prihranu tijekom zalijevanja jednom tjedno u koncentraciji 50 mL/10 L vode. Terra Green je primjenjivan istom dinamikom u koncentraciji 1 L/10 L vode. Navedena gnojiva primjenjivana su od početka pokusa (sjetve). Prema navodima proizvođača, Terra Green je mikrobiološko gnojivo koje sadrži: mliječno kisele bakterije, fotosintetske bakterije, kvasce, melasu iz šećerne trske i vodu, a kemijski sastav je: N 1,5 – 1,9 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,02 – 0,09 %, K<sub>2</sub>O 1,15 – 1,9 %, Ca 0,11 – 0,28 %, Cd < 0,1 mg/kg, Cu < 4,2 mg/kg, Cr < 4 mg/kg, Hg < 0,01 mg/kg, Ni < 6 mg/kg, Pb < 0,7 mg/kg, Zn < 20 mg/kg. Sjeme korišteno za ovo istraživanje mješavina je sjemena *Zinnia elegans*, proizvođača Royal seeds iz Italije, deklarirane klijavosti 89 % s rokom valjanosti do 30. 12. 2021. godine. Sjeme je posijano 23. 5. 2017. u kontejnere za uzgoj i transport presadnica Pöpellmann TEKU (EP 2128/20) dimenzija 28 cm x 21 cm x 6 cm s 20 sjetvenih mjesta i volumenom sjetvenog mjesta 150 mL. Kontejneri su napunjeni istom količinom supstrata koji je prethodno izvagan. Nakon što su presadnice razvile kotiledone i dva prava lista presađene su (7. 6. 2017.) u lončice Pöpellmann TEKU promjera 12 cm također napunjenim ujednačenom količinom (masom) supstrata. Za uzgoj cinije korišten je supstrat Florabella (Klasmann) koji sadrži mješavinu crnog i bijelog sphagnum treseta, gline, vapna i kompleksno vodotopivo gnojivo. Struktura supstrata Florabella bila je srednje fina do srednje gruba, sa sljedećim kemijskim svojstvima: pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub> 5,5 – 6, EC 45 mS/m (+/- 25 %), magnezij (Mg) 100 mg/l, dušik 210 mg/l, fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 150 mg/l,

kalij (K<sub>2</sub>O) 170-390 mg/l (<http://klasmann-deilmann.com/en/competencies/substrates/easy-growing>). Pokus je postavljen u četiri ponavljanja s ukupno dvadeset biljaka za svako gnojivo (tretman). Nakon porasta presadnica (23. 6. 2017.) izmjerene su: masa presadnice (sa supstratom), masa nadzemnog dijela, visina nadzemnog dijela, broj listova i suhe mase nadzemnog dijela. Dobivene vrijednosti uspoređene su između mikrobioloških gnojiva koja su korištena za tretiranje. Za utvrđivanje utjecaja gnojiva na rast i razvoj biljaka, odabrane su po dvije biljke od svakog ponavljanja i presađene u posude promjera 20 cm ispunjene Florabellom (25. 6. 2017.). Na tim biljkama utvrđeni su (16. 7. 2017.): broj koljenaca, broj postranih grana, broj listova, promjer cvijeta i visina biljke. U ovom istraživanju gnojiva su primijenjena zalijevanjem prema preporuci proizvođača. Dobivene vrijednosti mjerenih parametara statistički su obrađene korištenjem programskog paketa SAS po GLM proceduri, uz primjenu F testa i LSD testa. Povezanost visine nadzemnog dijela i mase te visine nadzemnog dijela i broja listova presadnica ispitana je korelacijskom analizom.

## Rezultati i rasprava

Utvrđena prosječna masa presadnica cinije (zajedno sa supstratom) tretiranih gnojivom Slavol iznosila je 236,98 g, a kod tretiranih gnojivom Terra Green 244,4 g (Tablica 1.). Analizom ukupne mase (sa supstratom) presadnica cinije nije utvrđena značajna razlika između presadnica tretiranih gnojivima Slavol i Terra Green, iako je kod presadnica cinije tretiranih gnojivom Slavol utvrđena masa veća za 7,42 g od presadnica tretiranih gnojivom Terra Green (Tablica 1.).

Tablica 1. Ukupna masa (g), masa nadzemnog dijela (g), visina nadzemnog dijela (cm), broj listova i mase suhe tvari (g) presadnica cinije

GNOJIVO	SVOJSTVA PRESADNICA				
	Masa presadnice (g)	Masa nadzemnog dijela (g)	Masa suhe tvari (g)	Visina nadzemnog dijela (cm)	Broj listova
Slavol	236,98n.s.	4,86n.s.	0,47n.s.	19,68n.s.	10,54n.s.
Terra Green	244,4n.s.	4,12n.s.	0,41n.s.	18,84n.s.	9,53n.s.

n.s. nije značajno

Masa nadzemnog dijela presadnica cinije iznosila je 4,12 g kod presadnica tretiranih Terra Greenom odnosno 4,86 g kod presadnica tretiranih Slavolom (Tablica 1.). Veća masa nadzemnog dijela presadnica (za 0,74 g) utvrđena je kod presadnica tretiranih Slavolom u odnosu na gnojivo Terra Green bez statističke značajnosti (Tablica 1.). Također, suha masa nadzemnog dijela presadnica bila je veća kod presadnica tretiranih Slavolom (0,47 g) nego kod presadnica tretiranih Terra Greenom (0,41 g) (Tablica 1.). Utvrđena razlika u masi suhe tvari (0,06 g) nije bila statistički značajna (Tablica 1.). Visina nadzemnog dijela presadnica cinije tretiranih gnojivom Terra Green iznosila je 18,84 cm, dok je kod presadnica tretiranih Slavolom utvrđena veća visina (19,68 cm) (Tablica 1.). Razlika u visini nadzemnog dijela presadnica cinije (0,84 cm) nije bila statistički značajna (Tablica 1.). Utvrđeni broj listova presadnica cinije tretiranih Slavolom iznosio je 10,54, a kod presadnica tretiranih Terra Greenom 9,53 (Tablica 1.). Razlika u broju listova (1,01) nije se značajno razlikovala (Tablica 1.). Analizirajući kvalitativna svojstva presadnica utvrđena je korelacija ( $P \leq 0,05$ ) između visine nadzemnog dijela i mase nadzemnog dijela presadnica tretiranih mikrobiološkim gnojivom Slavol ( $r = 0,98$ ). Također je utvrđena korelacija ( $P \leq 0,01$ ) između visine nadzemnog dijela i broja listova kod biljaka tretiranih pod djelovanjem mikrobiološkog gnojiva Slavol ( $r = 0,99$ ). Nakon što su se presadnice razvile, utvrđena su kva-

litativna svojstva biljaka: broj nodija, postranih grana, listova te promjer cvijeta i visina nadzemnog dijela (Tablica 2.). Biljke su razvile različiti broj nodija (Tablica 2.). Manji broj nodija imale su biljke tretirane Slavolom (8,63) dok su biljke tretirane Terra Greenom imale 8,75 nodija. Utvrđena razlika (0,12) nije bila statistički značajna (Tablica 2.).

Tablica 2. Broj nodija, postranih grana, listova te promjer cvijeta (cm) i visina nadzemnog dijela (cm) biljaka cinije

GNOJIVO	SVOJSTVA BILJAKA				
	Broj nodija	Broj postranih grana	Broj listova	Promjer cvijeta (cm)	Visina nadzemnog dijela (cm)
Slavol	8,63n.s.	6,63n.s.	62,38n.s.	7,31n.s.	92n.s.
Terra Green	8,75n.s.	7,5n.s.	68,88n.s.	6,38n.s.	92,38n.s.

n.s. nije značajno

Isto tako, veći broj postranih grana razvile su biljke tretirane gnojivom Terra Green (7,5) dok su biljke tretirane Slavolom imale 6,63 postrane grane (Tablica 2.). Nije utvrđena značajna razlika u broju postranih grana između biljaka tretiranih mikrobiološkim gnojivima Slavol i Terra Green (Tablica 2.). Broj listova kod biljaka tretiranih gnojivom Terra Green iznosio je 68,88, a kod biljaka tretiranih gnojivom Slavol 62,38 (Tablica 2.). Utvrđena razlika u broju listova (6,5) (Tablica 2.) nije bila značajna. Biljke tretirane Slavolom razvile su cvjetove većeg promjera (7,31 cm) u odnosu na biljke tretirane Terra Greenom (6,38 cm) (Tablica 2.). Nije utvrđena značajna razlika u promjeru cvjetova između biljaka tretiranih gnojivom Terra Green i Slavol (Tablica 2.). Visina nadzemnog dijela bila je kod biljaka tretiranih gnojivom Terra Green 92,38 cm, a kod biljaka tretiranih Slavolom 92 cm (Tablica 2.). Razlika između visina nadzemnog dijela koja je iznosila 0,38 cm nije bila statistički značajna (Tablica 2.).

Positivan učinak mikrobioloških gnojiva i/ili preparata dokazan je kod ratarskih (Bákonyi i sur., 2011., Kovács i sur., 2011., Dolijanović, i sur., 2012., Matoša Kočar i sur., 2014.), povrćarskih (Bákonyi i sur., 2011., Vinković i sur., 2010., Zeljković i sur., 2014., Parađiković, 2018.) i cvjetnih vrsta (Tkalec i sur., 2012., Zeljković i sur., 2013., Parađiković i sur., 2018.). Zbog kompleksne interakcije mikroorganizama tla, mikrobioloških gnojiva te biljne vrste i tla odnosno supstrata potrebno je provoditi daljnja istraživanja kako bi se točno utvrdilo kakav sastav mikrobiološkog gnojiva je optimalan za određene agroekološke uvjete.

## Zaključak

Na temelju provedenih istraživanja usporedbe dvaju mikrobioloških gnojiva (Terra Green i Slavol) na rast i razvoj presadnica cinije može se zaključiti da kvalitativna svojstva presadnica i biljaka cinije (koja su služila kao parametri usporedbe) nisu bila pod značajnim utjecajem niti jednog mikrobiološkog gnojiva. Naime, između biljaka tretiranih navedenim gnojivima nisu utvrđene značajne razlike te se može zaključiti da su oba korištena mikrobiološka gnojiva jednakovrijedna za uzgoj cinije. Tretiranje presadnica cinije sa mikrobiološkim preparatom Slavol pozitivno je utjecalo na njihovu vizualnu kvalitetu.

## Literatura

1. Abbas-Zadeh, P., Saleh-Rastin, N., Asadi-Rahmani, H., Khvazi, K., Soltani, A., Shoary-Nejati, A.R., Miransari, M. (2010): Plant growth promoting activities of fluorescent pseudomonads, isolated from the Iranian soils. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32, 281-288.
2. Bákonyi, N., Lévai, L., Gajdos, E., Tóth, B., Veres, S. (2011): Physiological responses of maize and cucumber to the biofertilizer treatment under alkaline condition. 4th international scientific/professional conference »Agriculture in Nature and Environment Protection«, 130-135.
3. Berendsen, R.L., Pieterse, C.M.J., Bakker, P.A.M.H. (2012): The rizosphere microbiome and plant health. *Trends in Plant Science*, 17, 478-486.
4. Bloemberg, G.V., Wijfijes, A.H.M., Lamers, G.E.M., Stuurman, N., Lugtenberg, B.J.J. (2000): Simultaneous imaging of *Pseudomonas fluorescens* WCS 3655 populations expressing three different auto-fluorescent protein in rizosphere: new perspective for studying microbial communities. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 13 (11), 1170-1176.
5. Condor-Golec, A.F., Perez, P.G., Lokare, C. (2007): Effective Microorganisms: Myth or reality? *Revista Peruana de Biología*, 14 (2), 315-319.
6. Dolijanović, Ž., Oljača, S., Kovačević, D., Jug, I., Stipešević, B., Poštić, D (2012): Utjecaj agrotehničkih mjera na prinos zrna pira (*Triticum aestivum* spp. *spelta*) u organskom sustavu uzgoja. *Proceedings of 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture*, 51-55.
7. Higa, T. (1991): Effective microorganisms: A biotechnology for mankind. P. 8-14. *In* J. F. Parr, S. B. Hornick and C. E. Whitman (ed.) *Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming*, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., USA.
8. Higa, T., Wididana G.N. (1991): The concept and theories of Effective Microorganisms. P. 118-124. *In* J. F. Parr, S. B. Hornick and C.E. Whitman (ed.) *Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming*, U. S. Department of Agriculture, Washington, D. C., USA.
9. Higa, T., Paar, J.F. (1994): Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment, *International nature farming research center Atami, Japan*.
10. Kovács, A.B., Kremper, R., Szabo, A. (2011): Effects of ammonium-nitrate and bacterial fertilizer on the yield and nutrient content of maize (*Zea mays* L.). 4th international scientific/professional conference »Agriculture in Nature and Environment Protection«, 142-148.
11. Lugtenberg, B., Kamilova, F. (2009): Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*, 63, 541-556.
12. Matahlija, E. (2012): Djelovanje i primjena mikrobioloških i organskih preparata za ishranu i zaštitu u poljoprivrednoj proizvodnji. 5th international scientific/professional conference »Agriculture in Nature and Environment Protection«, 333.
13. Matoša Kočar, M., Sudarić, A., Josipović, A., Markulj, A., Kovačević, M. (2014): Effect of beneficial microorganism technology and genotype interaction on soybean seed quality. 7th international scientific/professional conference »Agriculture in Nature and Environment Protection«, 196-200.
14. Miransari, M. (2011): Soil microbes and plant fertilisation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 92, 875-885.
15. Parađiković, N., Teklić, T., Zeljković, S., Lisjak, M., Špoljarević, M. (2018): Biostimulants research in some horticultural plant species – A review. *Food and energy security*, John Wiley & Sons Ltd. and the Association of Applied Biologists, 1-17.
16. Rivera-Cruz, M.D.C, Narcia, A.T., Ballona, G.C., Kohler, J., Caravaca, F., Roldan, A. (2008): Poultry manure and banana waste are effective biofertilizer carriers for promoting plant growth and soil sustainability in banana crops. *Soil Biology and Biochemistry*, 40, 12, 3092-3095.
17. Shen, Z., Zhong, S., Wang, Y., Wang, B., Mei, X., Li, R., Ruan, Y., Shen, Q. (2013): Induced soil microbial suppression of banana fusarium wilt disease using compost and biofertilizers to improve yield and quality. *European Journal of Soil Biology*, 57, 1-8.

18. Tkalec, M., Parađiković, N., Zeljković, S., Vinković, T. (2012): Efficiency of biostimulant on growth and development of wild rose. Book of abstract of 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture, 110-111.
19. Vinković, T., Parađiković, N., Tkalec, M., Teklić, T., Lončarić, Z. (2010): Effect of biostimulants on nutrient content in some organs and tomato plant. Book of abstracts 45th Croatian and 5th International Symposium on Agriculture, 142-143.
20. Zeljković, S., Parađiković, N., Vinković, T., Tkalec, M., Maksimović, I., Haramija, J. (2013): Nutrient status, growth and proline concentration of French marigold (*Tagetes patula* L.) as affected by biostimulant treatment. Journal of Food, Agriculture and Environment, 11 (3-4), 2324–2327.
21. Zeljković, S., Parađiković, N., Šušak, U., Tkalec, M. (2014): Rast i razvoj rasada bosiljka (*Ocimum basilicum* L.) pod uticajem biostimulatora. Agro-knowledge Journal, 15 (4), 145-424.
22. Wang, L., Yang, F., E, Y., Yuan, J., Raza, W., Huang, Q., Shen, Q. (2016): Long-Term Application of Bioorganic Fertilizers Improved Soil Biochemical Properties and Microbial Communities of an Apple Orchard Soil. Frontiers in Microbiology, 7, 1893.

## Comparing two microbiological fertilizers and their influence on the growth and development of *Zinnia elegans*

### Abstract

Microbiological fertilizers contain selected species of microorganisms which help growing plants in an ecologically acceptable way. The aim of this paper was to compare the influence of two fertilizers (Slavol and Terra Green) on the growth and development of *Zinnia elegans*. The trial was conducted in four repetitions with 20 transplants for every fertilizer. The influence of fertilizer on seedlings was determined by measuring the transplants weight, above ground weight, above ground length, number of leaves and dry matter weight. The influence of fertilizers on the measured parameters was not determined but the correlation between the length and above ground weight ( $P \leq 0.05$ ), as well as between the above ground length and number of leaves ( $P \leq 0.01$ ) was determined on transplants treated with Slavol. Tested fertilizers showed no significant difference between the investigated parameters (number of nodes, number of side branches, number of leaves, diameter of flowers and length) of the zinnia plants. The results show equal benefit of using Slavol or Terra Green in *Zinnia elegans* production.

**Key words:** microbiological fertilizers, Slavol, Terra Green, *Zinnia elegans* L., growth, development



## Utjecaj dviju vrsta tla različitih fizikalno-kemijskih karakteristika na kvalitetu peršina korjenša (*Petroselinum crispum* ssp. *tuberosum* Mill.)

Božica Japundžić-Palencić<sup>1</sup>, Katarina Širajčić<sup>1</sup>,  
Nataša Romanjek Fajdetić<sup>1</sup>, Brigita Popović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Veleučilište u Slavanskom Brodu, dr. M. Budaka 1, Slavonski Brod, Hrvatska,  
e-mail: nrfajdetic@vusb.hr

<sup>2</sup>Fakultet biotehničkih znanosti Sveučilišta J.J.Strossmayera u Osijeku,  
Vladimira Preloga 1, Osijek

### Sažetak

Peršin (*Petroselinum crispum* ssp. *tuberosum* Mill.) pripada korjenastom povrću koje preferira strukturna, prozirna i umjereno kisela tla. Cilj rada bio je utvrditi kvalitativna svojstva peršina uzgojenog u dva tipa tla s dvije lokacije kontinentalne Hrvatske: Osječko-baranjske (luvisol) i Brodsko-posavske (hipoglej) županije. Tla su bila različitih fizikalno-kemijskih karakteristika. Pokus je postavljen randomizirano u četiri ponavljanja sjetvom sjemena peršina sorte Berlinski u posude promjera 20 cm (2,5 L) te su uspoređena morfološka svojstva: promjer korijena, masa korijena, masa listova peršina, broj listova i duljina listova. Sva utvrđena morfološka svojstva bila su statistički značajno veća kod peršina uzgojenog u lesiviranom tlu iz Osječko-baranjske županije.

**Ključne riječi:** peršin, tlo, kvalitativna svojstva

### Uvod

Peršin (*Petroselinum crispum* Mill.) je dvogodišnja biljka koja pripada porodici Apiaceae ili Umbeliferae i rodu *Petroselinum* (Agyare i Apenteng, 2017.). Premda potječe iz Europe i zapadne Azije, danas se uzgaja u čitavom svijetu (Bailey i sur., 1976.). Aromatične biljke, pa tako i peršin bogate su fitokemijskim tvarima s jakim antioksidacijskim, antiupalnim, antibakterijskim i antikancerogenim svojstvima (Nour i sur., 2017.). List i stabljika u svježem ili sušenom stanju koriste se u prehranbenoj, farmaceutskoj ili kozmetičkoj industriji (Lopez i sur., 1999.). Prema Papuc i sur. (2016.) peršin između ostalih ljekovitih sastojaka sadrži antioksidante osobito flavonoide (apigenin), vitamine (K, C i A) i hlapiva ulja. Uspostava dobre i visokoprinosne proizvodnje je jedan od najvećih izazova s kojima se susreću proizvođači diljem svijeta (Chivasa i sur., 1998.), a klijavost peršina najproblematičniji je dio proizvodnje, osobito kad okolišni uvjeti nisu odgovarajući (Vural i sur., 2000.). U proizvodnji razlikujemo peršin listar i peršin korjenšaš (Jurišić, 2009.). Obzirom da se peršin korjenšaš uzgaja radi korijena, odgovarajuća kvaliteta tla je izuzetno važna za postizanje kvalitetnog prinosa. Tlo je polifazni sustav građen iz tekuće, krute, plinovite i žive faze. Ono se mijenja u prirodnim ciklusima pa se tla razlikuju po fizikalnim

i kemijskim karakteristikama pri čemu održava povoljnu strukturu i oslobađa hranjive elemente nužne za život na i u tlu (Škorić, 1982.). Uzgojem na strukturnim i pjeskovitim tlima s pH 5,5 – 6,5 postiže se najbolja kvaliteta proizvoda i prinosi peršina (Jurišić, 2009.). Cilj ovog rada bio je usporediti morfološka svojstva peršina korijenaša sorte Berlinski uzgojenog u dva tipa tla, različitih fizikalno-kemijskih svojstava.

## Materijali i metode

Pokus je postavljen na dva različita tipa tla uzetih iz oraničnog sloja (30 cm dubine), različitih fizikalno-kemijskih svojstava, s dvije lokacije kontinentalne Hrvatske (Osječko-baranjska i Brodsko-posavska županija). U uzorcima tla provedene su kemijske i fizikalne analize: priprema uzoraka (sušenje/mljevenje/prosijavanje/homogenizacija) obavljena je prema protokolu *HRN ISO 11464:2004*, pH reakcija tla (*HRN ISO 10390, 2005.*), sadržaj humusa u tlu bikromatnom metodom (*HRN ISO 14235, 1998.*), koncentracija lako pristupačnog fosfora i kalija AL-metodom (Egner i sur., 1960.), određivanje sadržaja karbonata u tlu volumetrijskom metodom (*HRN ISO 1069, 1995.*), hidrolitička kiselost tla ekstrakcijom s Na-acetatom, a od fizikalnih analiza određena je tekstura tla metodom sedimentacije/pipet-metoda (Škorić, 1982.). Pokus je postavljen randomizirano u četiri ponavljanja po 10 posuda sjetvom sjemena peršina sorte Berlinski (proizvođača Royal seeds iz Italije deklarirane klijavosti 89 % i rokom valjanosti 12/2018) u 20 posuda promjera 20 cm (2,5 litara) za svaki tip tla. Sjeme je posijano 9. 4. 2018. godine u Glogovici, Brodsko-posavska županija na otvorenom. Biljke su izvađene iz tla 6. 9. 2018. godine, nakon čega su utvrđena morfološka svojstva: duljina korijena i listova, promjer korijena u dijelu ispod lista (najširi dio korijena) te ukupan broj listova po biljci. Masa korijena i masa listova svake biljke pojedinačno je izvagana na analitičkoj vagi Ohaus Adventurer Pro +/- 0,01 g. Dobiveni podaci statistički su obrađeni ANOVA analizom varijance. Značajnost dobivenih razlika utvrđena je F-testom, a najmanje značajne razlike dobivene su LSD testom.

## Rezultati i rasprava

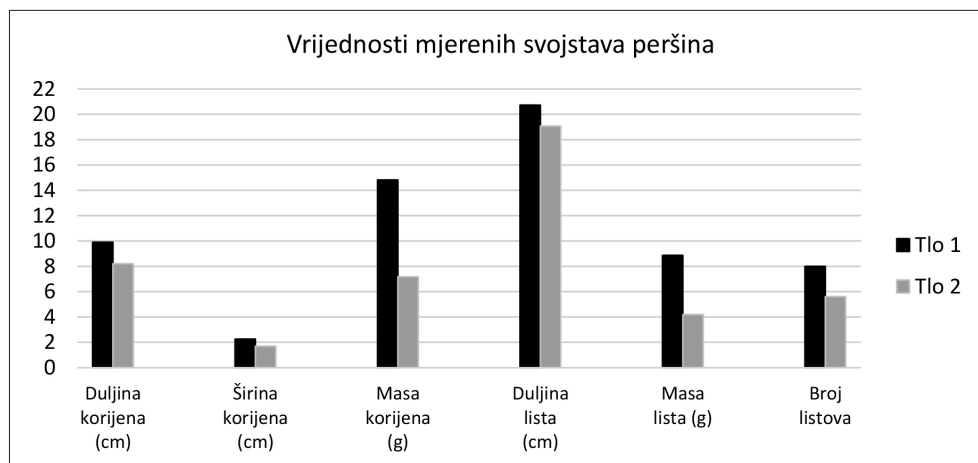
Nakon provedenih kemijskih i fizikalnih analiza dobivene su vrijednosti prikazane u Tablici 1.

Tablica 1. Rezultati kemijskih i fizikalnih analiza

	Tlo 1 (Osječko-baranjska županija)	Tlo 2 (Brodsko-posavska županija)
<b>pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub></b>	6,64	7,36
<b>pH<sub>(KCl)</sub></b>	5,21	6,41
<b>AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (mg/100 g)</b>	22,40	8,36
<b>AL-K<sub>2</sub>O (mg/100 g)</b>	15,63	20,11
<b>Humus (%)</b>	1,82	2,41
<b>Hk (mmol/100 g)</b>	2,36	2,09
<b>krupni pijesak (%)</b>	3,22	0,99
<b>sitni pijesak (%)</b>	5,76	4,90
<b>glina (%)</b>	17,14	49,82

Prema Osnovnoj pedološkoj karti Republike Hrvatske (1 : 50000) i na temelju provedenih analiza utvrđeno je da tlo iz Osječko-baranjske županije pripada lesiviranom tlu, a tlo iz Brodsko posavske županije hipoglejnom tlu.

Najmanja duljina korijena peršina uzgajanog u Tlu 1 iznosila je 5,1 cm, a najveća 16,6 cm. Kod peršina uzgajanog u Tlu 2 utvrđena je najmanja duljina korijena 2,9 cm, a najveća duljina je iznosila 12,6 cm. Duljina korijena peršina bila je pod značajnim ( $LSD_{0,01} 1,2339$ ) utjecajem tla te je prosječna duljina korijena peršina uzgajanih u Tlu 1 iznosila je 9,90 cm, a uzgajanih u Tlu 2 8,21 cm.



A, B P ≤ 0,01

Grafikon 1. Vrijednosti duljine (cm), širine (cm) i mase (g) korijena, te duljine (cm), mase (g) i broja listova peršina u Tlu 1 i Tlu 2

Kod peršina uzgajanog u Tlu 1 najmanja izmjerena širina korijena, ispod listova, iznosila je 1,2 cm, a najveća je iznosila 4 cm. U Tlu 2 najmanja je utvrđena širina korijena peršina iznosila 0,8 cm, a najveća 3 cm. Utvrđen je značajan ( $LSD_{0,01} 0,3096$ ) utjecaj tla na prosječnu širinu korijena peršina pa su tako biljke peršina uzgajane u Tlu 1 imale promjer 2,25 cm, a biljke razvijene u Tlu 2 1,70 cm.

Masa korijena peršina uzgajanog u Tlu 1 bila je između 3,7 g i 46,56 g. Peršin uzgajan u Tlu 2 imao je najmanju masu korijena 1,28 g dok je najveća masa korijena u Tlu 2 iznosila 25,45 g. Prosječna masa korijena peršina značajno ( $LSD_{0,01} 3,9797$ ) je ovisila o tlu. Masa korijena peršina uzgajanog u Tlu 1 iznosila je 14,82 g, a prosječna masa korijena utvrđena u Tlu 2 iznosila je 7,18 g.

Najmanji broj listova peršina uzgajanog u Tlu 1 bio je 6, a najveći 14. Kod peršina uzgajanog u Tlu 2 najmanji broj listova iznosio je 3, a najveći 11. Utvrđen je značajan ( $LSD_{0,01} 1,2274$ ) utjecaj tla na broj listova. Kod biljaka peršina uzgajanih u Tlu 1 taj je broj iznosio 8 dok je u Tlu 2 taj broj bio 5,61.

Duljina listova biljaka peršina uzgajanih u Tlu 1 bila je između 3,6 cm i 38,6 cm. U Tlu 2 raspon između najveće i najmanje duljine listova bio je 4,1 cm i 31,1 cm. Prosječno je duljina listova biljaka peršina uzgajanih u tlu iznosila 20,73 cm, a kod biljaka uzgajanih u tlu 2 19,07 pri čemu je utvrđen značajan ( $LSD_{0,01} 1,5888$ ) utjecaj tla na duljinu listova.

Najmanja masa listova biljaka peršina uzgajanih u Tlu 1 iznosila je 1,63 g, a najveća 31,81 g. Kod biljaka peršina uzgajanih u Tlu 2 najmanja masa listova je iznosila 0,68 g, a najveća 19,29 g.

Prosječna masa listova peršina bila je pod značajnim ( $LSD_{0,01} 2,8277$ ) utjecajem tla te je utvrđena masa listova peršina uzgajanih u Tlu 1 8,87 g, a kod peršina uzgajanih u Tlu 2 je iznosila 4,19 g.

Sve analizirane vrijednosti peršina bile su značajno veće u tlu iz Osječko-baranjske županije (Tlo 1) u odnosu na peršin uzgojen u tlu iz Brodsko-posavske županije (Tlo 2). Analizom Tla 1 utvrđena je visoka opskrbljenost fosforom (Vukadinović i Lončarić, 1998.) dok je Tlo 2 bilo siromašno fosforom (Vukadinović i Lončarić, 1998.), što je moglo rezultirati boljim razvojem peršina u Tlu 1. Naime, prema Vukadinović i Vukadinović (2011.) potrebe biljaka za fosforom ovise o fazama rasta, pa su tako veće potrebe početkom vegetacije, kada biljka razvija korijenov sustav i kada se odvija prijelaz iz vegetacijske u reprodukcijisku fazu života.

Lešić i sur. (2004.) navode da je za većinu povrćarskih kultura optimalna reakcija između 6,0 i 7,0 u 1 M KCl-u. Tla korištena u ovom istraživanju imala su kiselu i slabo kiselu reakciju (prema Thunu 1 M KCl) stoga je reakcija tla imala manji utjecaj na razvoj peršina u ovom istraživanju. Isto tako, oba tla su bila siromašno opskrbljena kalijem (Vukadinović i Lončarić, 1998.) pa je utjecaj kalija bio od manjeg značaja za utvrđenu razliku u kvaliteti peršina. Sadržaj humusa u analiziranim tlima bio je u kategoriji slabo humoznih tala (Škorić, 1991.) te njegova koncentracija nije utjecala na razliku u razvoju peršina u ovom istraživanju. Rezultati ostalih istraživanja dokazuju utjecaj kemijskih svojstava tla na razvoj karakteristika cvjetnih (Kraljičak i sur., 2015.), povrćarskih (Čoga i sur., 2006.) i ratarskih (Butorac i sur., 2004.) kultura.

Analizom su utvrđene razlike u teksturnom sastavu korištenih tala, te se Tlo 1 može ubrojiti u teksturno lakša tla (< 20% gline) u odnosu na Tlo 2 gdje je sadržaj gline bio 49,82 %, što nije pogodovalo razvoju peršina. Naime, kako navodi Jurišić (2009.), teška tla (glinovita tla) nepogodna su za razvoj peršina korjenasha jer uzrokuju deformaciju korijena, dok su posebno pogodna pjeskovita i aluvijalna tla. Rapčan i sur. (2006.) i Iljkić i sur. (2015.) navode da prinos poljoprivredne kulture ovisi o agroekološkim uvjetima, što uključuje i utjecaj tla, kako je potvrđeno i ovim istraživanjem. Općenito, utjecaj fizikalno-kemijskih karakteristika tla, utvrđen je i kod ostalih istraživanja poljoprivrednih kultura (Jukić i sur., 2010), (Rapčan i sur., 2018.) i (Rapčan i sur., 2019.).

## Zaključak

Sve izmjerene vrijednosti peršina bile su veće u biljkama uzgojenim u Tlu 1 (Osječko-baranjska županija) te se stoga može zaključiti da je Tlo 1 (luvisol) puno pogodnije za uzgoj peršina u odnosu na hipoglejno Tlo 2 (iz Brodsko-posavske županije) zbog fizikalno-kemijskih karakteristika po kojima su se korištena tla razlikovala.

## Literatura

1. Agyare, C., Apenteng, J.A. (2017): *Petroselinum crispum*: a Review. In Medicinal spices and vegetables from Africa, Academic Press, pp 527-547.
2. Bailey, L.H., Biley, E.Z., Hortus, T. (1976): A concise dictionary of plants cultivated in the United States and Canada. Macmillan, New York.
3. Bruneton, J. (1999): Pharmacognosy, Phytochemistry Med. Plants. Second edition Intercept Ltd, London, pp 519-520.
4. Butorac, A., Bašić, F., Mesić, M, Kisić, I. (2004): Utjecaj gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem na prinos zrna kukuruza i kemijska svojstva tla u plodoredu kukuruz-soja-ozima pšenica-šećerna repa. Agronomski glasnik, 6 (1), 371-385.
5. Chivasa, W., Harris, D., Chiduza, C., Nyamudeza, P. and Mashingaidze, A.B. (1998): Agronomic practices, major crops and farmers perceptions of the importance of good stand establishment in Musikavanhu Zimbabwe. Journal of Applied sciences in Southern Africa, 4 (2), 108-125.

6. Čoga, L., Herak Ćustić, M., Ćosić, T., Šimunić, I., Jurkić, V. (2006): Biljno hranidbeni kapacitet tala Vranskog polja. *Agronomski glasnik*, 4, 335-351.
7. Egnér, H.A.N.S., Riehm, H., Domingo, W.R. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor-und Kaliumbestimmung. *Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler*, 26, 199-215.
8. Iljkić, D., Rastija, M., Kovačević, V., Marković, M., Jemrić, I. (2015): Prinos i agronomska svojstva kukuruza u ovisnosti o gnojdbi i agroekološkim uvjetima 2010. godine. 8th international scientific/professional conference Agriculture in nature and environment protection, 104-108.
9. ISO (2005): Soil quality. Determination of pH. International standard. ISO 10390.
10. ISO (1998): Soil quality. Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation HRN ISO 14235.
11. ISO (1995): Soil quality. Determination of carbonate content. Volumetric method. HRN ISO 10693.
12. ISO (2009): Soil quality. Determination of particle size distribution in mineral soil material-Method by sieving and sedimentation. ISO 11277.
13. Jukić, G., Čupić, T., Marić, S., Jukić, R., Teodorović, R. (2010): Utjecaj agroekoloških uvjeta na prinos zrna soje. *Sjemenarstvo*, 27 (3-4), 103-112.
14. Jurišić, M. (2009): AgBase – Priručnik za uzgoj bilja, II. Tehnologija (agrotehnika) važnijih povrćarskih kultura, MPŠVG RH – VIP projekt VII-5-16/07, Poljoprivredni fakultet, Osijek
15. Kraljičak, J., Židovec, V., Kraljičak, Ž., Vukadinović, V. (2015): Utjecaj kemijskih svojstava tala kućnih vrtova Baranje na boju cvijeta hortenzije (*Hydrangea macrophylla* L.). 8th international scientific/professional conference Agriculture in nature and environment protection, 82-86.
16. Lešić, R., Borošić, J., Buturac, I., Herak-Ćustić, M., Poljak, M., Romić, D. (2004): Povrčarstvo. II dopunjeno izdanje. Agronomski fakultet, Zrinski d.d., Čakovec.
17. Lopez, M., Sanchez-Mendoza, I., Ochoa-Alejo, N. (1999): Comparative study of volatile components and fatty acids of plants and in vitro cultures of parsley (*Petroselinum crispum* Mill nym ex hill). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 3292-3296.
18. Nour, V., Trandafir, I., Cosmulescu, S. (2017): Bioactive compounds, antioxidant activity and nutritional quality of different culinary aromatic herbs. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 45 (1), 179-180.
19. Papuc, C., Predescu, C., Nicorescu, V., Stefan, G., Nicorescu, I. (2016): Antioxidant properties of a parsley (*Petroselinum crispum*) Juice Rich in polyphenols and nitrites. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 4 (2), 114-118.
20. Rapčan, I., Galić Subašić, D., Marković, M., Grljušić, S. (2018): Utjecaj kultivara, inokulacije sjemena i navodnjavanja na agronomska svojstva krmnog graška u istočnoj Hrvatskoj. *Agronomski glasnik*, 4, 257-271.
21. Rapčan, I., Galić Subašić, D., Grljušić, S., Marković, M. (2019): Utjecaj kultivara, inokulacije sjemena i navodnjavanja na agronomska svojstva soje u istočnoj Hrvatskoj. *Agronomski glasnik*, 3, 173-185.
22. Rapčan, I., Bukvić, G., Grljušić, S., Teklić, T., Jurišić, M. (2006): Utjecaj agroekoloških uvjeta i starosti sjemena na prinos i kakvoću zrna stočnog graška (*Pisum sativum* L.). *Mljekarstvo*, 56 (4), 331-342.
23. Škorić, A. (1982): Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.
24. Škorić, A. (1991): Sastav i svojstva tla. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.
25. Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1998): Ishrana bilja, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
26. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet, Osijek.
27. Vural, H., Esiyok, D., Duman, I. (2000): Kültür sebzeleri (sebze yetistirme). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bache Bitkileri Bölümü*. Bornova-Izmir, 440.

## Influence of two soil types with different physicochemical characteristics on root parsley (*Petroselinum crispum* ssp. *tuberosum* Mill) quality

### Abstract

Parsley (*Petroselinum crispum* ssp. *tuberosum* Mill.) belongs to root vegetables, which prefer structural, airy and moderately acidic soils. The aim of the study was to determine the qualitative characteristics of parsley grown in two soil types with two locations in continental Croatia; Osijek-Baranja (Soil 1) and Brod-Posavina (Soil 2) counties. The soils had different physicochemical characteristics. The experiment was randomized in four replications by sowing seeds of parsley (Berlinski) in 20 cm diameter pots (2,5 L). Morphological characteristics (root diameter, root mass, leaf mass, leaf number and leaf length) were compared. All established morphological characteristics were statistically significantly higher in parsley grown in Soil 1 (Luvisol Soil Type).

**Key words:** parsley, soil, qualitative properties

## Allelopathic effect of weed root exudates on crops

Marija Ravlič<sup>1</sup>, Renata Baličević<sup>1</sup>, Pavo Lucić<sup>1</sup>, Monika Marković<sup>1</sup>, Jelena Ravlič<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek, J.J. Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia e-mail: mravlic@fazos.hr

<sup>2</sup>Agrigenetics d.o.o., Sjenjak 13, 31000 Osijek, Hrvatska

<sup>3</sup>PhD student, Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek

### Abstract

The aim of the study was to determine allelopathic potential of weed root exudates on germination and growth of crops. Field poppy (*Papaver rhoeas* L.), scentless mayweed (*Tripleurospermum inodorum* (L.) C.H. Schultz) and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) seedlings were grown in soil until 3-leaf stage. After their removal, the soil was re-sown with seeds of barley, soybean and oil pumpkin. The results of the experiment showed that field poppy and scentless mayweed root exudates stimulated root and shoot length, and fresh weight of barley seedlings up to 16.2%, 13.4% and 34.6%, respectively. Redroot pigweed root exudates showed no significant effect on emergence and growth of soybean and oil pumpkin.

**Key words:** allelopathy, weeds, root exudates, emergence, positive effect

### Introduction

Weed species establish populations very successfully due to their rapid growth, high reproductive potential, adaptability to different environmental conditions, and the possibility of interference with other plants through competition and allelopathy (Kohli and Rani, 1994). Allelopathy represents a positive or negative effect of donor species, through production of chemical substances (allelochemicals), on receiver species (Rice, 1984). Allelochemicals are present in all plant parts, from roots to seeds, and are released into the environment by volatilization, leaching, decomposition and by excretion from the roots (Alam et al., 2001, Sisodia and Siddiqui, 2010). Through root exudation, a large quantity of allelochemicals is released into the soil causing, among others, inhibition of competing plant species (Bertin et al., 2003). Various phytotoxins in root exudates affect metabolite production, photosynthesis, respiration, membrane transport, seed germination, plant growth, and cell necrosis in susceptible plants (Weir et al., 2004). Previous studies reported both a negative and positive effect of weed root exudates on crop growth and establishment that was dependent on various factors such as donor and receiver species, plant phenophase, plant density, and genotype (Qasem, 1995, Obaid and Qasem, 2005, Amini et al., 2009, Amini et al., 2012, Fragasso et al., 2012). The aim of this study was to determine whether root exudates from common weed species affect germination and growth of crops.

## Material and methods

The allelopathic effect of root exudates of weed species field poppy (*Papaver rhoeas* L.) and scentless mayweed (*Tripleurospermum inodorum* (L.) C.H. Schultz) was evaluated on germination and growth of barley, while the effect of root exudates of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) was evaluated on soybean and oil pumpkin.

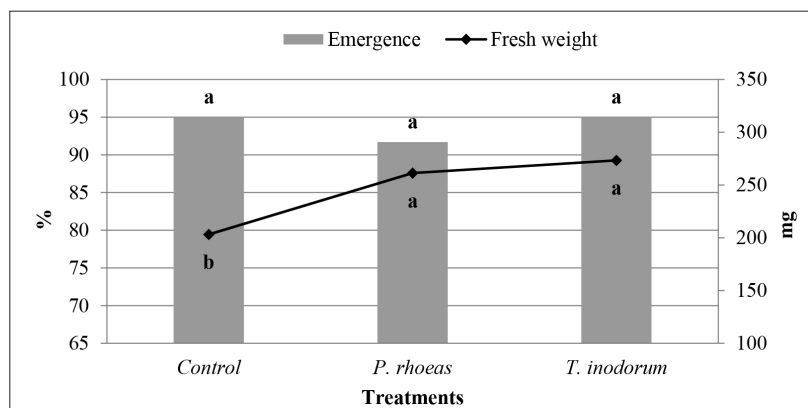
Weed seeds were purchased from Herbiseed (UK), seeds of barley (cv. Barun) and soybean (cv. Korana) were acquired from Agricultural Institute Osijek (Croatia), while seeds of oil pumpkin (cv. Gleisdorfer) were purchased from Saatzucht Gleisdorf (Austria). Prior to the experiment, weed seeds and seeds of barley and soybean were surface sterilized with 1% NaOCl for 20 minutes, and afterwards rinsed with distilled water (Siddiqui et al., 2009), while seeds of oil pumpkin were purchased pretreated with fungicides.

The allelopathic effect of weed root exudates was assessed according to a modified method of Fragasso et al. (2012). Pre-germinated weed seeds were sown in pots filled with commercial soil (25 seeds per 100 g of soil, a total of 50 seeds per pot). Weed plants, including the root, were removed from the soil when they reached the 3-leaf stage (phenological phase 1/13 (Hess et al., 1997)). After that, the soil was re-sown with seeds of barley, soybean and oil pumpkin (30 seeds per pot). Seeds of crops sown in pots with fresh commercial soil were regarded as control. Plants in all treatments were grown for two weeks on laboratory benches.

The experiment was set up as completely randomized design with four replications, and was repeated twice. The allelopathic effect of root exudates was determined at the end of the experiment through seed emergence (%), root and shoot length (cm) and fresh weight (mg) of crop seedlings. The collected data were analysed statistically with ANOVA and differences between treatment means were compared using the LSD-test at a probability level of 0.05.

## Results and discussion

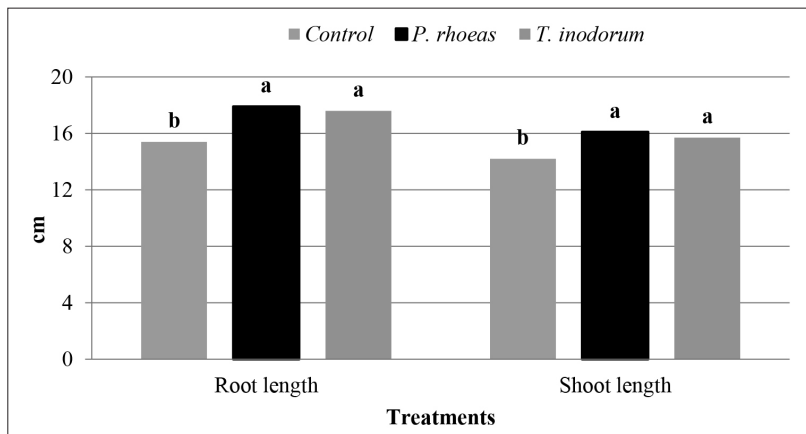
Field poppy and scentless mayweed root exudates showed mainly positive allelopathic effect on germination and growth of barley seedlings. Barley emergence was not affected; however, a stimulatory effect was observed on barley fresh weight which was increased by 28.7% in treatment with field poppy exudates and by 34.6% in treatment with scentless mayweed (Graph 1.).



Graph 1. Allelopathic effect of field poppy and scentless mayweed root exudates on emergence and fresh weight of barley



A statistically significant promotion of root and shoot length of barley was also recorded with both weed species (Graph 2). However, field poppy root exudates showed greater stimulatory effect and increased root up to 16.2% and 13.4%, respectively.



Graph 2. Allelopathic effect of field poppy and scentless mayweed root exudates on shoot and root length of barley

Soybean and oil pumpkin emergence, as well as all of the growth parameters, were not affected by redroot pigweed root exudates (Table 1).

Table 1. Allelopathic effect of redroot pigweed root exudates on emergence and growth of soybean and oil pumpkin

Treatment	Emergence (%)	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Fresh weight (mg)
<b>Soybean</b>				
Control	93.3 a	16.3 a	33,9 a	1.74 a
<i>A. retroflexus</i>	98.3 a	17.6 a	34,8 a	1.84 a
<b>Oil pumpkin</b>				
Control	73.3 a	13.3 a	11.1 a	1.4 a
<i>A. retroflexus</i>	71.7 a	11.3 a	9.9 a	1.6 a

a,b,c – values with the same letter in column for each species and parameter are not statistically different at  $p < 0.05$

The obtained results showed only positive or no effect of weed root exudates on the investigated crops. Similarly, Amini et al. (2009) stated that annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaudin) root exudates promoted wheat shoot length, while Obaid and Qasem (2005) concluded that root exudates released from several weed species showed no significant effect on germination of squash. The emergence of squash, tomato and cauliflower were not significantly affected when sown in soil after redroot pigweed (Qasem, 1995), however, redroot pigweed root exudates were reported to decrease root and shoot length of common bean up to 40% (Amini et al., 2012, Namdari et al., 2012). The chemical composition of root exudates is specific to a particular donor plant species and depends on abiotic and biotic environmental conditions

(Shukla et al., 2011), while sensitivity to allelopathic effects is different among receiver species (Tanveer et al., 2010). Differences in genotype susceptibility were also observed. Fragasso et al. (2012) examined effects of wild oat (*Avena fatua* L.) root exudates on seven durum weed cultivars and reported both positive and negative effects on root and leaf growth.

The phenological phase of weeds and their density can also affect the production and secretion of allelochemicals. In our experiment, weed seedlings were removed from the soil at 3-leaf stage, or approximately 20 days from sowing. Namdari et al. (2012) found that 6- and 9-days old seedlings of redroot pigweed produced more root exudates and exerted greater inhibition compared to 12-days old seedlings, since prolonged growth time resulted in degradation of root exudates and lower inhibition potential. On the other hand, rhizosphere soil on which plants grew to flowering stage, according to Tanveer et al. (2010) and Safdar et al. (2014), showed significant negative allelopathic potential, presumably due to build-up of allelochemicals in the soil over a longer period of time.

High density of donor species exhibits greater inhibitory potential (Amini et al., 2009, Namdari et al., 2012, Amini, 2013), which was not observed in our experiment despite the fact that weeds were sown at density of 50 plants per pot. However, after the removal of the weeds, 30 seeds of crops were re-sown in the soil. At higher crop density, lower amount of allelochemicals is available for each individual plant to absorb (Fragasso et al., 2012). This is consistent with our results obtained in treatments with barley, as low concentrations of allelochemical usually promote crop growth (Qasem, 1995, Valcheva et al., 2019).

## Conclusion

Weed species root exudates showed different allelopathic effect on germination and growth of crops. Field poppy and scentless mayweed promoted barley growth, while redroot pigweed had no effect on soybean and oil pumpkin.

## Literature

1. Alam, S.M., Ala, S.A., Azmi, A.R., Khan, M.A., Ansari, R. (2001): Allelopathy and its role in agriculture. *Journal of Biological Sciences*, 1 (5), 308-315.
2. Amini, R. (2013): Allelopathic potential of littleseed canary grass (*Phalaris minor* Retz.) on seedling growth of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 3 (12), 58-91.
3. Amini, R., An, M., Pratley, J., Azimi, S. (2009): Allelopathic assessment of annual ryegrass (*Lolium rigidum*): Bioassays. *Allelopathy Journal*, 24 (1), 67-76.
4. Amini, R., Movahedpour, F., Ghassemi-Golezani, K., Mohammadi-Nasab, A.D., Zafarani-Moattar, P. (2012): Allelopathic assessment of common amaranth by ECAM. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3 (11), 2268-2272.
5. Bertin, C., Yang, X., Weston, L.A. (2003): The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. *Plant and Soil*, 256, 67-83.
6. Fragasso, M., Platani, C., Miullo, V., Papa, R., Iannucci, A. (2012): A bioassay to evaluate plant responses to the allelopathic potential of rhizosphere soil of wild oat. *Agrochimica*, 56 (2), 120-128.
7. Hess, M., Barralis, G., Bleiholder, H., Buhr, H., Eggers, T., Hack, H., Stauss, R. (1997): Use of the extended BBCH scale – general for the description of the growth, stages of mono- and dicotyledonous species. *Weed Research*, 37, 433-441.
8. Kohli, R.K., Rani, D. (1994): *Parthenium hysterophorus* —a review. *Research Bulletin (Science) Punjab University*, 44, 105–149.

9. Namdari, T., Amini, R., Sanayei, S., Alavi-Kia, S., Mohammadi-Nasab, A.D. (2012): Allelopathic effects of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) root exudates on common bean seedling growth. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 3 (6), 1230-1234.
10. Obaid, K.A., Qasem, J. (2005): Allelopathic activity of common weed species on vegetable crops grown in Jordan. Allelopathy Journal, 15 (2), 221-236.
11. Qasem, J.R. (1995): Allelopathic effects of *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium murale* on vegetable crops. Allelopathy Journal, 2 (1), 49-66.
12. Rice, E.L. (1984): Allelopathy. 2nd Edition, Academic Press, New York.
13. Safdar, M.E., Tanveer, A., Khaliq, A., Naeem, M.S. (2014): Allelopathic action of *Parthenium* and its rhizospheric soil on maize as influenced by growing conditions. Planta Daninha, 32 (2), 243-253.
14. Shukla, K.P., Sharma, S., Singh, N.K., Singh, V., Tiwari, K., Singh, S. (2011): Nature and role of root exudates: Efficiency in bioremediation. African Journal of Biotechnology, 10 (48), 9717-9724.
15. Siddiqui, S., Bhardwaj, S., Khan, S. S., Meghvanshi, M. K. (2009): Allelopathic effect of different concentration of water extract of *Prosopis juliflora* leaf on seed germination and radicle length of wheat (*Triticum aestivum* Var-Lok-1). American-Eurasian Journal of Scientific Research, 4 (2), 81-84.
16. Sisodia, S., Siddiqui, M.B. (2010): Allelopathic effect by aqueous extracts of different parts of *Croton bonplandianum* Baill. on some crop and weed plants. Journal of Agricultural Extension and Rural Development, 2 (1), 22-28.
17. Tanveer, A., Rehman, A., Javaid, M.M., Abbas, R.N., Sibtain, M., Ahmad, A.U.H., Ibin-I-Zamir, M.S., Chaudhary, K.M., Aziz, A. (2010): Allelopathic potential of *Euphorbia helioscopia* L. against wheat (*Triticum aestivum* L.), chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medic.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 34, 75-81.
18. Valcheva, E., Popov, V., Marinov-Serafimov, P., Golubinova, I., Nikolov, B., Velcheva, I., Petrova, S. (2019): A case study of allelopathic effect of parsley, dill, onion and carrots on the germination and initial development of tomato plants. Ecologia Balkanica, 11 (1), 167-177.
19. Weir, T.L., Park, S.W., Vivanco, J.M. (2004): Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. Current Opinions in Plant Biology, 7, 472-479.

## Alelopatski utjecaj korijenovih eksudata korovnih vrsta na usjeve

### Sažetak

Cilj istraživanja bio je utvrditi alelopatski potencijal korijenovih eksudata korovnih vrsta na klijavost i rast usjeva. Klijanci poljskog maka (*Papaver rhoeas* L.), bezmirisne kamilice (*Tripleurospermum inodorum* (L.) C.H. Schultz) i oštrodлакavog šćira (*Amaranthus retroflexus* L.) uzgajani su u tlu do stadija tri lista. Nakon njihovog uklanjanja, u isto su tlo posijane sjemenke ječma, soje i uljne bundeve. Rezultati pokusa pokazali su da korijeni eksudati poljskog maka i bezmirisne kamilice povećali duljinu korijena i izdanka, te svježiu masu klijanaca ječma 16,2 %, 13,4 % odnosno 34,6 %. Korijeni eksudati oštrodлакavog šćira nisu statistički značajno utjecali na nicanje i rast soje i uljne bundeve.

**Ključne riječi:** alelopacija, korovi, korijeni eksudati, nicanje, pozitivan učinak

# Reakcija ozime pšenice i kukuruza na reduciranu obradu i gnojidbu dušikom na pseudoglejnom tlu

Danijel Jug, Irena Jug, Boris Đurđević, Bojana Brozović, Vedran Viljanac

*Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: djug@fazos.hr*

## Sažetak

Istraživanja reakcije ozime pšenice i kukuruza na reduciranu obradu, pri različitim dozama gnojidbe dušikom, provedeni su tijekom 2013. (kukuruz) i 2013./2014. (oz. pšenica). Istraživanja su provedena na lokalitetu Čačinci, na tipu tla pseudoglej, na pet tretmana obrade tla: konvencionalna – OR, podrivanje – PO, rahljenje – RA, tanjuranje – TA, direktna sjetva – DS i tri razine gnojidbe dušikom: N1 – gnojidba umanjena za 50 % u odnosu na gnojdbenu preporuku, N2 – gnojidba prema gnojdbenoj preporuci i N3 – gnojidba uvećana za 50 % u odnosu na gnojdbenu preporuku. Najveći utjecaj na sve istraživane komponente imale su vremenske prilike, a zatim varijante obrade tla. Najveći prinosi zrna ozime pšenice ostvareni su na varijantama PO (5,14 t ha<sup>-1</sup>) i RA (5,06 t ha<sup>-1</sup>). Najveći prinos zrna kukuruza ostvaren je na varijanti OR (10,23 t ha<sup>-1</sup>), dok je razlika u visini prinosa između ostalih istraživanih varijanata obrade tla bila vrlo mala. Varijante obrade tla TA i DS, u ovim su se istraživanjima pokazali inferiornima u usporedbi sa sustavima kod kojih se tlo obrađuje/rahli na veću dubinu. Između varijanata gnojidbe N2 i N3, nisu utvrđene opravdane razlike u visini ostvarenog prinosa zrna, s tim da je kod nekih pokazatelja, kod obje istraživane kulture, najveća vrijednost poljoprivrednog prinosa utvrđena kod varijante N2.

**Ključne riječi:** reducirana obrada tla, gnojidba dušikom, ozima pšenica, kukuruz, pseudoglej

## Uvod

Obrada tla jedan je od najvažnijih agrotehničkih zahvata u poljoprivrednoj proizvodnji kojom se nastoje osigurati povoljni uvjeti za klijanje, nicanje, rast i razvoj usjeva (Jug i sur., 2018.). U današnje se vrijeme stavlja sve veći naglasak na bolje razumijevanje učinaka obrade na tla u specifičnim agroekološkim proizvodnim uvjetima. Zbog negativnih učinaka koji proizlaze iz uporabe oranja, prvenstveno fizikalna, kemijska i biološka degradacija tla (Birkas i sur., 2018.), u svjetskim i europskim razmjerima, kao i u našim užim regionalnim i nacionalnim okvirima, sve su češće u uporabi reducirani i konzervacijski sustavi obrade tla u uzgoju prvenstveno ratarskih usjeva. U uvjetima globalnih klimatskih promjena, sve češćih vremenskih aberacija, kao i potrebe za akumulacijom, skladištenjem, ali i odvodnjom suvišne vode, značaj pravilnog odabira sustava obrade tla sve više dobiva na značaju (Jug i sur., 2015.). Reducirani sustavi u usporedbi sa konvencionalnim pristupom obradi tla pokazali su se učinkovitijima s biološkog, ekološkog i ekonomskog aspekta (Košutić i sur., 2006.), uz istovremeno očuvanje drugih bitnih

čimbenika ekosustava. Bitna je prednost reduciranih sustava mogućnost prilagodbe i ublažavanja klimatskih promjena (Jug i sur., 2017.). Reducirana obrada, za razliku od konvencionalne, predstavlja ekonomičniju obradu s manjim brojem zahvata i prohoda (Bonciarelli i sur., 1982.) koji se nastoje objedinjavati, kombinirati ili se čak nastoji izostavljati obradu ovisno o klimatskim, zemljišnim i gospodarskim uvjetima. Reducirani sustavi obrade tla kontekstualno ujediniju tri osnovne sastavnice biljne proizvodnje klimu-tlo-biljku, uz uvažavanje agroekološke i socioekonomske specifičnosti uzgojnog područja. Gnojidba predstavlja neizostavan agrotehnički zahvat u suvremenoj biljnoj proizvodnji, a zajedno s obradom tla predstavlja neraskidivu cjelinu u ostvarivanju visokih i stabilnih prinosa ratarskih usjeva (Videnović i sur., 2011.). Pravilno izbalansirana gnojidba, a posebno dušičnim gnojivima, predstavlja značajan znanstveni i stručni iskorak ne samo u ostvarivanju očekivanog prinosa, već i kao značajan ekološki čimbenik (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Zbog iznimnog značaja i međusobnog odnosa obrade tla i gnojidbe dušikom, cilj ovoga rada bio je utvrditi produktivnost ozime pšenice i kukuruza pri različitim sustavima reducirane obrade tla kao i različitim gnojidbenim dozama dušika u usporedbi s konvencionalnim sustavom obrade tla.

## Materijal i metode

Istraživanja reakcije ozime pšenice i kukuruza na reduciranu obradu, pri različitim dozama gnojidbe dušikom, provedeni su tijekom dvije tehnološke/vegetacijske godine i to: za kukuruz 2013., a za ozimu pšenicu 2013./2014. godine. Istraživanja su provedena na lokalitetu Čačinci (GPS: Long. 17.86336 E; Lat. 45.61316 N), na tipu tla determiniranom kao: odjel – hidromorfna tla, klasa – pseudoglejna tla, tip – pseudoglej, podtip – na zaravni, varijetet – srednje duboki, forma – distrični. Građa profila istraživanog tipa tla je: P – I Bg – II Bg – C.

Provedenim istraživanjima bilo je obuhvaćeno pet tretmana obrade tla i tri razine gnojidbe dušikom. Svaki tretman osnovne obrade tla bio je isti za obje istraživane kulture, a dopunska obrada tla kao i tretmani gnojidbe dušikom bili su prilagođeni istraživanoj kulturi. Glavni tretman istraživanja bila je obrada tla, a istraživano je sljedećih pet sustava: 1.) Konvencionalna obrada tla – OR (osnovni zahvat obrade tla bilo je oranje na dubinu od 25-30 – 35 cm); 2.) Podrivanje – PO (osnovna obrada je obavljena na dubinu od 40 – 45 cm); 3.) Rahljenje – RA (osnovna je obrada provedena na dubinu oranja 25 – 30 – 35 cm); 4.) Tanjuranje – TA (osnovna obrada tanjuranjem provedena je na dubinu 20 – 25 cm) i 5.) Direktna sjetva – DS (obrada tla u potpunosti je izostala, a sjetva je obavljena izravno). Podtretman istraživanja bila je gnojidba dušikom, a tretmani su bili sljedeći: N1 – gnojidba umanjena za 50 % u odnosu na gnojidbenu preporuku; N2 – gnojidba prema gnojidbenoj preporuci i N3 – gnojidba uvećana za 50 % u odnosu na gnojidbenu preporuku. Gnojidbena preporuka izrađena je na temelju kemijske analize tla (Tablica 1.) za dušik, fosfor i kalij, a određena je kompjutorskim ekspertnim programom ALRxp.

Tablica 1. Kemijski sastav tla na lokaciji istraživanja

pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100 g <sup>-1</sup> tla	K <sub>2</sub> O mg 100 g <sup>-1</sup> tla	Humus (%)	Hy (cmol kg <sup>-1</sup> )
5,29	4,27	17,2	22,7	1,35	4,4

Gnojidba fosforom i kalijem bila je ujednačena za sve sustave obrade tla i sve varijante gnojidbe, dok je gnojidba dušikom varirala ovisno o gnojidbenom tretmanu (Tablica 2.).

Tablica 2. Gnojidba na za obje istraživane kulture (kg ha<sup>-1</sup>)

Kultura	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N1	N2	N3
Kukuruz	150	150	133	200	267
Oz. pšenica	100	110	80	115	150

Veličina osnovne parcele obrade tla iznosila je 600 m<sup>2</sup> (20 m x 30 m), dok je veličina osnovne parcele obrade tla iznosila 195 m<sup>2</sup> (6,5 m x 30 m). Pokus je izveden u četiri ponavljanja, sa slučajnim rasporedom parcela po ponavljanjima. Predusjev kukuruza bila je ozima pšenica (prije postavljanja pokusa, a ozimaj pšenici kukuruz). Zaštita protiv korova, bolesti i štetnika bila je ujednačena za sve varijante obrade tla. Istraživana sorta pšenice bila je »Lucija« (kreacija Poljoprivrednog instituta Osijek), a hibrid kukuruza bio je PR36V52, FAO skupine 450. Sklop biljaka ozime pšenice određivan je prebrojavanjem svih primarnih i sekundarnih klasova, na površini od 0,25 m<sup>2</sup> (žičanim okvirom dimenzija 50 x 50 cm), u četiri ponavljanja po gnojidbenoj obračunskoj parceli. Visina biljaka ozime pšenice određivana je mjerenjem pojedinačnih biljaka od baze stabljike do gornjeg dijela klasa i izražena je u centimetrima. Ovaj je pokazatelj određivan na uzorku od 20 biljaka po gnojidbenom tretmanu u četiri ponavljanja i prikazan je kao prosječna vrijednost. Visina biljaka kukuruza određivana je mjerenjem pojedinačnih biljaka od baze stabljike do baze metlice i izražena je u centimetrima. Ovaj je pokazatelj određivan na uzorku od 20 biljaka po gnojidbenom tretmanu u četiri ponavljanja i prikazan je kao prosječna vrijednost. Masa nadzemnog dijela biljke ozime pšenice određivana je vaganjem ukupne mase 20 prosječnih biljaka u četiri ponavljanja po parceli/tretmanu i izražena je kao masa pojedinačne biljke u gramima. Masa tisuću zrna (obje kulture) određena je vaganjem 1000 zrna u četiri ponavljanja za svaki pojedinačni uzorak po gnojidbenom tretmanu i izražena je u gramima. Hektolitarska masa (obje kulture) određena je elektroničkim uređajem u četiri ponavljanja za svaki pojedinačni uzorak po gnojidbenom tretmanu i izražena je u kg hl<sup>-1</sup>. Biološki prinos ozime pšenice određivan je vaganjem ukupne mase biljaka s jednog četvornog metra u četiri ponavljanja po gnojidbenom tretmanu i izražen je u t ha<sup>-1</sup>. Biološki prinos kukuruza određivan je vaganjem ukupne mase 20 biljaka u četiri ponavljanja po gnojidbenom tretmanu i izražen je u t ha<sup>-1</sup>. Poljoprivredni prinos (prinos zrna) ozime pšenice određen je vaganjem mase zrna s površine 1 m<sup>2</sup>, a kukuruza vaganjem 20 biljaka u četiri ponavljanja. Prinos je preračunat na površinu od 1 ha s 14 % vlage zrna te je izražen u t ha<sup>-1</sup>. Žetveni indeks (obje kulture) određen je kao udio poljoprivrednog prinosa u biološkom prinosu i izražen je u postocima. Svi dobiveni rezultati obrađeni su deskriptivnim statističkim modelima u programu MS Excel.

## Rezultati i rasprava

### *Vremenske prilike tijekom istraživanja*

Vremenske i klimatološke prilike za istraživano područje obrađene su na temelju meteoroloških podataka dobivenih od DHMZ-a (Državnog hidrometeorološkog zavoda), a razvidno je kako su tijekom istraživanja vremenske prilike bile vrlo promjenjive, sa iznad prosječnim temperaturama zraka i iznad prosječnim količinama oborina za istraživano područje.

Vremenske prilike jedan su od čimbenika koji najjače utječe na visinu uroda (Murdock i sur., 2000.), što je vrlo uočljivo i na primjeru provedenog istraživanja. Na sve istraživane komponente prinosa, kao i na sam poljoprivredni prinos, najveći utjecaj imale su vremenske prilike, a zatim istraživane varijante obrade tla.

Izrazito promjenjive vremenske prilike izazvale su niz problema tijekom gotovo cijele vegetacije obje istraživane kulture (Jug i sur., 2017.). Iznadprosječne količine oborina s učestalim brojem dana s oborinama zabilježene su od listopada 2012. godine pa sve do pred kraj travnja 2013. godine, što je odgodilo i onemogućilo kvalitetnu provedbu agrotehničkih zahvata obrade tla kao i predsjedvenu pripremu i sjetvu u optimalnom roku. Iznadprosječna količina oborina i značajna prevlaživanja tla zabilježena su i tijekom jesensko-zimskog razdoblja 2013./2014. godine, s posebno značajnim vlažnim razdobljem u proljetnom dijelu 2014. godine. Tijekom obje vegetacijske godine izmjenjivala su se izrazito vlažna s izrazito sušnim razdobljima, a ova kvi specifični temperaturni i oborinski ekstremi nisu uobičajeni na ovom području. Iako su se sušna i vlažna razdoblja izmjenjivala često, kukuruz nije oskudijevao u vodi, a posebno je značajno to da je tijekom najosjetljivije faze razvoja kukuruza prema potrebi za vodom, odnosno razdoblja metličanja i svilanja (lipanj, srpanj, kolovoz), vode bilo dostatno s relativno optimalnom vlažnošću zraka.

### *Komponente uroda ozime pšenice*

Najveći prosječni sklop biljaka ozime pšenice zabilježen je na OR varijanti i iznosio je 532 biljke m<sup>-2</sup>, dok je najmanji broj biljaka izmjeren na varijanti TA s 414 biljke m<sup>-2</sup>. S obzirom na gojidbene tretmane, najveći prosječni sklop biljaka m<sup>-2</sup> zabilježen je na tretmanu N3 (462 biljke) sa značajnim varijacijama od najmanjeg do najvećeg sklopa (511 i 421 biljke m<sup>-2</sup>). Najveća prosječna visina biljaka ozime pšenice zabilježena je na varijanti RA (61,2 cm), a najniža na varijanti DS (56,3 cm). Iako je na gojidbenom tretmanu N2 utvrđena najveća prosječna visina biljaka (60,3 cm), između tretmana N1 i N2 razlike su bile gotovo beznačajne. Najveća prosječna masa biljke ozime pšenice utvrđena je na varijanti obrade tla PO (2,40 g), dok je na varijanti OR ona bila najmanja (1,93 g). U usporedbi tretmana gnojidbe dušikom prosječne vrijednosti mase pojedinačne biljke bile su gotovo ujednačene, s tim da je ipak nešto veća vrijednost izmjerena na varijanti N3 i iznosila je 2,22 g. Na varijanti obrade tla OR izmjerena je najveća masa 1000 zrna ozime pšenice (55,1 g), dok je na varijanti DS ova vrijednost bila najmanja (50,2 g). Međusobnom usporedbom prosječnih vrijednosti na gnojidbenim tretmanima ova je razlika bila manja od jednog grama. Najveća prosječna hektolitarska masa ozime pšenice izmjerena je na varijanti obrade tla OR (67,17 kg), dok je najmanja izmjerena na varijanti TA (64,79 kg). Najveća prosječna vrijednost hektolitarske mase na gnojidbenim tretmanima izmjerena je na tretmanu N1 (66,18 kg), a najmanja na tretmanu N3 (65,30 kg). Najveća prosječna vrijednost biološkog prinosa izmjerena je na varijanti obrade tla PO (10,55 t ha<sup>-1</sup>), dok je na varijanti DS ona bila najmanja (8,98 t ha<sup>-1</sup>). Usporedbom ovih vrijednosti na gnojidbenim tretmanima vidljivo je da je najveći prosječni biološki prinos bio na varijanti N3 (10,35 t ha<sup>-1</sup>), a najmanji na varijanti N1 (9,53 t ha<sup>-1</sup>). Najveća prosječna izmjerena vrijednost poljoprivrednog prinosa (Tablica 3.) bila je na varijanti obrade tla PO (5,14 t ha<sup>-1</sup>), a najniža na varijanti DS (4,26 t ha<sup>-1</sup>). Usporedbom ovog pokazatelja na gnojidbenim tretmanima vidljivo je da je najveća vrijednost zabilježena na varijanti N3 (4,99 t ha<sup>-1</sup>), a najmanja na N1 (4,59 t ha<sup>-1</sup>).

Tablica 3. Poljoprivredni prinos ozime pšenice (t ha<sup>-1</sup>) na pet varijanata obrade tla i tri razine gnojidbe dušikom

Obrada	N1	N2	N3	<i>prosjeak</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>Sd</i>	<i>Kv%</i>
OR	4,17	5,38	5,30	4,95	5,38	4,17	0,68	13,67
PO	6,06	3,94	5,41	5,14	6,06	3,94	1,08	21,11
RA	5,47	5,07	4,63	5,06	5,47	4,63	0,42	8,32

Obrada	N1	N2	N3	prosjeak	max	min	Sd	Kv%
TA	3,42	4,32	5,14	4,29	5,14	3,42	0,86	20,04
DS	3,83	4,46	4,49	4,26	4,49	3,83	0,37	8,80
prosjeak	4,59	4,63	4,99					
max	6,06	5,38	5,41					
min	3,42	3,94	4,49					
Sd	1,13	0,58	0,41					
Kv%	24,55	12,53	8,19					

Prema izračunatim vrijednostima žetvenog indeksa, njegova najveća prosječna vrijednost utvrđena je na varijanti obrade tla PO (50,0 %), a najniža na varijanti DS (47,4 %). Prosječne vrijednosti žetvenog indeksa prema gnojidbenim tretmanima bile su vrlo ujednačene, dok je nešto veća ipak zabilježena na varijanti N1 (48,9 %).

### Komponente uroda kukuruza

Najveća prosječna visina biljaka kukuruza izmjerena je na varijanti obrade tla TA (196 cm), a najniža na varijanti DS (184 cm). Na gnojidbenim tretmanima najviše biljke kukuruza izmjerene su na varijanti N3 (196 cm), a najniže na varijanti N1 (185 cm). Na varijanti obrade tla OR izmjerena je najveća prosječna vrijednost mase 1000 zrna kukuruza (326,1 g), dok je na varijanti TA ova vrijednost bila najniža (278,1 g). Međusobne razlike prosječnih vrijednosti ovog pokazatelja na gnojidbenim tretmanima bile su vrlo male, a najveća je vrijednost zabilježena na varijanti N2 (306,1 g). Izmjerena prosječna vrijednost hektolitarske mase kukuruza na svim tretmanima obrade tla bila je vrlo ujednačena, s razlikom od najveće vrijednosti na DS do najmanje vrijednosti na OR od svega 0,7 kg. Usporedbom gnojidbenih tretmana vidljivo je da je najveća vrijednost zabilježena na varijanti N2 (76,0 kg), a najniža na tretmanu N3 (75,0 kg). Najveća prosječna vrijednost biološkog prinosa izmjerena je na varijanti obrade tla OR (42,96 t ha<sup>-1</sup>), a najmanja na varijanti TA (32,07 t ha<sup>-1</sup>). Između gnojidbenih tretmana također je postojala značajnija razlika, s tim da je najveća vrijednost izmjerena na varijanti N2 (38,33 t ha<sup>-1</sup>), a najmanja na varijanti N1 (32,63 t ha<sup>-1</sup>). Usporedbom prosječnih vrijednosti poljoprivrednog prinosa kukuruza (Tablica 4.) između različitih varijanata obrade tla, najveća je vrijednost utvrđena na varijanti OR (10,23 t ha<sup>-1</sup>), a najmanja na varijanti DS (9,00 t ha<sup>-1</sup>). Na varijantama gnojidbe dušikom, najveća je prosječna vrijednost poljoprivrednog prinosa ostvarena na varijanti N2 (9,89 t ha<sup>-1</sup>), a najmanja na varijanti N1 (8,20 t ha<sup>-1</sup>). Najveća prosječna vrijednost žetvenog indeksa izračunata je na varijanti obrade tla TA (27,5 %), a najmanja vrijednost na varijanti OR (23,5 %). Međusobnom usporedbom gnojidbenih tretmana vidljivo je da je najveća vrijednost žetvenog indeksa izračunata na varijanti N3 i iznosila je 26,8 %, dok je najniža vrijednost bila na varijanti N1 i iznosila je 25,1 %.

Tablica 4. Poljoprivredni prinos kukuruza (t ha<sup>-1</sup>) na pet varijanata obrade tla i tri razine gnojidbe dušikom

Obrada	N1	N2	N3	prosjeak	max	min	Sd	Kv%
OR	10,10	11,00	9,60	10,23	11,00	9,60	0,71	6,96
PO	6,86	8,80	11,02	8,89	11,02	6,86	2,08	23,40
RA	6,83	10,90	8,75	8,83	10,90	6,83	2,03	23,05
TA	8,14	9,74	8,49	8,79	9,74	8,14	0,84	9,56



Obrada	N1	N2	N3	<i>prosjek</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>Sd</i>	<i>Kv%</i>
DS	9,05	9,02	8,94	9,00	9,05	8,94	0,06	0,64
<i>prosjek</i>	8,20	9,89	9,36					
<i>max</i>	10,10	11,00	11,02					
<i>min</i>	6,83	8,80	8,49					
<i>Sd</i>	1,42	1,03	1,01					
<i>Kv%</i>	17,27	10,36	10,82					

Poljoprivredni prinos rezultanta je više različitih faktora koji pojedinačno, svaki zasebno ili u međudjelovanju s drugim faktorima utječu na visinu ostvarenog prinosa. Masa 1000 zrna kao i hektolitarska masa predstavljaju najznačajnije pokazatelje kvalitete zrna, a njihova veća vrijednost (u okvirima promatranih kultivara) izravan je pokazatelj njihove veće vrijednosti. Općenito uzevši, veće vrijednosti ovih pokazatelja (kod obje istraživane kulture) zabilježene su na varijanti s oranjem, odnosno podirivanjem ili rahljenjem, što je u skladu s istraživanjima Jug i sur. (2011.). Visina biljke predstavlja, između ostalog, indikator biološkog potencijala biljke, kao i agrotehničkih i agroekoloških uzgojnih uvjeta (Boomsma i sur., 2010.). Prema ostvarenim rezultatima istraživanja, opći je trend u uzgoju kukuruza povećanje visine biljke s porastom razine gnojidbe dušikom, budući da se kukuruz ubraja u ratarske usjeve s velikom potrebom za dušikom i da u kratkom vremenu stvara veliku nadzemnu biljnu masu. Kod ozime pšenice najveća je visina biljaka zabilježena pri optimalnoj gnojidbi prema preporuci (N2) i intenzivnijim varijantama obrade tla (OR, PO i RA). Ovaj rezultat kod ozime pšenice može se objasniti višekratnim prihranama čime se postiže pravilnija opskrbljenost biljke i veća iskoristivost dušika (Vukadinović i Bertić, 2013.).

Najveći poljoprivredni prinos ozime pšenice ostvaren je na varijanti podirivanja (PO = 5,14 t ha<sup>-1</sup>), a najmanji na varijanti s izostavljenom obradom tla (DS = 4,26 t ha<sup>-1</sup>). Kod kukuruza najveći urod zrna ostvaren je na varijanti s oranjem (OR = 10,23 t ha<sup>-1</sup>), a najmanji na varijanti s tanjuranjem kao osnovnim zahvatom obrade tla (TA = 8,79 t ha<sup>-1</sup>). Slične rezultate dobili su i Feng i sur. (2014.) istražujući ozimu pšenicu i kukuruz na različitim varijantama obrade tla, dok su De Vita i sur. (2007.) dobili suprotne rezultate. Poljoprivredni prinos kao dio biološkog prinosa predstavlja žetveni indeks, a prema Unkovich i sur. (2010.) na žetveni indeks utječu dužina vegetacije i ekstremne vremenske prilike (prvenstveno temperatura i oborine) tijekom reproduktivne faze kultura. Na žetveni indeks kod kukuruza značajno je utjecala gnojidba dušikom, a ovaj je utjecaj izostao kod ozime pšenice, dok je obrnuta situacija bila s varijantama obrade tla koje su utjecale na žetveni indeks ozime pšenice, ali ne i kukuruza. Reduciranjem dubine i intenziteta obrade tla (posebice na hidromorfnom tlu na kojem je istraživanje i provedeno), može se ostvariti povoljan učinak čuvanja vode u uvjetima povećane suše. S druge strane, u uvjetima prevelike vlažnosti tla rahljenjem nepropusnog ili zbijenijeg sloja tla (taban obrade na dubini oranja i tanjuranja), omogućuje se nesmetana ascendentna i descendentna perkolacija vode (Lipiec i Hatano, 2003.). Ovo je vjerojatno najvažniji razlog veće uspješnosti intenzivnijih sustava obrade tla u provedenim istraživanjima, budući da su anaerobni uvjeti uslijed saturacije tla vodom trajali vrlo kratko vrijeme. U ovim se istraživanjima, tijekom izrazito vlažnog razdoblja, pokrivenost tla žetvenim ostacima pokazala na nekim reduciranim sustavima obrade tla kao manja negativnost, jer se tlo sporije zagrijavalo i sušilo, no tijekom vrućeg i suhog dijela godine upravo su žetveni ostaci bili ključni u pravilnoj opskrbi biljaka vodom i održavanju kvalitetne površinske strukture tla (Jug i sur., 2017.).

Gnojidba općenito, a posebice dušikom, ubraja se u jedan od najznačajnijih agrotehničkih zahvata u uzgoju ratarskih usjeva. Kvalitetnom gnojidbenom preporukom moguće je izbalansirati pravilnu gnojidbu te ostvariti optimalne urode (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Ovakvim se pristupom izbjegava prevelika ili nedovoljna količina dušika u uzgoju koji podjednako mogu utjecati na smanjenje ostvarenih prinosa (Tolessa i sur., 2007.). Valja napomenuti i istaknuti kako između optimalne gnojidbe prema preporuci (N2) i gnojidbe uvećane za 50 % (N3), nisu utvrđene opravdane razlike, s tim da je kod nekih pokazatelja kod obiju istraživanih kultura najveća vrijednost utvrđena upravo kod gnojidbenog tretmana prema preporuci (N2).

## Zaključak

Istraživanja utjecaja različitih sustava reducirane obrade tla i tri razine gnojidbe dušikom u uzgoju ozime pšenice i kukuruza, provedena su tijekom dviju tehnoloških/vegetacijskih godina 2012./2013. i 2013./2014. na pseudoglejnom tipu tla u Čačincima. Temeljem provedenih istraživanja u specifičnim agroekološkim uvjetima (tip tla i vremenske prilike) mogu se donijeti slijedeći zaključci:

- na sve istraživane komponente prinosa, kao i na sam poljoprivredni prinos, najveći utjecaj imale su vremenske prilike, a zatim istraživane varijante obrade tla,
- visina poljoprivrednog i biološkog prinosa obrnuto je proporcionalna s intenzitetom odnosno reduciranjem zahvata obrade tla,
- u uvjetima prekomjerne vlažnosti tla najbolji su prinosi ostvareni na sustavima obrade tla sa intenzivnijim odnosno dubljim rahljenjem tla,
- najveći prinosi zrna ozime pšenice ostvareni su upravo na varijantama s podrivanjem ( $PO = 5,14 \text{ t ha}^{-1}$ ) i rahljenjem ( $RA = 5,06 \text{ t ha}^{-1}$ ) kao osnovnim zahvatom obrade tla,
- uočen je trend opadanja visine prinosa sa smanjenjem dubine, ali i sa intenzitetom reduciranja zahvata obrade tla,
- značajno najveći prinos zrna kukuruza ostvaren je na varijanti s oranjem kao osnovnim zahvatom obrade tla ( $OR = 10,23 \text{ t ha}^{-1}$ ), dok je razlika u visini prinosa između ostalih istraživanih varijanata obrade tla bila vrlo mala,
- reducirani sustav obrade tla s tanjuranjem kao osnovnim zahvatom obrade (TA), kao i varijanta direktne sjetve (DS), u ovim su se istraživanjima pokazali inferiornima u usporedbi sa sustavima kod kojih se tlo obrađuje/rahli na veću dubinu,
- između optimalne gnojidbe prema preporuci (N2) i gnojidbe uvećane za 50 % (N3) nisu utvrđene opravdane razlike u visini ostvarenog prinosa zrna, s tim da je kod nekih pokazatelja kod obiju istraživanih kultura najveća vrijednost poljoprivrednog prinosa utvrđena upravo kod gnojidbenog tretmana prema preporuci (N2),
- za kvalitetnije i pouzdanije rezultate ovakva je istraživanja potrebno provoditi kontinuirano i u različitim agroekološkim uvjetima.

## Literatura

1. Bonciarelli, F., Farina, G. and Panaro, V. (1982): Preliminary results on new tillage methods in central Italy. Proc. 8 th Conf. ISTRO, Osijek, pp. 297-302.
2. Birkas, M., Jug, D., Kende, Z., Kišić, I., Szemok, A. (2018): Soil Tillage Responses to the Climate Threats – Reevaluation of the Classic Theories Agriculturae Conspectus Scientificus, 83 (1), 1-9.
3. Boomsma, C.R., Santini, J.B., West, T.D., Brewer, J.C., McIntyre, L.M., Vyn, T.J. (2010): Maize grain yield response to plant height variability resulting from crop rotation and tillage system in a long-term experiment. Soil & Tillage Research, 106, 227-240.
4. De Vita, P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N., Pisante, M. (2007): Notillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. Soil and Tillage Research, 92, 69-7.
5. Feng, Y., Ning, T., Li, Z., Han, B., Han, H., Li, Y., Sun, T., Zhang, X. (2014): Effects of tillage practices and rate of nitrogen fertilization on crop yield and soil carbon and nitrogen. Plant, Soil and Environment, 3, 100–104.
6. Jug, D., Jug, I., Vukadinović, V., Đurđević, B., Stipešević, B., Brozović, B. (2017): Konzervacijska obrada tla kao mjera ublažavanja klimatskih promjena, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
7. Jug, D., Birkas, M., Kisić, I. (2015): Obrada tla u agroekološkim okvirima. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
8. Jug, D., Jug, I., Brozović, B., Vukadinović, V., Stipešević, B., Đurđević, B. (2018): The role of conservation agriculture in mitigation and adaptation to climate change, Poljoprivreda, 24 (1), 35-44.
9. Jug, I., Jug, D., Sabo, M., Stipesevic, B., Stosic, M. (2011): Winter wheat yield and yield components as affected by soil tillage systems. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 35 (1), 1-7.
10. Košutić, S., Filipović, D., Gospodarić, Z., Husnjak, S., Zimmer, R., Kovačev, I. (2006): Usporedba različitih sustava obrade tla u proizvodnji soje i ozime pšenice u Slavoniji, Agronomski glasnik, 68 (5), 381-392.
11. Lipiec, J., Hatano, R. (2003): Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. Geoderma, 116 (1-2), 107–136.
12. Murdock, L., Herbek, J., Martin, J., James, J., Call, D. (2000): Yield Potential and Long Term Effects of No-Tillage on Wheat Production. University of Kentucky. 1999-2000 Report.
13. Tolessa, D., Du Preez, C.C., Ceronio, G.M. (2007): Fate of nitrogen applied to maize on conventional and minimum tilled Nitisols in Western Ethiopia. South African Journal of Plant and Soil, 24 (2), 77-83.
14. Unkovich, M., Baldock, J., Forbes, M. (2010): Variability in Harvest Index of Grain Crops and Potential Significance for Carbon Accounting: Examples from Australian Agriculture. Advances in Agronomy, 105, 173-219.
15. Videnović, Ž., Simić, M., Srdić, J., Dumanović, Z. (2011): Long term effects of different soil tillage systems on maize (*Zea mays* L.) yields. Plant, Soil and Environment, 57 (4), 186–192.
16. Vukadinović, V., Bertić, B. (2013): Filozofija gnojidbe, Studio HS Internet d.o.o. Osijek.
17. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011) *Ishrana bilja*. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek.

## Reaction of winter wheat and maize to reduced soil tillage on pseudogley

### Abstract

The research on the reaction of winter wheat and maize to reduced soil tillage, at different doses of nitrogen fertilization, was conducted during 2013 (maize) and 2013/2014 (winter wheat). The research was conducted at the site Čačinci, on the soil type pseudogley, with five different soil tillage treatments: conventional – OR, subsoiling – PO, chiseling – RA, disc-harrowing – TA and no-till – DS, and three nitrogen fertilization treatments: N1 – fertilization reduced by 50% compared to the fertilization recommendation, N2 – fertilization conducted according with the fertilization recommendation and N3 – fertilization increased by 50% compared to the fertilization recommendation. Weather conditions and the researched soil tillage variants had a greater impact on all the studied yield components as well as the agricultural yield itself. The highest grain yields of winter wheat were obtained by PO (5.14 t ha<sup>-1</sup>) and RA (5.06 t ha<sup>-1</sup>) soil tillage treatments. The highest maize grain yield was achieved by OR treatment (10.23 t ha<sup>-1</sup>), while the difference in yield between the other studied tillage treatments was very small. Reduced soil tillage systems TA and DS were inferior in these studies compared to systems where soil is cultivated/loosened to a greater depth. Between fertilization treatments N2 and N3, no justified differences were found in the amount of achieved grain yield, although for some indicators, for both researched crops, the highest value of agricultural yield was determined in N2 treatment.

**Key words:** reduced soil tillage, nitrogen fertilization, winter wheat, maize, pseudogley



## Section II



---

---

# **Animal production**

## **Animalna proizvodnja**



## Utjecaj dodatka ekstrakta cvijeta nevena u hranu nesilica na sadržaj luteina i boju žumanjaka svježih i kuhanih jaja

Kralik Zlata<sup>1,2</sup>, Olivera Galović<sup>2,3</sup>, Gordana Kralik<sup>2,4</sup>, Danica Hanžek<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijeku, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, e-mail: Zlata.Kralik@fazos.hr

<sup>2</sup>Sveučilište Josip Juraj Strossmayer u Osijeku, Znanstveni centar izvrsnosti za personaliziranu brigu o zdravlju, Trg sv. Trojstva 3, HR- 31000 Osijek.

<sup>3</sup>Sveučilište Josip Juraj Strossmayer u Osijeku, Odjel za kemiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, HR- 31000 Osijek.

<sup>4</sup>Nutricin j.d.o.o. Darda, HR-31326 Darda

### Sažetak

U istraživanju utjecaja dodatka ekstrakta cvijeta nevena (*Tagetes erecta* L.) u hrani kokoši na boju žumanjaka svježih i kuhanih jaja te sadržaj luteina, korištene su 72 nesilice hibrida Tetra SL. Nesilice su podijeljene u dvije pokusne skupine K = kontrolna bez dodatka ekstrakta cvijeta nevena (eng. *Marigold Flower Extract*, MFE) i L = u smjesi dodano 100 mg MFE/kg. Nesilice su držane u obogaćenim kavezima u istim tehnološkim uvjetima uz ukupno 16 sati dnevnog svjetla. Krmna smjesa bila je izbalansirana na 18 % sirovih proteina i 11,40 MJ ME/kg hrane, a nesilice su konzumirale hranu i vodu *ad libitum*. Nakon 5 tjedana hranidbe nesilica uzorkovana su jaja L težinskog razreda za analizu sadržaja luteina u žumanjku, te analizu boje žumanjaka svježih i kuhanih jaja. Statistički značajno veći sadržaj luteina utvrđen je u jajima L skupine u odnosu na skupinu K ( $P < 0,05$ ). Korišteni hranidbeni tretman L imao je statistički značajno intenzivniju boju svježih i kuhanih žumanjaka ( $P < 0,05$ ) u usporedbi s jajima skupine K. Iz rezultata se može zaključiti da je opravdano koristiti MFE dodatak u hrani nesilica kako bi se u jajima povećao sadržaj luteina, ali i utjecalo na intenzivniju boju žumanjaka.

**Ključne riječi:** kokoši, jaja, ekstrakt cvijeta nevena, lutein, boja žumanjka

### Uvod

Boja žumanjka osnovni je pokazatelj kvalitete žumanjka, i jedan od važnih pokazatelja unutarnje kvalitete jaja. Konzumenti preferiraju jaja s tamnijim žumanjkom. Nesilice, kao i sve domaće životinje, ne mogu sintetizirati pigmente, nego ih moraju u organizam unijeti putem hrane. Karotenoidi su pigmenti koji se u hranidbi nesilica koriste kako bi pojačali boju žumanjka. Pigmenti koji se koriste u hrani za životinje mogu biti prirodni ili sintetski, žuti ili crveni. Učinkovitost pigmenta ovisi o njihovoj probavljivosti, metabolizmu i taloženju u ciljanom tkivu (Ney, 2000.). Glavni izvor karotenoida u hranidbi kokoši na području Europe je kukuruz, a osim njega koristi se i dehidrirana lucerna te komercijalni preparati na bazi nevena i paprike. U kukuruzu su najzastupljeniji karotenoidi  $\alpha$ -karoten i  $\beta$ -karoten te  $\beta$ -kriptoksantin od kojih nastaje

vitamin A, te ksantofili, zeaksantin i lutein. Boja peradarskih proizvoda mjeri se objektivno pomoću automatskih uređaja kao na primjer kolorimetra (Konica Minolta CR-300) koji boju klasificira u tri dimenzije: CIE L\* = mjera svjetline od crnog (0) do bijelog (100), a\* = mjera crvenosti od crvene (a) do zelene (-a) boje i b\* = mjera žutosti od žute (b) do plave (-b) boje, te korištenjem uređaja za mjerenje kvalitete jaja EggMulti Tester gdje se boja mjeri gradacijom poput Rosheove lepeze od 1 – 15, gdje je 1 svjetlo žuto a 15 narančasto-crvena nijansa. Koncentracija pigmenta u žumanjku ovisi o njihovom sadržaju u hrani nesilica. Bartov i Bornstein (1967.) u radu navode da nesilice imaju sposobnost transportirati 20 – 60 % pigmenta iz krmne smjese u žumanjke. Lokaewmanee i sur. (2011.) navode da dodatak luteina iz nevena u hranu nesilicama u količini od 30 – 40 mg/kg poboljšava boju žumanjka. Rezultate sukladne ovima ističu i Grčević i sur. (2019. a), te Hammershøj i sur. (2010.). Cilj ovog rada bio je utvrditi utječe li dodatak ekstrakta cvjeta nevena u hranu kokoši na sadržaj luteina u žumanjcima jaja te dolazi li do bolje obojanosti žumanjaka.

## Materijal i metode

U istraživanju su korištene ukupno 72 nesilice hibrida Tetra SL, podijeljene u dvije pokusne skupine, kontrolna K = bez dodatka MFE i pokusna skupina L = s dodatkom u krmnu smjesu 100 mg MFE/kg hrane). Nesilice su držane u obogaćenim kavezima (36 nesilica po skupini u 3 repeticije), u istim tehnološkim uvjetima držanja, uz *ad libitum* konzumaciju hrane i vode. Smjese koje su korištene u pokusu izbalansirane su na 18 % sirovih proteina i 11,40 MJ ME/kg hrane. Pokusni dio na farmi trajao je 5 tjedana, nakon čega su uzorkovana jaja L razreda (63 g – 73 g) za analizu luteina i utvrđivanje boje žumanjak svježih i kuhanih jaja. Lutein je analiziran na ukupno 12 jaja (6 po skupini). Uzorci žumanjka pripremljeni su prema metodi Leeson i Caston (2004). Lutein u žumanjku određen je korištenjem Shimadzu HPLC sustava tako što je prvo izvagano 0,5 g žumanjka u epruvetu, zatim se uzorak prelije s 5 ml acetona i izmiješa u vrtložnoj miješalici 30 sekundi. Uzorci se ostave da stoje u mraku 1 sat. Nakon odmora i filtriranja kroz 0,45 µm membranski filter CHROMAFIL® Xtra CA-45/25 (MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG, Düren, Njemačka), 1 ml acetonskog ekstrakta prenese se u HPLC vijalice i lagano se ispari zagrijavanjem. Ostatak u vijalici otopi se dodatkom 1 ml otopine heksana/etil acetata (65:35, v / v) i izmiješa na vorteks miješalici. Tako pripremljeni uzorak analiziran je na koloni Viva C18 (5 µm, 250x4,6 mm; RESTEK Corporation, Bellefonte, PA, SAD). Mobilna faza sastojala se od smjese metanola i tetrahidrofurana (THF) 9: 1 (v / v). Brzina protoka bila je 1 ml/min, vrijeme analize bilo je 20 minuta, a valna dužina mjerenja je 450 nm. Volumen ubrizgavanja bio je 20 ul. Standardna krivulja za lutein pripremljena je korištenjem luteinske norme kupljene od ChromaDex-a (Irvine, CA, SAD). Boja žumanjaka određena je korištenjem Minolta kromometra CR-300 (Konica Minolta, Osaka, Japan). Boja je mjerena na svježim odnosno 10 minuta kuhanim jajima. Rezultati istraživanja obrađeni su u programu Statistica for Windows versio 13.4.0.14. (StatSoft Inc., 2018.). Napravljena je deskriptivna statistika, te analiza varijance (ANOVA). Ukoliko je P vrijednost kod analize varijance bila statistički značajna razlike između skupina testirane su Fisherovim LSD testom.

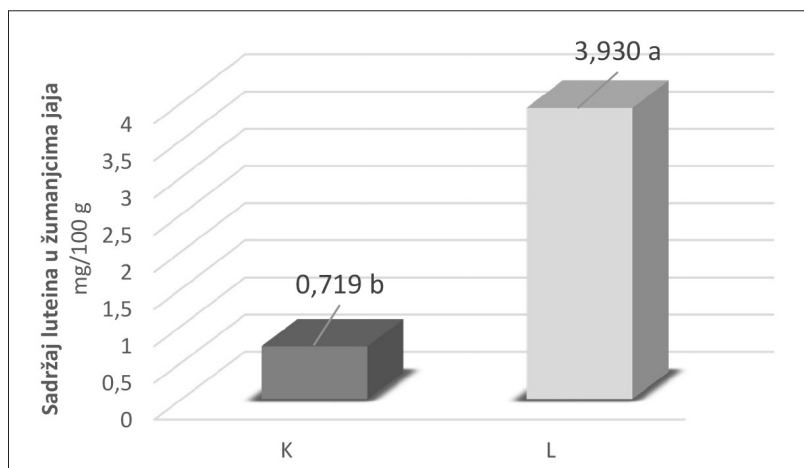
## Rezultati i rasprava

Na grafikonu 1 prikazan je sadržaj luteina u svježim žumanjcima. Uočen je statistički značajno veći sadržaj luteina u žumanjcima jaja L skupine u odnosu na skupinu K (L = 3,930 mg/100 g odnosno K = 0,719 mg/100g; P < 0,001). U tablici 1 navedene su vrijednosti boje svježih odnosno kuhanih žumanjaka. Iz tablice je vidljivo da su jaja L skupine imala tamniju boju žumanjaka od K skupine. Kod svježih kao i kod kuhanih jaja statistički značajno svjetlije žumanjke imala je



K skupina (svježa L\* = 55,08 i kuhana L\* = 80,82) u odnosu na skupinu L skupinu (svježa L\* = 51,86 i kuhana L\* = 72,12). Kod jaja L skupine statistički se značajno povećavao stupanj crvenila (CIE a\*) u žumanjcima svježih (K = 4,44 i L = 6,63; P < 0,001) i kuhanih jaja (K = 3,89 i L = 5,15; P = 0,003), dok je stupanj žutila (CIE b\*) kod svježih jaja bio ujednačen (K = 25,51 i L = 25,04; P = 0,427) a kod kuhanih je razlika bila statistički značajna odnosno stupanj žutila bio je izraženiji kod jaja L skupine (K=30,19 i L=41,13; P<0,001).

K = kontrolna bez dodatka u krmnu smjesu ekstrakta cvijeta nevena; L = u krmnoj smjesi dodano 100 mg/kg ekstrakta cvijeta nevena; eksponenti <sup>a,b</sup> prikazuju statistički značajnu razliku između vrijednosti prikazanih u stupcima na razini značajnosti <0,001.



Grafikon 1. Sadržaj luteina u žumanjcima jaja (mg/100 g)

Tablica 1. Utjecaj hranidbenog tretmana na boju žumanjka ispitivanih skupina

Pokusne skupine/ Statistički parametar	K $\bar{x} \pm sd$	L $\pm sd$	P vrijednost
<i>Svježa jaja</i>			
CIE L*	55,08±0,47 <sup>a</sup>	51,86±0,40 <sup>b</sup>	<0,001
CIE a*	4,44±0,23 <sup>b</sup>	6,63±0,29 <sup>a</sup>	<0,001
CIE b*	25,51±0,42	25,07±0,34	0,427
<i>Kuhana jaja</i>			
CIE L*	80,82±0,61 <sup>a</sup>	72,12±0,82 <sup>b</sup>	<0,001
CIE a*	3,89±0,27 <sup>b</sup>	5,15±0,27 <sup>a</sup>	0,003
CIE b*	30,19±0,53 <sup>b</sup>	41,13±0,44 <sup>a</sup>	<0,001

K = kontrolna bez dodatka u krmnu smjesu ekstrakta cvijeta nevena; L = u krmnoj smjesi dodano 100 mg/kg ekstrakta cvijeta nevena; eksponenti <sup>a,b</sup> prikazuju statistički značajnu razliku između vrijednosti prikazanih u redovima na razini značajnosti P < 0,01 i < 0,001.

Grčević i sur. (2019.a) koristili su tri hranidbena tretmana u pokusu. Prvi hranidbeni tretman bio je kontrolni, O<sub>0</sub> = bez dodatka MFE, dok su O<sub>1</sub> i O<sub>2</sub> bili pokusni tretmani gdje je u smjesu za

nesilice dodano 200 mg/kg odnosno 400 mg/kg MFE. U rezultatima navedeni autori ističu da je nakon 21 dana hranidbe nesilica pripremljenim smjesama sadržaj luteina u žumanjcima jaja statistički značajno povećan ( $P < 0,001$ ) s 20,11  $\mu\text{g/g}$  ( $O_0$ ), na 107,41 $\mu\text{g/g}$  ( $O_1$ ) odnosno 118,86  $\mu\text{g/g}$  ( $O_2$ ). Navedeni trend povećanja sadržaja luteina u žumanjcima jaja sukladan je našem istraživanju. Lokaewmanee i sur. (2011.) u istraživanju utjecaja dodatka MFE u hranu kokoši na povećanje sadržaja luteina u jajima ističu da povećanje sadržaja luteina u žumanjcima jaja ovisi o razini MFE u hrani za nesilice. U rezultatima autori navode da dolazi do trostruko većeg deponiranja luteina u žumanjcima jaja nesilica skupine E koja je u hrani dobivala 40 mg/kg MEF<sub>40</sub> u odnosu na kontrolnu skupinu (C) bez dodatka MEF ( $K = 1,0$  mg/100g žumanjka odnosno  $E = 4,0$  mg/100g žumanjka). Autori također navode značajan utjecaj korištenja MFE u količini od 40 mg/kg hrane na boju žumanjka mjerenu Rosheovom lepezom ( $P < 0,001$ ), kao i kolorimetrom gdje su vrijednosti boje izražene kao  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ . Kod ovih vrijednosti za boju razlike također postoje, no kod  $L^*$  i  $b^*$  nisu statistički značajne za razliku od  $a^*$  vrijednosti ( $C = L^*50,5$  i  $b^* = 37,8$  MEF<sub>40</sub> =  $L^*45,9$  i  $b^* = 47,6$ ;  $P > 0,05$ ) odnosno  $C = a^* -1,76$  i MEF<sub>40</sub> =  $a^*2,24$ ;  $P < 0,001$ ). S obzirom da je lutein iz MEF pigment žute boje veće vrijednosti žutila  $b^*$  i crvenila  $a^*$  u žumanjcima jaja pokusne skupine opravdavaju intenzivnije žuto-narančastu nijansu u odnosu na žumanjka kontrolne skupine. Kralik i sur. (2014.) navode da se  $L^*$  vrijednost kuhanih žumanjaka hranidbenog tretmana s dodatkom luteina (BK), mijenjala ovisno o dužini kuhanja jaja (svježi žumanjak  $L^* = 61,58$  kuhan na 7 minuta  $L^* = 73,77$  i kuhan na 10 minuta  $L^* = 63,25$ ). U usporedbi s njihovim vrijednostima možemo navesti da je i u našem istraživanju vrijednost  $L^*$  manja kod svježih u odnosu na kuhana jaja. Grčević i sur. (2019.b) navode da dodatak ekstrakta cvjeta nevena u količini od 1 g/kg krmne smjese i 2 g/kg krmne smjese u odnosu na kontrolnu skupinu statistički značajno utječe na intenzitet boje žumanjka svježih jaja ( $C = L^* 62,92$ ;  $E1 = L^* 59,71$  i  $E2 = L^* 59,03$ ;  $P < 0,001$ ). Njihovi rezultati sukladni su s našim.

## Zaključak

Iz rezultata istraživanja može se zaključiti da korištenje ekstrakta cvjeta nevena (*Tagetes erecta* L.) u krmnim smjesama za nesilice možemo povećati sadržaj luteina u žumanjcima konzumnih jaja s 0,719 mg/100 g u K skupini, na 3,930 mg/100 g žumanjka u L skupini. S obzirom da je boja žumanjka jedan od važnih pokazatelja koji utječe na odluku potrošača kod kupovine jaja, podatak da dodatak ekstrakta cvjeta nevena u hranu nesilica pozitivno djeluje na intenzitet boje žumanjka ( $P < 0,05$ ) važan je za djelatnike u mješaonicama stočne hrane, ali i za proizvođače peradare.

## Napomena

Ovo istraživanje financirano je sredstvima Europskih strukturnih i investicijskih fondova, dodijeljenim hrvatskom nacionalnom Znanstvenom centru izvrsnosti za personaliziranu brigu o zdravlju (KK.01.1.1.01.0010).

## Literatura

1. Bartov, I., Bornstein, S. (1967): Studies on egg yolk pigmentation. 3. The effect of origin and storage of yellow corn on the utilization of its xanthophylls. Poultry Science, 46 (4), 796–805.
2. Grčević, M., Kralik, Z., Kralik, G., Galović, O. (2019a): Effects of dietary marigold extract on lutein content, yolk color and fatty acid profile of omega-3 eggs. Journal of the Science of Food and Agriculture, 99, 2292-2299.
3. Grčević, M., Kralik, Z., Kralik, G., Galović, D., Radišić, Ž, Hanžek, D. (2019b): Quality and oxidative stability of eggs laid by hens fed marigold extract supplemented diet. Poultry Science, 98 (8), 3338-3344.

4. Hammershøj, M., Kidmose, U., Steinfeldt, S. (2010): Deposition of carotenoids in egg yolk by short-term supplement of coloured carrot (*Daucus carota*) varieties as for agematerial for egg-laying hens. In Journal of the Science of Food and Agriculture, 90 (7), 1163–1171.
5. Kralik, Z., Radišić, Ž., Kralik, I., Kralik, G, Grčević, M. (2014): Effect of treatment and cooking length on yolk color and egg quality. Proceedings of the International Symposium on Animal Science (ISBN: 978-86-7834-199-1, Editor in Chief: prof.dr. Zoran Popović), 23-25 September, Beograd-Zemun, str. 624-629.
6. Leeson i Caston (2004): Enrichment of eggs with lutein. Polutry Science, 83, 1709-1712.
7. Lokaewmanee, K., Yamauchi, K., Komori, T., Saito, K. (2011): Enhancement of yolk color and boiled egg yolk with lutein from marigold flower meal and marigold flower extract. Journal of Poultry Science, 48 (1), 25-32.
8. Ney, Y. (2000): Dietary carotenoids and egg yolk coloration – a review. In Archiv fur Geflugelkunde, 64 (2), 45–54.
9. Statistica for Windows version 13.4.0.14. (StatSoft Inc., 2018.)

## The effect of the addition of marigold flower extract in feed for laying hens on the lutein content and the yolk color of fresh and cooked eggs

### Abstract

In this study, the effect of the addition of marigold flower (*Tagetes erecta* L.) extract in the feed mixture for laying hens and the effect on the color of cooked and fresh egg yolk, as well as lutein content, was studied. Tetra SL hybrid (72 laying hens) were used. Hens were divided into two experimental groups: K = control group, fed without the addition of marigold flower extract (MFE), and L = fed with the addition of 100 mg MFE /kg of feeding mixture. Hens were kept in custom cages under the same technological conditions with a total of 16 hours of daylight. The feed mixture was balanced and contained 18% of crude protein and 11.40 MJ ME/kg of feed mixture. Feed mixture and water were consumed *ad libitum*. After 5 weeks of feeding, L-weight class eggs were sampled for analysis of lutein content in egg yolks and the yolk color of fresh and cooked eggs. A statistically significantly higher lutein content was found in the L group eggs compared to group K ( $p < 0.05$ ). The nutritional treatment for L group resulted in statistically significantly more intense color of fresh and cooked egg yolks ( $p < 0.05$ ) compared to the egg yolks of group K. Based on these results, it can be concluded that it is justified to use MFE supplement in feed mixture for laying hens in order to increase the lutein content in eggs, but also to enhance yolk color.

**Key words:** laying hens, eggs, marigold flower extract, lutein, egg yolk color

## Prevenција šepavosti kod krava infracrvenom termografijom

Tina Bobić, Filip Bank, Pero Mijić, Mirjana Baban, Vesna Gantner, Maja Gregić

*Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,  
Vladimira Preloga 1, Osijek, Hrvatska, e-mail: Tina.Bobic@fazos.hr*

### Sažetak

Šepavost je bolest krava koja se učestalo javlja na farmama za proizvodnju mlijeka. Izrazito je bolna za životinje i rezultira visokim ekonomskim gubitcima uslijed pada proizvodnje mlijeka, troškova liječenja te ranog izlučenja grla iz proizvodnje. Ključno je uočiti upalne promjene (preteče šepavosti) u začetku, a prije razvoja uznapredovale faze bolesti koja dovodi do otežanog i bolnog kretanja kod životinja. Razvoj infracrvene termografije daje nove mogućnosti u prevenciji nastanka šepavosti. Ova je tehnologija beskontaktna, neinvazivna te relativno lako primjenjiva. Infracrvena termografija ima budućnost u prevenciji šepavosti kod krava uz poštivanje određenih preduvjeta za njezino pravilno korištenje.

**Ključne riječi:** infracrvena termografija, šepavost, prevencija, krave

### Uvod

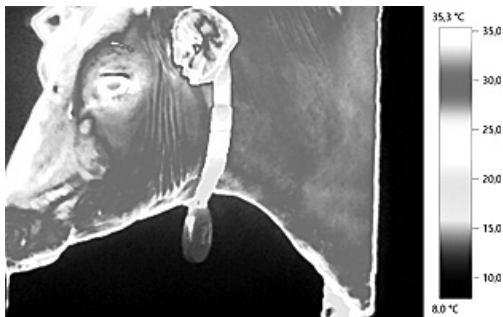
Izazovi govedarske proizvodnje iznimno su kompleksni te iziskuju velika ekonomska ulaganja i menadžerska umijeća. Traženje inovacija i njihova primjena u mliječnom govedarstvu mogu doprinijeti smanjenju troškova, a ujedno i povećanju proizvodnje i profitabilnosti. Intenzivni uzgoj mliječnih goveda karakterizira visoka pojavnost šepavosti, koja direktno utječe na: proizvodnju, ekonomske gubitke te dobrobit životinja (Miller i sur., 1993., Hillerton, 1996., Carlén i sur., 2004., Green i sur., 2010.). Šepavost je izrazito bolna bolest za krave i rezultira visokim ekonomskim gubitcima uslijed pada proizvodnje mlijeka, troškova liječenja te ranog izlučenja grla iz proizvodnje (Amory i sur., 2008., Green i sur., 2010.). Prema prijašnjim istraživanjima kod šepavih krava dolazi do pada proizvodnje za 270 – 570 kg u 305 dana (Green i sur., 2002., Bicalho i sur., 2007.), uslijed čega se ekonomski gubici kreću između 40 i 50 € po kravi te od 100 do 300 € po slučaju (Ózsvári, 2017.). Preko 70 % krava bude minimalno jednom šepavo tijekom svoga proizvodnog vijeka (Green i sur., 2002.), a oko 90 % oboljenja na papcima povezano je s pojavom šepavosti (Murray i sur., 1996.). Postupni razvoj od poremećaja do bolesti bez vidljivih eksterijernih promjena otežava ranu detekciju i sprječavanje kliničkih oblika. Iznalaženje novih načina otkrivanja bolesti u začetku vrlo je bitno, stoga je cilj ovog rada prikazati dio dosadašnjih rezultata istraživanja primjene infracrvene termografije u ranom otkrivanju šepavosti krava u proizvodnji mlijeka.

## Infracrvena termografija

Infracrvena termografija (ICT) neinvazivna je beskontaktna metoda mjerenja temperature površine nekoga tijela ili objekta pomoću infracrvenog zračenja (Alsaod i Büscher, 2012.). Temperaturne promjene na tijelu životinje rezultat su povišenja temperature i promjena u cirkulaciji krvi koji su ovisni o okolišnim i fiziološkim uvjetima, a ICT omogućava lokalizaciju upaljenog prostora (Wood i sur., 2015.). Praćenje temperature površine tijela životinje može se koristiti kao indikator procjene njezinog fiziološkog stanja u situacijama poput: stresa, plodnosti, dobrobiti, metabolizma, zdravlja i detekciji bolesti (Berry i sur., 2003., Poikalainen i sur., 2012., McManus i sur., 2016). ICT je metoda koja je dosta korištena u industriji, humanoj i veterinarskoj medicini, međutim u novije vrijeme počinje se primjenjivati i u stočarskoj proizvodnji u monitoringu oboljenja na papcima i vimenu krava te kao pomoć u predselekciji životinja za dodatne veterinarske preglede. Shearer i Hernandez (2000.) i Munsell i sur. (2006.) ističu jaku pozitivnu korelaciju temperature papaka s temperaturom okoline te je nužno pri mjerenjima s infracrvenom termovizijskom kamerom imati kontrolirane uvjete i obavezno mjerenje temperature i vlage zraka.



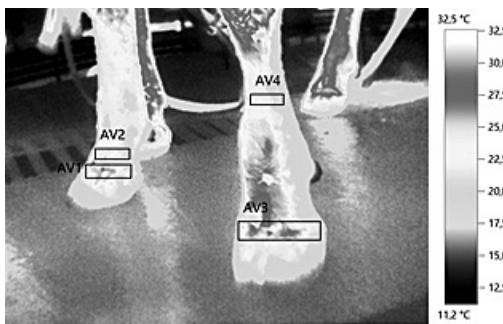
Slika 1. Fotografija glave (Autori)



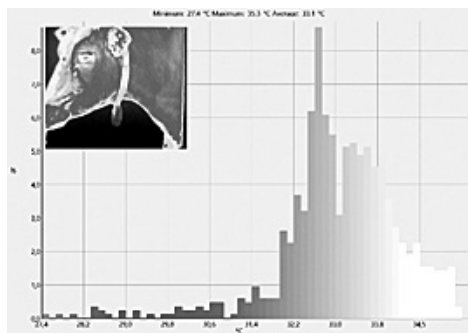
Slika 2. Termovizijska snimka glave (Autori)



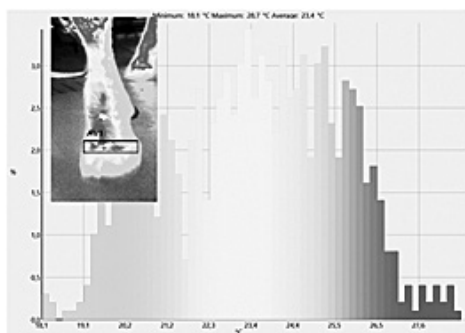
Slika 3. Fotografija papaka (Autori)



Slika 4. Termovizijska snimka papaka (Autori)



Slika 5. Histogram termovizijske snimke glave  
(Autori)



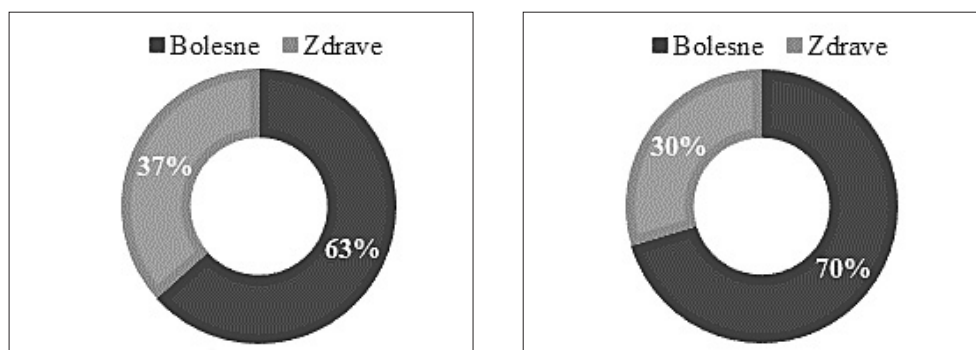
Slika 6. Histogram termovizijske snimke papka  
(Autori)

Na slikama od 1. do 4. prikazane su fotografije glave i papaka krava uspoređene s njihovim izgledom na termovizijskoj snimci. Na klasičnoj fotografiji ne može se uočiti nikakva promjena, dok termogram pokazuje nešto posve drugačije. Na ICT snimci jasno se vide područja koja su jače ili slabije prokrvljena, odnosno područja koja su možda pod nekom upalnom promjenom. Temperaturne razlike na površini promatranog tijela mogu se prikazati kao neki oblik histograma (Slike 5. i 6.).

### Primjena ICT-a u detekciji šepavosti

Zanimanje za uporabu ICT-a u detekciji šepavosti poraslo je posljednjih godina (Alsaod i sur., 2015.), najviše zbog toga što je ta metoda neinvazivna, lako izvediva te sve jeftinija i dostupnija. Primjenom ICT-a na papcima krava, Nikkah i sur. (2005.) i Alsaod i Büscher (2012.) utvrdili su značajno veću temperaturu površine papaka tijekom prvih 200 dana laktacije u usporedbi s kravama koje su bile preko 200 dana u laktaciji. Bobić i sur. (2018.) navode da su krave podložnije bolestima od 70 do 80 % na početku laktacije ( $\leq 100$  dana i od 101. do 200. dana), te da imaju veću temperaturu krunskog dijela papka u odnosu na krave koje su više od 200 dana u laktaciji. Nadalje, Alsaod i sur. (2014.) u istraživanju na Holsteinu i Fleckvieh kravama utvrdili su mogućnost korištenja ICT-a u detekciji digitalnog dermatitisa. Whay i sur. (2004.) utvrdili su veću temperaturu na bolesnim u odnosu na zdrave papke krava, što je i potvrđeno u kasnijem istraživanju Wood-a i sur. (2015.) koji su utvrdili da papci krava na kojima je prisutna neka od bolesti imaju signifikantno veću temperaturu za 0,623 °C. Navedeno je u skladu sa zaključcima Schaefer i Cook (2013.) koji ističu da ICT omogućuje detekciju i najmanjih temperaturnih razlika ( $\leq \pm 0,1$  °C) na papcima krava što omogućava otkrivanje upalnih područja prije nastupanja vidljivih znakova na kravama poput boli ili šepavosti, odnosno ranu detekciju oboljenja, a samim tim i pravovremenu liječničku intervenciju. To su potvrdili rezultati istraživanja Bobić i sur. (2016., 2017.), koji su testirali uspješnost primjene ICT u farmskim uvjetima. Navedeni su autori s infracrvenom termovizijskom kamerom snimali papke Holstein krava pri ulasku ili izlasku s redovitih mužnji. Krave nisu imale nikakve vizualne promjene na nogama niti u kretnjama. Životinje čiji su termogrami pokazivali sumnju na moguću upalnu promjenu bile su izdvojene i pregledane od strane papkara. Krave kod kojih je potvrđena neka od upalnih promjena označene su kao bolesne, dok su krave bez potvrđene upalne promjene označene kao zdrave. Njihovi rezultati pokazali su da se pouzdanost primjene ICT u ranom otkrivanju upalnih promjena kreće od 63 do 70 % (Grafikon 1. i 2.). Bobić i sur. (2017.) također navode značajno

veće ( $p < 0,05$ ;  $p < 0,0001$ ) temperaturne vrijednosti u rasponu od 2 do 8 °C na papcima bolesnih u odnosu na papke zdravih krava.



Grafikon 1. i 2. Pouzdanost primjene ICT-a u ranom otkrivanju šepavosti kod krava u laktaciji (Bobić i sur., 2016., 2017.)

Na tržištu su prisutni različiti proizvođači opreme za infracrvenu termografiju, međutim dobar odabir adekvatne i kvalitetne uvelike utječu na uspješnost rezultata primjene istih. Visoko kvalitetne kamere na tržištu imaju veću vrijednost, a pri uporabi jeftinijih modela treba voditi računa o kvaliteti slike i rezolucije (Lokesh Babu i sur., 2018.). Pri uporabi ICT metode treba u obzir uzeti utjecaj vanjske okoline na vrijednosti termograma, budući da postoji pozitivna korelacija temperature tijela sa temperaturom okoline (Shearer i Hernandez, 2000., Munsell i sur., 2006.). Visoka vlaga zraka, strujanje zraka, prisutnost nečistoća poput balege, te udaljenost od životinje tijekom snimanja također utječu na očitavanje vrijednosti temperature s površine promatranog dijela tijela (Drastich, 2000., Alsaad i Büscher, 2012., Montanholi i sur., 2015.). Osim navedenog, fiziološko stanje organizma utječe na rezultate mjerenja sa ICT-om, te se treba obratiti pozornost na to je li životinja bolesna, u fazi tjeranja ili bređa, u kojem je stadiju laktacije, razini proizvodnje i tomu slično.

## Zaključak

Razvoj infracrvene termografije daje nove mogućnosti u prevenciji nastanka šepavosti. Ova je tehnologija beskontaktna i neinvazivna te relativno lako primjenjiva. Uz ispunjavanje određenih preduvjeta za njezino pravilno korištenje te posjedovanje dovoljnog znanja za ispravnu interpretaciju dobivenih rezultata, infracrvena termografija ima budućnost u prevenciji šepavosti kod krava.

## Napomena

Rad je nastao u suradnji sa studentom Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek kroz izradu diplomskog rada pod naslovom »Primjena infracrvene termovizijske kamere u prevenciji oboljenja papaka kod krava«.

## Literatura

1. Alsaood, M., Büscher, W. (2012): Detection of hoof lesions using digital infrared thermography in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95, 735-742.
2. Amory, J.R., Barker, Z.E., Wright, J.L., Mason, S.A., Blowey, R.W., Green, L.E. (2008): Associations between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003-November 2004. *Preventive Veterinary Medicine*, 83, 381-391
3. Berry, R. J., Kennedy, A. D., Scott, S. L., Kyle, B. L., Schaefer, A. L. (2003): Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. *Canadian Journal of Animal science*, 83 (4), 687-693.
4. Bicalho, R.C., Cheong, S.H., Cramer, G., Guard, C.L., (2007): Association between a visual and an automated locomotion score in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 90, 3294-3300.
5. Bobić, T., Mijić, P., Gregić, M., Bagarić, A., Gantner, V. (2017): Early detection of the hoof diseases in Holstein cows using thermovision camera. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 82 (2), 197-200.
6. Bobić, T., Mijić, P., Gregić, M., Baban, M., Gantner, V. (2016): Primjena termovizijske kamere u ranom otkrivanju bolesti papaka mliječnih krava. *Krmiva: Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme*, 58 (2), 55-59.
7. Bobić, T., Mijić, P., Gantner, V., Glavaš, H., Gregić, M. (2018): The effects of parity and stage of lactation on hoof temperature of dairy cows using a thermovision camera. *Journal of Central European Agriculture*, 19 (4), 777-783.
8. Carlén, E., Strandberg, E., Roth, A. (2004): Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, and production in the first three lactations of Swedish Holstein cows. *Journal of dairy science*, 87 (9), 3062-3070.
9. Drastich A. (2001): Netelevizni zobrazovaci systemy. Vysoke uceni technicke, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ustav biomedicinskeho inzenyrstvi, Brno, 173 pp.
10. Green, L. E., Hedges, V. J., Schukken, Y. H., Blowey, R. W. and Packington A. J. (2002): The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85, 2250–2256.
11. Green, L. E., Borkert, J., Monti, G., Tadich, N. (2010): Associations between lesion-specific lameness and the milk yield of 1,635 dairy cows from seven herds in the Xth region of Chile and implications for management of lame dairy cows worldwide. *Animal Welfare*, 19 (4), 419-427.
12. Hillerton J.E. (1996): Control of mastitis. In *Progress in Dairy Science*, Edited by C. J. C. Phillips, CAB International, Wallingford, Oxon, UK: 171 – 190.
13. Lokesh Babu D. S., Jeyakumar S., Vasant P. J., Sathiyabarathi M., Manimaran A., Kumaresan A., Pushpadass H. A., Sivaram M., Ramesha K. P., Katakatalwa-re M. A., Siddaramanna (2018): Monitoring foot surface temperature using infrared thermal imaging for assessment of hoof health status in cattle: A review. *Journal of Thermal Biology*, 78, 10-21.
14. McManus, C., Tanure, C. B., Peripolli, V., Seixas, L., Fischer, V., Gabbi, A. M., Costa Jr, J. B. G. (2016): Infrared thermography in animal production: An overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 10-16.
15. Miller, G. Y., Bartlett, P. C., Lance, S. E., Anderson, J., Heider, L. E. (1993): Costs of clinical mastitis and mastitis prevention in dairy herds. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 202 (8), 1230-1236.
16. Montanholi Y.R., Lim M., Macdonald A., Smith B.A., Goldhawk Ch., Schwartzkopf-Genswein K., Miller S. (2015): Technological, environmental and biological factors: referent variance values for infrared imaging of the bovine. *Journal of Animal Science Biotechnology*, 6, 27.
17. Munsell, B.A., Beede, D.K., Domecq, J.J., Epperson, W.B., Ragavendran, A., Wright, N.T., & Zanella, A.J. (2006). Use of infrared thermography to non-invasively identify lesions in dairy cows. *Journal of Animal Science*, 84, 143–143.



18. Murray, R. D., Downham, D. Y., Clarkson, M. J., Faull, W. B., Hughes, J. W., Manson, F. J., Ward, W. R. (1996): Epidemiology of lameness in dairy cattle: description and analysis of foot lesions. *Veterinary Record*, 138 (24), 586-591.
19. Nikkah A., Plaizier J.C., Einarson M.S., Berry R.J., Scott S.L., Kennedy A.D. (2005): Infrared thermography and visual examination of hooves of dairy cows in two stages of lactation. *Journal of Dairy Science*, 88, 2479-2753.
20. Ózsvári, L. (2017): Economic cost of lameness in dairy cattle herds. *Journal of Dairy, Veterinary and Animal Research*, 6 (2), 00176.
21. Poikalainen, V., Praks, J., Veermäe, I., Kokin, E. (2012): Infrared temperature patterns of cow's body as an indicator for health control at precision cattle farming. *Agronomy Research Biosystem Engineering Special*, 10 (1), 187-194.
22. Schaefer, A. L., Cook, N. J., Luzi, F. (2013): Heat generation and the role of infrared thermography in pathological conditions. Current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine. Brescia, Italy: Fondazione Iniziative Zooprofilattiche e Zootecniche, 69-78.
23. Shearer, J. K., & Hernandez, J. (2000). Efficacy of two modified nonantibiotic formulations (Victory) for treatment of papillomatous digital dermatitis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 83 (4), 741-745.
24. Whay H. R., Main D. C., Green L. E., Webster A. J. (2003): Assessment of the welfare of dairy cattle using animal-based measurements: Direct observations and investigation of farm records. *Veterinary Record*, 153, 197–202.
25. Wood, S., Lin, Y., Knowles, T.G., Main, D.C. (2015): Infrared thermometry for lesion monitoring in cattle lameness. *Veterinary Record*, 176, 308–311.

## Prevention of lameness in cows with infrared thermography

### Abstract

Lameness is a bovine disease, which frequently occurs on dairy farms. It is extremely painful for animals, resulting with high economic losses because of a decrease in milk production, treatment costs, and early culling of the animals. It is crucial to detect inflammatory changes (precursors of lameness) in the onset, before the development of the advanced stage of the disease, which leads to difficult and painful movement of the animals. The development of infrared thermography provides new opportunities in the prevention of lameness. This technology is contactless, non-invasive, and relatively easy to apply. Infrared thermography has a future in preventing lameness in cows, provided certain prerequisites for its proper use are fulfilled.

**Key words:** infrared thermography, lameness, prevention, cows

## Fenotipske odlike koza tijekom laktacije u ekološkom uzgoju

Josip Novoselec, Dino Sklepić, Željka Klir, Mario Ronta, Zvonko Antunović

*Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, Osijek, Hrvatska, e-mail: jnovoselec@fazos.hr*

### Sažetak

Cilj ovoga rada je utvrditi fenotipske odlike francuske alpine tijekom laktacije u ekološkom uzgoju. Istraživanje je provedeno na 17 koza francuske alpine 30., 60. i 90. dana laktacije. Uz pomoć Lydtinovog štapa, mjerne vrpce i stočne vage utvrđena je tjelesna masa i uzete su tjelesne mjere koza, a nakon toga izračunati su indeksi tjelesne razvijenosti koza. Utvrđeno je značajno ( $P < 0,05$ ) smanjenje širine prsa odmicanjem laktacije koza od 30. do 90. dana laktacije. Općenito, u većini istraživanih tjelesnih mjera u razdoblju od 30. do 60. dana laktacije prisutno je smanjenje analiziranih pokazatelja, a u razdoblju od 60. do 90. dana laktacije smanjenje je također prisutno ali umjerenijeg trenda. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u indeksima tjelesne razvijenosti koza odmicanjem laktacije.

**Ključne riječi:** francuska alpska koza, fenotipske odlike, indeksi tjelesne razvijenosti, laktacija

### Uvod

Koze su među, prvim životinjama koje je čovjek pripitomio u svrhu proizvodnje mesa, mlijeka, kože, vlakna i gnoja. Koze se mogu uzgajati u ekstenzivnom, intenzivnom, stajskom i stajsko-pašnom sustavu uzgoja. Najvažniji proizvod koza je mlijeko. Kozje je mlijeko zdrava i hranjiva namirnica uz uvjet da je očuvana njegova originalna kvaliteta. Duljina laktacije u koza je promjenjiva i iznosi od 200 do 300 dana ovisno o pasmini. Uzgoji koza na području Republike Hrvatske razvijaju se stoljećima. Prema najnovijim podacima Hrvatske poljoprivredne agencije (HPA, 2018.) danas se u Republici Hrvatskoj uzgaja 6837 uzgojno valjanih koza, kod ukupno 97 uzgajivača. Najviše koza uzgaja se na području Međimurske i Varaždinske županije. U Republici Hrvatskoj uglavnom se na ekološki način uzgajaju goveda i ovce, dok se ekološkim uzgojem koza bavi razmjerno manji broj poljoprivrednika (HPA, 2018.). Uzimajući u obzir prirodna obilježja koja uključuju geografski položaj, klimatske uvjete i nezagađene površine, Hrvatska ima dobre predispozicije za uspješno bavljenje ekološkim stočarstvom. Osnovne su prednosti ovakvog načina uzgoja očuvanje prirode, zdravlja i dobrobiti životinja, dobivanje visokovrijednih proizvoda i visoka potražnja istih na tržištu (Antunović, 2011.). Tijekom laktacije i sisanja, ako obroci za životinje nisu odgovarajući u pogledu hranjivih tvari, može doći do trošenja tjelesnih pričuva, te pada tjelesne mase, određenih tjelesnih mjera i kondicije životinja. U ranoj laktaciji kada je visoka proizvodnja mlijeka i u razdoblju sisanja, osobito u ekološkom uzgoju obično dolazi do smanjenja tjelesne mase, nekih tjelesnih mjera i kondicije životinja, a povećanje

tjelesne mase i kondicije javlja se odmicanjem laktacije i padom proizvodnje mlijeka ili odbićem podmlatka (INRA, 1988., Kenyon i sur., 2014.). Koze su poznate kao radoznale, aktivne, razigrane i izbirljive životinje. Na pašnjaku biraju i jedu samo najkvalitetnije dijelove biljke. U ekološkom uzgoju koza značajan problem predstavlja hranidbeni nedostatak minerala i vitamina te ekološki uzgojenih krmiva. Mliječnim pasminama koza u ekološkom uzgoju daje se voluminozni dio obroka da bi održale proizvodni kapacitet, a daju im se koncentrirana krmiva u količinama od 300 do 800 g po danu. Pri nepravilnoj hranidbi može doći do pada proizvodnje i različitih zdravstvenih problema. Iz navedenih se razloga hranidba treba planirati s velikom pažnjom. Francuska alpska koza ima jako dobru mliječnost, a istovremeno i otpornost te se zbog toga uzgajivači u Republici Hrvatskoj sve češće opredjeljuju na njen konvencionalan ali i ekološki uzgoj. Prema HPA-ovom godišnjem izvješću iz 2018. godine u Republici Hrvatskoj ima oko 4385 uzgojno valjanih grla francuske alpske koze, kod ukupno 50 uzgajivača te je ona najbrojnija uzgojno valjana pasmina koza u Republici Hrvatskoj. S obzirom na sve navedeno, cilj je ovoga rada utvrditi i analizirati fenotipske odlike koza u ekološkom uzgoju, tijekom laktacije.

## Materijal i metode

Istraživanje je provedeno na ekološkom obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu »Lehki« u mjestu Gat-Veliškovci. Gospodarstvo se bavi ekološkim uzgojem koza Francuske alpine isključivo za proizvodnju mlijeka. Uzimanje tjelesnih mjera koza provedeno je uz pomoć Lydtinova štapa i mjerne vrpce, a određivanje tjelesne mase izvršeno je pomoću stočne vage. Tjelesne mjere i masa uzete su od svih 17 koza na navedenom gospodarstvu 30., 60. i 90. dana laktacije. Indeksi anamorfoznosti i tjelesnih proporcija izračunati su prema Chiofalo i sur. (2004.), a indeks prsa, tjelesne kompaktnosti i mišićavosti prema Činkulov i sur. (2003.). Dobiveni rezultati statistički su obrađeni primjenom paketa SAS 9.3<sup>®</sup>. Opisni statistički pokazatelji analiziranih fenotipskih odlika koza izračunati su primjenom procedure MEANS. U model s fenotipskim odlikama koza kao fiksni utjecaj uključen je utjecaj dana laktacijske proizvodnje mlijeka. Statističke razlike iskazane su na razini značajnosti  $P < 0,05$ .

## Rezultati i rasprava

Analizirajući Tablicu 1. možemo zaključiti da su koze francuske alpine u predmetnom istraživanju imale usporedive pokazatelje tjelesnih mjera kao u istraživanju Antunovića i sur. (2012.). U navedenim istraživanju s kozama francuske alpine utvrđena je prosječna tjelesna masa 46,39 kg, visina grebena 67,43 cm, dužina trupa 64,71 cm, opseg prsa 85,14 cm, širina prsa 14,07 cm i opseg cjevanice 8,40 cm. Iz Tablice 1. možemo vidjeti velike razlike u tjelesnoj masi koza francuske alpine na istraživanom gospodarstvu, koja se kretala se od 34,40 do 60,50 kg, uz koeficijent varijacije 15,63.

Tablica 1. Fenotipske odlike koza francuske alpine (n = 51)

Pokazatelj, cm	Mean	SD	Min	Max	CV, %
<b>T.M.</b>	46,11	7,208	34,40	60,50	15,632
<b>V.G.</b>	66,50	2,920	59,50	72,50	4,391
<b>D.T.</b>	81,77	4,092	71,50	88,50	5,004
<b>D.P.</b>	32,07	1,831	29,00	39,50	5,070
<b>Š.P.</b>	17,97	1,903	14,00	22,50	10,59
<b>O.P.</b>	83,86	5,594	59,00	92,00	6,670

Pokazatelj, cm	Mean	SD	Min	Max	CV, %
<b>O.C.</b>	8,745	0,652	7,40	10,00	7,461
<b>O.B.</b>	36,91	2,918	31,00	43,00	7,905
<b>D.B.</b>	34,011	2,308	30,00	39,00	6,787

Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija; CV = koeficijent varijacije; T.M. = tjelesna masa; V.G. = visina grebena; D.T. = dužina trupa; D.P. = dubina prsa; O.P. = opseg prsa; Š.P. = širina prsa; O.C. = opseg cjevanice; O.B. = opseg buta; D.B. = dužina buta

U istraživanju Németh i sur. (2005.) provedenom na kozama francuske alpine u Mađarskoj utvrđena je slična prosječna visina grebena (67,92 cm), nešto manja dužina trupa (74,33 cm) i slična širina prsa (19,81 cm). U istraživanju Mikulića (2014.) provedenom na kozama pasmine francuske alpine, također je utvrđena slična visina grebena (66,19 cm), relativno slična dužina trupa (66,41 cm) i širina prsa (15,14 cm). Maksimović i sur. (2015.) u Srbiji su utvrdili nešto veću tjelesnu masu koza francuske alpine (54,96 kg), ali znatno nižim koeficijentom varijacije (3,84), sličnu visinu grebena (67,87 cm), opseg prsa (81,97 cm) i dubinu prsa (32,93 cm), kraću dužinu tijela (71,92 cm) i nešto veću širinu prsa (21,49 cm).

Tablica 2. Fenotipske odlike koza francuske alpine ovisno o danima laktacije

Pokazatelj, cm	Dani laktacije			SEM	P-vrijednost
	30.	60.	90.		
	Mean ± sd	Mean ± sd	Mean ± sd		
<b>T.M., kg</b>	48,16±7,54	46,05±7,58	44,12 <sup>a</sup> ±6,26	1,00	0,266
<b>V.G.</b>	66,38±3,27	66,35±3,18	66,76±2,39	0,40	0,903
<b>D.T.</b>	82,21±4,67	81,79±3,15	81,32±4,48	0,57	0,826
<b>D.P.</b>	32,35±2,26	31,85±1,40	32,02±1,81	0,26	0,729
<b>O.P.</b>	84,59±4,47	83,50±7,53	83,51±4,49	0,78	0,816
<b>Š.P.</b>	18,70 <sup>b</sup> ±2,06	18,06 <sup>ab</sup> ±1,42	17,15 <sup>a</sup> ±1,86	0,27	0,050
<b>O.C.</b>	8,97±0,51	8,88 ±0,67	8,38±0,63	0,09	0,056
<b>D.B.</b>	33,74±2,39	33,71±2,76	34,59±1,68	0,32	0,453
<b>O.B.</b>	37,88±3,13	36,15±2,58	36,71±2,91	0,40	0,212

Mean = srednja vrijednost; sd = standardna devijacija; SEM = srednja standardna pogreška; <sup>ab</sup> P < 0,05; T.M. = tjelesna masa; V.G. = visina grebena; D.T. = dužina trupa; D.P. = dubina prsa; O.P. = opseg prsa; Š.P. = širina prsa; O.C. = opseg cjevanice; O.B. = opseg buta; D.B. = dužina buta

Analizom Tablice 2. vidljivo je smanjenje istraživanih tjelesnih mjera koza što je potvrđeno značajno manjom (P < 0,05) širinom prsa. Odmicanjem laktacije dolazi do pada tjelesne mase koza, ali bez statistički značajne razlike. Koze su prosječno izgubile 2,11 kg u razdoblju od 30. do 60. dana laktacije. Također, umjerenije smanjenje tjelesne mase (1,93 kg), prisutno je u razdoblju od 60. do 90. dana laktacije (P > 0,05). Općenito iz Tablice 2. možemo vidjeti da je u gotovo svih istraživanih tjelesnih mjera u razdoblju od 30. do 60. dana laktacije prisutno smanjenje analiziranih pokazatelja, a u razdoblju od 60. do 90. dana laktacije smanjenje je također prisutno, ali umjerenijeg trenda. Čimbenici koji utječu na smanjenje ili povećanje tjelesne mase koza tijekom laktacije jesu genetski potencijal koza za proizvodnju mlijeka, hranidba, stadij laktacije te interakcija između navedenih čimbenika (Ngwa i sur., 2009.). Sama laktacija vrlo je zahtjevno razdoblje za koze te samim time koze imaju veće hranidbene potrebe. U prvim

tjednima laktacije jako je teško osigurati dovoljne količine hrane za zadovoljavanje proizvodnih i uzdržnih potreba koza pa zbog toga dolazi do pada tjelesne mase kao i ostalih fenotipskih odlika. Najveća je proizvodnja mlijeka od 6. do 8. tjedna laktacije, a sposobnost uzimanja hrane od 10. do 14. tjedna laktacije. U tom međurazdoblju od 4. do 6. tjedana dolazi do mršavljenja koza, a nakon toga dolazi do opravka tjelesne mase, a proizvodnja mlijeka se zadrži na istoj razini ili dolazi do neznatnog smanjenja. U istraživanju Nazifi i sur. (2002.) također je utvrđen pad tjelesne mase od 6. do 8. tjedna laktacije te oporavak tjelesne mase pred kraj laktacije što je sukladno predmetnom istraživanju. Slično su utvrdili i Cabiddu i sur. (1999.) i Casamassima i sur. (2007.).

Tablica 3. Indeksi tjelesne razvijenosti koza francuske alpine ovisno o danima laktacije

Pokazatelji	Dani laktacija			SEM	P- vrijednost
	30.	60.	90.		
	Mean ± sd	Mean ± sd	Mean ± sd		
I.A.	106,20±18,07	108,15±10,62	104,90±12,20	1,93	0,759
I.T.P.	72,47±10,23	69,31±10,55	66,16±9,72	1,44	0,206
I.P.	56,45±4,28	53,80±5,17	57,99±6,76	0,79	0,091
I.T.K.	102,07±8,15	102,85±5,48	103,00±4,39	0,85	0,897
I.M.	126,17±13,33	127,63±7,12	125,25±8,39	1,38	0,783

Mean = srednja vrijednost; SD = standardna devijacija; SEM = srednja standardna pogreška; I.A. = indeks anamorfoznosti; I.T.P. = indeks tjelesnih proporcija; I.P. = indeks prsa; I.T.K. = indeks tjelesne kompaktnosti; I.M. = indeks mišićavosti

Iz Tablice 3. vidljivo je da nije došlo do statistički značajnih razlika u indeksima tjelesne razvijenosti koza odmicanjem laktacije. Mikulić (2014.) je u istraživanju s francuskim alpskim kozama prosječne dobi 3 godine utvrdio sličan indeks anamorfoznosti (102,02) i indeks mišićavosti (122,49), a veći indeks tjelesne kompaktnosti (120,68).

## Zaključak

Fenotipske odlike i indeksi tjelesne razvijenosti koza francuske alpine ukazuju na sličnost s fenotipskim odlikama i indeksima tjelesne razvijenosti francuske alpine utvrđenih u ranijim istraživanjima. Istraživanjem je utvrđeno da odmicanjem laktacije dolazi do smanjenja tjelesnih mjera koza. Utvrđeno je značajno ( $P < 0,05$ ) smanjenje širine prsa odmicanjem laktacije koza od 30. do 90. dana laktacije. Pad tjelesne mase s odmicanjem laktacije nije statistički značajan. Ostale fenotipske odlike koza također su se smanjivale, ali bez značajnih razlika. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u indeksima tjelesne razvijenosti koza odmicanjem laktacije. Prema velikoj razlici u tjelesnoj masi koza (34,40 – 60,50 kg) i velikom CV % 15,63 možemo zaključiti da je potrebno raditi na ujednačavanju stada na istraživanom gospodarstvu.

## Napomena

Rad je proizašao iz diplomskog rada Dine Sklepića, mag. ing. agr. naslova »Fenotipske odlike koza u ekološkom uzgoju tijekom laktacije«

## Literatura

1. Antunović, Z. (2011): Ekološki uzgoji ovaca i koza. U: Senčić, Đ., Antunović, Z., Mijić, P., Baban, M., Puškadija, Z. ur., Senčić, Đ.: Ekološka zootehnika. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Str. 92-120.
2. Antunović, Z., Novoselec, J., Klir, Ž., Djidara, M. (2012): Inclusion of peas as protein sources in the diet of dairy goats in organic breeding. *Macedonian Journal of Animal Science*, 3 (1), 63–67.
3. Cabiddu, A., Molle, G., Branca, A., Decandia, M., Pes, A., Santucci, P. M., Asoero, F., Calamari, L. (1999): Relationship between body condition score, metabolic profile and milk yield and milk composition in goats browsing a Mediterranean shrubland. *Livestock Production Science*, 61, 267-273.
4. Casamassima, D., Palazzo, M., Pizzo, R. (2007): Evaluation of milk production and some blood parameters in lactating autochthonous goat extensively reared in Molise region. *Italian Journal of Animal Science*, 6, 615-617.
5. Chiofalo, V., Liotta, L., Chiofalo, B. (2004): Effects of the administration of lactobacilli on body growth and on the metabolic profile in growing Maltese goat kids. *Reproduction, Nutrition, Development*, 44, 449-457.
6. Činkulov, M., Krajinović, M., Pihler, I. (2003): Phenotypic difference between two type of Tsigai breed of sheep. *Lucr. St. Zoot. Biot. Timisoara*, XXXVI: 295-299.
7. Hrvatska poljoprivredna agencija (2018): Godišnje izvješće za 2017. godinu, Ovčarstvo, kozarstvo i male životinje. Zagreb: Hrvatska poljoprivredna agencija.
8. INRA, (1988): Alimentation, des bovinos, ovni set capris. Institut national de la recherche agronomique (INRA), Paris. 312.
9. Kenyon, P.R., Maloney, S.K., Blache, D. (2014): Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 57 (1), 38-64.
10. Maksimović, N., Bauman, F., Petrović, M.P., Petrović, V.C., Ružić-Muslic, D., Mičić N., Milošević-Stanković, I. (2015): Productive Characteristics and Body Measurements of Alpine Goats Raised Under Smallholder Production Systems in Central Serbia. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 31 (2), 245-253.
11. Mikulić, T. (2014): Fenotipske odlike mliječnih pasmina koza. Diplomski rad, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Faculty of agriculture. Department for Animal Husbandry.
12. Nazifi, S., Saeb, M., Ghavami, S. M. (2002): Serum lipid profile in Iranian fat-tailed sheep in late pregnancy, at parturition and during the post-parturition period. *Journal of Veterinary Medicine*, 49, 9-12.
13. Németh, T., Molnár, A., Baranyai, G., Kukovics, S. (2005): Morphologic characterization and body measurement of Hungarian goats. Book of abstracts of the 56th Annual Meeting of the European Association for animal production. Uppsala, Sweden, 5-8. June 2005.
14. Ngwa, A.T., Dawson, L.J., Puchala, R., Detweiler, G., Merkel, R.C., Wang, Z., Tesfai, K., Sahlu, T., Ferrell, C.L., Goetsch, A.L. (2009): Effects of stage of lactation and dietary forage level on body composition of Alpine dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 92, 3374-3385.
15. SAS 9.3®, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

## The phenotypic characteristic of goat in organic breeding during lactation

### Abstract

This research aims to determine the phenotypic characteristics of the French Alpine goats during lactation in organic farming. The study was conducted on 17 goats of the French alpine on different days of lactation. With the help of Lydtin's stick, measuring tape and animal scales, body weights and measures of goats were determined on days 30, 60 and 90 of lactation. With increase in the day of lactation, a decrease in body measures and body development indices of the goats were determined. A significant ( $P < 0.05$ ) decrease in the width of the chest was determined with the progress of lactation in goats from the 30<sup>th</sup> to the 90<sup>th</sup> day of lactation. In general, a decrease in the analysed indicators was present in almost all investigated physical measures in the period from 30 to 60 days of lactation, and in the period from 60 to 90 days of lactation, a milder decrease was also present. No statistically significant differences were found in the indices of body development of goats by moving lactation.

**Key words:** French Alpine goat, phenotypic characteristics, indices of body development, lactation

## Utjecaj dobi na proizvodne i hematološke pokazatelje jaradi u ekološkom sustavu uzgoja

Željka Klir, Andrea Natali Rončević, Josip Novoselec, Zvonko Antunović

*Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: zklir@fazos.hr*

### Sažetak

Cilj ovoga rada bio je utvrditi utjecaj dobi na proizvodne i hematološke pokazatelje jaradi u ekološkom sustavu uzgoja. Eksterijerne odlike utvrđene su kod 20 jaradi pasmine francuska alpina u dobi od 30, 50 i 80 dana. Prije određivanja eksterijernih odlika, jaradi je izvađena krv. U punoj krvi određeni su broj eritrocita i leukocita, sadržaj hemoglobina i hematokrita, prosječan sadržaj hemoglobina u eritrocitima, prosječni volumen eritrocita te prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima. Jarad je u istraživanju ostvarila dnevni prirast od 172,36 g od 30. do 50. dana, odnosno 111,79 g od 50. do 80. dana, a prosječni dnevni prirast od 30. do 80. dana iznosio je 136,02 g. Većina eksterijernih odlika povećavala se s porastom jaradi. Broj leukocita i prosječni volumen eritrocita povećavali su se, a prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima smanjivala se s porastom jaradi. Uz proizvodne pokazatelje, utvrđeni hematološki pokazatelji ukazuju na zadovoljavajuć rast i razvoj jaradi u ekološkom sustavu uzgoja.

**Ključne riječi:** jarad, proizvodni pokazatelji, hematološki pokazatelji, ekološki sustav uzgoja

### Uvod

Prema Jedinstvenom registru domaćih životinja (Ministarstvo poljoprivrede, 2020.), 2019. godine u Republici Hrvatskoj uzgajalo se oko 81.550 koza na 5.064 gospodarstava. Od ukupnog broja koza u Republici Hrvatskoj, 4.199 koza uzgajalo se 2018. godine u ekološkom sustavu uzgoja (Eurostat, 2020.). U pasminskom sastavu uzgojno valjanih koza u Republici Hrvatskoj, najveći je broj koza pasmine francuska alpina čiji je uzgojni cilj proizvodnja mlijeka, dok se za proizvodnju mesa koriste grla koja nisu predviđena za rasplod. Najbrži rast jaradi ostvaruje se u prvom mjesecu života, a njihovi prosječni dnevni prirasti odraz su zdravlja, dobrobiti i buduće proizvodnje. Sisajuća jarad tada je vrlo osjetljiva na promjene hranidbe i držanja te je podložna brojnim bolestima. Kako je hranidba glavni paragenetski čimbenik koji utječe na rast i razvoj, osobito je važna prilagodba na obroke sastavljene od voluminoznih krmiva i žitarica uz postupno smanjivanje bjelancevina koje je jarad konzumirala iz mlijeka (Antunović i sur., 2015.). Jedan od ciljeva kozarstva jest korištenje objektivne metode mjerenja za procjenu ekonomski važnih pokazatelja te utvrđivanje vrijednosti i upotrebe trupa dok je životinja još uvijek živa (Boggs i Merkel, 1993.). Za uspješno kozarstvo ključno je i utvrđivanje hematoloških pokazatelja u krvi koza koje se provodi s ciljem utvrđivanja zdravstvenog statusa životinje (Antunović i sur., 2013.a).

Stoga je cilj ovoga istraživanja bio je utvrditi proizvodne i hematološke pokazatelje jaradi na ekološkom obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu.



## Materijal i metode

Istraživanje je provedeno na ekološkom obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu »Lehki«. Istraživanje je provedeno na 20 jaradi pasmine francuska alpina u dobi od 30, 50 i 80 dana. U dobi do 50. dana jarad je sisala po volji, nakon čega je uslijedilo postupno odbiće i prilagodba na hranidbu krepkim krmivima. Jarad je smjesu krepkih krmiva i sijeno konzumirala po volji, a postupno se smanjivala hranidba mlijekom. Jarad je u dobi od 80 dana bila potpuno odbijena. Omjer spolova u istraživanju iznosio je 50 % : 50 %.

Uzimanje eksterijernih odlika jaradi provedeno je uz pomoć Lydtinova štapa i mjerne vrpce, a određivanje tjelesne mase izvršeno je pomoću stočne vage. Od eksterijernih odlika uzete su: visina grebena, dužina trupa, opseg prsa, dubina prsa, širina prsa, dužina buta, opseg buta, opseg cjevanice. Prema Chiofalo i sur. (2004.) na temelju tjelesnih mjera izračunati su indeks anamorfoznosti i indeks tjelesnih proporcija, dok je prema Činkulov i sur. (2003.) određen indeks prsa i indeks kompaktnosti.

Uzimanje krvi jaradi provedeno je u dobi od 30, 50 i 80 dana, neposredno prije određivanja tjelesne mase i eksterijernih odlika. Krv je uzorkovana u vakutanere koji kao antikoagulans sadrže 3-kalij etilendiamintetraoctenu kiselinu. Analiza je provedena na 3 diff hematološkom analizatoru Sysmex Poch-100iV. U punoj krvi utvrđeni su sljedeći hematološki pokazatelji: broj eritrocita i leukocita, sadržaj hemoglobina i hematokrita, prosječan sadržaj hemoglobina u eritrocitima (MCH), prosječni volumen eritrocita (MCV), prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima (MCHC).

Statistička obrada podataka provedena je statističkim programom SAS<sup>®</sup> (9.4). Rezultati su dobiveni MEANS, a analizirani ANOVA procedurom uz utjecaj dobi. Značajne razlike između srednjih vrijednosti utvrđene su Tukey testom na razini značajnosti  $p < 0,05$ .

## Rezultati i rasprava

Iz Tablice 1. koja prikazuje utjecaj dobi na eksterijerne odlike jaradi može se zaključiti kako se većina eksterijernih odlika povećavala s porastom jaradi. Tjelesna masa 50. dana povećala se za 40 %, odnosno 80. dana za 76 % u odnosu na 30. dan. Antunović i sur. (2013.) utvrdili su prosječnu tjelesnu masu od 10,95 kg kod jaradi u dobi od 28 dana iz konvencionalnog, odnosno 10,64 kg kod jaradi iz ekološkog uzgoja. Ista jarad 70. je dana postigla prosječnu tjelesnu masu od 15,68 kg u konvencionalnom uzgoju, odnosno 12,84 kg u ekološkom uzgoju. Autori ističu kako su manje vrijednosti kod jaradi iz ekološkog uzgoja vjerojatno uslijed lošije hranidbe i uvjeta smještaja u odnosu na jarad iz konvencionalnog uzgoja. Opseg prsa, dužina trupa i visina križa prikazuju tjelesnu razvijenost i veličinu tijela, dok je visina grebena proporcionalna povećanju dužine trupa i opsega prsa (Birteeb i Lomo, 2015.). Eksterijerne odlike jaradi (u dobi od 85 dana) u istraživanju Klir i sur. (2018.) bile su slične onima utvrđenim u predmetnom istraživanju kod jaradi dobi od 80 dana.

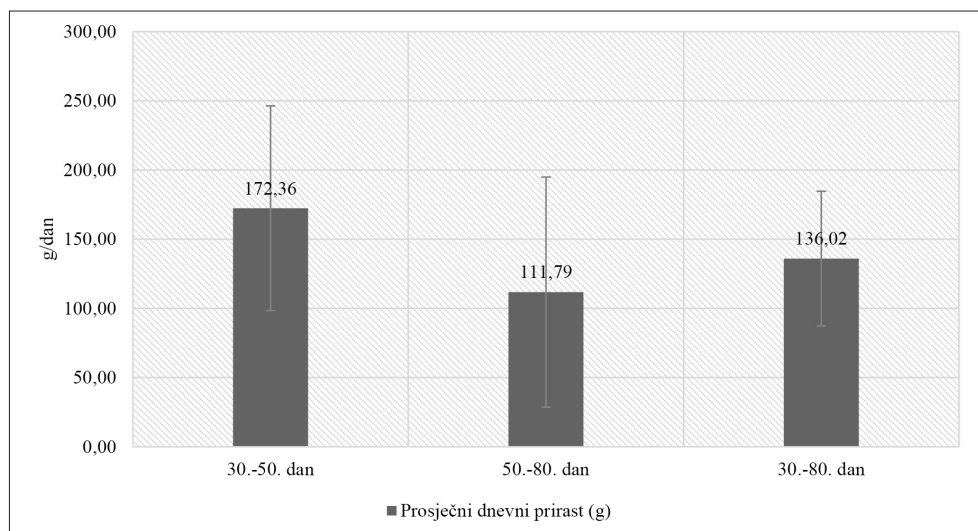
Indeks anamorfoznosti i tjelesnih proporcija povećavali su se s dobi jaradi, dok je indeks tjelesne kompaktnosti bio veći u jaradi dobi 30 dana u odnosu na dob od 50 i 80 dana. Indeks anamorfoznosti jaradi (70. dan) u konvencionalnom uzgoju u istraživanju Antunović i sur. (2013.) bio je 73,55, a indeks tjelesnih proporcija 32,36 što je više nego u predmetnom istraživanju kod jaradi u dobi od 80 dana. Prema Chiofalo i sur. (2004.) tjelesna masa i indeks anamorfoznosti ukazuju na razvijenost respiratornog i probavnog sustava, dok indeks tjelesnih proporcija ukazuje na razvoj koštanog sustava u longitudinalnom smjeru. Prema tome, očekivan je porast navedenih indeksa tjelesne razvijenosti s porastom jaradi.

Jarad u dobi od 30 do 50 dana ostvarila je prosječni dnevni prirast od 172,36 g, a u dobi od 50 do 80 dana iznosio je 111,79 g. Prosječni dnevni prirast u dobi od 30 do 80 dana bio 136,02 g (Grafikon 1.). U istraživanju Otzule i Ilgaža (2014.) utvrđeno je kako je najvažnije razdoblje za razvoj probavnog sustava i rast jaradi oko 45. dana života. U istraživanju Antunovića i sur. (2015.) najveće prosječne dnevne priraste jarad je postigla u sisajućem razdoblju, odnosno od od 1. do 45. (175,07 ± 53.03 g).

Tablica 1. Utjecaj dobi na eksterijerne odlike jaradi.

Pokazatelj	Dob jaradi (dana)			SEM	P-vrijednost
	30.	50.	80.		
Tjelesna masa (kg)	8,58 <sup>c</sup>	12,03 <sup>b</sup>	15,38 <sup>a</sup>	0,407	<0,001
Visina grebena (cm)	42,24 <sup>c</sup>	48,12 <sup>b</sup>	50,83 <sup>a</sup>	0,578	<0,001
Dužina trupa (cm)	46,67 <sup>c</sup>	53,02 <sup>b</sup>	58,86 <sup>a</sup>	0,709	<0,001
Opseg prsa (cm)	46,52 <sup>c</sup>	50,55 <sup>b</sup>	54,96 <sup>a</sup>	0,561	<0,001
Dubina prsa (cm)	16,79 <sup>b</sup>	17,43 <sup>b</sup>	19,83 <sup>a</sup>	0,268	<0,001
Širina prsa (cm)	10,52 <sup>b</sup>	10,62 <sup>b</sup>	12,26 <sup>a</sup>	0,247	0,004
Dužina buta (cm)	21,98 <sup>c</sup>	23,45 <sup>b</sup>	25,38 <sup>a</sup>	0,284	<0,001
Opseg buta (cm)	23,24	23,33	22,44	0,274	0,347
Opseg cjevanice (cm)	7,14	7,20	7,03	0,048	0,315
<i>Indeksi tjelesne razvijenosti</i>					
Indeks anamorfoznosti	51,56 <sup>b</sup>	53,27 <sup>b</sup>	59,63 <sup>a</sup>	0,858	<0,001
Indeks tjelesnih proporcija	20,35 <sup>c</sup>	24,98 <sup>b</sup>	29,78 <sup>a</sup>	0,639	<0,001
Indeks prsa	63,43	61,33	61,66	1,240	0,766
Indeks tjelesne kompaktnosti	99,79 <sup>a</sup>	95,49 <sup>b</sup>	93,38 <sup>b</sup>	0,692	<0,001

SEM = srednja standardna pogreška



Grafikon 1. Prosječni dnevni prirasti jaradi.

Tablica 2. Utjecaj dobi na hematološke pokazatelje jaradi.

Pokazatelj	Dob jaradi (dana)			SEM	P-vrijednost
	30.	50.	80.		
Eritrociti ( $\times 10^{12}$ L)	12,49	13,28	12,82	0,241	0,409
Leukociti ( $\times 10^9$ L)	9,19 <sup>b</sup>	11,62 <sup>ab</sup>	13,24 <sup>a</sup>	0,555	0,009
Hemoglobin (g/L)	92,10	97,10	96,40	1,646	0,408
Hematokrit (L/L)	0,39 <sup>b</sup>	0,44 <sup>b</sup>	0,57 <sup>a</sup>	0,023	0,004
MCH (pg)	7,40	7,32	7,56	0,059	0,276
MCV (fL)	31,36 <sup>b</sup>	35,06 <sup>b</sup>	55,45 <sup>a</sup>	2,814	0,001
MCHC (g/L)	236,14 <sup>a</sup>	236,52 <sup>a</sup>	176,75 <sup>b</sup>	7,992	0,001

SEM = srednja standardna pogreška; MCH = srednji sadržaj hemoglobina u eritrocitima; MCV = srednji volumen eritrocita; MCHC = srednja koncentracija hemoglobina u eritrocitima

U Tablici 2. vidljivo je kako se srednja vrijednost broja leukocita povećala u jaradi dobi od 80 dana u odnosu na dob od 30 dana. Odbiće je vrlo stresno razdoblje koje se očituje povećanjem broja leukocita (Abdel-Fatah i sur., 2013.), a koje je uslijedilo u dobi od 80 dana. Vrijednosti hematokrita i srednjeg volumena eritrocita povećavali su se u jaradi dobi od 80 dana u odnosu na one vrijednosti utvrđene u dobi od 30 i 50 dana, dok je vrijednost MCHC 80. dana smanjena u odnosu na jarad dobi od 30 i 50 dana. Nešto više vrijednosti hematokrita u krvi jaradi dobi 80 dana mogle bi biti uslijed dehidracije (Polizopoulou, 2010.). Vrijednosti MCV i MCHC variraju s dobi jaradi, a ovise o vrijednostima eritrocita i hemoglobina (Egbe-Nwiyi i sur., 2000.). Sve vrijednosti hematoloških pokazatelja bile su unutar referentnih fizioloških vrijednosti. U predmetnom istraživanju vidljive su promjene pojedinih hematoloških pokazatelja kod jaradi različite dobi koje mogu biti rezultat razvoja većine organa tijekom rasta jaradi.

## Zaključak

Proizvodni pokazatelji jaradi, odnosno eksterijerne odlike i prosječni dnevni prirasti ukazuju na zadovoljavajući rast i razvoj u dobi od 30, 50 i 80 dana. Iz rezultata istraživanja je vidljivo kako je važno uzeti u obzir dob jaradi pri utvrđivanju hematoloških pokazatelja s obzirom na utvrđena značajna odstupanja hematoloških pokazatelja (leukociti, hematokrit, MCV i MCHC). Razlog navedenog je u prilagodbi jaradi na uvjete okoliša i hranidbe, ali i razvoja većine organa, što je potvrđeno razlikama u proizvodnim pokazateljima.

## Napomena

Rad je proizašao iz diplomskog rada Andreje Natali Rončević naslova »Proizvodni i hematološki pokazatelji jaradi u ekološkom sustavu uzgoja«.

## Literatura

1. Abdel-Fatah, M.S., Shaker, Y.M., Hashem, A.L.S., Ellamei, A.M., Amer, H.Z. (2013): Effect of weaning age on thermo-hematological and immunocompetence of Bark lambs in Siwa Oasis, Egypt. *Global Veterinaria*, 10 (2), 176-188.
2. Antunović, Z., Novoselec, J., Klir, Ž., Đidara, M. (2013a): Hematological parameters in the Alpine goats during lactation. *Poljoprivreda*, 19, 40-43.
3. Antunović, Z., Varžić, G., Novoselec, J., Šperanda, M., Klir, Ž. (2013b): Utjecaj sustava uzgoja na rast i razvoj jaradi. 48. hrvatski i 8. međunarodni simpozij agronoma, Dubrovnik, Hrvatska, 707-711.
4. Antunović, Z., Novoselec, J., Klir, Ž. (2015): Body growth of goat kids in organic farming. *Macedonian Journal of Animal Science*, 5 (2), 59-62.
5. Birteeb, P. T., Lomo, R. (2015): Phenotypic characterization and weight estimation from linear body traits of West African Dwarf goats reared in the transitional zone of Ghana. *Livestock Research for Rural Development*, 27, 175.
6. Boggs, D.L., Merkel, R.A. (1993). *Live Animal Carcass Evaluation and Selection Manual* (4th Ed.). Kendall and Hunt Publishing Company, Dubuque, IA. *The Texas Journal of Agriculture and Natural Resource*, 17, 46-52.
7. Chiofalo, V., Liotta, L., Chiofalo B. (2004): Effects of the administration of Lactobacilli on body growth and on the metabolic profile in growing Maltese goat kids. *Reproduction Nutrition Development*, 44, 449-457.
8. Činkulov, M., Krajnović, M., Pihler, I. (2003): Phenotypic differences between two types of Tsigai breed of sheep. *Lucrari stiintifice Zoothnie si Biotehnologii*, 36, 1-6.
9. Egbe-Nwiyi, T.N, Nwaosu, S.C., Salami, H.A (2000): Haematological values of apparently healthy sheep and goats as influenced by age and sex in arid zone of Nigeria. *African Journal of Biomedical Research*, 3 (2), 109-115.
10. Eurostat (2020.): Organic farming statistics. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Organic\\_farming\\_statistics#Organic\\_livestock](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Organic_farming_statistics#Organic_livestock) (28.02.2020.).
11. Klir, Ž., Novoselec, J., Ronta, M., Antunović, Z. (2018): Fenotipske odlike jaradi alpina pasmine u poluintenzivnom sustavu. 53. hrvatski i 13. međunarodni simpozij agronoma, Vodice, Hrvatska, 454-458.
12. Ministarstvo poljoprivrede (2020): Jedinstveni registar domaćih životinja. <https://hpa.mps.hr/jrdz-izvjestaji/broj-domacih-zivotinja/#jrdz> (28.02.2020.).
13. Oztule, L., Ilgaža, A. (2014). Goat kids stomach morphological development depending on the milk type. *Research for Rural Development*, 1, 185-189.
14. Polizopoulou, Z.S. (2010): Haematological tests in sheep health management. *Small Ruminant Research*, 92, 88-91.
15. SAS 9.4®, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA

## The effect of age on production traits and haematological parameters of goat kids in an organic farming system

### Abstract

The aim of the present paper was to research the effect of age on the production traits and haematological parameters of goat kids in organic farming system. Exterior characteristics were determined in 20 goat kids of French Alpine breed at the ages of 30, 50, and 80 days. Blood sampling was carried out after measurement of exterior characteristics. In whole blood the number of erythrocytes and leukocytes was determined, as well as the content of haemoglobin, haematocrit, average content of haemoglobin in erythrocytes, average volume of erythrocytes, as well as concentration of haemoglobin in erythrocytes. During the research, goat kids obtained daily weight gain of 172.36 g during the period between day 30 to day 50, and 111.79 g at the age between day 50 and 80. Most of the exterior characteristics increased with the age of goat kids. The number of leukocytes and average erythrocytes volume increased, while the average concentration of haemoglobin in erythrocytes decreased with the age of goat kids. The determined haematological parameters indicated satisfactory growth and body development of goat kids in organic system.

**Keywords:** goat kids, production traits, haematological parameters, organic farming system

## Neuroaktivni steroidi ljudi i životinja – javnozdravstveni i ekološki rizik ili lijekovi 21. stoljeća?!

Nikica Prvanović Babić<sup>1</sup>, Tugomir Karadjole<sup>1</sup>, Marija Lipar<sup>2</sup>, Nino Maćešić<sup>1</sup>, Iva Getz<sup>1</sup>, Martina Lojkić<sup>1</sup>, Goran Bačić<sup>1</sup>, Marko Samardžija<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Klinika za porodništvo i reprodukciju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Heinzelova 55, 10000 Zagreb

<sup>2</sup>Klinika za kirurgiju, ortopediju i oftalmologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Heinzelova 55, 10000 Zagreb

### Sažetak

Neuroaktivni steroidi ljudi i životinja skupni su naziv za neuroaktivne steroidne hormone nuzbubrežne i spolnih žlijezda (jajnika, testisa) kod svih sisavaca. Svi steroidi primarno su poznati zbog svoje uloge u reakciji na stres (akutni i kronični) te regulacije i održanja spolnih funkcija, održanja gravidnosti i razvoja primarnih i sekundarnih spolnih obilježja. U tom se smislu već više od 50 godina koriste u terapijske svrhe. S obzirom na to da su neselektivno korišteni u proizvodnji hrane od polovine dvadesetog stoljeća, odavno je uočena njihova poveznica s nastankom novotvorina kod ljudi i životinja, odnosno pojačanim rizikom od nastanka karcinoma. S tim u vezi, u posljednjih su 30-tak godina neki od njih zabranjeni kao rutinski pripravci kod životinja koje se koriste za prehranu ljudi, a kod kućnih se ljubimaca preporuča kastracija prije ili u tijeku spolnog dozrijevanja zbog protektivnog djelovanja izostanka neuroaktivnih steroida u organizmu. Također su važan čimbenik doping kontrole kod ljudi i životinja (npr. atletičari, konjički sport). Poznato je, npr., da kuje kastrirane prije prvog tjeranja ne obolijevaju od karcinoma na mliječnim žlijezdama, a kastrirani psi ne obolijevaju od benignih hiperplazija prostate. Kastracija radnih i tovnih životinja koristi se od davnina iz razloga što se takve životinje lakše udebljaju, te su psihički pogodnije za manipulaciju. S druge strane, neuroaktivni steroidi i dalje se koriste u kontracepcijske i terapijske svrhe kod ljudi i životinja koje nisu namijenjene za prehranu ljudi (konji, psi, mačke, divlje životinje). U novije vrijeme raste i svijest o štetnom učinku steroida kao zagađivača koji se preko mora, jezera i rijeka zagađenih mikroplastikom, koja je estrogini modulator, konzumacijom ribe, rakova i školjki, vraćaju u hranidbeni lanac. Suprotno tome, pozitivan su primjer novija otkrića o ulozi neuroaktivnih steroida u prelasku iz intrauterinog u vanjski svijet prilikom poroda kod konja i ovaca. Ona su pokazala značajan potencijal primjene u dijagnostici i liječenju porođajno uvjetovanih bolesti novorođenčadi u veterinarskoj i humanoj medicini, te njihove primjene u terapijske svrhe tijekom prvih nekoliko dana života kod ljudi i životinja. Osobito je obećavajuća njihova potencijalna primjena kod djece s rizikom od nastanka poremećaja iz neurološkog i autističnog spektra, kao i u liječenju epilepsije kod ljudi i životinja.

**Ključne riječi:** neuroaktivni steroidi, javno zdravstvo, ekologija, zagađenje, epilepsija, neurorizična novorođenčad

## Uvod

Steroidni hormoni pripadaju skupini složenih lipidnih molekula, a proizvode ih kora nadbubrežne žlijezde, spolne žlijezde (jajnici i testisi) i posteljica tijekom gravidnosti. Spolni hormoni, 17 $\beta$ -estradiol, progesteron i testosteron, kemijske su tvari steroidne strukture koje se prirodno proizvode u tijelu ljudi i životinja, te imaju niz važnih funkcija u organizmu. Sintetiziraju se u spolnim žlijezdama, te djeluju aktivacijom specifičnih gena. Osim utjecaja na razvoj spolnih karakteristika i reprodukciju, spolni hormoni djeluju i na pojačani rast (Prvanović i sur., 2005.a,b, Prvanović i sur., 2009., Pleadin i sur., 2013., Samardžija i sur., 2015.). Fiziološke razine spolnih hormona u životinja variraju ovisno o brojnim čimbenicima, kao što su: vrsta, pasmina, spol i dob, spolna zrelost, kao i uvjeti uzgoja (Tomašković i sur., 2001., Prvanović Babić i sur., 2013., Prvanović Babić i sur., 2014.). Na razinu spolnih hormona mogu utjecati i mnoge biljne vrste, odnosno njihovi metaboliti koje se nalaze u hrani za životinje i koriste se u hranidbi farmских životinja, kao što su izoflavoni, laktoni, kumestani i slično (Barnes, 2010.). Uzimajući u obzir sve navedene čimbenike, vrlo je teško ustvrditi standardne fiziološke razine ovih hormona, što otežava određivanje doze za terapijsku primjenu koja bi trebala biti individualna, što je neprikladno (Prvanović i sur., 2007.a, Prvanović i sur., 2009.). Spolni se hormoni mogu koristiti i koriste se u liječenju ljudi i životinja, a primjenjuju se i u stočarskoj industriji kao pospješivači rasta, odnosno tvari s anaboličkim učinkom (Samardžija i sur., 2015.). Njihovom uporabom na farmским životinjama, u anaboličkim dozama dobiva se meso boljih senzorskih svojstva, s većim udjelom mišićnog tkiva i manjim udjelom masnog tkiva, uz ostvarenje povećanog rasta i prinosa u proizvodnji mesa (Samardžija i sur., 2015.). Anabolički se učinak ostvaruje direktnim i indirektnim mehanizmom djelovanja, rezultirajući pritom zadržavanjem dušika i pojačanom sintezom proteina (Pleadin i sur., 2013.). Upravo je takav učinak ovih tvari u prošlosti bio izazov za njihovu nelegalnu primjenu. Učinkovitost također ovisi o vrsti, pasmini, starosti i reproduktivnom statusu životinje, te načinu primjene hormona (Anderson i Skakabaer, 1999., Prvanović i sur., 2007.a,b). Zbog svega navedenog, otežana je ne samo primjena u terapijske svrhe, već i kontrola nedozvoljenih supstanci steroidnog podrijetla kao moguća zloupotreba u proizvodnih životinja, te u postizanju vrhunskih sportskih rezultata kod ljudi, konja i pasa. Stoga je jedna od težišnih zadaća doping kontrole upravo detekcija prisutnosti egzogenih steroida u smislu ugroze »fairplaya« i dobrobiti svih uključenih.

U novije je vrijeme uobičajeni zbirni naziv za veliki dio ove skupine hormona neurosteroidi, u koju spadaju svi neuroaktivni steroidi, a primarno derivati progesterona i kortikosteroni. Naime, istraživanja koja su proveli Mellor i sur. (2005.), Madigan i sur. (2012.) i mnogi drugi, ukazali su na činjenicu da navedeni hormoni, a osobito derivati progesterona poput pregnanolona, imaju vrlo značajnu ulogu, ne samo na razvoj mozga fetusa, već i na regulaciju svijesti, prelazak na budno stanje nakon poroda, te predmenstruacijski sindrom (PMS) i postporođajnu depresiju kod žena. Nadalje, njihov inovativni pristup u liječenju novorođenčadi domaćih životinja, posebice konja, otvara mogućnosti za liječenje sličnih stanja kod ljudi, za koje do sada nije postojala odgovarajuća terapija.

## Steroidi, njihov nastanak, osnovna funkcija i utjecaj na središnji živčani sustav

Steroidni hormoni nastaju u vrlo složenom slijedu kemijskih reakcija, od kolesterola preko pregnenolona, koji je prvi prethodnik svih steroidnih hormona, do progesterona. Progesteron je poznat kao ženski spolni hormon i dominantni neurosteroid. Nadalje, od njega nastaju i hormoni kore nadbubrežne žlijezde (aldosteron, kortizol) i spolni hormoni. Od progesterona, odnosno pregnenolona, nastaju i muški spolni hormon testosteron (i drugi njemu slični spo-

jevi, npr. androstendion, dehidroepiandrosteron, dihidrotestosteron) i ženski spolni hormon – estrogen (estradiol, estron). Osim toga, estrogeni nastaju kemijskom pretvorbom iz testosterona. To zapravo znači da i muški i ženski sisavci (ljudi i domaće životinje) u organizmu imaju sposobnost proizvodnje i muških i ženskih spolnih hormona, ali postoji spolna razlika u količini proizvedenih hormona. Zbog toga se kod žena u menopauzi, uz sniženje razine ženskih spolnih hormona, često uočavaju tzv. maskulinizirajući učinci, koji su posljedica pomaknute ravnoteže proizvedenih hormona. Također se kod pojedinih patoloških stanja (benigni tumor jajnika kobila, sindrom policističnih jajnika žena) javlja maskulinizacija u smislu pojave dijela sekundarnih muških spolnih obilježja i pojačane agresivnosti.

Brojna su istraživanja nedvojbeno utvrdila da su steroidni receptori široko rasprostranjeni u živčanom sustavu, i to u svim vrstama živčanih stanica: receptori za estrogene i progesteron u hipotalamusu, hipofizi i nekim drugim područjima; receptori za testosteron u hipotalamusu i limbičkom sustavu (koji se smatra sjedištem osjećaja, raspoloženja, pamćenja); receptori za kortizol i aldosteron u cijelom mozgu, posebice u hipokampusu (strukturi koja se povezuje s funkcijama učenja i pamćenja). Očito je da i steroidni hormoni, koji u mozak dolaze cirkulacijom, i neurosteroidi, koji se stvaraju u samom mozgu, zajedno djeluju na živčane stanice putem specifičnih steroidnih receptora, pa se može zaključiti da steroidni hormoni i neurosteroidi imaju važnu ulogu u rastu, razvoju, sazrijevanju i spolnoj diferencijaciji mozga. Ti hormoni također štite živčane stanice od raznih štetnih utjecaja, primjerice estrogeni pokazuju antioksidativna svojstva. Težišna zadaća modernih istraživanja i potencijalne primjene neuroaktivnih steroida u terapijske svrhe bazirana je primarno na njihovom utjecaju na živčani sustav i organizam u cjelini jer se radi o još uvijek nedovoljno istraženim područjima (Mellor i sur., 2005.).

### **Neuroaktivni steroidi i steroidi kao javnozdravstveni i ekološki rizik**

U novije se vrijeme pridaje sve veći značaj utjecaju tvari s hormonskim djelovanjem na ljudsko zdravlje, što je potaknuto i brojnim dokazima i relevantnim studijama vezanim za zlouporabu tvari s anaboličkim učinkom na farmske životinje (Hartmann i sur., 1998., Pleadin i sur., 2011., Samardžija i sur., 2015.). Kako spolni hormoni predstavljaju endogene hormone, mogu se smatrati prirodnim sastojkom hrane životinjskog podrijetla, kao što su: mlijeko, mliječni proizvodi i jestiva tkiva. Međutim, povišene se razine ovih tvari mogu pronaći u proizvodima dobivenim od domaćih životinja koje su dobivale steroidne hormone kao promotore rasta (FAO/WHO, 2000.). Istraživanja pokazuju da korištenje prirodnih spolnih hormona i njihovih sintetskih analoga kao dodataka hranidbi životinja može prouzročiti fiziološku aktivnost u organizmu jednako endogenim hormonima i imati stimulirajući učinak na rast mišićnog i razgradnju masnog tkiva, ali i uzrokovati brojne toksične učinke kod ljudi kao konačnih potrošača kontaminirane hrane životinjskog podrijetla (meso, mlijeko, jaja) (Pleadin i sur., 2011.). Nadalje, praktički svi steroidni hormoni prolaze barijeru krv-mlijeko prilikom laktogeneze u vimenu krave, a podaci pokazuju da je dnevni unos ovog hormona konzumacijom mlijeka i mliječnih proizvoda u ljudski organizam oko 60 – 70 %, a mesa, ribe i jaja oko 15 – 20 % (Hartmann i sur., 1998.). Svi se neuroaktivni steroidi otapaju u mastima pa je tako primjerice njihova koncentracija direktno ovisna o postotku mliječne masti u mlijeku i masnog tkiva u mesu. Unatoč tome, unos steroida mlijekom zanemariv je jer ga organizam krave tijekom procesa laktogeneze ionako metabolizira u mliječnu mast. Osim toga, istraživanjima je utvrđeno da je u većini slučajeva učinak unosa u ljudski organizam mesa liječenih životinja beznačajan u usporedbi s normalnom endogenom proizvodnjom hormona u čovjeka. To se, naravno, odnosi na slučajeve kada se ove tvari pravilno koriste u terapeutske svrhe. Istraživanja spolnih hormona i njihove fiziološke koncentracije u tkivima životinja nedostatna su za mnoge životinjske vrste i pasmine, a u ovi-



snosti su o brojnim čimbenicima od stresa, godišnjeg doba, dnevnih varijacija, te posljedično spolnog ciklusa i sl. U cilju utemeljenije procjene zlouporabe potrebna su daljnja istraživanja ovih tvari i njihovih metabolita, budući da i metaboliti u organizmu imaju biološku aktivnost (Andersson i Skakkebaek, 1999.). Brojna istraživanja dokazuju da i različite druge namirnice koje nisu animalnog podrijetla sadrže hormonalno aktivne tvari u razinama značajno većim u odnosu na meso i mlijeko, te da se jači nepovoljni utjecaj na zdravlje ljudi može očekivati unosom fitoestrogena koji se pojavljuju u biljkama u velikim količinama ili izlaganjem nekim okolišnim tvarima s hormonskim djelovanjem. Isto tako, znanstvene spoznaje o učinku tih tvari svakodnevno se mijenjaju i otkrivaju se njihovi mogući neželjeni učinci te je osim spolnih hormona u pojedinim vrsta životinja važno pratiti sudbinu i drugih neistraženih tvari koje isto tako mogu imati anabolički učinak (Pleadin i sur., 2013.). Najbolji je primjer za to zagađenje mora, rijeka i jezera mikroplastikom, teškim metalima i zagađivačima organskog podrijetla koji imaju negativan učinak na neurosteroidne u organizmu riba te se konzumacijom prenose dalje na ljude. Diljem svijeta postoje brojna istraživanja o raširenoj pojavi abnormalnog seksualnog razvoja slatkovodnih i morskih riba (Gross-Sorokin i sur., 2004.). Kod riba su utvrđene povišene koncentracije vitelogenina u krvnoj plazmi mužjaka, te nalaz oocita u testikularnom tkivu kao znak feminizacije reproduktivnog sustava (Jobling i sur., 1998., Van Aerle i sur., 2001., Kirby i sur., 2004.). Vitelogenin u riba je protein koji se sintetizira u jetri zrelih ženki, kao odgovor na endogenu stimulaciju estrogena. Putem krvi dospijeva u jajnike, gdje se tijekom razvoja jajne stanice nakuplja u obliku žumanjčanih granula. Zbog izostanka estrogenizacije u riba, nalaz vitelogenina nije fiziološki kod mužjaka i mladi. Međutim, izloženost estrogenima može dovesti do produkcije vitelogenina i kod takvih životinja (Purdom i sur., 1994.). Onečišćene vode glavni su izvor tvari koje u riba dovode do estrogenizacije mužjaka. Glavni zagađivači uglavnom su teški metali, endokrini modulatori i zagađivači organskog podrijetla (Tyler i Routledge, 1998., Kwon i sur., 2006., Zhou i sur., 2009., Lee i sur., 2009.). Studije iz država članica Europske unije i Sjedinjenih Američkih Država jasno su identificirale prirodne steroide (estron i 17 $\beta$ -estradiol) i sintetički (17 $\alpha$ -etinilestradiol) steroid kao glavne aktivne tvari prisutne u otpadnim vodama kućanstva (Gross-Sorokin i sur., 2004.). U brojnim zemljama, u svrhu praćenja promjena provodi se biomonitoring, pri čemu se najčešće izrađuju histološki preparati gonada, te se u testisima utvrđuje broj oocita.

Iz svega navedenog, razvidno je da nema dokaza da se neurosteroidi primarno unose u organizam čovjeka konzumacijom mesa i mlijeka tretiranih domaćih životinja. Štoviše, prisutan je jednak ako ne i veći javnozdravstveni rizik prilikom konzumacije ribe, te namirnica biljnog podrijetla kontaminiranih fitoestrogenima, kao što je primjerice soja. U svakom slučaju, potrebna su daljnja, dodatna istraživanja, kako bi se bolje i preciznije detektirao javnozdravstveni i ekološki rizik od neurosteroida u hrani.

### **Neuroaktivni steroidi i steroidi kao tradicionalna i inovativna terapijska opcija**

Neuroaktivni steroidi i njihovi derivati koriste se u terapijske svrhe već dulji niz godina. Najznačajniju i najdugovječniju ulogu ima primjena progesterona, njegovih metabolita i sintetskih analoga. I danas su nezamjenjivi i koriste se u kontracepcijske svrhe, potom kao dio hormonalne stimulacije zamjena/blokada žutog tijela) u različitim protokolima za sinkronizaciju i indukciju jajničkog ciklusa u postupcima asistiranu reprodukcije, zatim za očuvanje rizične gravidnosti kod ljudi i životinja, kao potporna terapija kod ljudi i životinja s različitim hormonalnim poremećajima i slično (Prvanović i sur 2005.a,b, Prvanović i sur. 2007.a,b,c, Prvanović Babić i sur., 2013.). Dulji niz godina, steroidi i njihovi derivati korišteni su i kao primarni anti-piretici i analgetici, ali su danas gotovo u potpunosti zamijenjeni neselektivnim i selektivnim

nesteroidnim protuupalnim lijekovima (NSPUL). Slično se dogodilo i s njihovom primjenom u anaboličke svrhe, koja je danas u potpunosti zabranjena i podložna strogim kontrolama (FAO/WHO, 2000).

U novije je vrijeme utvrđeno da neki steroidni spojevi, primarno  $5\alpha$ -reducirani pregnani, prelaze hematoencefalnu barijeru i djeluju neuroaktivno (Naert i sur., 2007.) te posjeduju snažna anestetička svojstva (Mellon i Griffin, 2002). Iako je od ranije poznato da se derivati progesterona a, primarno pregnan alfaxalon, mogu koristiti kao neurosteroidni anestetici u domaćih životinja (Child i sur., 1971.), tek se u posljednjih nekoliko godina dokazalo da postoji snažna povezanost između težine i duljine poroda, povišene razine progesterona u krvi novorođenčadi i mogućnostima njihove primjene u liječenju neurorizične novorođenčadi domaćih životinja (Aleman i Madigan, 2017.). S tim u vezi razvijena je tzv. Madiganova metoda kontroliranog ponavljanja traume poroda (tzv. »squeeze technique«) u svrhu stimulacije nervnog sustava novorođene ždrebadi i uspješnog liječenja neurorizičnih sindroma (npr. sindrom loše prilagođenosti). Također se pokazalo da neuroaktivni steroidi mogu biti uspješno korišteni prilikom liječenja tzv. katemonijalnog oblika epilepsije kod žena. Katemonijalni oblik epilepsije žena direktno je povezan s hormonalnim fluktuacijama koje se javljaju u menstrualnom ciklusu žena i djelomično je hormonski uvjetovan, iako potpuna etiologija nije do kraja poznata. Sve navedeno obećavajuće je u svrhu dijagnostike i terapije hormonski uvjetovanih psihičkih bolesti ženskih životinja i žena, neurorizične novorođenčadi domaćih životinja, a može pomoći i u otkrivanju novih metoda u dijagnostici i liječenju novorođenčadi u humanoj medicini.

## Zaključak

Steroidi imaju ogroman povijesni i aktualni značaj u razvoju humane i veterinarske medicine. Prvootkriveni su i najpotentniji analgetici, protuupalni lijekovi, stimulatori rasta i kontraceptivi. Zbog nedovoljnog poznavanja mehanizma njihovog djelovanja i široke primjene, njihova je neodgovorna primjena direktno upletena u nastanak niza bolesti novog doba, od hormonalnih poremećaja do karcinoma. Također su jedan od važnijih i dugoročno najopasnijih zagađivača u hranidbenom lancu. Unatoč tome, i dalje su nezamjenjivi i dragocjeni kao lijekovi. Novija istraživanja govore u prilog tezi da su nedovoljno iskorišteni u liječenju neuroloških i psihičkih bolesti kao i bolesti novorođenčadi. Pojačana senzibilizacija javnosti, kao i povišenje opće razine znanja o ovim potentnim supstancama, rezultirat će smanjenjem zloupotrebe i širenjem korisne primjene neuroaktivnih steroida u čitavom nizu bolesti. S tim u vezi, potrebna su dodatna istraživanja i javno-popularizacijska predavanja namijenjena stručnoj i općoj javnosti.

## Literatura

1. Aleman, M., Welch, K., Madigan, J.E. (2017): Survey of veterinarians using a novel physical compression squeeze procedure in the management of neonatal maladjustment syndrome in foals. *Animals*, 7(9), 69.
2. Andersson, A.M., Skakkebaek, N.E. (1999): Exposure to exogenous estrogens in food: possible impact on human development and health. *European Journal of Endocrinology*, 140, 477-485.
3. Barnes, S. (2010): The biochemistry, chemistry and physiology of the isoflavones in soybeans and their food products. *Lymphatic Research and Biology*, 8, 89-98.
4. Child, K.J., Currie, J.P., Dis, B. (1971): The pharmacological properties in animals of CT1341: a new steroid anaesthetic agent. *British Journal of Anaesthesia*, 43, 2 13.
5. Food and Agriculture Organisation/World Health Organisation (FAO/WHO) (2000): Toxicological evaluation of certain veterinary drug residues in food. Estradiol-17 $\beta$ , progesterone and testosterone. The

- Fifty-second meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee in Food Additives (JECFA). WHO Food Additives Series 43.
6. Gross-Sorokin, M. Y., Roast, S. D., Brighty, G. C. (2004): Causes and consequences of feminisation of male fish in English rivers Science Report SC030285/SR. The Environment Agency is the leading public body protecting and improving the environment in England and Wales. Environment Agency, Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, Bristol, BS32 4UD: 2-10.
  7. Hartmann, S., Lacorn, M., Steinhart, H. (1998): Natural occurrence of steroid hormones in food. *Food Chemistry*, 62, 7-20.
  8. Jobling, S., Nolan, M., Tyler, C. R., Brighty, G., Sumpter, J. P. (1998): Widespread sexual disruption in wild fish. *Environmental Science and Technology*, 32 (17), 2498–2506.
  9. Kirby, M.F., Allen, Y.T., Dyer, R.A., Feist, S.W., Katsiadaki, I., Matthiessen, P., Scott, A.P., Smith, A., Stentiford, G.D., Thain, J.E., Thomas, K.V., Tolhurst, L., Waldock, M.J. (2004): Surveys of plasma vitellogenin and intersex in male flounder (*Platichthys flesus*) as measures of endocrine disruption by estrogenic contamination in United Kingdom estuaries: Temporal trends, 1996 to 2001. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23 (3), 748–758.
  10. Kwon, J.Y., Lee, C.H., Kim, J.Y., Kim, S.H., Kin, D.J., Han, H.K., Lim, H.K., Byun, S. G. (2006): Disruption of sex differentiation by exogenous sex steroid hormones in Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*). *Development and Reproduction*, 10, 247–254.
  11. Lee, J.S., Cho, H.S., Jin, Y.G., Park, J.J., Shin, Y.K. (2009): Reproductive disrupting effect of organotin compound in the ark shell *Scapharca broughtonii* (Bivalvia: Arcidae). *Animal Cells and Systems*, 13, 223–227.
  12. Madigan, J.E., Haggett, E.F., Pickles, K.J., Conley, A., Stanley, S., Moeller, B., Palmero, J., Toth, B., Aleman, M. (2012): Allopregnanolone infusion induced neurobehavioral alterations in a neonatal foal: is this a clue to the pathogenesis of neonatal maladjustment syndrome? *Equine Veterinary Journal*, 44, 109-112.
  13. Mellon, S.H., Griffin, L.D. (2002): Neurosteroids: biochemistry and clinical significance. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 13, 35-43.
  14. Mellor, D.J., Diesch, T.J., Gunn, A.J., Bennet, L. (2005): The importance of the awareness for understanding fetal pain. *Brain Research Reviews*, 49, 455-471.
  15. Naert, G., Maurice, T., Tapia-Arancibia, L., Givalois, L. (2007): Neuroactive steroids modulate HPA axis activity and cerebral brain-derived neurotrophic factor (BDNF) protein levels in adult male rats. *Psychoneuroendocrinology*, 32, 1062-1078.
  16. Pleadin, J., Perši, N., Antolović, B., Šimić, B., Kmetič, I. (2011): Toksikološki aspekti anabolika u hrani životinjskog podrijetla. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 3 (1), 48-56.
  17. Pleadin, J., Perši, N., Vulić, A., Vahčić, N. (2013): 17 $\beta$ -estradiol u goveđem mesu, mlijeku i krvi: Fiziološke razine i zlouporaba u stočarskoj proizvodnji. *Meso*, 15, 44-49.
  18. Prvanović, N., Tomašković, A., Cergolj, M., Grizelj, J., Dobranić, T., Getz, I., Samardžija, M., Vince, S. (2005a): Uspješnost primjene različitih metoda za indukciju estrusa u kobilu. *Veterinarska stanica*, 1 (36), 17-21.
  19. Prvanović, N., Tomašković, A., Cergolj, M., Grizelj, J., Samardžija, M., Kočila, P., Rešetić, J., Mačešić, N. (2005b): Influence of leptin and progesterone concentrations on embryonic survival rate during early pregnancy in the dairy cow. *Achievements and prospects of ruminant medicine, Poland 2005 / Malinowsky, Edward (ur.). Pulawy: Tadeus Wiaszka, 2005. 282-286.*
  20. Prvanović N., Grizelj, J., Slivar, Ž., Vince, S., Cergolj, M., Getz, I., Samardžija, M., Dobranić, T., Filipović, N. (2007a): Usporedba orijentacijskog semikvantitativnog testa Premate equine s uobičajenim kliničkim i laboratorijskim metodama dijagnostike ždrebnosti u posavskih kobilu. *Veterinarska stanica*, 3, 154-159.
  21. Prvanović, N., Đuričić, D., Tomašković, A., Grizelj, J., Vince, S., Sulon, J. (2007b): Utjecaj pariteta na stopu gravidnosti i razinu progesterona u burskih koza, *Veterinarska stanica*, 6, 39-43.

22. Prvanović, N., Đuričić, D., Tomašković, A., Grizelj, J., Vince, S., Sulon, J., Beckers, J.F., Cergolj, M., Dobranić, T., Samardžija, M. (2007c): Influence of parity on pregnancy rate and progesterone level in boer goats, *Revista Romana de Medicina Veterinara*, 17 (3), 197-202.
23. Prvanović, N., Tomašković, A., Grizelj, J., Kočila, P., Samardžija, M. (2009): Monitoring of early pregnancy and early embryonic mortality by ultrasound and determination of PAG and progesterone in cows. *Veterinarski arhiv*, 79 (3), 166-171.
24. Prvanović Babić, N., Đuričić, D., Samardžija, M., Lipar, M., Bačić, G., Maćešić, N., Karadjole, T., Folnožić, I., Dobranić, T., Cergolj, M. (2013): Influence of global biosecurity and animal welfare changes on dairy cow reproduction in Croatia. *Congress Proceedings XIII Middle European Buiatrics Congress / Gvozdić, Dragan; Petrujkić, Branko (ur.)*. Beograd : Serbian Buiatrics Association, 2013. 114-121.
25. Prvanović Babić, N., Radišić, B., Lipar, M., Majić Balić, I., Samardžija, M., Torbar, M., Maćešić, N., Karadjole, T., Bačić, G., Cergolj, M. (2014): The influence of lameness-caused stress, pain and inflammation on health and reproduction in Holstein-Friesian bull. *Veterinarski arhiv*, 84 (5), 439-448.
26. Purdom, C.E., Hardiman, P.A., Bye, V.J., Eno, N.C., Tyler, C.R., Sumpter, J.P. (1994): Estrogenic effects of effluents from sewage treatment works. *Chememistry and Ecology*, 8, 275–285.
27. Samardžija, M., Vudrag, B., Pleadin, J. (2015): Spolni hormoni u farmskih životinja: fiziološke razine, terapijska i anabolička primjena, *Veterinarska Stanica*, 46 (4), 281-293.
28. Tomašković, A., Makek, Z., Cergolj, M., Prvanović, N., Karadjole, T. (2001): Administration of hormonal drugs for establishment of ovarian function in postpartum dairy cows, 283, *Reports of the III Middle-European Congress for Buiatrics, Milovy, Czech Republik*, 2001, 78-96.
29. Tyler, C.R., Routledge, E.J. (1998): Natural and anthropogenic environmental oestrogens: the scientific basis for risk assessment, oestrogenic effects in fish in English rivers with evidence of their causation. *Pure and Applied Chemistry*, 70, 1795–1804.
30. Van Aerle, R., Nolan, M., Jobling, S., Christiansen, L. B., Sumpter, J. P., Tyler, C. R. (2001): Sexual disruption in a second species of wild cyprinid fish (the gudgeon, *Gobio gobio*) in United Kingdom freshwaters. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20, 2841–2847.
31. Zhou, J., Zhu, X.S., Cai, Z.H. (2009): Endocrine disruptors: an overview and discussion on issues surrounding their impact on marine animals. *The Journal of Marine Animals and Their Ecology*, 2 (2), 7-17.

## Neurosteroids in human and veterinary medicine: A public health and ecological hazard or medicines of the 21<sup>st</sup> century?

### Abstract

Neurosteroids in humans and domestic mammals are neuroactive steroid hormones produced by adrenal glands and gonads in all mammals. Steroids are generally well-known for their role in stress response and hormonal regulation of reproduction in both sexes. Furthermore, they have been used as potent therapy options for more than 50 years. Since they are also used as steroid anabolics in food production, it is well-known that they have significant side effects when introduced into the food chain and that they could jeopardize human health, including an increased risk of cancer. Consequently, they are strictly regulated and sometimes even forbidden in food animals (waiting period) and determined as control substances in human and animal athletes (doping control). However, they are still used a lot as treatment options for both animals and humans. In veterinary medicine, it is also well-known that neutering/spaying has a protective effect on general health due to the absence of neurosteroids. Spayed bitches do not develop mammary gland neoplasia or pyometra, while neutered dogs do not have benign prostatic hyperplasia, chronic prostatitis, or testicular cancer. It is widespread practice to neuter farm animals (stallions and bulls) due to the fact that oxen and geldings are more docile and trainable. Furthermore, castrated pigs gain weight faster. There is some modern evidence that, contrary to what has been previously believed, meat and milk are not the biggest hazard from steroid pollution in the food chain, but also phytoestrogen polluted plants, like soya and fish from polluted sea, lakes and rivers. However, neurosteroids are still irreplaceable as treatment choices for numerous conditions, like anaphylaxis, contraception and risk pregnancy. Some recent research has shown that they have an even wider and promising perspective in treatment of hormonally influenced epilepsy in women and neonatal diseases in both animals and humans.

**Key words:** neurosteroids, public health, ecology, pollution, epilepsy, neurosteroid neonates

## Primjena konoplje (*Cannabis sativa* L.) u hranidbi brojlera

Marijana Vrbančić, Iva Rojnica, Dijana Horvat

*Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Milislava Demerca 1, Križevci, Hrvatska,  
e-mail: mvrbancic@vguk.hr*

### Sažetak

Cilj je ovoga rada prikazati dosadašnja istraživanja vezana za mogućnost korištenja sjemena i nusproizvoda konoplje (*Cannabis sativa* L.) u hranidbi brojlera te njen utjecaj na proizvodne i ekonomske pokazatelje. Istraživanja pokazuju da dodatak sjemena, ulja i nusproizvoda konoplje u hrani za brojlere ima pozitivno djelovanje na imunološki sustav i opće zdravstveno stanje brojlera. Sjeme konoplje dodano u hranu za brojlere ima pozitivan učinak na proizvodne i ekonomske pokazatelje brojlera.

**Ključne riječi:** konoplja, brojleri, proizvodni i ekonomski pokazatelji

### Uvod

Konoplja (*Cannabis sativa* L.) je jedna od najstarijih kultiviranih biljaka u svijetu, a potječe iz Središnje Azije (Oomah i sur., 2002.). Ima vrlo široki spektar primjene i može se koristiti u prehrambene, poljoprivredne, medicinske, farmaceutske, kozmetičke, veterinarske, građevinske, tekstilne, energetske i znanstvenoistraživačke svrhe. U težnji za što stabilnijim i ekonomski isplativim sustavom, konoplja je zbog svoje prilagodljivosti i iskoristivosti neprocjenjiva industrijska kultura, a svakako treba istaknuti njenu agrotehničku važnost. U Hrvatskoj je proizvodnja ove kulture regulirana Zakonom o suzbijanju zlouporabe opojnih droga (107/01, 87/02, 163/03, 141/04, 40/07, 149/09, 84/11, 80/13, 39/19) i Pravilnikom o uvjetima za uzgoj konoplje, načinu prijave uzgoja maka te uvjetima za posjedovanje opojnih droga u veterinarstvu (NN 18/12, 57/16, 39/19), a dozvoljeno je uzgajati industrijsku konoplju (*Cannabis sativa* L.) u svrhu proizvodnje hrane i hrane za životinje, ako sadržaj psihoaktivne tvari tetrahidrokannabinola u suhoj tvari biljke ne prelazi 0,2 %. Prema podacima Ministarstva poljoprivrede Republike Hrvatske (Evidencija proizvođača industrijske konoplje) tijekom 2012. godine u Republici Hrvatskoj industrijska konoplja uzgajana je na samo 107 ha dok se procjenjuje da danas ova kultura zauzima oko 2 500 ha, najviše u Panonskoj poljoprivrednoj regiji (Ministarstvo poljoprivrede, 2012. i 2015.). Iz raznih razloga, konoplja je tijekom posljednjeg desetljeća prepoznata kao neprocjenjiv industrijski usjev u hranidbi životinja u Kanadi i nekim europskim zemljama. Kao rezultat toga, prehrambeni proizvodi od konoplje postali su dostupni općoj javnosti u tim zemljama. Iako ljudski prehrambeni potencijal konoplje još nije ušao na masovna tržišta na zapadu, njegova su hranjiva svojstva odavno prepoznata i cijenjena kao hrana i za ljude i za domaće životinje širom Azije, Indije, Rusije i istočne Europe (Callaway, 2004.). Cilj ovoga rada

je prikazati dosadašnja istraživanja vezana za primjenu ulja, sjemena i nusproizvoda konoplje u hranidbi brojlera i njen utjecaj na proizvodne i ekonomske pokazatelje.

### **Mogućnost korištenja konoplje (*Cannabis sativa* L.)**

Industrijska konoplja ima veliku primjenu u mnogobrojnim industrijskim granama. Prema podacima Small i Marcus (2002.), od cijele biljke konoplje može se izraditi više od 25 000 različitih proizvoda. Moguće je proizvesti nekoliko tisuća proizvoda od svih dijelova konoplje. Sjeme industrijske konoplje (*Cannabis sativa* L.) upotrebljava se za proizvodnju konopljinog ulja koje se koristi u industrijskim proizvodima, te kao hrana za ljude i životinje. Pokazalo se da ova kultura ublažava stres (Wheeler, 1993.), poboljšava imunitet (Zhu i sur., 1997.), suzbija tumorske stanice, pokazuje antimikrobne (Zhu i sur., 1997., Novak i sur., 2001.) i antivirusne aktivnosti (Morahan, 1997.). Zabilježeno je i za protuupalno, antipiretsko, antiparazitsko i insekticidno djelovanje (Bishnupada i sur., 1997.). Nakon prešanja ulja, ostaju uljne pogače koje su kvalitetna stočna hrana s oko 20 – 25 % sirovih bjelančevina (Pospišil, 2013.). Ulje od sjemena konoplje dobro je uravnotežen izvor esencijalnih amino kiselina i masnih kiselina, što ga čini kvalitetnim prehrambenim proizvodom (Callaway, 2004). Kao nusprodukt proizvodnje ulja nastaje odmašćena konopljina pogača. Mljevenjem pogače nastaje brašno koje sadrži visoki udio vlakana i proteina. Prosijavanjem brašna kroz sita različitih promjera nastaje visokovrijedan konopljin protein (Girgih i sur., 2014.). Radi dobre prilagodljivosti na različite klimatske uvjete konoplja se brzo proširila iz Azije, te se uzgaja na oko 25.000 ha u Europskoj Uniji (Carus i Sarmiento, 2016.).

### **Kemijski sastav sjemena i ulja konoplje**

Oljušteno sjeme konoplje sve se više primjenjuje u makrobiotičkoj prehrani i u proizvodnji visokoproteinske hrane za ljude (Mediavilla i Steinemann, 1997.), ali i životinje. Zbog nutritivnih vrijednosti sjeme konoplje visoke je kvalitete i sa sigurnošću se može reći da zbog svojih hranidbenih vrijednosti nema konkurenciju među sjemenjem (Wilkerson, 2008.). U ulju prevladavaju linolna (C18 : 2,54 %), oleinska (C18 : 1,15 %),  $\alpha$ -linolenska (C18 : 3,14 %) i palmitinska kiselina (C16 : 0,7 %) (Berenji i sur., 2005.). Sjeme sadrži 25 – 35 % ulja, 20 – 25 % sirovih proteina, 20 – 30 % ugljikohidrata, 10 – 15 % netopljivih vlakana (Tablica 1.) (Callaway, 2004.), fitosterole, fosfolipide, vitamine A ( $\beta$ -karoten) (Anwar i sur., 2006., Kiralan i sur., 2010.), B skupine (B1, B2, B3, B6), vitamine D i E (prirodni antioksidans) u probavljivom obliku te je bogato mineralima uključujući fosfor, kalij, magnezij, sumpor, kalcij, željezo i cink (Callaway, 2004., Anwar i sur., 2006., House i sur., 2010., Kiralan i sur., 2010.). Sadrži sve esencijalne aminokiseline i masne kiseline potrebne za održavanje zdravog organizma, a moglo bi biti novi izvor hranjivih sastojaka za ljude i za domaće životinje (Callaway, 2004., Russo i Reggiani, 2015.). Izvrсна je prehrambena namirnica i izvor visokokvalitetnih proteina (Russo i Reggiani, 2015.) jer se lako probavlja i apsorbira (House i sur., 2010.). Sastav masnih kiselina ulja specifičan je jer sadrži masne kiseline koje se rijetko nalaze u ostalim biljnim uljima, a brojna su istraživanja pokazala da imaju povoljan učinak na zdravlje. Od sjemena se dobiva visokovrijedno ulje s idealnim omjerom visokovrijednih masnih kiselina u omjeru  $\omega_6 : \omega_3 = 3 : 1$  (Da Porto i sur., 2012.).

Tablica 1. Sastav hranjivih tvari (%) sjemena konoplje

	sjemenke	sačma
ulje (%)	35,5	11,1
ukupni proteini	24,8	35,5
ugljikohidrati	27,6	42,6
vlaga	6,5	5,6
pepeo	5,6	7,2
energija (kJ/100 g)	2200	1700
ukupna vlakna (%)	27,6	42,6
probavljiva vlakna	5,4	16,4
neprobavljiva vlakna	22,2	26,2

❖ Sorta Finola

Izvor: Callaway, 2004.

### Utjecaj sjemena konoplje na proizvodne i ekonomske pokazatelje brojlera

Konoplja je izvrstan izvor hranjiva. Podaci iz tradicionalne kineske medicine i moderna klinička ispitivanja na ljudima slažu se da konoplja ima svojstva koja promiču zdravlje, a koja su potpomognuta rezultatima prehrambenih analiza sjemena, ulja i sjemenskog obroka. Konkretno, ljekovita svojstva konoplje mogu se pripisati visokim razinama esencijalnih masnih kiselina i drugim polinezasićenim kiselinama u ulju, pored bogatog izvora važnih aminokiselina u lako probavljivom proteinu. Istraživanja u hranidbi riba, peradi i preživača pokazala su da su sjeme konoplje i derivati sjemena korisni i u hrani za životinje (Callaway, 2004.). Eriksson i Wall (2012.) istraživali su utjecaj sjemena konoplje (10 %) na proizvodne rezultate tova hibrida Ross – 308 do 70 dana starosti pilića. Rezultati njihova istraživanja pokazuju da je završna masa (4,17 kg : 4,16 kg) i konverzija hrane pilića hranjenih dodatkom sjemena konoplje veća nego kod pilića kojima u hrani nije dodano sjeme, međutim ta razlika nije značajna ( $P < 0,05$ ,  $P < 0,01$ ). Isti autori prikazali su da je tjelesna masa pilića koji su hranjeni dodatkom sjemena konoplje 10-postotnom koncentracijom bila značajno veća u pilića starosti od 35 tjedana (2,37 kg : 2,25 kg). Također, nije bila značajna razlika u postotku mortaliteta pilića između skupina. Klaonički su pokazatelji pokazali kako nije bilo značajne razlike između mase trupa pilića, ali su pilići hranjeni konopljom imali manji postotak abdominalne masti u trupu (1,36 % : 1,74 %).

Tablica 2. Proizvodni rezultati tova pilića s različitim koncentracijom konoplje u hrani

	K	A	B	C
Tjelesna masa, kg	1,87	1,72	1,93	2,09
Konverzija hrane, kg/kg	2,6	2,5	2,3	1,95
Mortalitet, %	7,5	7	5	5
Randman, %	58,3	61,3	62,4	63,7

❖ K – kontrolna skupina; A – hrana s 5-postotnim dodatkom sjemena konoplje; B – hrana s 10-postotnim dodatkom sjemena konoplje; C – hrana s 20-postotnim dodatkom sjemena konoplje.

Izvor: Khan i sur., 2010.



U prethodnom istraživanju, Khan i sur. (2010.) dokazali su da je udio konoplje u hrani pozitivno povezan s povećanjem tjelesne mase pilića (Tablica 2.). Njihovi rezultati pokazali su da 1-postotno povećanje udjela konoplje u hrani za piliće u trajanju od 42 dana dovodi do povećanja tjelesne mase pilića za 14,49 g u odnosu na piliće koji u hrani nisu imali sjeme konoplje, dok je 20-postotno dodavanje sjemena konoplje u hrani rezultiralo maksimalnim povećanjem tjelesne mase. Pokazalo se da je razina konoplje značajno i negativno povezana s potrošnjom hrane. Ovi rezultati sugeriraju da je 1-postotno povećanje razine sjemena konoplje rezultiralo smanjenjem potrošnje hrane za 39,21 g. Podaci o učinkovitosti hranidbe pokazali su značajnu razliku među skupinama pilića u tovu koje su hranjene hranom s različitim postotkom sjemena konoplje u hrani. Konverzija hrane je bila značajno bolja u skupini pilića s najvećim postotkom konoplje (20 %) u odnosu na kontrolnu skupinu (1,95 kg/kg : 2,60 kg/kg). Mortalitet pilića nije se značajno razlikovao po skupinama. Prosječni troškovi uzgoja pilića bili su najviši u kontrolnoj skupini. Znatno veći prihod po piliću zabilježen je u skupini s najvećim postotkom sjemena konoplje u hrani. Rezultati istraživanja pokazuju da 20-postotno dodavanje sjemena u hrani pokazuje pozitivan učinak na rast, unos i konverziju hrane kod pilića. Neto prinos po piliću također je bio visok u ovoj skupini, što ukazuje na ekonomski isplativ učinak ovog tretmana. Slične rezultate prethodno su objavili Wheeler (1993.), te Lisson i Mendham (2000.), koji su zabilježili pozitivan učinak sjemena konoplje u hrani na završnu masu pilića i konverziju hrane.

## Zaključak

Zbog zakonske regulative u Republici Hrvatskoj malo je istraživanja povezanih s proizvodnjom konoplje i njenom primjenom u hranidbi domaćih životinja. Međutim, u posljednjih nekoliko godina sve je više zanimanja za uzgoj ove kulture čija je iskoristivost višenamjenska. Dosadašnja istraživanja pokazala su da sjeme, ulje i nusproizvodi konoplje imaju pozitivno djelovanje na imunološki sustav i opće zdravstveno stanje organizma. Sjeme konoplje dodano u hranu za brojere ima pozitivan učinak na povećanje završne tjelesne mase pilića, na manju potrošnju i konverziju hrane, te manji postotak abdominalne masti u trupu. Istraživanja pokazuju da su prosječni troškovi uzgoja pilića bili manji prilikom korištenja hrane s dodatkom sjemena konoplje što ukazuje na ekonomsku opravdanost korištenja ovog tretmana.

## Literatura

1. Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M. (2006): Analytical Characterization of Hemp (*Cannabis sativa*) Seed Oil from Different Agro-ecological Zones of Pakistan. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83, 323-329.
2. Berenji, J., Dimić, E., Romanić, R. (2005): Konoplja – potencijalna sirovina za hladno ceđena ulja, Zbornik radova 46. savetovanje Proizvodnja i prerada uljarica sa međunarodnim učešćem, Tehnološki fakultet Novi Sad, 5-11. jun 2005., Petrovac na moru, Crna Gora, 127-137.
3. Bishnupada, R., Tandon, V., Roy, B., Tandon, V. (1997): In vitro flucikidal effect of leaf extract of *Cannabis sativa* on the trematode of *Fasciola buska*. *Indian Journal of Experimental Biology*, 35 (1), 80-82.
4. Callaway, J. C. (2004): Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica*, 140 (1-2), 65-72.
5. Carus, M., Sarmiento, L. (2016): The European hemp industry: Cultivation, processing and applications for fibers, shivs, seeds and flowers. Huerth: European Industrial Hemp Association. Disponibile da [http://eiha.org/media/2017/12/17-03\\_European\\_Hemp\\_Industry.pdf](http://eiha.org/media/2017/12/17-03_European_Hemp_Industry.pdf).
6. Da Porto, C., Decorti, D., Tubaro, F. (2012): Fatty acid composition and oxidation stability of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil extracted by supercritical carbon dioxide. *Industrial Crops and Products*, 36, 401-404.

7. Eriksson, M., Wall, H. (2012): Hemp seed cake in organic broiler diets. *Animal Feed Science and Technology*, 171 (2-4), 205-213.
8. Girgih, A. T., Alashi, A., He R., Malomo, S., Aluko, R. E. (2014): Preventive and treatment effects of a hemp seed (*Cannabis sativa* L.) meal protein hydrolysate against high blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *European Journal of Nutrition*, 53, 1237–1246.
9. House, J. D., Neufeld, J., Leson, G. (2010): Evaluating the quality of protein from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) products through the use of the protein digestibility corrected amino acid score method. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58 (22), 11801–11807.
10. Khan, R. U., Durrani, F. R., Chand, N., Anwar, H. (2010): Influence of feed supplementation with *Cannabis sativa* on quality of broilers carcass. *Pakistan Veterinary Journal*, 30 (1), 34-38.
11. Kiralan, M., Gül, V., Metin Kara, Ş. (2010): Fatty acid composition of hempseed oils from different locations in Turkey. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8 (2), 385-390.
12. Lissou, S. N., Mendham, N. J., Carberry, P. S. (2000): Development of a hemp (*Cannabis sativa* L.) simulation model 4. Model description and validation. *Australian journal of experimental agriculture*, 40 (3), 425-432.
13. Mediavilla, V., Steinemann, S. (1997): Essential oil of *Cannabis sativa* L. strains. *Journal of the International Hemp Association*, 4 (2), 80-82.
14. Morahan, P.S. (1997): Infections. *American Journal of Immunology*, 23 (3), 670-674.
15. Hrvatske (2012): Evidencija proizvođača industrijske konoplje. Zagreb: Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske.
16. Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske (2015): Evidencija proizvođača industrijske konoplje. Zagreb: Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske.
17. Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske: Pravilnikom o uvjetima za uzgoj konoplje, načinu prijave uzgoja maka te uvjetima za posjedovanje opojnih droga u veterinarstvu (NN 18/12, 57/16, 39/19).
18. Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske: Zakon o suzbijanju zlouporabe droga NN 107/01, 87/02, 163/03, 141/04, 40/07, 149/09, 84/11, 80/13, 39/19.
19. Novak, J., Zitterl-Eglseer, K., Deans, S. G., Franz, C. M. (2001): Essential oils of different cultivars of *Cannabis sativa* L. and their antimicrobial activity. *Flavour and fragrance journal*, 16 (4), 259-262.
20. Oomah, B. D., Busson, M., Godfrey, D. V., Drover, J. C. (2002): Characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. *Food Chemistry*, 76 (1), 33-43.
21. Pospišil, M. (2013.): Ratarstvo II. dio – Industrijsko bilje. Zrinski d.d., Čakovec, 133.
22. Russo, R., Reggiani, R. (2015): »Protein concentration and amino acid profile in hemp seed and flaxseed meal«, in *Eucarpia International Symposium on Protein Crops*, ed A. De Ron (Pontevedra: Spanish Association for Legumes), 193–195.
23. Small, E., Marcus, D. (2002): Hemp: A new crop with new uses for North America. *Trends in new crops and new uses*, 284-326.
24. Wheeler, G. E., Fields, R. (1993): Use of a herbal supplement to reduce the effects of stress in intensively housed chickens. In *International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants*, 344, 496-511.
25. Wilkerson, S. (2008): Hemp, the world's miracle crop. *Nexus Magazine* <http://www.infiniteearth.com.au/uploads/4/5/1/8/4518161/nexus.hempseed.draft1.pdf>.
26. Zhu, Y., Zhou, X., Zhu, Y. L., Zhou, X. W. (1997): A preliminary study on the antibacterial activity of 4 traditional Chinese medical herbs and their effects on immune functions. *Chinese Journal of Veterinary Medicine*, 23 (12), 21-32.

## The use of hemp (*Cannabis sativa* L.) in chicken nutrition

### **Abstract**

The aim of this paper is to present the results of previous research regarding the use of hemp seeds and by-products in chicken nutrition and its impact on production and economic indicators. Research shows that the addition of hemp seeds, oils, and by-products to chicken feed has a positive effect on the immune system and the overall health of the chickens. Hemp seeds added to chicken feed have a positive effect on the production and economic performance of the chicken.

**Key words:** hemp, broilers, production and economic indicators

## Kretanje vrijednosti širine piska pijetlova i kopuna Sasso hibrida ovisno o uzrastu, soju i dobavljaču pilića

Tatjana Tušek, Damir Alagić, Marija Meštrović, Marijana Vrbančić,  
Miomir Stojnović, Đurica Kalembur

*Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, M. Demerca 1, 48 260 Križevci,  
Hrvatska, e-mail: ttusek@vguk.hr*

### Sažetak

U radu su praćene tjelesne izmjere za masu tijela i širinu piska kod pijetlova i kopuna crnog i crvenog soja Sasso hibrida od dvaju dobavljača pilića (Sisak i Sesvete) hranjenih GMO FREE hranom uz dodatak gline u hrani. Pijetlovi i kopuni držani su odvojeno u podnom sustavu u peradarskom praktikumu Visokog gospodarskog učilišta u Križevcima i na ispuštima veličine 27 m<sup>2</sup>. Cilj rada bio je utvrditi utjecaj različitih genetskih izvora pilića (Sisak, Sesvete), kopunizacije pjetlića, uzrasta pijetlova i kopuna te sojeva (crnog i crvenog) Sasso hibrida na širinu piska. Uočeno je da veće širine piska imaju crni i crveni soj Sasso hibrida pjetlića ( $M = 8,1 \geq 7,6$  mm) i kopuna ( $M = 12,9 \geq 12,6$  mm) genetskog izvora dobavljača iz Siska u odnosu na dobavljača iz Sesveta. U pijetlova veću širinu piska imaju crni i crveni soj Sasso hibrida dobavljača iz Sesveta ( $M = 13,1 \geq 12,9$  mm). Oba soja Sasso hibrida iz obaju genetskih izvora imaju veću širinu piska u pijetlova ( $M = 13,04 \geq 12,7$  mm) u odnosu na kopune. Na kraju toga, kopuni crnog soja Sasso hibrida postigli su veću izlaznu tovnu masu od pijetlova istog soja dok je u crvenog soja Sasso hibrida utvrđena ista izlazna tovnna masa i u pijetlova i u kopuna podrijetlom od genetskog materijala iz Siska. U pijetlova oba soja utvrđena je veća izlazna tovnna masa od kopuna podrijetlom iz genetskog izvora dobavljača iz Sesveta. Kopuni obaju sojeva Sasso hibrida iz Siska imali su više izlazne tovnne mase ( $M = 3415,8 \geq 3226,0$  g) u odnosu na izlazne tovnne mase kopuna oba soja iz Sesveta, dok je u pijetlova rezultat bio suprotan ( $3470,7 \geq 3469,2$  g). Nije utvrđena statistički značajna razlika na razini  $P \leq 0,05$  između širine piskova i tjelesne mase niti kopuna niti pijetlova obaju sojeva i iz obaju genetskih izvora. Statistički značajna razlika na razini  $P \leq 0,05$  utvrđena je za širinu piska između pijetlova i kopuna crvenog soja Sasso hibrida podrijetlom iz genetskog izvora od dobavljača iz Siska.

**Ključne riječi:** širina piska, kopuni, pijetlovi, crni i crveni soj, Sasso hibrid

## Shank width values of Sasso hybrid roosters and capons depending on growth, strain and chicken supplier

### Abstract

The paper monitors body weight and shank widths of roosters and capons of black and red strain Sasso hybrids from two suppliers of chickens (Sisak and Sesevete), fed GMO FREE feed with the addition of clay. The roosters and capons were kept separately, floor-raised in the poultry practicum of the Križevci, College of Agriculture with access to a 27 m<sup>2</sup> fenced outside area. The aim of the study was to determine the influence of different genetic sources of chickens (Sisak, Sesevete), caponization of roosters, age of roosters and capons, and strains (black and red) of Sasso hybrids on the width of the shank. It has been observed that higher widths of the shank were observed in the black and red strain of Sasso hybrids of cockerels ( $M = 8.1 \geq 7.6$  mm) and capons ( $M = 12.9 \geq 12.6$  mm) of the genetic source of suppliers from Sisak compared to the suppliers from Sesevete. Black and red strain roosters of the Sasso hybrid of the genetic source of the supplier from Sesevete had a greater shank than that of the supplier from Sisak ( $M = 13.1 \geq 12.9$  mm). Both strains of Sasso hybrids from both genetic sources had a greater shank width in roosters ( $M = 13.04 \geq 12.7$  mm) than in capons. At the end of fattening, the black strain of Sasso hybrids capons achieved a higher fattening mass than roosters of the same strain, while the red strain of the Sasso hybrid yielded the same fattening mass in both roosters and capons originating from the genetic material from Sisak. Roosters of both strains originating from a genetic source of suppliers from Sesevete had a higher output fattening mass compared to capons. The capons of both strains of Sasso hybrids from Sisak had higher output fattening masses ( $M = 3415.8 \geq 3226.0$  g) than the output fattening masses of capons of both strains from Sesevete, while the result for roosters was opposite ( $3470.7 \geq 3469.2$  g). No statistically significant difference was found at the  $P \leq 0.05$  level between the width of the shank and the body mass of either the capons or the roosters of both strains and from both genetic sources. A statistically significant difference at the  $P \leq 0.05$  level was determined for the width of the shank between the roosters and capons of the red strain of the Sasso hybrid originating from a genetic source from the supplier from Sisak.

**Keywords:** shank width, capons, roosters, black and red strain, Sasso hybrid

## Utjecaj krmiva na kvalitetu peleta krmne smjese

Mario Ronta<sup>1</sup>, Renata Romić<sup>1</sup>, Stipo Benak<sup>2</sup>, Domagoj Euman<sup>2</sup>,  
Ana Aračić<sup>3</sup>, Ivana Prakatur<sup>1</sup>, Josip Novoselec<sup>1</sup>, Zvonimir Steiner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,

Vladimira Preloga 1, Osijek, Hrvatska, e-mail: mronta@fazos.hr

<sup>2</sup>Belje plus d.o.o., Industrijska zona 1, Mece, Darda, Hrvatska

<sup>3</sup>Belje Agro-Vet plus d.o.o., Kokin grad 4, Mece, Darda, Hrvatska

### Sažetak

Istraživanje je provedeno u Tvornici stočne hrane Belje. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj krmiva odnosno komponenti u sastavu smjese na kvalitetu peleta. U istraživanju se kvaliteta peleta krmne smjese određivala s PDI indeksom (*pellet durability indeks*) koji pokazuje trajnost peleta. Osim PDI indeksa promatrani su: utrošak energije peletirke, temperatura peletiranja, temperatura uzorka nakon kondicioniranja, vlaga uzorka nakon kondicioniranja, temperatura uzorka nakon prolaska kroz matricu peletirke te vlaga uzorka nakon prolaska kroz matricu peletirke. Testiranje je provedeno na smjesi GT2 pri čemu je smjesa zamiješana prema dvama recepturama za koje je najprije izračunat faktor FPQF (*feed pellet quality factor*), svaka receptura zamiješana je osam puta. Od promatranih pokazatelja utrošak energije i PDI indeks bili su značajno viši, dok su vlaga uzorka nakon kondicioniranja i vlaga uzorka nakon matrice bili značajno niži kod smjese GT2-1. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti kako različit sastav krmiva u krmnoj smjesi može utjecati na kvalitetu peleta krmne smjese.

**Ključne riječi:** peletiranje, kvaliteta peleta, krmna smjesa, PDI

### Uvod

Peletiranje je proces u kojemu se sitne čestice kombinacijom utjecaja vlage, temperature i tlaka želatiniziraju i nakupljaju u aglomerate koji čine peletu, a koji imaju široku primjenu u proizvodnji stočne hrane (Falk, 1985., Cavalcanti i Behnke, 2005.a). Kostanjevec i sur. (2001.) navode kako se procesom peletiranja povećava iskoristivost hrane pa tako prema Cavalcanti i Behnke (2005.a) većina domaćih životinja, osobito svinje i perad korištenjem peletirane smjese u odnosu na brašnastu smjesu pokazuje bolje proizvodne pokazatelje. Osim boljih proizvodnih rezultata, peletiranu hranu obilježava i veća nutritivna vrijednost, manje raslojavanje, uniforman oblik, bolji okus, manji sadržaj bakterija i gljivica i bolja ježnost (Sobol i sur., 2017.). Kad se govori o peletiranoj smjesi bitan je čimbenik kvaliteta peleta. Kvaliteta peleta obično se izražava PDI indeksom (*pellet durability index*) koji predstavlja otpornost peleta na raspadanje do kojeg može doći prilikom manipuliranja smjesom u tvornici stočne hrane, transporta, prilikom skladištenja ili prilikom samog hranjenja životinja (Calvacanti i Behnke, 2005.b). Na kvalitetu peleta utječu brojni čimbenici poput samog procesa peletiranja kao što su npr. vlaga, temperatura, veličina čestica itd., no također vrlo bitan čimbenik predstavlja i formulacija smjese (Salas-Bringas i sur., 2007.). Kako bi se na neki način prilikom formulacije smjese moglo utjecati na kvalitetu peleta, MacMahon i

Payne (1991.) uveli su sustav bodovanja, odnosno koeficijenta, prilikom kojeg svako krmivo nosi određeni koeficijent 0 – 10 temeljen na pojedinačnom doprinosu tog krmiva kvaliteti pelete, no autori nisu predvidjeli interakciju između pojedinih krmiva.

Cilj je ovoga istraživanja utvrditi utjecaj krmiva, odnosno formulacije smjese, na kvalitetu smjese uz prethodno izračunat FPQF (*feed pellet quality factor*).

## Materijal i metode

U istraživanju su testirane peletirane krmne smjese za goveda proizvedene u Tvornici stočne hrane Belje prema dvama različitim formulacijama (GT2-1 i GT2-2) prikazanim u Tablici 1. Proces peletiranja smjesa bio je isti pa su tako obje smjese peletirane na peletirci s matricom 4,5 x 60/50 nazivne snage 300 A.

Tablica 1. Sirovinski sastav krmnih smjesa

Krmivo	GT2-1 (%)	GT2-2 (%)
Kukuruz	22,0	28,1
Pšenica	10,0	
Pšenično stočno brašno	15,0	20,0
Suncokretova sačma	8,0	5,0
Sojina sačma	5,4	7,3
Repičina sačma	15,0	15,0
DDGS	15,0	15,0
Repin rezanac	3,0	3,0
Melasa	3,0	3,0
Vapnenac	1,4	1,4
Minerali i vitamini	2,1	2,1
Vezivo za pelete	0,1	0,1

Smjese su nutritivno i energetske ujednačene, što je vidljivo u Tablici 2. Prilikom sastavljanja smjese za svaku je smjesu pojedinačno izračunat faktor FPQF (*feed pellet quality factor*) koji je za smjesu GT2-1 iznosio 5,26 uz gustoću mase 466,25 kg/m<sup>3</sup>, dok je za smjesu GT2-2 FPQF iznosio 4,81, a gustoća mase bila je 472,78 kg/m<sup>3</sup>.

Tablica 2. Nutritivni sastav krmnih smjesa

	GT2-1	GT2-2
Suha tvar (%)	88,59	88,02
Sirovi protein (%)	21,01	21,01
Sirova mast (%)	3,24	3,09
Sirova vlaknina (%)	7,10	6,95
Škrob (%)	31,62	31,18
Pepeo (%)	6,65	6,71
Energetska vrijednost (MJ/Kg)	7,21	7,34

Svaka smjesa zamiješana je u osam navrata pri čemu je određen PDI indeks. Određivanje PDI indeksa napravljeno je pomoću uređaja Holmens NHP100, a rađeno je nakon hlađenja peleta. Test se radio na način da se 100 grama uzorka stavi u uređaj na 1 minutu, zatim se odvaži ko-

liko je ostalo čitavih peleta. Nakon određivanja PDI indeksa, rezultati istraživanja obrađeni su računalnim programom Statistica (StatSoft, Inc, 2012.), pri čemu je značajnost razlika između srednjih vrijednosti skupina utvrđena korištenjem t-testa.

## Rezultati i rasprava

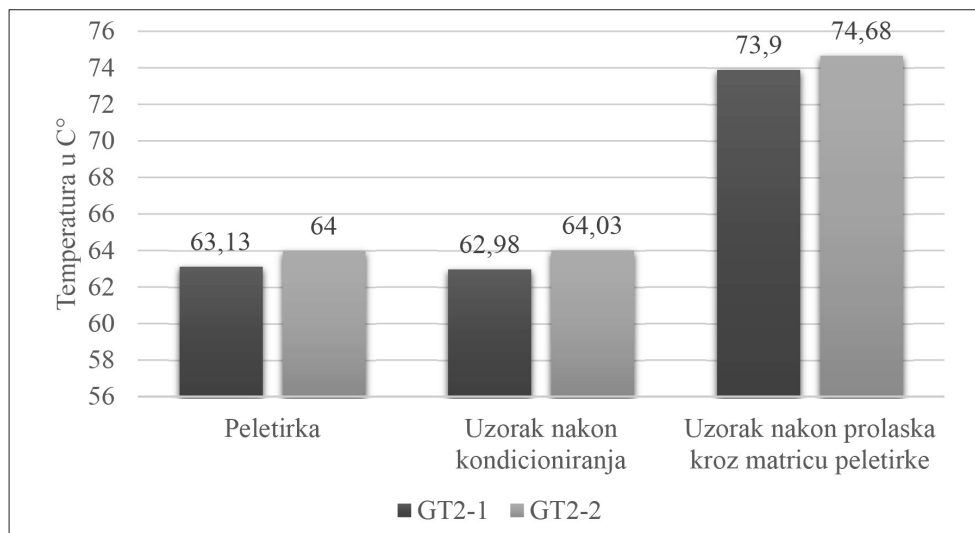
Na osnovu dobivenih vrijednosti prikazanih u Tablici 3. možemo vidjeti kako je opterećenje peletirke bilo nešto veće ( $P = 0,056$ ) kod smjese GT2-1, što može ukazivati na nešto sporiji protok smjese. Vlaga uzorka nakon kondicioniranja i prolaska kroz matricu peletirke prilikom peletiranja bila je značajno veća kod smjese GT2-2 ( $P < 0,05$ ).

Tablica 3. Uvjeti peletiranja i PDI indeks.

	GT2-1 ( $\pm$ sd)	GT2-2 ( $\pm$ sd)	SE	p
<b>Opterećenje peletirke (A)</b>	228,13 $\pm$ 7,53	219,63 $\pm$ 8,77	2,26	0,056
<b>Vlaga uzorka nakon kondicionera %</b>	12,69 $\pm$ 0,42	13,30 $\pm$ 0,25	0,12	<b>0,003*</b>
<b>Vlaga uzorka nakon matrice %</b>	12,21 $\pm$ 0,36	12,64 $\pm$ 0,27	0,09	<b>0,019*</b>
<b>PDI</b>	91,50 $\pm$ 1,07	88,00 $\pm$ 2,33	0,63	<b>0,002*</b>

= srednja vrijednost; sd = standardna devijacija; \* $P < 0,05$

Prosječna potrošnja električne energije viša je kod smjese GT2-1, ali je zato ta smjesa rezultirala značajno većim PDI indeksom. Iako je vlaga materijala bila nešto niža od optimalne koja prema Muirheadu (1999.) iznosi oko 14 % te je u skladu s istraživanjem koje su proveli Sobol i sur. (2017.), a koja je u njihovom istraživanju bila između 10,9 % i 13,6 % nakon peletiranja. Bolja kvaliteta peleta odnosno veći PDI indeks može se protumačiti većim udjelom pšeničnog glutena te škroba koji dolazi iz pšenice, a što je sukladno istraživanju koje su proveli Lopez (1993.), koji je u smjesu dodao pšenični gluten, i Winowiski (1998.), koji je u svom istraživanju dio kukuruza zamijenio pšenicom što je pozitivno utjecalo na PDI indeks.



Grafikon 1. Temperaturni uvjeti u procesu peletiranja



Temperatura materijala u različitim fazama peletiranja prikazana je u Grafikonu 1. Temperatura se nije značajno razlikovala između smjesa. Želatinizacija škroba koja povoljno utječe na kvalitetu peleta proces je u kojem dolazi do vezanja vode i bubrenja granula škroba, što dovodi do razbijanja kristalne strukture, a što ovisi o temperaturi i vlažnosti materijala (Cavalcanti i Behnke, 2005.a). Kao optimalna temperatura navodi se vrijednost između 45 i 90 °C (Eliason i Gudmundsson, 1996.), osim toga povećanje temperature materijala od kondicioniranja pa do izlaska materijala iz matrice peletirke ne bi trebalo biti veće od 15 °C (Wellin, 1976.). Prema navedenom, temperatura materijala u ovom istraživanju bila je optimalna u svim fazama peletiranja.

## Zaključak

Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti kako je usprkos ujednačenim uvjetima peletiranja kao i nutritivnoj i energetske ujednačenosti smjesa GT2-1 pokazala veće vrijednosti PDI indeksa. Rezultat je u skladu s prethodno izračunatim faktorom FPQF koji je također imao veću vrijednost kod navedene smjese a što bi se moglo pojasniti udjelom pšenice u navedenoj smjesi.

## Literatura

1. Cavalcanti, W. B., Behnke, K. C. (2005a): Effect of composition of feed model systems on pellet quality: A mixture experimental approach. I. Cereal chemistry, 82 (4), 455-461.
2. Cavalcanti, W. B., Behnke, K. C. (2005b): Effect of composition of feed model systems on pellet quality: a mixture experimental approach. II. Cereal chemistry, 82 (4), 462-467.
3. Eliason, A. C., Gudmundsson, M. (1996): Starch: physicochemical and functional aspect. Dalam: Carbohydrates in Food.
4. Falk, D. (1985): Feed Manufacturing Technology III: Pelleting Cost Center.
5. Kostanjevec, B., Strelec, V., Korošec, M. (2001): Istraživanje utjecaja tehnologije na kakvoću peleta od proizvodnje do uporabe. Krmiva: Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme, 43 (5), 231-239.
6. Lopez, J. G. (1993): Standardization of pellet water stability index techniques and the effects of cassava meal or vital wheat gluten on water stability and nutritional quality of pelleted diets for juvenile crayfish *Orconectes naia* (Doctoral dissertation, Kansas State University).
7. MacMahon, M. J., Payne, J. D. (1991): The pelleting handbook. Borregaard Lignotech, Sarpsborg Norway.
8. Muirhead, S. (1999): Precision in mash moisture management improves pellet. Feedstuffs, 71 (10), 16.
9. Salas-Bringas, C., Plassen, L., Lekang, O., Schuller, R. B. (2007): Measuring physical quality of pelleted feed by texture profile analysis, a new pellet tester and comparisons to other common measurement devices. Annual transactions-nordic rheology society, 15, 149.
10. Sobol, Z., Baran, D., Major, M. (2017): Impact of feed mixture on kinetic strength of pellets for poultry. Agricultural Engineering, 21 (3), 97-105.
11. Wellin, F. (1976): Pelleting equipment operations. Feed Manufacturing Technology, 329-332.
12. Winowski, T. (1998): Why Pellet. In Proc. Kansas State University/American Feed Industry Assoc. Pellet Conference. Manhattan, KS. July (pp. 11-13).

## Influence of feed on the quality of feed pellets

### Abstract

This research was carried out at the Belje Fodder Factory. The aim of the study was to determine the effect of feed or components in the composition of the mixture on the quality of pellets. In the study, the quality of feed pellets was determined by PDI (pellet durability index), which shows the durability of the pellets. In addition to PDI, the following were observed: pelletizer energy consumption, pelletizing temperature, sample temperature after conditioning, sample moisture after conditioning, sample temperature after passing through the pelletizer matrix, and sample moisture after passing through the pelletizer matrix. The test was carried out on a feed mixture of GT2, whereby the mixture was mixed according to two formulations for which the FPQF (feed pellet quality factor) was first calculated, each formulation being mixed eight times. From the observed indicators, energy consumption and PDI were significantly higher, while post-conditioning sample moisture and post-matrix sample moisture were significantly lower with the GT2-1 mixture. From the obtained results, it can be concluded that different feed composition of the feed mixture may affect the quality of the feed pellet.

**Key words:** pelleting, quality of pellets, feed mixture, PDI

## Runs of Homozygosity of the Istrian Shorthaired Hound dog breed provide evidence of its old origin

Kristina Gvozdanić<sup>1</sup>, Minja Zorc<sup>2</sup>, Ivica Bošković<sup>1</sup>, Goran Kušec<sup>1</sup>,  
Žarko Radišić<sup>1</sup>, Nikolina Boić<sup>3</sup>, Ivona Djurkin Kušec<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Croatia, e-mail: idurkin@fazos.hr*

<sup>2</sup>*Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Groblje 3, Domžale, Slovenija*

<sup>3</sup>*Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Ulica cara Hadrijana 8/A, HR-31000 Osijek, Croatia*

### Abstract

In this study, a total of 48 Istrian Shorthaired Hound dogs were genotyped using the Illumina CanineHD 220k BeadChip in order to detect runs of homozygosity (ROHs) and calculate the genomic inbreeding coefficient ( $F_{ROH}$ ) for this autochthonous Croatian dog breed. The obtained data were compared with publicly available genomic data of other dog breeds and Gray Wolf. The obtained results revealed that the Istrian Shorthaired Hound exhibited the shortest ROHs and the lowest  $F_{ROH}$  (0.123) among the investigated populations; the highest value of the inbreeding coefficient was calculated for Boxer (0.437) and Lupo Italiano (0.451) breeds, while Dalmatian dog exhibited moderate  $F_{ROH}$  values. The results of the present study confirmed that inbreeding coefficients derived from ROHs are a useful tool for the assessment of levels of inbreeding in old dog breeds and can be implemented into the conservation programme of the Istrian Shorthaired Hound.

**Key words:** Istrian Shorthaired Hound, runs of homozygosity (ROH), conservation

### Introduction

Population structure and genetic variability of domestic animal species in most cases depend on breeders' decisions, which can lead to loss of genetic diversity, especially in small populations or populations with a small number of founders. This refers in particular to dog breeds, in which the breeders often repetitively breed studs exhibiting desired trait/s with many females, thus causing a »popular sire effect« due to which a significant decrease in genetic variability of the breed can occur. Although widely used in dog breeding, this practice can lead to high inbreeding rates, causing a threat of spreading deleterious traits throughout the population. In addition, strong artificial selection towards desired behavioural traits observed in many dog breeds has led to a reduction in population genetic diversity (Mastrangelo et al., 2018). Thus, close monitoring and management of genetic diversity have become an important focus of responsible dog breeders, but also the authorities managing heard books (Mortlock et al., 2016).

Traditionally, genetic diversity is monitored through genealogical data; however, the accuracy of pedigrees can be limited due to incomplete or inaccurate records. With the advent of modern genomic tools, such as whole genome sequencing (WGS) and SNP microarrays, this limitation can be surmounted by detecting runs of homozygosity (ROHs). Runs of homozygosity represent contiguous lengths of homozygous genotypes that are present in an individual due to parents transmitting identical haplotypes to their offspring (Purfield et al., 2012). Their frequency, genome distribution, and length provide information on the ancestry of the particular population. The longer the ROHs are, the more likely it is that recent inbreeding occurred within the population. Short ROHs, however, can be found mostly in the populations in which inbreeding occurred generations ago or might persist in the population for a long time, which is called background noise of ROH (Ćurik et al., 2017). In addition, populations that have undergone a population bottleneck carry a higher number of shorter ROHs than cosmopolitan populations, reflecting deeper parental relatedness. In outbred populations, the number of ROH is connected to the effective population size; larger populations have fewer ROHs, while smaller populations have more ROHs. Admixed populations have lower number of ROH than their parental populations. Finally, populations that are small in size and that have undergone a recent inbreeding have the greatest burden of ROH (Ceballos et al., 2018).

The coefficient of inbreeding using genealogical data is defined as the probability that an individual has two identical alleles by descent. It can be calculated by following each allele through several generations. In genomic data, however, the inbreeding coefficient is measured by  $F_{\text{ROH}}$  value, a genomic measure of individual autozygosity.  $F_{\text{ROH}}$  is defined as the proportion of the autosomal genome, in which autozygosity is derived from the assumption that very long stretches of homozygosity can only result from inbreeding (Ćurik et al., 2017). This measurement proved to be very useful not only in tracking population history, especially consanguinity between individuals, but also in calculating inbreeding depression and identification of genetic diseases in a certain population.

The Istrian Shorthaired Hound is a Croatian autochthonous hunting dog breed originating from the 14<sup>th</sup> century. Due to its fine constitution, mild temperament, but also excellent ability to track and mark game, it is one of the most appreciated scent hounds among hunters. Despite its historic origin and proven qualities, to this day there is no official cynotechnical management programme for this breed, thus the management of the population depends solely on breeders' decisions, which can lead to a significant loss in genetic diversity of its population.

Therefore, the objective of this study was to determine the ROHs of the Istrian Shorthaired Hound from CanineHD array and to calculate the genomic inbreeding coefficient for this breed.

## Materials and methods

### *DNA analysis*

Buccal swabs were collected from 48 Istrian Shorthaired Hound unrelated animals. Genomic DNA was isolated using Sbeadex livestock kit (LGC Genomics GmbH, Germany) and the quantity of DNA was estimated using a UV spectrophotometer (NP80 NanoPhotometer, Implen GmbH, Munich, Germany). Samples were stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  until further use.

### *Genomic data*

DNA was genotyped using the Illumina CanineHD BeadChip (Illumina Inc., San Diego, California, USA). The genotyping array contained 220,853 SNPs. The obtained data set was merged

with publicly available SNP chip data of five dog breeds (Dalmatian dog, Boxer, Lupo Italiano, Saluki) and Gray Wolf. To minimize the risk of genotype errors, the quality control was performed using SNP & Variation Suite v8.8.3 (Golden Helix, Inc., Bozeman, MT, <http://www.goldenhelix.com>). The data were filtered to exclude SNPs with marker call rate > 90% and sample call rate > 90%. Sex chromosomes were also excluded from the analysis. The final data set consisted of 144,168 SNPs.

### *Runs of homozygosity*

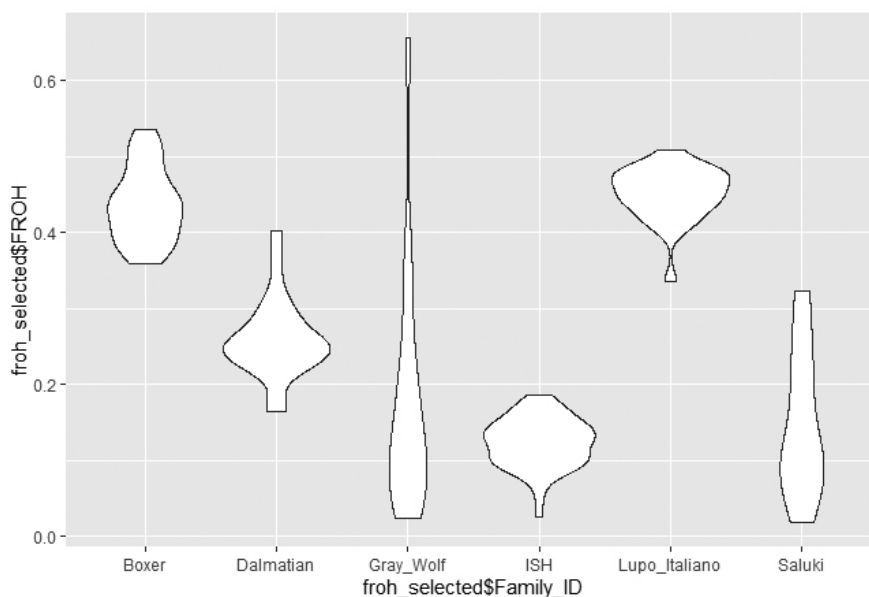
Runs of homozygosity in the full data set were identified using the SNP and Variation Suite v8.8.3 (Golden Helix, Inc., Bozeman, MT, <http://www.goldenhelix.com>). According to Purfield et al. (2012), a minimum run length of SNPs is required to produce < 5% ROH that can occur randomly by chance. To exclude short and highly prevalent ROH, the minimum length of ROH was set to 500 kb.

The inbreeding coefficient ( $F_{ROH}$ ), defined as the proportion of ROHs on the genome length spanned by the analysed SNPs (2,392,715,236 bp) was computed according to McQuillan et al. (2008) using the following equation:

$$F_{ROH} = \frac{\sum k \text{ length } (ROH_k)}{L}$$

where the  $k^{\text{th}}$  ROH in individual  $j$  genome is denoted as  $ROH_k$  while  $L$  is the total length of the individual genome.

## Results and discussion



Picture 1. Distribution of total ROH length over all individuals in five dog breeds and Gray Wolf presented as violin plots

A comparison of total lengths of ROHs across populations is presented in Figure 1. Distribution shapes of violin plots are different for all analysed breeds where skewness and kurtosis of violins provide additional information.

Gray Wolf and Saluki exhibited higher variability in skewness and kurtosis compared to other breeds. Gray Wolf had the longest total length of runs of homozygosity but with long tail indicating a high variability within the population. This is in concordance with the results of Boyko et al. (2010) and Fan et al. (2020) who reported a recent bottleneck and subsequent inbreeding events in the Gray Wolf population. The Istrian Shorthaired Hound exhibited the shortest ROH indicating that the population did not pass genetic bottleneck in the recent past. Moreover, this provides genomic evidence of ancient breed history, where the first evidence of its existence is dating from the 14<sup>th</sup> century.

Table 1. Summary statistics of the inbreeding coefficient ( $F_{ROH}$ ) for analysed dog breeds and Gray Wolf

Breed	n	Mean $\pm$ SD	Min	Max
Boxer	39	0.437 $\pm$ 0.048	0.360	0.535
Dalmatian dog	23	0.260 $\pm$ 0.053	0.165	0.402
Gray Wolf	14	0.181 $\pm$ 0.170	0.024	0.657
Istrian Shorthaired Hound	48	0.123 $\pm$ 0.033	0.026	0.186
Lupo Italiano	24	0.451 $\pm$ 0.036	0.335	0.509
Saluki	26	0.147 $\pm$ 0.094	0.018	0.324

n = number of animals in each breed

Summary statistics of genomic inbreeding coefficients calculated from ROHs is presented in Table 1. Inbreeding coefficients were calculated for each animal. The lowest value was calculated for the Istrian Shorthaired Hound (0.123), followed by Saluki (0.147) and Gray Wolf (0.181). Lupo Italiano (0.451) and Boxer (0.437) had the highest  $F_{ROH}$  values, while the Dalmatian dog breed exhibited moderate  $F_{ROH}$  value (0.260). The observed  $F_{ROH}$  values were expected, as Lupo Italiano is a hybrid created in 20<sup>th</sup> century by crossing of Apennine wolf and multiple German Shepherd Dogs (Talenti et al., 2018), while Boxer is known to be a breed with one of the lowest rates of heterozygosity compared to other dog breeds (Clements, 2018). In addition, Dalmatian dogs, although being one of the oldest breeds in the world, have been strongly selected to black/brown spotted coat pattern which considerably decreased the genetic diversity of this breed. On the other hand, the Istrian Shorthaired Hound is used even today almost solely as a hunting dog because of which such a strong influence of artificial selection is not observed in this breed. In the population of the Istrian Shorthaired Hound, a low  $F_{ROH}$  together with short ROHs can be observed, indicating that the present breeding strategy reduces the levels of inbreeding in this dog breed population.

## Conclusions

The results of the present study gave insight into the past events in the Istrian Shorthaired Hound dog population. Analysis of run of homozygosity together with analysis of genomic based inbreeding coefficient confirmed its ancient origin. The inbreeding coefficient can be implemented into the breeding program and conservation of this important genetic pool.

## Acknowledgments

This research has been supported by the Josip Juraj Strossmayer University of Osijek grant UNIOS-ZUP 2018-92.

## References

1. Clements, D.N. (2018): Molecular and cellular biology: Genomics. In: Johnston, S.A., Tobias, K.M. (2018). *Veterinary Surgery: Small Animal Expert Consult*, 2nd Edition. Elsevier, Missouri, USA.
2. Boyko, A.R., Quignon, P., Li, L., Schoenebeck, J., Degenhardt, J.D., Lohmueller, K.E., Zhao, K., Brisbin, A., Parker, H.G., vonHoldt, B.M. (2010): A simple genetic architecture underlies morphological variation in dogs. *PLoS Biology*, 8, 1000451.
3. Ceballos, F. C., Joshi, P. K., Clark, D. W., Ramsay, M., Wilson, J. F. (2018): Runs of homozygosity: windows into population history and trait architecture. *Nature Reviews Genetics*, 19 (4), 220.
4. Ćurik, I., Ferenčaković, M., Sölkner, J. (2017): Genomic dissection of inbreeding depression: a gate to new opportunities. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46 (9), 773-782.
5. Fan, Z., Silva, P., Gronau, I., Wang, S., Armero, A. S., Schweizer, R. M., Ramirez, O., Pollinger, J., Galaverni, M., Ortega Del-Vechyo, D., Du, L., Zhang, W., Zhang, Z., Xing, J., Vilà, C., Marques-Bonet, T., Godinho, R., Yue, B., Wayne, R.K. (2016): Worldwide patterns of genomic variation and admixture in gray wolves. *Genome Research*, 26 (2), 163-173.
6. Mastrangelo S, Biscarini F, Auzino B, Ragatzu M, Spaterna A, Ciampolini R. (2018): Genome-wide diversity and runs of homozygosity in the »Braque Français, type Pyrénées« dog breed. *BMC Research Notes*, 11 (1), 13.
7. McQuillan, R., Leutenegger, A.L., Abdel-Rahman, R., Franklin, C.S., Pericic, M., Barac-Lauc, Smolej-Narancic, N., Janicijevic, B., Polašek, O., Tenesa, A. (2008): Runs of Homozygosity in European Populations. *The American Journal of Human Genetics*, 83, 359–372.
8. Mortlock, S.A., Khatkar, M.S., Williamson, P. (2016): Comparative analysis of genome diversity in bull-mastiff dogs. *PLoS ONE*, 11 (1), 0147941.
9. Purfield, D.C., Berry, D.P., McParland, S., Bradley, D.G. (2012): Runs of homozygosity and population history in cattle. *BMC Genetics*, 13, 70.
10. Talenti, A., Dreger, D. L., Frattini, S., Polli, M., Marelli, S., Harris, A. C., Caniglia, R. (2018): Studies of modern Italian dog populations reveal multiple patterns for domestic breed evolution. *Ecology and evolution*, 8 (5), 2911-2925.

## »Runs of Homozygosity« DNA segmenti pasmine Istarski kratkodlaki gonič dokaz su njenog starog podrijetla

### Sažetak

Istraživanje je provedeno na 48 jedinki Istarskog kratkodlakog goniča genotipiziranih pomoću Illumina CanineHD 220k BeadChip kako bi se detektirali »Runs of Homozygosity« DNA segmenti te izračunao genomski koeficijent inbridinga ( $F_{ROH}$ ) za ovu hrvatsku autohtonu pasminu pasa. Dobiveni su rezultati uspoređeni s javno dostupnim podacima drugih pasmina te sivim vukom. Rezultati su pokazali da je pasmina Istarski kratkodlaki gonič imala najkraće fragmente »Runs of Homozygosity« (ROH) te najniži  $F_{ROH}$  (0,123) u odnosu na ostale istraživane pasmine pasa, dok su najviši genomski koeficijent inbridinga izračunati za pasmine Bokser (0,437) i Lupo Italiano (0,451). Pasmina Dalmatinski pas očitovala je umjerene vrijednosti  $F_{ROH}$ . Rezultati istraživanja potvrdili su da su koeficijenti inbridinga izvedeni iz ROH prikladan alat za procjenu razine inbridinga u starih pasmina te se mogu implementirati u program očuvanja pasmine Istarski kratkodlaki gonič.

**Ključne riječi:** Istarski kratkodlaki gonič, Runs of Homozygosity (ROH), očuvanje

## Effect of n-3 unsaturated fatty acids supplementation on milk yield of dairy goats

Vesna Gantner<sup>1</sup>, Maja Gregić<sup>1</sup>, Ranko Gantner<sup>1</sup>, Klemen Potočnik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Agrobiotechnology Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Vladmira Preloga 1, 31000 Osijek, Croatia, e-mail: vgantner@fazos.hr

<sup>2</sup>University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Animal Science, Groblje 3. SI-1230 Domžale, Slovenia

### Abstract

The aim of this research study was to determine the effect of n-3 unsaturated fatty acids ( $\alpha$ -linoleic, eicosapentaenoic and docosahexaenoic) supplementation on milk yield of dairy goats. Furthermore, the persistence of this effect after the supplementation period was analysed. The research was conducted on dairy goats (Alpine and Saanen) bred at an indoor farm. Regarding the experimental period, the measurements of milk yield at milking (morning and evening) was performed in the period before supplementation (BS), during supplementation (S), and after supplementation (AS). Regarding the added supplement, animals were randomly allocated into control group (G-4) with no added supplement and test groups (G-1; G-2; G-3) where a supplement containing PUFA was added over a period of five days. Based on the obtained results, it could be concluded that the addition of PUFA in goats' ration alters the milk production. The supplementation of docosahexaenoic and eicosapentaenoic acid in goats' ration gives rise to a positive energy balance resulting in increase of daily milk production. Furthermore, in case of docosahexaenoic acid, these effect continued also in the period after supplementation.

**Key words:** dairy goats, milk yield, n-3 unsaturated fatty acids supplementation

### Introduction

The essentiality of polyunsaturated fatty acids (PUFA) has been known for sixty, seventy years. Research in the last decades, conducted mainly on humans, shows the importance of PUFA from a new, more important aspect. Clear symptoms of essential fatty acid (FA) deficiency in adults were difficult to find, but they were described as n-6 FA deficiency in infants fed with fat-free feed. The essence of polyunsaturated fatty acids (PUFA) is that they are incorporated into cell membrane phospholipids. There they play a very important role not only as building blocks of cell membranes, but also as precursors for the synthesis of tissue (eicosanoid) hormones. FA composition of cell membranes depends on diet, i.e. the uptake of eicosanoid n-3 and n-6 fatty acids and the uptake of their precursors, that is, linoleic and  $\alpha$ -linoleic acids. An unbalanced diet can thus lead to a lack of essential FAs and/or an unfavourable ratio of n-3 and n-6 FAs. Several studies (Alexander, 1998, Nettelton, 1995, Reily et al., 1991) determined



that the supply of PUFA has a profound effect on the immune system, since the membranes of the immune cells contain most eicosanoids and are markedly rich in PUFA. If the supply of FA is too much on the n-6 FA side, then this manifests similarly to the lack of n-3 FA and, as a result, interference (strong response) in inflammatory processes occurs. Under such conditions, the addition of n-3 FA may have the opposite effect. This anti-inflammatory effect of n-3 FA is already being exploited in human medicine by modulating various chronic inflammatory diseases and also atherosclerosis and malignancies with the addition of n-3 FA. Such an effect requires large doses of as much as 4 to 5% of all MK in a meal (Venkatraman et al., 1992, Peterson et al., 1999). In addition, prolonged increased n-3 FA uptake has an immunosuppressive effect, inter alia inhibiting the bactericidal action of macrophages (Fisher et al., 1990). Therefore, Palombo et al. (1996, 1999) first in large animal studies and then in clinical trials briefly added large doses of n-3 FA for a short time, thus reducing the immune depressive effect of FA on immune cells while maintaining anti-inflammatory action of n-3 species eicosanoids.

Excessive inflammatory processes can also occur in animals. One possible consequence of excessive inflammatory responses may be the appearance of somatic cells in milk, which is a much more common problem in goats than in cows. Given that the short-term addition of relatively large amounts of n-3 FA in humans has a beneficial effect on inflammatory processes, the hypothesis is that a similar effect could be observed in animals. Perhaps the beneficial effect of n-3 FA addition could also reflect on milk production enabling increased and persistent production. As these mechanisms are still not fully understood in animals but also in humans, the aim of this study was to determine whether short-term addition of a large amount of different n-3 FA ( $\alpha$ -linoleic, eicosapentaenoic and docosahexaenoic) has an effect on daily milk production in goats. Furthermore, the persistence of this effect after the supplemented diet is withdrawn was analysed.

## Materials and methods

### *Experimental design*

The experiment was carried out on 62 Alpine and 28 Saanen goats breed on indoor dairy farm. The goats were at different stage of lactation (from 4 to 20 weeks after parturition), with average body weight of 51 kg ( $\pm 6$  kg), and all of the goatlings were weaned. The goats were machine-milked twice a day, in the morning at 6.00 ( $\pm 30$  min) and in the evening at 18.00 ( $\pm 30$  min). The basic feed was hay *ad libitum*, twice a day. The goats also had a compound feed (50% ground corn grain, 30% dried beet noodles and 20% wheat bran) at the milking parlour, which they consumed at each milking. Accordingly, to addition of supplement the experiment was divided into three periods: BS – before supplementation (9 days); S – supplementation (5 days); and AS – after supplementation (50 days). The first nine days of experiment (BS) were period of adoption of animals to the working group of people who participated in each milking. After that, accordingly to the supplementation, the animals were randomly allocated into 4 groups (Table 1). During the next five days of experiment (S), n-3 unsaturated fatty acids were supplemented through a tube which was introduced into the animals' oesophagus every morning during milking in amount of 20 g/day. During the BS, S and first five days of the AS period, measurements of milk yield performed every day at each milking, while from the 6<sup>th</sup> to the 50<sup>th</sup> day of the AS period, milk yields were measured every fifth day. For measuring milk yield, a measuring measurer was used (Tru-Test WB Tru-Test Ltd. New Zealand WAICATO).

Table 1. Group of animals accordingly to the supplementation

Group	n-3 unsaturated fatty acid	Supplement
G-1	eicosapentaenoic acid (EPA)	oil produced by Pronova Biocare, Norway containing 94.93 wt% of EPA
G-2	$\alpha$ -linoleic acid (ALA)	linseed oil produced by A.C.E.F. Lex containing 57.84 wt% of $\alpha$ -linoleic acid; 19.10 wt% of oleic acid and 14.35 wt% of linoleic acid
G-3	docosahexaenoic acid, DHA	oil produced by Nippon Chemical Feed Co containing 74.75 wt% of DHA, 5.84 wt% of EPA and 2.05 wt% DPA
G-4	control group	no supplement was added

### Statistical analysis

For the preparation of data, statistical analysis and figure drawing the SAS/STAT package was used (SAS Institute Inc., 2000). The effects of the experimental group (G-1, G-2, G-3, and G-4) and experimental periods (BS, S, and AS) on milk yield at milking were tested using GLM procedure with a nested design. Duncan's Multiple Range Test was used for testing the differences between the groups.

### Results and discussion

The average milk yield of goats at each milking during the whole experiment in all supplementation groups amounted to 761 ml (SD =  $\pm$ 346, KV = 45.49%). The daily milk yield during the experiment varied from 800 to 3500 ml per goat. The milk production of Alpine and Saanen goats in Slovenia amounted to 400-600 kg/lactation, Alpine in Lombardy 567 kg in lactation of 231 days, Saanen in Israel > 878 kg/lactation and in South Africa 706 in lactation of 288 days (Serradilla, 2001, Crepaldi et al., 1999).

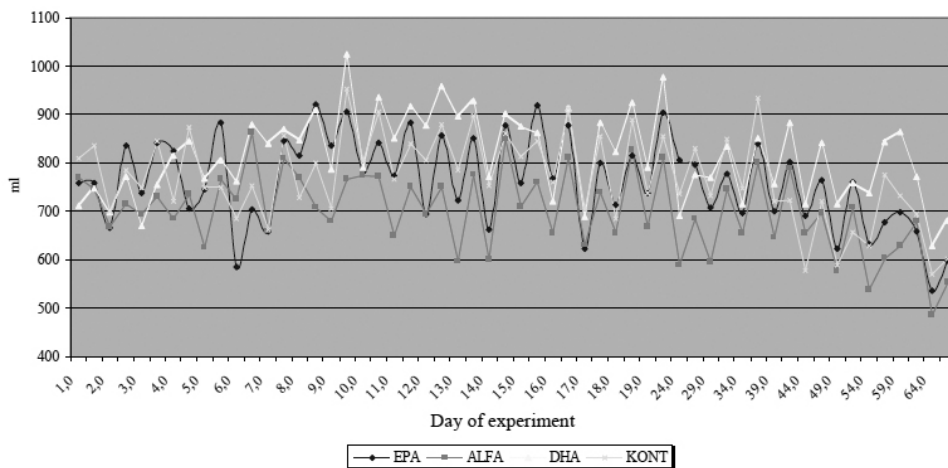
The average values of milk yield at each milking in regard to experimental period (BS, S, and AS) and supplementation group (G-1, G-2, G-3, and G-4) are presented in Table 2. The determined differences in the amount of milk yield due to supplementation group and experimental group were not statistically significant ( $p > 0.05$ ). The highest amount of milk per milking was measured in the group with supplementation of docosahexaenoic acid (DHA; G-3) during the supplementation period with small drop after the supplementation. On the other hand, the lowest milk yield per milking was determined in the goats with  $\alpha$ -linoleic acid (ALA; G-2) supplementation with higher yield in the period before supplementation.

Table 2. Milk yield at milking (ml) in regard to experimental period and supplementation group

Experimental period	Supplementation group			
	G-1	G-2	G-3	G-4
Before supplementation (BS)	780 <sup>a</sup>	748 <sup>a</sup>	869 <sup>a</sup>	766 <sup>a</sup>
Supplementation (S)	790 <sup>a</sup>	708 <sup>a</sup>	888 <sup>a</sup>	824 <sup>a</sup>
After supplementation (AS)	765 <sup>a</sup>	719 <sup>a</sup>	884 <sup>a</sup>	789 <sup>a</sup>

The variability of milk yield at milking (morning and evening) during the entire experiment (BS, S, and AS period) in accordance with the supplementation group is presented in Figure 1. The tendency of decrease in daily milk production towards the end of the experiment was observed in all supplementation groups. The lowest milk production during the entire experi-

ment was observed in the group G-2 (goats added with  $\alpha$ -linoleic acid), while the highest values of milk yield per milking were observed in group G-3 (goats with added docosahexaenoic acid) in the period of supplementation with prolonged effect in the period after supplementation. Furthermore, milk yield at evening milking was higher than milk yield at morning milking by an average 96 g (about 7%) despite the fact that the interval between morning and evening milking was 40 minutes shorter than the interval between evening and morning milking. It appears that synthesis of milk is faster during the day than during the night, which may be related to the hormonal activity correlated to the period of brightness.



Graph 1. Variation of milk yield at milking (ml) in regard to added supplement during the entire experiment (64 days; BS, S, and AS period)

The increase of milk production in ruminants fed with diet supplemented with a protected fat was observed by Gagliostro and Chilliard (1992). The increase of milk production could be explained by greater energy density of the supplemented diet. Several studies (Giger et al., 1987, Sauvart et al., 1987, Holter et al., 1992, Sanz Sampelayo et al., 1998) indicated that the milk production in goats is more affected by the animals' energy balance, than by the characteristics of the ration. Furthermore, Sanz Sampelayo et al. (2002) determined that supplemented PUFA did not effected the milk production in goats, while in later research Sanz Sampelayo et al. (2004) reported higher milk production in goats supplemented with 9% PUFA during one-month period than in the non-supplemented animals. Same authors concluded that supplementation gives rise to a more positive energy balance which results in increased milk production. Ashes et al. (2000) determined that the milk yield in dairy cows decreases with the addition of polyunsaturated fatty acids C:20 to C:22, while, in case of adding of 305 g of fish oil to a daily ration, daily milk yield increased by 0.2 kg/day (Chilliard et al., 2001). Holter et al. (1992) and Sanz Sampelayo et al. (2002) determined that a greater efficiency is achieved in the use of metabolization of energy for milk production when the ruminant diet is supplemented with fats. Increased milk production, due to prolongation of this effect, could be determined even after withdrawal of fat supplement. Furthermore, Klir et al. (2017) determined that the addition pumpkin seed cake or extruded linseed in goats' diets did not influence milk yield

and milk gross composition, while the fatty acid profile was changed. Similarly, Neetika et al. (2019) found out that the supplementation of plant oils did not alter milk yield or composition but markedly influenced the fatty acid profile of milk fat. The differences observed in studies regarding the effects of the addition of unsaturated fatty acids in the ratio could be explained by the different ruminant species studied, the different lengths of supplemented fatty acids and also the different amounts and duration of supplementation (Chilliard et al., 2001).

## Conclusion

The addition of n-3 unsaturated fatty acid (eicosapentaenoic acid, EPA;  $\alpha$ -linoleic acid, ALA; and docosahexaenoic acid, DHA) in goats' ration resulted in changed milk production. Although the determined differences in milk yield per milking due to supplementation and experimental group (BS, S, and AS) weren't statistically significant ( $p > 0.05$ ), the highest value was measured in the group with supplementation of docosahexaenoic acid (DHA; G-3), while the lowest value was determined in the goats with  $\alpha$ -linoleic acid (ALA; G-2) supplementation. Furthermore, the increase of milk yield at milking was also observed in group supplemented with eicosapentaenoic acid (EPA; G-1). The determined results in this research indicate that supplementation of docosahexaenoic and eicosapentaenoic acid in goats' ration gives rise to a positive energy balance resulting in increase of daily milk production. Furthermore, in case of docosahexaenoic acid supplementation, these effect was expressed also in the period after supplementation.

## References

1. Alexander, J.W. (1998): Immunonutrition: the role of  $\omega$ -3 fatty acids. *Nutrition*, 14, 627-633
2. Ashes, J.R., Gulati, S.K., Kiteessa, S.M., Fleck, E., Scott, T.W. (2000): Utilisation of rumen protected n-3 fatty acids by rumen. V: Recent advances in animal nutrition 2000. Garnsworthy P.C., Wiseman J.(eds.). Nottingham, Nottingham University Press: 129-40.
3. Chilliard, Y. (1993): Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: A review. *Journal of Dairy Science*, 76, 453-5.
4. Chilliard, Y., Ferlay, A., Doreau, M. (2001): Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids, *Livestock Production Science*, 70, 31-48.
5. Crepald, P., Corti, M., Cicogna, M. (1999): Factors affecting milk production and prolificacy of Alpine goats in Lombardy (Italy). *Small Ruminant Research*, 32, 83-88
6. Fisher, M., Levine, P.H., Weiner, B.H., Johnson, M.H., Doyle, E.M., Ellis, P.A. (1990): Dietary n-3 fatty acid supplementation reduces superoxide production and chemiluminescence in a monocyte-enriched preparation of leukocytes. *American Journal of Clinical Nutrition*, 51, 804-808
7. Gagliostro, G.A., Chilliard, Y. (1992): Utilizaci3n de l3pidos protegidos en la nutrici3n de vacas lecheras. I. Efectos sobre la producci3n y la composici3n de la leche y sobre la ingest3n de materia seca y energ3a. *Rev Arg Prod Anim*, 12, 1-15.
8. Giger, S., Sauvant, D., Hervieu, J. (1987): Influence of the kind of compound feed on goat milk production and composition. *Annales de Zootechnie*, (Paris), 36, 334-5.
9. Klir, Z., Castro-Montoya, J.M., Novoselec, J., Molkentin, J., Domacinovic, M., Mioc, B., Dickhoefer, U., Antunovic, Z. (2017): Influence of pumpkin seed cake and extruded linseed on milk production and milk fatty acid profile in Alpine goats. *Animal*, 11 (10), 1772-1778.
10. Neetika, J., Hundal, S., Wadhwa, M., Kaswan, S., Sharma, A. (2019): Potential of chia oil to enrich goats' milk with omega-3 fatty acids in comparison to linseed oil under tropical climate. *Indian Journal of Animal Sciences*, 89 (3), 269-275.

11. Nettelton, J.A. (1995): Omega-3s and immune/inflammatory responses. V: Omega-3 fatty acids and health. Nettelton J.A. (ed.). New York, Chapman & Hall: 187-248.
12. Serradilla, J.M. (2001): Use of high yielding goat breeds for milk production. *Livestock Production Science*, 71, 59-73.
13. Palombo, J.D., DeMichele, S.J., Boyce, P.J., Lyndon, E.E., Liu, J.W., Huang, J.S. (1999): Effect of short-term enteral feeding with eicosapentaenoic and  $\gamma$ -linoleic acid on alveolar macrophage eicosanoid synthesis and bactericidal function in rats. *Critical Care Medicine*, 27, 1908-1915.
14. Palombo, J.D., DeMichele, S.J., Lyndon, E.E., Gregory, T., Banks, P.L.C., Forse, A.R. (1996): Rapid modulation of lung and liver macrophage phospholipid fatty acid in endotoxemic rats by continuous enteral feeding with n-3 and  $\gamma$ -linoleic fatty acid. *American Journal of Clinical Nutrition*, 63, 208-219.
15. Peterson, L.D., Thies, F., Calder, P.C. (1999): Dose-dependent effects of dietary gamma-linolenic acid on rat spleen lymphocyte functions. *Prostaglandins, Leukotrienes, and Essential Fatty Acids*, 61, 19-24.
16. Reilly, P.M., Schiller, H.J., Bulkley, G.B. (1991): Reactive oxygen metabolites in shock. V: Care of the surgical patient. Wilmore D.W., Brennan M., Harken A., Holcroft J., Meakins J.C. (eds.). New York, Scientific American Medicine: 1-27.
17. Sanz Sampelayo, M.R., Pérez, L., Boza, J., Amigo, L. (1998): Forage of different physical forms in the diets of lactating Granadina goats: Nutrient digestibility and milk production and composition. *Journal of Dairy Science*, 81, 492-8.
18. Sanz Sampelayo, M.R., Pérez, L., Martín Alonso, J.J., Gil Extremera, F., Boza, J. (2002): Effects of concentrates with different contents of protected fat rich in PUFAs on the performance of lactating Granadina goats I. Feed intake, nutrient digestibility, N and energy utilisation for milk production, *Small Ruminant Research*, 43, 133-9.
19. Sanz Sampelayo, M.R., Martín Alonso, J.J., Pérez, L., Gil Extremera, F., Boza, J. (2004): Dietary Supplements for Lactating Goats by Polyunsaturated Fatty Acid-Rich Protected Fat, Effects After Supplement Withdrawal. *Journal of Dairy Science*, 87, 1796-802.
20. SAS/STAT User's Guide. Version 8. Cary, NC, SAS Institute Inc, 2000.
21. Sauvart, D., Hervieu, J., Giger, S., Ternois, F., Mandran, N., Morand-Fehr, P. (1987): Influence of dietary organic matter digestibility on goat nutrition and production at the onset of lactation, *Annales de Zootechnie*, 36, 335-6.
22. Venkatraman, J.T., Toohey, T., Clandinin, M.T. (1992): Does a threshold for the effect of dietary omega-3 fatty acids on the fatty acid composition of nuclear envelope phospholipids exist? *Lipids*, 27, 94-97.

## Utjecaj suplementacije n-3 nezasićenih masnih kiselina na količinu mlijeka u koza

### Sažetak

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi učinak suplementacije n-3 nezasićenih masnih kiselina ( $\alpha$ -linolne, eikozapentaenojske i doksoheksenska) na količinu mlijeka u mliječnim koza. Nadalje, analizirana je ustrajnost ovog učinka nakon razdoblja suplementacije. Istraživanje je provedeno na mliječnim kozama (alpske i sanske pasmine) uzgajanim na farmi. S obzirom na razdoblje pokusa, mjerenja količine mlijeka pri mužnji (ujutro i navečer) provedena su u razdoblju prije suplementacije (BS), tijekom suplementacije (S) te nakon suplementacije (AS). Obzirom na dodatak suplementa, životinje su nasumično raspoređene u kontrolnu skupinu (G-4) bez suplementa i testne skupine (G-1; G-2; G-3) gdje je suplement koji sadrži PUFA dodavan u razdoblju od pet dana. Na temelju dobivenih rezultata moglo bi se zaključiti da dodatak PUFA u obrok koza mijenja proizvodnju mlijeka. Dodatak dokozaheksaenoične i eikosapentaenske kiseline u obrok koza dovodi do pozitivne energetske bilance što rezultira povećanjem dnevne proizvodnje mlijeka. Nadalje, u slučaju dodatka dokozaheksaenske kiseline, efekt povećanja ostao je i u razdoblju nakon suplementacije.

**Ključne riječi:** mliječne koze, količina mlijeka, suplementacija n-3 nezasićenih masnih kiselina

## Coherence of red deer population with meteorological conditions in hunting area in eastern Croatia in the period 2008-2018

Mirna Gavran<sup>1</sup>, Dragan Dokić<sup>2</sup>, Vesna Gantner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Osijek, Croatia, e-mail: mgavran@fazos.hr*

<sup>2</sup>*Erdut Municipality, Bana Josipa Jelačića 4, Dalj, Croatia*

### Abstract

Climate change has an impact on population growth of red deer, its survival and reproduction. One of the main climatic elements when observing the climate of an area is air temperature. Moreover, an important factor for the normal life of wild animals is also humidity. Considering the great importance of the red deer population in Croatia, the aim of this study was to determine the relationship between population size (regarding the categories: offspring, young, middle-aged, and mature) of the red deer population and climate conditions in hunting ground in eastern Croatia during the analysed period from the year 2008 to the year 2018. Based on the conducted research, the following could be pointed out: during the analysed period from the year 2008 till the year 2018, the mean yearly air temperature varied in the interval 11-13 °C; during the analysed period from the year 2008 until the year 2018 the mean yearly humidity varied in the interval 76-84%; in the year 2018, the lowest number of mature male animals were recorded; the number of middle-aged animals during period between 2008 and 2018 was mostly constant and ranged between 20 and 25, except in the year 2017 when the number dropped below 20. Due to warmer springs and summers, rutting started earlier and calving was up to two weeks earlier on average.

**Key words:** red deer, population, air temperature, humidity

### Introduction

One of the largest deer species is the red deer (*Cervus elaphus*). It is widespread in Europe in the forest complexes of major watercourses – Danube, Sava, Drava and mountain forests of Hungary, Romania, Slovakia, Croatia, Slovenia, Germany, Austria and the Czech Republic. A smaller population of red deer can be found in Poland, Norway, Spain, Sweden, France, Denmark and the European part of Russia. As for the situation in Croatia, they are very numerous in the areas of Baranja and Slavonia, as well as Gorski Kotar. According to literature (LSO, 2019), red deer can live for 15-20 years. Antlers are the symbol and the most beautiful decoration of red deer. According to Darabuš and Jakelić (2002), there are many causes of population decrease. The main natural enemies of red deer are wolves, lynxes, bears and poachers. Also, weather disasters such as deep snow, ice, floods and fires can cause a significant population

decrease. Finally, mortality incidence in the population of red deer could be caused by traffic (Darabuš and Jakelić, 2002). Weather conditions can affect behaviour, influencing both small and large scale movement of deer (Fieberg et al., 2008). During periods of heavy precipitation or low temperatures, cervids have been shown to minimize exposure to bad weather by seeking cover in the forest and thus utilize open habitat to a lesser extent (Parker et al., 1984, Mysterud and Østbye, 1999). Behavioural responses of ungulates to adverse weather include seeking forest cover for relief (Moen, 1976), reducing activity (Beier and McCullough, 1990), migrating to lower elevations to avoid deep snow (Mysterud, 1999) and range displacement during icing events (Stien et al., 2010), but studies of local climate effects on movements are few and typically scale-specific. Considering the great importance of the red deer population in Croatia, the aim of this study was to determine the relationship between population size (regarding the categories: offspring, young, middle-aged, and mature) of red deer population and climate conditions in hunting ground in Eastern Croatia during the analysed period from the year 2008 to the year 2018.

## Materials and methods

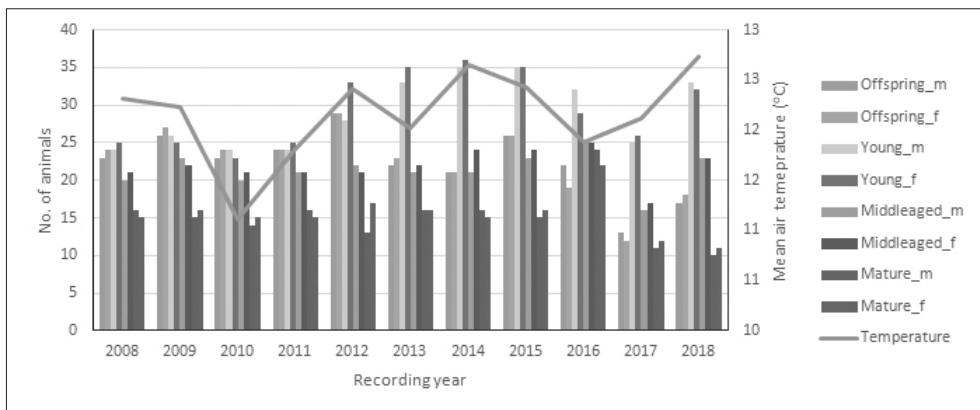
The first written data on the analysed hunting ground originated in the year 1721 when Charles VI donated land and woods south of the Drava River to Baron Prandau when he was serving in the war against the Turks. Later on, during the First World War and immediately afterwards, poaching destroyed most of the wildlife funds. It was noted that in the period from 1918 to 1920, poachers destroyed 98% of deer game. Also in 1938, wildlife funds were affected by a very long and sharp winter. By the Second World War, game funds have increased. It is worth mentioning that in the year 1941, at that time, in the present hunting area from 7 to 11 September, 48 deer roared. In the years of the Second World War no information on the state of hunting was recorded, which is understandable in terms of conditions. According to the inventory of 01 January 1955 (Gavran Ltd., 2019b), the following number of red deer populations was determined: 270 heads (50 deer, 160 hinds and 60 calves). Now the hunting ground located in eastern Croatia, composes a natural complex of 9364 hectares and the same populations of wildlife game live in the entire area. The tilled land surface in the hunting grounds is used for sowing bushes for wild game, primarily grasslands, to increase the hunting area's nutritional potential and the amount of wild game. Certain areas are additionally used as pastures and meadows for grass production (Gavran Ltd., 2019a). According to Sertić (2008), for climate determination of the hunting ground, it is essential to acknowledge and analyse a several elements straight affecting it: air temperature, precipitation, humidity, wind and insolation. The organization of measurements and monitoring of climatic appearances is carried out in the network of meteorological stations. Meteorological stations are organizational units of meteorological services with the task of performing meteorological observations (measurement and monitoring) according to the established unique criteria. A visual rating of a certain size is considered as observation, while the measurement refers either to the reading of the instrument value or to the registration of the appropriate type of instrument. Climate conditions could affect wild game indirectly and directly by average and extreme temperatures, winds, insolation and the amount and shape of rainfall and humidity. One of the main climatic elements when observing the climate of an area is air temperature. Given the temperature conditions, it is necessary to determine the annual strokes of this climatic element. Standard meteorological data on air temperature show an air temperature of 2 m above ground level. Therefore, a range of 12 mid-monthly air temperature values obtained from climatological measurements at 7, 14 and 21 hours is a long-term flow of temperature. The following values



are followed: maximum daily, minimum daily, average monthly and annual average. Each air temperature corresponds to the maximum amount of water vapour in which the air is saturated. Accordingly, the relative humidity of the air is a meteorological phenomenon that shows the percentage of air saturated with an aqueous vapour at a certain temperature of the air. If, for example, the relative humidity of the air is 50%, only half the amount of water vapour the air could contain is in the air that at that temperature. Knowing this meteorological element is generally important because the formation of fog, clouds, rain, dew, frost, and other hydrometeors depends on the amount of moisture in the air. In this paper, monthly precipitation sums, mean temperatures and average humidity were acquired for the respective region and periods. Data were provided by Croatian Meteorological and Hydrological Service.

## Results and discussion

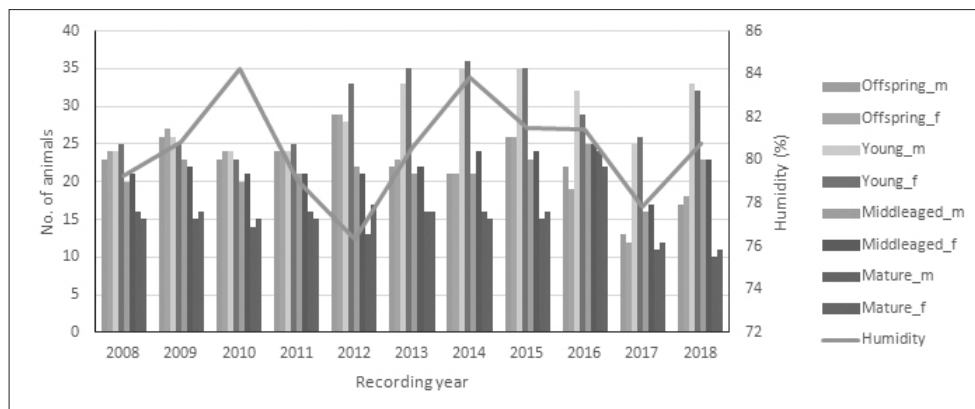
The relationship between climate conditions (air temperature and humidity) and population size of red deer population in hunting ground in eastern Croatia during the analysed period from the year 2008 to the year 2018 is shown in Figures 1 and 2. During the analysed period from the year 2008 by the year 2018 the mean yearly air temperature varied in intervals from 11-13 °C. The highest number of offspring, of both gender, males and females, was recorded in the year 2012 when mean air temperature amounted to 12 °C. During the year 2017, when the mean air temperature was 11 °C, the smallest number of male and female offspring was recorded. Furthermore, in the year 2010, the smallest number of young animals, males and females, was recorded, when the mean year air temperature was lower compared to other years and amounted to 12 °C. The highest number of middle-aged animals, females and males, was determined in the year 2016, while in the same year the highest number of mature animals, males and females were determined. During the year 2016 the mean yearly air temperature was slightly above 12 °C.



Graph 1. The influence of temperature on number of red deer population in the period 2008-2018

In the researched hunting ground during the analysed period from 2008 to 2018, the mean yearly humidity varied in the interval 76-84%. The lowest mean humidity was recorded during the year 2012 when the number of offspring, of both gender, males and females, was the highest and amounted to almost 30 animals. During 2014, when humidity reached 84%, the

highest number of female and male young was determined. In the year 2018, the lowest number of mature animals, especially males (deer) were recorded.



Graph 2. The influence of humidity on number of red deer population in the period 2008-2018.

The weather conditions are acknowledged to be important factors for the dynamics of the population of various ungulate species. Moreover, environmental conditions influence the survival of offspring as well as the reproduction of mature animals (Geisser and Reyer, 2005). Increased precipitation is known to cause elevated heat loss in ungulates (Barrett, 1981, Parker 1988), and an answer is to seek shelter when precipitation is heavy (Myysterud and Østbye, 1999). Concerning red deer, the negative relationship to temperature could occur when increased energy requirements while cold weather (Parker et al., 1985) push the animals to use more farmland and consequently expose themselves to the hunters. One research suggested red deer had started rutting earlier due to climate change. During rutting season, when males compete for a mate and calving was up to two weeks earlier on average. The reason for this could be warmer springs and summers (BBC news, 2011). According to Owen-Smith (2010), male survival was more changeable than that of females at all stages, from birth through adulthood. Adult males seemed more sensitive to extreme density or weather conditions than females. Warmer temperatures had positive impact on juvenile survival and population growth.

## Conclusion

Based on the conducted research following could be pointed out:

- in the analysed period 2008-2018, the mean yearly air temperature varied in the interval 11-13 °C,
- in the analysed period 2008-2018, the mean yearly humidity varied in the interval 76-84%,
- in the year 2018, the lowest number of mature male animals was recorded,
- the number of middle-aged animals in the period 2008-2018 was mostly constant and ranged between 20 and 25, except in 2017 when the number dropped below 20.

Understanding the effect of climate on behaviour is important to predict the number of new offspring and to maintain balance on the hunting ground, when future climate change may bring local weather variables different from the current range.

## References

1. Barrett, M.W. (1981): Environmental characteristics and functional significance of pronghorn fawn bedding sites in Alberta. *The Journal of Wildlife Management*, 45, 120–131.
2. Beier, P., McCullough, D.R. (1990): Factors influencing white-tailed deer activity patterns and habitat use. *Wildlife Monographs*, 109, 5-51.
3. Lovacki savez Osijek – LSO (2019): Jelen obični. <http://www.lovacki-savez-osijek.hr/divlja/krupna-divlja/jelen-obini-cervus-elaphus-l.html> (5.3.2020).
4. Darabuš, S., Jakelić, Z.I. (2002): Osnove lovstva. Hrvatski lovački savez. Zagreb.
5. Fieberg, J., Kuehn, D.W., DelGiudice, G.D. (2008): Understanding variation in autumn migration of northern white-tailed deer by long-term study. *Journal of Mammalogy*, 89, 1529–1539.
6. Gavran d.o.o. (2019 a): O nama. <http://www.gavran.hr/O-nama.aspx> (5.3.2020).
7. Gavran d.o.o. (2019 b): Povijest. [http://www.gavran.hr/Povijest\(-1\).aspx](http://www.gavran.hr/Povijest(-1).aspx) (5.3.2020).
8. Geisser, H., Reyer, H.U. (2005): The influence of food and temperature on population density of wild boar *Sus scrofa* in the Thurgau (Switzerland). *Journal of Zoology*, 267, 89-96.
9. Moen, A.N. (1976): Energy conservation by white-tailed deer in the winter. *Ecology*, 57, 192-198.
10. Mysterud, A. (1999): Seasonal migration pattern and home range of roe deer (*Capreolus capreolus*) in an altitudinal gradient in southern Norway. *Journal of Zoology*, 247, 479– 486.
11. Mysterud A, Østbye E. (1999): Cover as a habitat element for temperate ungulates: effects on habitat selection and demography. *Wildlife Society Bulletin*, 27:385–394
12. Owen-Smith, N. (2010): *Dynamics of Large Herbivore Populations in Changing Environments: Towards Appropriate Models*. Blackwell Publishing Ltd.
13. Parker, K.L. (1988): Effects of heat, cold and rain on coastal black-tailed deer. *Canadian Journal of Zoology*, 66, 2475–2483.
14. Parker, K.L. (1985): Thermoregulation in ungulates. In: Hudson RJ, White RG, Robbins CT, editors. *Bioenergetics of wild herbivores*. Boca Raton, FL: CRC Press Inc; pp. 161–182.
15. Parker, K.L., Robbins, C.T., Hanley, T.A. (1984): Energy expenditures for locomotion by mule deer and elk. *The Journal of Wildlife Management*, 48, 474–488
16. Sertić, D. (2008): Uzgoj krupne divljači i uređivanje lovišta. Veleučilište u Karlovcu.
17. Stien, A., Loe, L.E., Mysterud, A., Severinsen, T., Kohler, J., Langvatn, R. (2010): Icing events trigger range displacement in a high-arctic ungulate. *Ecology*, 91, 915– 920.
18. BBC news (2011): Effects of weather on red deer studied by UHI. <https://www.bbc.com/news/uk-scotland-highlands-islands-14234431> (10.3.2020.).

## Povezanost populacije jelena običnog s meteorološkim uvjetima u lovištu u istočnoj hrvatskoj u razdoblju od 2008. – 2018.

### Sažetak

Klimatske promjene utječu na porast populacije jelena običnog, opstanak i razmnožavanje. Temperatura zraka jedan je od glavnih klimatskih elemenata pri promatranju klime nekog područja. Štoviše, važan čimbenik za normalan život divljih životinja je i vlaga. S obzirom na veliki značaj populacije jelena običnog u Hrvatskoj, cilj ove studije bio je utvrditi odnos između veličine populacije (u pogledu kategorija: potomstvo, mladi, srednjodobni i zreli) jelena običnog i klimatskih uvjeta u lovišta u istočnoj Hrvatskoj tijekom analiziranog razdoblja od 2008. do 2018. Na temelju provedenih istraživanja moglo bi se istaknuti sljedeće: tijekom analiziranog razdoblja od 2008. do 2018. godine, prosječna godišnja temperatura zraka varirala je u intervalu od 11 – 13 °C; tijekom analiziranog razdoblja od 2008. do 2018. godine srednja godišnja vlaga kretala se u intervalu od 76 – 84 %; u 2018. godini zabilježen je najmanji broj zrelih mužkih životinja; broj srednjodobnih životinja u razdoblju od 2008. do 2018. godine uglavnom je bio konstantan i kretao se između 20 i 25, osim 2017. godine kada se broj smanjio ispod 20. Zbog toplijih proljeća i ljeta, tjeranje je započelo ranije, a teljenje u prosjeku i do dva tjedna ranije.

**Ključne riječi:** jelen obični, populacija, temperatura zraka, vlaga

## Prediction of total number of *Varroa destructor* mites in the honey bee (*Apis mellifera*) colony in late summer

Marin Kovačić, Zlatko Puškadija

*Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josipa Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Croatia, e-mail: komarin@fazos.hr*

### Abstract

The ectoparasitic mite *Varroa destructor* is a major cause of winter honey bee (*Apis mellifera*) colony losses. Beekeepers use a variety of methods to prevent Varroa damage. However, to be sure of the effectiveness of the used methods, it is necessary to estimate the varroa population in the colonies before treatment. Therefore, the aims of this field study were to (1) estimate the size of Varroa population in the colonies and (2) to examine the relationship between different methods of determining the infestation of colonies with mites. To do so, three sampling methods were performed to estimate the size of the Varroa population in colonies: adult bee infestation, brood infestation and natural mite mortality. The estimated number of the Varroa population was quite accurate and showed a highly positive correlation with the total mite fall after the treatment. When data of adult bee or brood infestation were used separately to predict the Varroa population, a non-significant correlation was found. However, the monitoring of natural mite mortality showed a much better prediction of the Varroa population even in late summer. Results presented here shows that monitoring of natural mite fall is a simple and reliable method of monitoring the Varroa population size in late summer in non-collapsing colonies of honey bees.

**Key words:** *Apis mellifera*, *Varroa destructor*, colony, total number

### Introduction

The ectoparasitic mite *Varroa destructor* is currently the biggest threat to beekeeping in the world, often causing major honey bee (*Apis mellifera*) colony losses during the winter (Le Conte et al., 2010, Dainat et al., 2012). Although mites directly harm bees by feeding on their fat body (Ramsey et al., 2019), the much bigger problem is that mites are vectors in the transmission of viruses, which eventually cause the death of the colony (Martin et al., 2012, Roberts et al., 2017). To protect colonies from mites, beekeepers use a number of protection methods. However, in order to have an insight into the effectiveness of treatment, it is necessary to monitor the size of the Varroa population in colonies before treatment. Commonly used methods for assessing honey bee colony infestation with *V. destructor* mites are monitoring daily natural mite fall on sticky sheets and determining the degree of adult bee and brood infestation.

The size of the *V. destructor* population in a honey bee colony may be estimated if data on brood and adult bee population size are known, together with the infestation of brood and

bees with mites. To get results about infestation rate as accurate as possible, a reliable bee and brood sample (at least 200) should be examined (Branco et al., 2006). However, the separate use of adult bee or brood infestation as a predictor of varroa population size is not reliable (Fuchs, 1985.). Additional monitoring of natural mite mortality during the season may give a relative estimation of mite population size (Calatayud and Verdu, 1993, Branco et al., 2006). The aims of this research were to (1) estimate the number of mites in the colonies and (2) to determine the relationship between different methods of measurements infestation with *V. destructor* mites.

## Materials and methods

The research was performed on 33 LR hives, populated with Carniolan (*A. m. carnica*) bees in northeastern Croatia during September of 2016. Three different methods of sampling were performed in order to estimate *V. destructor* mite population in colonies: adult bee infestation (BI), brood infestation (Bri), natural mite mortality (NM) and mites killed with chemical treatment (TM). Natural mite mortality was monitored using inserts in mesh bottom boards for two weeks before the critical treatment and the daily mite fall was calculated. Few days before the treatment, the strength of the colonies was evaluated using Liebfefeld method (Imdorf et al., 1987). At the same time, adult bees and brood samples were taken and stored at -18 °C until analysed. To determine the infestation of adult bees with Varroa mites, a sample of bees (full 100 ml cup) from the honey chamber was collected, which represents a valid representative sample (Lee et al., 2010). For the separation of mites from the bee's body, the soapy water wash method was used (Fries et al., 1991). Before dislodging the mites, the bee sample was weighted. Finally, the infestation rate of the sample was calculated by dividing the number of dislodged mites with the weight of the sample. The infestation rate of the brood sample was determined by dividing the number of infested brood cells with the number of opened brood cells. For each sample, at least 250 brood cells were examined. With data of adult bee infestation, brood infestation and colony size, the estimated number of mites (EM) for each colony was calculated (see Dietemann et al., 2013). The critical treatment was performed with Check-Mite® strips, afterwards the mite fall was monitored for 42 days. Bivariate regression analysis was used to determine the relationship between different sampling methods and between estimated and total mite fall after the treatment.

## Results and discussion

The average number of bees (mean  $\pm$  SD) was 10540,09  $\pm$  2540,38 and the number of brood cells 7001,21  $\pm$  5478,25. There were no collapsing colonies. The mean infestation of adult bees and brood was relatively high (Table 1), however, it was not much higher than expected in September considering that there was no winter treatment performed during previous winter.

Table 1. Descriptive Statistics

	N	Mean	SD
Adult bee infestation (BI, %)	33	12,98	9,36
Brood infestation (Bri, %)	33	37,61	14,76
Natural daily mite fall before treatment (NM)	33	38,1	22,16
Estimated number of <i>V. destructor</i> in colonies (EM)	33	3389,06	1304,41
Total mite fall after critical treatment (TM)	33	3731,09	1700,58

Bivariate regression analysis was performed to examine how BI, BrI and NM may predict the total mite population in the colony (TM). The correlation between BI and TM was not significant,  $r(33) = -0,28$ ,  $p = 0,06$  (Figure 1). The regression equation for predicting TM with adult bee infestation was  $y = 4379,84 - 49,99x$  ( $p = 0,12$ ). The correlation between BrI and TM was not statistically significant,  $r(33) = -0,21$ ,  $p = 0,12$  (Figure 2); the regression for predicting TM was  $y = 4639,21 - 24,15x$  ( $p = 0,24$ ). The correlation between NM and TM was moderately positive and significant,  $r(33) = 0,63$ ,  $p < 0,001$  (Figure 3). The regression equation for predicting the Varroa population size with natural mite mortality was  $y = 1885,47 + 48,44x$  ( $p < 0,001$ ). The  $r^2$  was 0,379. Finally, the correlation between estimated and total mite population was significant,  $r = 0,73$ ,  $p < 0,001$  (Figure 4). Regression equation for predicting the total Varroa population with estimated Varroa population was  $y = 493,44 + 0,96x$  ( $p < 0,001$ ) with value of  $r^2 = 0,522$ ; meaning that 52,2% of variance in total mite population was predictable with estimation of Varroa mite population.

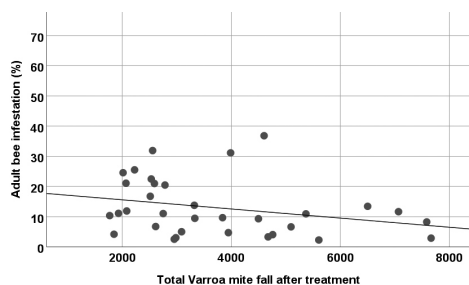


Figure 1. Scatterplot of total Varroa mite fall after treatment (x-axis) and adult bee infestation (y-axis).

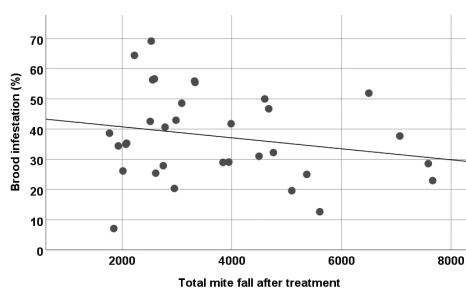


Figure 2. Scatterplot of total Varroa mite fall after the treatment (x-axis) and brood infestation (y-axis).

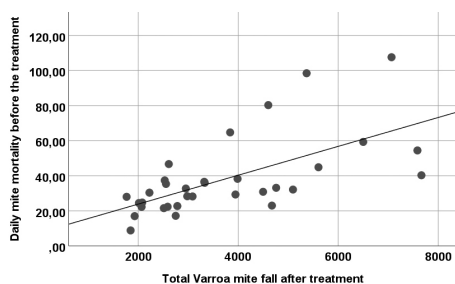


Figure 3. Scatterplot of total Varroa mite fall after treatment (x-axis) and daily mite mortality before treatment (y-axis).

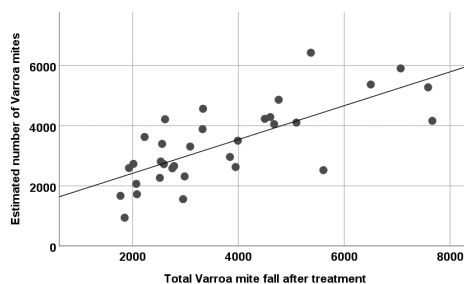


Figure 4. Scatterplot of total Varroa mite fall after treatment (x-axis) and estimated number of Varroa mites (y-axis).

The Varroa mite is nowadays one of the primary reasons for the loss of bee colonies during the winter (Genersch et al., 2010, Brodschneider et al., 2016). In moderate climate, the so-called »wintering« bees develop in the second half of summer. Their role in the colony is not just surviving the winter but the development of the first brood at the end of winter. Therefore, it is of utmost importance to reduce the infestation of adult bees to less than 5% during the

development of winter bees (Genersch et al., 2010). An important task during the summer is to estimate the population of the *Varroa* mite population in the colonies.

In this study we compared three sampling methods; adult bee infestation, brood infestation and daily mite mortality. It was surprising to observe that monitoring of daily mite mortality showed the highest correlation with total mite population. Information of adult bee infestation and brood infestation singly did not correlate with the total mite population in a colony, in fact, results showed a negative correlation with the total mite fall. To try to find an explanation, we calculated the distribution of mites in colonies (phoretic/reproductive stage). In this period the average distribution was 60% phoretic : 40% reproductive. However, there were some colonies that had most of the mites (> 85%) on bees, and on the other hand, there were colonies that had most of the mites in brood (> 90%). Considering this, one should be aware of the fact that sampling only workers or brood may sometimes lead to misleading results. This explains the reason that in this research natural mite mortality gives the most reliable results even in the late season. Furthermore, additional benefits of monitoring natural mite mortality are that this method is not lethal to the bees (contrary to soapy water wash method or brood examination) and is less labour intensive. The reliability of this method was also confirmed by other studies (Calatayud and Verdu, 1993, Branco et al., 2005).

The estimation of the number of the *Varroa* mite population in colonies using data of both workers and brood infestation (together with bees and brood population size) was quite precise and gave a high positive correlation with total mite fall after the critical treatment. However, it is very time consuming to achieve this kind of estimation. Therefore, monitoring of natural *Varroa* mortality on the bottom boards presents a useful and reliable method in monitoring the *Varroa* population size in honey bee colonies.

## References

1. Branco, M. R., Kidd, N. A. C., & Pickard, R. S. (2006): A comparative evaluation of sampling methods for *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) population estimation. *Apidologie*, 37, 452–461.
2. Brodschneider, R., Gray, A., van der Zee, R. et al. (2016): Preliminary analysis of loss rates of honey bee colonies during winter 2015/16 from the COLOSS survey. *Journal of Apicultural Research*, 55 (5), 375-378.
3. Calatayud F., Verdu M.J. (1993): Hive debris counts in honeybee colonies: a method to estimate the size of small populations and rate of growth of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. (Mesostigmata: Varroidae). *Experimental & Applied Acarology*, 17, 889–894.
4. Dainat, B., Evans, J.D., Chen, Y.P., Gauthier, L., Neumann, P. (2012): Dead or Alive: Deformed Wing Virus and *Varroa destructor* Reduce the Life Span of Winter Honeybees. *Applied and Environmental Microbiology*, 78 (4), 981-987.
5. Dietemann, V., Nazzi, F., Martin, S. J., Anderson, D. L., Locke, B., et al. (2013): Standard methods for varroa research. *Journal of Apicultural Research*, 52 (1), 1–54.
6. Fries, I., Aarhus, A., Hansen, H., Korpela, S. (1991): Comparison of diagnostic methods for detection of low infestation levels of *Varroa jacobsoni* in honey-bee (*Apis mellifera*) colonies. *Experimental and Applied Acarology*, 10, 279–287.
7. Fuchs, S. (1985): Untersuchungen zur quantitativen Abschätzung des Befalls von Bienenvölkern mit *Varroa jacobsoni* Oudemans und zur Verteilung des Parasiten im Bienenvolk. *Apidologie* 16, 343–368.
8. Genersch, E. von der Ohe, W., Kaatz, H., Schroeder, A., Otten, C., Büchler, R., Berg, S., Ritter, W., Mühlén, W., Gisder, S., Meixner, M., Liebig, G., Rosenkranz, P. (2010): The German bee monitoring project:



- a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie*, 41 (3): 332–352.
9. Imdorf, A., Buehlmann, G., Gerig, L., Kilchenmann, V., Wille, H. (1987): Überprüfung der Schätzmethode zur Ermittlung der Brutfläche und der Anzahl Arbeiterinnen in freifliegenden Bienenvölkern. *Apidologie*, 18 (2): 137-146.
  10. Le Conte, Y., Ellis, M., Ritter, W. (2010): *Varroa* mites and honey bee health: can *Varroa* explain part of the colony losses? *Apidologie* 41 (3), 353–363.
  11. Lee, K. V., Moon, R.D., Burkness, E.C., Hutchinson, W.D., Spivak, M. (2010): Practical Sampling Plans for *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) Colonies and Apiaries. *Journal of Economic Entomology*, 103 (4), 1039–1050.
  12. Martin, S. Highfield, A.C., Brettell, L., Villalobos, E.M., Budge, C.E., Powell, M., Nikaido, S., Schroeder, D.C. (2012): Global honey bee viral landscape altered by a parasitic mite. *Science*, 336, 1304-1306.
  13. Ramsey, S.D., Ochoa, R., Bauman, G., Gulbranson, C., Mowery, J.D., Cohen, A. Lim, D. Joklik, J. Cicero, J.M., Ellis, J.D., Hawthorne, D., vanEngelsdorp, D. (2019): *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not haemolymph. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116 (5), 1792-1801.
  14. Roberts, J.M.K., Anderson, D.L., Durr, P.A. (2017): Absence of deformed wing virus and *Varroa destructor* in Australia provides unique perspectives on honeybee viral landscapes and colony losses. *Scientific reports*, 7, 6925.

## Predviđanje ukupnog broja grinje *Varroa destructor* u zajednicama medonosne pčele (*Apis mellifera*) krajem ljeta

### Sažetak

Grinja *Varroa destructor* jedan je od osnovnih uzroka zimskih gubitaka pčela (*Apis mellifera*). Pčelari koriste razne tehnološke metode i kako bi zaštitili pčele. Međutim, kako bi bili sigurni u učinkovitost korištenih metoda, potrebno je procijeniti koliko grinja ima u zajednicama prije tretmana. Stoga su ciljevi ovog istraživanja bili (1) procijeniti veličinu populacije grinje u zajednicama i (2) ispitati odnos između različitih metoda određivanja zaraženosti zajednicama grinjama. Da bi se to postiglo, provedene su tri metode uzorkovanja kako bi se procijenila veličina populacije varoe: zaraženost odraslih pčela, zaraženost legla i prirodna smrtnost grinja. Procijenjeni broj populacije varoe bio je prilično precizan i pokazao je visoku pozitivnu povezanost s ukupnim padom grinja nakon tretmana. Kad su se podaci o zaraženosti odraslih pčela ili zaraženosti legla koristili posebno za predviđanje populacije grinje, nije bilo korelacije. Međutim, praćenje prirodne smrtnosti grinja pokazalo je mnogo bolje predviđanje populacije varoe čak i krajem ljeta. Rezultati istraživanja pokazuju kako je praćenje prirodnog pada grinja jednostavna i pouzdana metoda praćenja veličine populacije varoe u kasno ljeto u zajednicama medonosne pčele.

**Ključne riječi:** *Apis mellifera*, *Varroa destructor*, zajednica, ukupan broj

## Section III



---

---

# **Agroecology**

## **Agroekologija**



## Temporal distribution of Zn, Ni and Cr content and MAC in agricultural soils – Case study Molve, Podravina

Željka Zgorelec, Ivica Kisić, Ferdo Bašić

*University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Croatia,  
e-mail: zzgorelec@agr.hr*

### Abstract

As a part of Croatian Gas Energetic System Podravina, Central Gas Station (CGS) Molve, located in Northern part of Croatia, refines earth gas of surrounding boreholes. Natural gas is not a pure product when gas is extracted from a field under supercritical conditions (high p/Pa and T/°C). It may contain harmful and corrosive components such as CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, RHS, Hg<sup>0</sup>, etc. In CGS, natural gas is collected, treated, purified and distributed to consumers. Since 1991, agroecosystem monitoring (soil and plant) has been conducted by the University of Zagreb Faculty of Agriculture on the carefully selected representative locations on different soil types and water regimes in CGS surrounding. Maximal allowable concentrations (MAC) of some metals in agricultural soils are prescribed by Croatian legislative. During the years, four Regulations have been changed (OG 15/92, OG 32/10, OG 09/14 and OG 71/19). Interpretation of metals content in agricultural soils (MAC) has been depending on different soil parameters: soil pH, texture and organic matter content, regarding the prescribed legislation. In this paper, measured concentrations and MAC for Zn, Ni and Cr at two different locations and soil types (M14/40 – Regosol acric and M12- Glaysol vertic) in surface soil layer (0-3 cm) from 1996 up to 2019 will be discussed. MAC values differed significantly during the years and ranged from 0.5 times less severe up to 5.0 times more severe, depending on the investigated metal and location. Mean values (MV) for all investigated metals (Zn, Ni and Cr) observed in this study (n=37; 0-3 cm) and mean natural values (MNV) in RH observed in soil surface layer (0-25 cm) were higher than MAC at location M12, and notably lower at location M14/40.

**Key words:** soil monitoring, maximal allowable concentrations, sandy and clay soil, soil pH, organic matter

## Vremenska raspodjela sadržaja Zn, Ni, Cr i pripadajućih MDK u poljoprivrednim tlima – Studija slučaja Molve, Podravina

### Sažetak

U sklopu hrvatskog plinskog energetskog sustava Podravina, u Centralnoj plinskoj postaji (CPS) Molve, koja je smještena u sjevernom dijelu Hrvatske, zemni se plin sakuplja iz okolnih polja i bušotina i pročišćava. Prirodni zemni plin nije čisti proizvod kada se plin eksploatira iz polja pod kritičnim uvjetima (visoki p/Pa i T/° C), može sadržavati štetne i korozivne komponente kao što su CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, RHS, Hg<sup>0</sup>, itd. U CPS-u se prirodni plin sakuplja, obrađuje, pročišćava i distribuira potrošačima. Od 1991. godine Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet provodi monitoring agroekosustava (tlo i biljka) na pažljivo odabranim reprezentativnim lokacijama, na različitim tipovima tla i vodenim režimima u okruženju CPS-a. Maksimalno dopuštene količine (MDK) nekih metala u poljoprivrednim tlima propisane su hrvatskim zakonodavstvom. Tijekom godina izmijenjena su četiri Pravilnika (NN 15/92, NN 32/10, NN 09/14 i NN 71/19). Tumačenje sadržaja metala u poljoprivrednim tlima (MDK) ovisilo je tijekom vremena o različitim parametrima tla: pH tla, teksturi i sadržaju organske tvari, a u skladu s propisanim zakonima. U ovom radu će se raspraviti izmjerene koncentracije i pripadajuće MDK za Zn, Ni i Cr za dvije različite lokacije i tipove tala (M 14/40 – Regosol, silikatni, distrični na eolskom pijesku i M 12-Glejno, amfoglejno, mineralno, vertično) u površinskom sloju tla (0-3 cm) od 1996. do 2019. godine. MDK vrijednosti su se tijekom godina značajno razlikovale i varirale od 0,5 puta niže do 5,0 puta više, ovisno o ispitivanom metalu i lokaciji. Srednje vrijednosti (SV) za sve ispitivane metale (Zn, Ni i Cr) dobivene u ovom istraživanju (n = 37; 0-3 cm) i srednje prirodne vrijednosti (SPV) u RH opažene u površinskom sloju tla (0-25 cm) bile su više od MDK na lokaciji M 12 i znatno niže na lokaciji M 14/40.

**Ključne riječi:** monitoring tla, maksimalno dopuštene količine, pjeskovito i glinasto tlo, pH tla, organska tvar

# Plausible environmental effects of straw removal for the production of bioenergy and bio-based products: a review

Veljko Vorkapić

*Department for Renewable Energy Sources, Energy Efficiency and Environmental Protection,  
Energy Institute Hrvoje Požar, Savska cesta 163, 10001 Zagreb, Croatia,  
e-mail: vworkapic@eihp.hr*

## Abstract

It is anticipated that biomass from wastes and residues, including straw, will have an increasing role in the EU post-2020 energy and greenhouse gas emissions targets as well as in its transition to bioeconomy. Biofuels produced from straw are considered to be more environmentally friendly than conventional biofuels and the feedstock is perceived to be widely available. This paper analyses straw availability and potential environmental impacts originated by an additional straw demand. In the EU about 30% of straw could be available for bioenergy, however this share varies highly on a regional and field scale depending on the local conditions. Environmental impacts, including impacts on soil, greenhouse gas emissions, water and biodiversity, also vary from negligible to significant. Data from modelling studies show significant impact of straw removal/incorporation on soil organic carbon. On the contrary, experimental studies show that the impact of straw removal on soil carbon and nutrients is usually rather small, although larger impact on the soil microbial biomass has been observed. The balance between the straw availability for bioenergy or novel bio-based products and maintaining the soil health is to be determined at individual project base and removal should be accompanied by management practices that minimize adverse impacts.

**Key words:** advanced biofuels, greenhouse gas emissions, soil organic carbon, straw, environmental impacts

## Introduction

Well managed bioenergy systems are currently seen as important part of carbon (C) emission mitigation strategies (IEA, 2017). With the Renewable Energy Directive (RED) (European Parliament and the Council, 2009), the European Union (EU) committed for 20% overall share of renewable energy in the final energy consumption and a minimum 10% share of renewable energy across the EU-28 transport sector by 2020. RED introduced mandatory sustainability criteria for biofuels encompassing minimum greenhouse gas (GHG) savings and additional environmental and social criteria. The Renewable Energy Directive for the post 2020 period (RED II) (European Parliament and the Council, 2018) increases a binding renewable energy target to at least 32%, introduces a gradual phase-out of conventional biofuels (that have reached technological and market maturity and are produced from sugars, starches, vegetable oils and

animal fats) and sets a minimum target for advanced biofuels (produced from non-food/feed sources) for transport. It increases sustainability criteria for biofuels by requiring that the GHG savings from biofuels consumed in the transport sector be at least 65%.

In 2016, transport sector contributed close to a quarter of the total GHG emissions in the EU (Eurostat, 2018a), while the average share of energy from renewable sources, predominately conventional biodiesel and bioethanol, in transport was 7.1% (Eurostat, 2018b). Despite the perceived benefits on the environment over the conventional biofuels (European Parliament and the Council, 2015), the commercialization of advanced biofuels is yet to be achieved. It is assumed that cellulosic ethanol would be among the first advanced biofuels to reach the commercialization scale (IEA, 2017).

Production of straw-based biofuels has raised much interest in recent times as they are considered to be more environmentally friendly than conventional biofuels, produced from feedstock that can be used as food or feed, and the straw is also perceived to be widely available (Elbersen et al., 2012).

In general, 25-30% of aboveground residues (AGR) are considered as a rule of a thumb for safe straw removal from fields taking into account soil requirements that can, potentially, be used for energy purposes (e.g. Bloomberg New Energy Finance, 2010). This makes ~50-60% of straw assuming that harvestable straw makes around 50% of AGR (e.g. Hamelin et al., 2012, Martinov et al., 2013).

The RED and RED II promote biofuels produced from straw by assigning zero GHG emissions up to the point of collection in the simplified life cycle (LCA) methodology used to assess the GHG emissions. For instance, RED II sets default GHG savings for wheat straw ethanol compared to fossil fuel comparator at 83%. Yet, additional removal effects that have an influence on the GHG balance, such as reduction of soil organic carbon (SOC) or emissions caused by the displacement of straw from other industries are not considered. Leastwise, RED II states that monitoring or management plans are required for biofuels, bioliquids and biomass fuels produced from waste and residues derived from agricultural land in order to address the impacts on soil quality and soil C.

The aim of this paper is to present a critical overview of 1) straw availability for bioenergy and other bio-based products and 2) potential environmental risks originated by an additional straw demand. The paper focuses on the impact on SOC and GHG performance of straw-based bioethanol and presents an overview of potential mitigation practices.

## Materials and methods

A literature survey was employed to identify two strings of research, the first being focused on straw availability for bioenergy and the second on environmental impacts of straw removal from the fields. Elsevier's Science Direct electronic database and Google Scholar web search engine were used to identify relevant publication using combination of keywords »straw, bioenergy, straw removal, straw availability, SOC, environmental impacts«. Additional search was performed by retrieving the references cited in papers already included in the database.

Assessment of straw availability was based on identified studies about availability of straw for energy production, including information about alternative uses of straw. Available straw was calculated as (Eq1):

$$\text{straw}_{AV} = \text{grain} * \text{AGR} * \text{grain}^{-1} * \text{straw} * \text{AGR}^{-1} * \text{SR} * \text{AU} \quad (\text{Eq1})$$

where:

straw<sub>AV</sub> – available straw (t·ha<sup>-1</sup>)

straw – straw quantity (t·ha<sup>-1</sup>)

grain – grain quantity (t·ha<sup>-1</sup>)

AGR – above ground residue (t·ha<sup>-1</sup>)

SR – soil requirement (share of straw available after accounting for soil requirements)

AU – alternative use (share of straw available after accounting for current uses of straw)

Regression analysis using R software (R Core Team, 2017) was performed on results of modelling studies obtained from scientific literature to estimate average SOC change over different time periods due to straw removal. Studies with sufficient information provided that allow calculation of SOC change per tC of straw removed/incorporated (30 cm depth) were included in the analysis. The fit obtained and ethanol yield of 7.61 MJ·kg<sub>straw</sub><sup>-1</sup> were used to estimate CO<sub>2</sub> emissions of straw ethanol due to SOC change.

## Results

### *Straw availability*

Applying the formula provided by Edwards et al. (2005) on data on wheat and barley production from Eurostat (2017) for period 2012-2016, straw production in the EU was estimated at around 169 Mt. In the EU, straw is currently used for soil improvement, animal bedding, mushroom production and mulching, as livestock fodder and in industry (Kretschmer et al., 2012).

Information on availability of straw for energy production, including the information about alternative uses of straw, is very limited. Obtained information on methodology used in ten studies assessing straw availability in Europe and one in the United States (US), together with factors used to calculate available straw is presented in Table 1. It can be noted that the conversion ratio of straw to grain differs considerably, from 0.35 (Skøtt, 2011) to 1.6 (Scarlat et al., 2010). Results on soil requirements are more consistent with the share of straw that can be removed ranging from 0.38 (Banowetz et al, 2008) to 0.75 (Powlson, 2007), but recording the most frequent value as 0.5 or close (Ericsson and Nilsson, 2006, Kretschmer et al., 2012, Scarlat et al., 2010, Powlson, 2007, Gauder et al, 2011). Alternative uses ratio, defining the share of straw available after competing uses, varies widely from 0.07 (Sustainable Energy Ireland, 2008) to 0.85 (Kretschmer et al, 2012). Alternative uses of straw, other than bioenergy, are described as animal bedding, mushroom production, feed and as mulch in vegetables production.

Table 1. Studies on straw availability for bioenergy production

Crop	Area	Ratio used to calculate straw quantities		Soil requirements	Alternative uses	Comments	Reference
		AGR/Grain ratio	Straw/AGR ratio				
Cereals	Europe	1.3	0.5	0.5	~0.67	Alternative uses considered: animal bedding	[16]
Cereals	EU-27	NE	NE	0.5	0.7-0.85	Alternative uses considered: animal bedding, mushroom production, vegetables production, feed	[40]
Cereals, sunflower, rapeseed	EU-27	0.8-1.6	1	0.4	0.75	Alternative uses considered: animal bedding, mushroom production	[60]
Cereals	NE	NE		0.5-0.75	NE		[54]
Wheat, barley	EU-27	~0.6-0.95*Grain		NE	NA	Function used to estimate straw quantities: $\text{Straw}(\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}) = \text{Grain}(\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}) * 0.769 - 0.129 * \arctan((\text{Grain}(\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}) - 6.7) * 1.5)$	[14]
Cereals	Baden-Württemberg, Germany	0.8*Grain (barley, wheat) 0.9*Grain (rye) 1.1*Grain (triticale)		0.53	0.55	Alternative uses considered: animal bedding	[25]
Cereals, rapeseed, linseed	Great Britain	NA	~0.6	NE	0.48	Alternative uses considered: animal bedding, mushroom production	[11]
Barley, wheat, oats	Ireland	NA	0.67	NE	0.07-0.22	Alternative uses considered: animal bedding, mushroom production, other	[62]
Barley, oat, wheat	Pacific NW (US)	NA	NA	0.38	NE		[4]
Wheat	Denmark	0.35-0.53*Grain		NE	NE		[61]
Cereals	Denmark	NA	NA	NA	0.35 <sup>a</sup>	Alternative uses considered: used on farms (animal bedding and feed)	[12]

NE – not estimated; NA – not available; <sup>a</sup> 35% of the straw is used on farms, 24% used for energy production and 42% is currently ploughed in soil.



Using the Eq 1 and the ratios obtained from the studies presented in the Table 1, straw availability varies widely, averaging at ~0.2 t per 1 t of cereals i.e. some 30% of straw could be sustainably available for bioenergy and other bio-products after competing uses have been taken into account. This share varies highly on a regional and field scale depending on current uses, management practices and site-specific conditions. This variability indicates uncertainty of straw estimation at implementation level and evokes the need for more detailed assessment that would encompass local conditions to ensure the sustainability of using straw outside agricultural sector, but also allow farmers to make additional income.

## **Environmental impacts of straw-based biofuels**

### *SOC and nutrients*

Residue removal reduces soil C and nutrient pools, increases risks of runoff and soil erosion and accelerates SOC mineralization under the bare soil surface because of alterations in soil temperature and moisture regimes (Blanco-Canqui and Lal, 2009, Johnson et al., 2010). The SOC decreases in direct proportion to the rate of residue removal (Anderson-Teixeira et al., 2009, Liska et al., 2014a, Liska et al., 2014b), but the magnitude of the decrease depends on the antecedent SOC concentration, soil type, quality of residue, rate of fertilizer application, topography, and climate.

The adverse impacts of crop residue removal on total C and nitrogen (N) pools are often larger than those on other nutrients (Blanco-Canqui and Lal, 2009a). However, phosphorus (P) and potassium (K) removals within straw are also significant thus larger applications of these nutrients as fertilizer are required (Powlson et al., 2011).

Powlson et al. (2011) analysed data from 25 experiments and noted a trend for SOC and total soil N content to increase when straw was incorporated annually. However, authors concluded that the impact of straw removal on N cycle processes in temperate regions cannot be regarded as a major consideration in assessing the impacts of removing straw for bioenergy. Also, it was concluded that it has a rather small effect on total SOC content in most situations. Lemke et al. (2010) in their review noted that out of 22 straw removal experiments varying in duration (from 4 to 45 years) only four showed significant effects of cereal straw removal on SOC and three of these studies were located in Europe.

On the other hand, residue removal has a larger impact on the size of the soil microbial biomass as this fraction has a faster turnover rate than total SOC (Powlson et al., 2011). There is evidence that even small changes in SOC can have disproportionately large impacts on soil physical properties such as aggregate stability, water infiltration rate, plow draft (Blair et al., 2006, Powlson et al., 2011) and soil quality (Karlen et al., 1994). Blanco-Canqui and Lal (2009b) state that in soils prone to structural degradation, stover removal at rates as low as 25% can reduce aggregate stability, but the severe reduction usually occurs with complete removal. In case when straw is left on a field after the period of removal, SOC can recover, except in case of land degradation, which is the risk for Southern Europe (Zdruli et al., 2004).

Results of modelling studies used to estimate change of SOC over time due to straw removal are presented in the Table 2.

Table 2. Change in SOC caused by straw removal/incorporation

Time period (years)	$\Delta\text{SOC}$ ( $\text{tC}\cdot\text{tC}_{\text{straw}}^{-1}$ )	Area/Site	Reference
7	0.548	Silty clay loam soil under the climatic conditions of NW Europe	[55] <sup>a</sup>
20	0.353		
50	0.224		
100	0.161		
20	0.188	Denmark, sandy soil	[27]
20	0.204	Denmark, sandy loam	[27]
30	0.25	NE France	[24] <sup>b</sup>
50	0.24	Southern Italy	[50]
20	0.125	Denmark	[52] <sup>c</sup>
100	0.057		
200	0.032		

<sup>a</sup> Original data for SOC change to a depth of 23 cm are linearly extrapolated to 30 cm depth; <sup>b</sup> Higher end estimates for SOC changes (for winter wheat in mono-culture) are considered. <sup>c</sup> Original data considered soil depth of 0-100 cm. SOC change to 30 cm depth was calculated assuming that for arable land topsoil (0-30 cm depth) contains 59% of SOC (Hiederer, 2009).

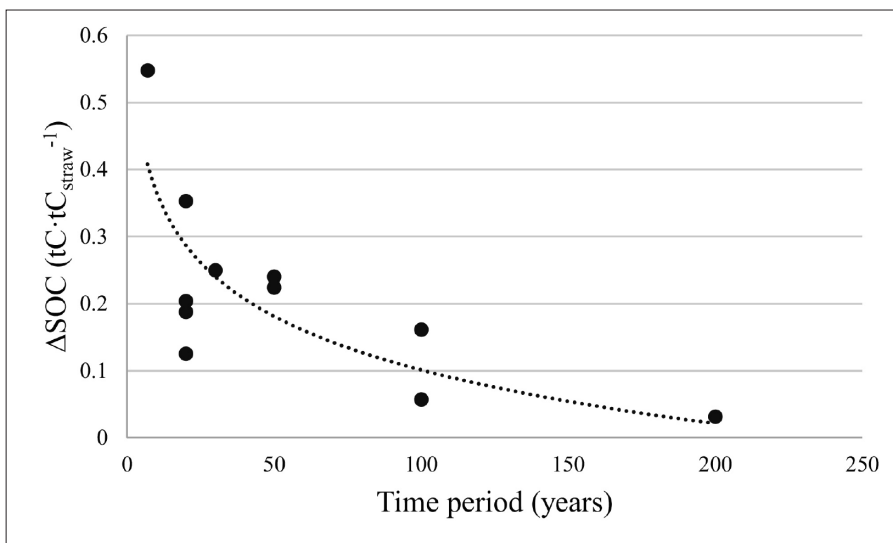
The fit obtained is (Eq2) (Graph 1):

$$\Delta\text{SOC} = -0.115 \cdot \ln(\text{TP}) + 0.6327 \quad (\text{Eq2})$$

Where:

$\Delta\text{SOC}$  – change in SOC per tonne of straw carbon removed ( $\text{tC}\cdot\text{tC}_{\text{straw}}^{-1}$ )

TP – time period (years)



Graph 1. SOC change over different time periods

There are several ways to present loss of soil C data. According to RED and RED II, decrease in C stock in the case of land-use change (LUC) is considered over period of 20 years i.e. the change in soil C equilibrium should be spread over 20 years (European Parliament and the Council, 2009, European Commission, 2010, European Parliament and the Council, 2018). IPCC Guidelines (IPCC, 2006) allow for the use of more appropriate transition period in higher tiers, although the default transition period (tier 1) is also set at 20 years.

Considering GHG performance of straw ethanol, SOC emissions amount to  $99.4 \text{ gCO}_2\text{-MJ}_{\text{Et}}^{-1}$ , if the transitional period to a new equilibrium is scaled to 20 years to conform to RED and RED II guidelines. The emissions amount to  $19.9 \text{ gCO}_2\text{-MJ}_{\text{Et}}^{-1}$  if the average annual SOC change over a 100-year period is considered, while average emissions for the first 20 years total  $55.5 \text{ gCO}_2\text{-MJ}_{\text{Et}}^{-1}$ . As upstream emissions of straw ethanol are equal to  $15.7 \text{ gCO}_2\text{-MJ}_{\text{Et}}^{-1}$  (European Parliament and the Council, 2018), it is evident that savings larger than 65% (as defined by the RED II) are anticipated only if the 100-year period is considered. Therefore, depending on the time period chosen, the results of the analysis vary significantly, from considering the straw ethanol an efficient GHG mitigation option to being worse than the fossil alternative ( $94 \text{ gCO}_2\text{eq-MJ}_{\text{Et}}^{-1}$  (European Parliament and the Council, 2018)).

### *Nitrogen losses*

It is considered that the application of crop residue with high C/N ratio, such as straw, stimulates microbial immobilization of N (Alexander, 1977), suggesting that additional N fertilizer is needed. Initial immobilization and slow release offer a possibility to improve N efficiency i.e. reduce N loss to the environment, such as  $\text{N}_2\text{O}$  gaseous emissions and leaching. This could happen due to improvement of the N synchrony between soil supply and plant demand or indirectly through improved soil conditions leading to increased plant growth and resource use efficiency (Gentile et al., 2008). Otherwise, after a temporary immobilization of mineral N by soil microflora, when the microbes die, this immobilized N is remobilized and as a result, the net effect is simply to postpone the straw N losses not making a difference over a longer time period (Hamelin et al., 2012).

In the assessment of the impact of straw removal on nitrogen losses, it has to be assessed to what extent farmers consider straw N in their fertilizing practices. In the situation where straw N is not taken into account, emissions related to mineral fertilizers would stay the same, but overall losses from the fields would decrease with the straw removal bringing additional benefits.

### *Crop yields*

Studies show that impacts of residue management on crop yields are highly variable, and depend on the tillage method, cropping systems, crop management, soil characteristics, topography and climate (Blanco-Canqui and Lal, 2009a). Gabrielle and Gagnaire (2008) noted that the practice of residue removal negatively affected wheat grain yield because of a lower net mineralization of N in soils. The yield losses in their study ranged between  $0.05$  and  $0.15 \text{ t-ha}^{-1}$  of dry matter for each ton of straw removed. Yield reduction due to stover removal was also noted in several studies on corn production in the US (Wilhelm et al., 1986, Doran et al., 1984, Power et al., 1986) which was attributed to reduced water availability and increased soil temperatures. Results of studies conducted in colder climates seem to vary with the climate conditions. Residues returned would increase yields in drier than average years, while in years with more rainfall than the long-term mean, the opposite effect was observed (Børresen, 1999, Linden et al., 2000). Huang et al. (2005), in their two-year experiment in China, concluded

that straw mulch increased wheat yields significantly during both dry (1997) and wet (1998) years. This effect was attributed to straw mulch decreasing evapotranspiration and soil water depletion and increasing water-use efficiency. On the other hand, several studies reported no changes in crop yields as a result of different residue and cultivation practices (Jenkyn et al., 2001, Prew et al., 1995, Barber, 1979).

### *Diseases and pests*

Despite earlier expectations that the burning of straw would decrease, and that straw incorporation would increase the severity of cereal diseases, the effect seems to be relatively small and often short-lived (Jenkyn and Gutteridge, 1988, Jenkyn et al., 2001). Moreover, conditions for some disease-producing organisms can be improved by residue removal (Mann et al., 2002). Straw is important source of primary inoculum for many pathogens, but its incorporation does not necessarily increase the risk of severe disease because straw is an important substrate for a wide range of saprophytic microorganisms, some of which may be competitors or antagonists of some of the pathogenic species (Jenkyn et al., 2004). Residue effect on pests and diseases also depends on cropping practice, climate, and local pest or disease incidence (Andrews, 2006).

### *Water*

Production of advanced biofuels from lignocellulosic feedstock requires a significant amount of water, which is, however, small compared to water consumption in feedstock production (Williams et al., 2009). Water requirement is assumed to be slightly above current water requirements for production of conventional biofuels due to additional conversion steps. Current water consumption for ethanol production from lignocellulosic feedstock can reach up to 8 liters per liter of fuel, while, for example, current corn ethanol production can total up to 4 liters per liter of ethanol (IEA, 2010). Only a few studies considered the water footprint of advanced biofuels produced from agricultural residues, e.g. for corn stover and cobs (King and Webber, 2008, Mishra and Yeh, 2011, Wu et al., 2012). As the major water consumption is associated with the feedstock production, the results are highly dependent on the method used to portion water use between grain and residues.

### *Biodiversity*

Residue removal from agricultural fields can have negative impact on species depending on agricultural habitats, e.g. farmland birds. Lower input of fresh organic matter into the soil will impact species living on the soil surface and in the soil, and this could have a cascading effect on these ecosystems as a whole (Kretschmer et al., 2012). Straw removal could, also, lead to increased use of mineral fertilizers and soil erosion that can affect nearby water ecosystems. On the other hand, straw removal could reduce environmentally unfriendly practices, such as residue burning.

### *Displacement effect*

Displacement effects depend on the market conditions and are caused when an increase in demand from the bioenergy or bio-based industry causes straw supply to be diverted from its common uses. Consequently, these will need to either source the feedstock from a different location or use alternative materials. Displacement effects will depend on the availability of an alternative and its environmental impacts.

### Soil quality mitigation options

As mentioned above, residue removal can have a negative impact on soil quality and fertility. For the preservation of soil quality, first it must be determined how much residues can be removed from the fields without causing adverse impacts. Residue removal has to be accompanied by best management practices that can offset possible adverse impacts as SOC can be preserved through cultivation practices that reduce decomposition potential or increase C inputs into the soil, such as adoption of adequate crop rotation using cover crops, cropping intensification by reducing the frequency of fallow in crop rotations, conservation tillage or use of biochar (Paustian et al., 2000, Liu et al., 2006, Blanco-Canqui and Lal, 2009a). Straw removed can also be replaced by adequate application of alternative soil improvers, such as manure, treated sewage sludge or paper crumble, and mineral fertilizers to maintain soil C and nutrients (Powlson et al., 2012). Use of mineral fertilizers causes additional GHG emissions associated with their production reducing overall climate benefits. Additionally, a by-product of fermentation in the production of straw ethanol, that is very high in lignin and N content and contains some unprocessed cellulose and hemicellulose, can be used (Johnson et al., 2004).

### Conclusions

This study showed that in the EU about 30% of straw could be available for bioenergy and innovative bio-based products after competing uses have been taken into account preventing straw displacement from other uses. However, this share varies highly on a regional and field scale.

Environmental impacts of straw removal, including impacts on soil, GHG emissions, water and biodiversity, vary significantly, depending on the site-specific characteristics. Main environmental effects together with existing mitigation practices are summarized in Table 3.

Table 3. Environmental risks and benefits associated with the use of straw for energy as compared to straw left on the field

Effects	Impact	Description	Mitigation
SOC	-	Removal of C contained in the residues, increasing risks for runoff and soil erosion, accelerating SOC mineralization under the bare soil surface; larger impact on soil microbial biomass.	Removal rates set on a site-specific basis; Conservation tillage, adequate crop rotation, cover crops, cropping intensification; Application of alternative soil improvers, use of biochar or by-product of fermentation; Adequate monitoring regime
Nutrients	-	Larger removal of N; removal of P and K are also significant	Replacement with mineral fertilizers; Use of cover crops; Application of fermentation by-product
Nitrogen loss	+	Incorporation of straw and mineral fertilisers can cause higher N application due to initial N immobilisation, fertilisation is planned not considering fertilisation value of straw;	

Effects	Impact	Description	Mitigation
	–	Increased runoff and leaching;	Management practices that reduce nutrient loss (e.g. adequate rate, timing and method of fertiliser application, use of cover crops, nitrification inhibitors, precision farming, conservation tillage)
	–	Initial immobilization of N by microbial decomposition of straw and slow release offers a possibility to improve N efficiency	
Yields	–	Due to nutrient removal, higher water and temperature stress in dryer climate conditions	Replacement of nutrients removed; Straw management practices defined on site-specific characteristics
Pests/ Diseases	+	Removal with the straw (usually a small effect)	
Water	–	Additional input of mineral fertilisers;	Management practices that reduce soil erosion and nutrient loss; Appropriate drainage system; Riparian buffer strips and infiltration belts
	–	Increase of sediment and nutrient delivery to nearby waters	
Biodiversity	–	Species depending on agricultural habitats; species living in soil due to lower input of fresh organic matter;	Use of cover crops to provide alternative habitat; Implementation of management practices that reduce soil erosion and nutrient loss
	–	Water ecosystems due to increased inflow of sediments and nutrients	

Methodology used in RED and RED II to calculate default GHG emissions for biofuels produced from straw does not include emissions from SOC decrease caused by straw removal. This study showed that by including these emissions, estimated from data of different modelling studies, the overall emissions of straw ethanol vary significantly, from being acceptable for RED II to being worse than the fossil fuel comparator, depending on a methodology and transitional period used.

Contrary to modelling results, experimental studies have shown that the impact of straw removal on soil C and nutrients is usually rather small. However, it has a larger impact on the soil microbial biomass than on total SOC pool that in turn have an influence on soil physical properties and soil fertility. Thus, the assessment of this impact would give better estimate of sustainable removal rates not causing adverse impacts.

The balance between the straw availability for bioenergy or novel bio-based products and maintaining the soil health is to be determined at individual project base. Quantities of crop residue removed, if any, should be carefully determined on a site-specific basis not to cause serious adverse impacts on soil, crop production, environment, and existing uses. Residue removal should be accompanied by adequate management practices that minimize adverse impacts. Site-specific perspective on straw removal would sustainably increase competitiveness of cereal producers through evolution into feedstock suppliers for bioeconomy.

### List of abbreviations

AGR – aboveground residues

AU – alternative use

C – carbon

EU – European Union

GHG – greenhouse gas

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

K – potassium

LUC – land-use change

LCA – life cycle assessment

N – nitrogen

P – phosphorus

RED – Renewable Energy Directive

SOC – soil organic carbon

SR – soil requirement

US – United States

## References

1. Alexander, M. (1977): Mineralization and immobilization of nitrogen. In: M. Alexander, ed. (1977) Introduction to soil microbiology. New York: Wiley, 136-247.
2. Anderson-Teixeira, K.J., Davis, S.C., Masters, M.D., Delucia, E.H. (2009): Changes in soil organic carbon under biofuel crops. *GCB Bioenergy*, 1 (1), 75-96.
3. Andrews, S.S. (2006): Crop Residue Removal for Biomass Energy Production: Effects on Soils and Recommendations. White Paper. [Online] Greensboro: USDA-Natural Resource Conservation Service. Available at: [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_053255.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053255.pdf) [Accessed 14 May 2014].
4. Banowetz, G.M., Boateng, A., Steiner, J.J., Griffith, S.M., Sethi V., El-Nashaar, H. (2008): Assessment of straw biomass feedstock resources in the Pacific Northwest. *Biomass and Bioenergy*, 32 (7), 629-634.
5. Barber, S.A. (1979): Corn Residue Management and Soil Organic Matter. *Agronomy Journal*, 71 (4), 625-627.
6. Blair, N., Faulkner, R.D., Till, A.R., Poulton, P.R. (2006): Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility. *Soil and Tillage Research*, 91 (1-2), 30-38.
7. Blanco-Canqui, H., Lal, R. (2009a): Crop Residue Removal Impacts on Soil Productivity and Environmental Quality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28 (3), 139-163.
8. Blanco-Canqui, H., Lal, R. (2009b): Corn Stover Removal for Expanded Uses Reduces Soil Fertility and Structural Stability. *Soil Science Society of America Journal*, 73 (2), 418-426.
9. Bloomberg New Energy Finance (2010): Next-generation ethanol and biochemicals: what's in it for Europe? New York: Bloomberg Finance L.P.
10. Børresen, T. (1999): The effect of straw management and reduced tillage on soil properties and crop yields of spring-sown cereals on two loam soils in Norway. *Soil and Tillage Research*, 51 (1-2), 91-102.
11. Copeland, J., Turley, D. (2008): National and regional supply/demand balance for agricultural straw in Great Britain. Report prepared for The National Non-Food Crops Centre. [Online] York: Central Science Laboratory. Available at: <http://www.northwoods.org.uk/northwoods/files/2012/12/Straw-AvailabilityinGreatBritain.pdf> [Accessed 24 April 2014].
12. Danish Technological Institute (2007): Production of big straw bales, straw pellets, transport and storing for power plants and CHP plants. [Online] Danish Technological Institute. Centre for Renewable Energy and Transport. Available at: [eubionet2.ohoi.net/GetItem.asp?item=file;4863](http://eubionet2.ohoi.net/GetItem.asp?item=file;4863) [Accessed 20 February 2016].
13. Doran, J.W., Wilhelm, W., Power, J.F. (1984): Crop Residue Removal and Soil Productivity with No-Till Corn, Sorghum, and Soybean. *Soil Science Society of America Journal*, 48 (3), 640-645.
14. Edwards, R.A.H., Šúri, M., Huld, T., Dallemand, J.F. (2005): GIS-based assessment of cereal straw energy resource in the EU. In: Proceedings of the 14th European Biomass Conference and Exhibition Bi-

- mass for Energy, Industry and Climate Protection, 17-21 October 2005. Paris, France: ETA-Florence and WIP.
15. Elbersen, B., Startisky, I., Hengeveld, G., Schelhaas, M.J., Naeff, H., Böttcher H. (2012): Atlas of EU biomass potentials. Spatially detailed and quantified overview of EU biomass potential taking into account the main criteria determining biomass availability from different sources. [Online] Available at: [https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/biomass\\_futures\\_atlas\\_of\\_technical\\_and\\_economic\\_biomass\\_potential\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/biomass_futures_atlas_of_technical_and_economic_biomass_potential_en.pdf) [Accessed 4 May 2015].
  16. Ericsson, K., Nilsson, L.J. (2006): Assessment of the potential biomass supply in Europe using a resource-focused approach. *Biomass and Bioenergy*, 30 (1), 1-15.
  17. European Commission (2010): Commission Decision of 10 June 2010 on guidelines for the calculation of land carbon stocks for the purpose of Annex V to Directive 2009/28/EC.
  18. European Parliament and the Council (2018): Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (Text with EEA relevance.).
  19. European Parliament and the Council (2009): Directive 2009/28/EC of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing directives 2001/77/EC and 2003/30/EC.
  20. European Parliament and the Council (2015): Directive 2015/1513 of the of 9 September 2015 amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources.
  21. Eurostat (2017): Crop statistics. [Online] Luxembourg: Eurostat, the statistical office of the European Union. Available at: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/agriculture/data/database> [Accessed 16 December 2017].
  22. Eurostat (2018a): Greenhouse Gas Emission Statistics – Emission Inventories. [Online] Luxembourg: Eurostat, the statistical office of the European Union. Available at: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse\\_gas\\_emission\\_statistics\\_-\\_emission\\_inventories](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse_gas_emission_statistics_-_emission_inventories) [Accessed 02 February 2018].
  23. Eurostat (2018b): Share of transport fuel from renewable energy sources. [Online] Luxembourg: Eurostat, the statistical office of the European Union. Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20180312-1> [Accessed 21 June 2018].
  24. Gabrielle, B., Gagnaire, N. (2008): Life-cycle assessment of straw use in bio-ethanol production: A case study based on biophysical modelling. *Biomass and Bioenergy*, 32 (5), 431-441.
  25. Gauder, M., Graeff-Hönninger, S., Claupein, W. (2011): Identifying the regional straw potential for energetic use on the basis of statistical information. *Biomass and Bioenergy*, 35 (5), 1646-1654.
  26. Gentile, R., Vanlauwe, B., Chivenge, P., Six, J. (2008): Interactive effects from combining fertilizer and organic residue inputs on nitrogen transformations. *Soil Biology and Biochemistry*, 40 (9), 2375-2384.
  27. Hamelin, L., Jørgensen, U., Petersen, B.M., Olesen, J.E., Wenzel, H. (2012): Modelling the carbon and nitrogen balances of direct land use changes from energy crops in Denmark: a consequential life cycle inventory. *GCB Bioenergy*, 4 (6), 889-907.
  28. Hiederer, R. (2009): Distribution of Organic Carbon in Soil Profile Data. JRC Scientific and Technical Reports. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
  29. Huang, Y., Chen, L., Fu, B., Huang, Z., Gong, J. (2005): The wheat yields and water-use efficiency in the Loess Plateau: straw mulch and irrigation effects. *Agricultural Water Management*, 72 (3), 209-222.
  30. IEA (2010): Sustainable production of second-generation biofuels. Potential and perspectives in major economies and developing countries. Paris: International Energy Agency.
  31. IEA (2017): Technology Roadmap – Delivering Sustainable Bioenergy, Paris: OECD/IEA.
  32. IPCC (2006): IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: IGES.
  33. Jenkyn, J.F., Gutteridge, R.J. (1988): Effects of straw incorporation and cultivations on cereal diseases. *Aspects of Applied Biology*, 17, 181-189.



34. Jenkyn, J.F., Christian, D.G., Bacon, E.T.G., Gutteridge, R.J., Todd, A.D. (2001): Effects of incorporating different amounts of straw on growth, diseases and yield of consecutive crops of winter wheat grown on contrasting soil types. *The Journal of Agricultural Science*, 136 (01), 1-14.
35. Jenkyn, J.F., Gutteridge, R.J., Bateman, G.L. (2004): Effects of cultivation method and crop debris on wheat stem-base diseases and take-all. In: HGCA conference 2004: Managing soil and roots for profitable production. London, UK: Home Grown Cereals Authority, 15.1-15.12.
36. Johnson, J.M.F., Reicosky, D., Sharratt, B., Lindstrom, M., Voorhees, W., Carpenter-Boggs L. (2004): Characterization of Soil Amended with the By-Product of Corn Stover Fermentation. *Soil Science Society of America Journal*, 68 (1), 139-147.
37. Johnson, J.M.F., Papiernik, S.K., Mikha, M.M., Spokas, K.A., Tomer, M.D., Weyers, S.L. (2010): Soil processes and residue harvest management. In: R. Lal, B.A. Stewart, ed. (2010) *Soil quality and biofuel production*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 1-44.
38. Karlen, D.I., Wollenhaupt, N.C., Erbach, D.C., Berry, E.C., Swan, J.B., Eash, N.S., Jordahl J.L. (1994): Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn. *Soil and Tillage Research*, 31 (2-3), 149-67.
39. King, C., Webber, M. (2008): Water Intensity of Transportation. *Environmental Science & Technology*, 42 (21), 7866-7872.
40. Kretschmer, B., Allen, B., Hart, K. (2012): Mobilising cereal straw in the EU to feed advanced biofuel production. Report produced for Novozymes. [Online] London: Institute for European Environmental Policy. Available at: [https://ieep.eu/uploads/articles/attachments/7027de1e-dc4d-43e8-8126-16402efe66ed/IEEP\\_Agricultural\\_residues\\_for\\_advanced\\_biofuels\\_May\\_2012.pdf?v=63664509775](https://ieep.eu/uploads/articles/attachments/7027de1e-dc4d-43e8-8126-16402efe66ed/IEEP_Agricultural_residues_for_advanced_biofuels_May_2012.pdf?v=63664509775) [Accessed 7 April 2015].
41. Lemke, R.L., VandenBygaart, A.J., Campbell, C.A., Lafond, G.P., Grant, B. (2010): Crop residue removal and fertilizer N: Effects on soil organic carbon in a long-term crop rotation experiment on a Udic Boroll. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 135 (1-2), 42-51.
42. Linden, D.R., Clapp, C.E., Dowdy, R.H. (2000): Long-term corn grain and stover yields as a function of tillage and residue removal in east central Minnesota. *Soil and Tillage Research*, 56 (3-4), 167-174.
43. Liska, A.J., Yang, H., Milner, M., Goddard, S., Blanco-Canqui, H., Pelton, M.P., Fang, X.X., Zhu, H., Suyker, A.E. (2014a): Biofuels from crop residue can reduce soil carbon and increase CO<sub>2</sub> emissions. *Nature Climate Change*, 4, 398-401.
44. Liska, A.J., Yang, H., Pelton, M.P., Suyker, A.E. (2014b): Reply to 'CO<sub>2</sub> emissions from crop residue-derived biofuels'. *Nature Climate Change*, 4, 934-935.
45. Liu, X., Herbert, S.J., Hashemi, A.M., Zhang, X., Ding, G. (2006): Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation – a review. *Plant, Soil and Environment*, 52 (12), 531-543.
46. Mann, L., Tolbert, V., Cushman, J. (2002): Potential environmental effects of corn (*Zea mays* L.) stover removal with emphasis on soil organic matter and erosion. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89 (3), 149-166.
47. Martinov, M., Djatkov, D., Golub, M., Viskovic, M. (2013): Harvestable biomass of corn, wheat, soybean and sunflower, experiences in Vojvodina (agricultural region of Serbia). Joint Research Centre of the European Commission in collaboration with the Energy Institute Hrvoje Požar. Enlargement & Integration Programme Expert Consultation. The scientific basis for sustainable use of biomass residues and wastes for bioenergy and biofuels. 4 October 2013, Zagreb, Croatia.
48. Meyer, S., Bright, R.M., Fischer, D., Schulz, H., Glaser, B. (2012): Albedo impact on the suitability of biochar systems to mitigate global warming. *Environmental Science & Technology*, 46 (22), 12726-12734.
49. Mishra, G.S., Yeh, S. (2011): Life cycle water consumption and withdrawal requirements of ethanol from corn grain and residues. *Environmental Science & Technology*, 45 (10), 4563-4569.
50. Monteleone, M., Garofalo, P., Cammerino, A.R. (2013): The Agronomic Management of Straw and its Energy Use in a Long-Term Sustainability Perspective. In: Eldrup, A., Baxter, D., Grassi, A., Helm, P.,

- Proceedings of the 21st European Biomass Conference and Exhibition, 3-7 June 2013, Copenhagen, Denmark: ETA-Florence Renewable Energies.
51. Paustian, K., Six, J., Elliott, E.T., Hunt, H.W. (2000): Management options for reducing CO<sub>2</sub> emissions from agricultural soils. *Biogeochemistry*, 48 (1), 147-163.
  52. Petersen, B.M., Trydeman Knudsen, M., Hermansen, J.E., Halberg, N. (2013): An approach to include soil carbon changes in life cycle assessments. *Journal of Cleaner Production*, 52, 217-224.
  53. Power, J.F., Wilhelm, W., Doran, J.W. (1986): Crop residue effects on soil environment and dryland maize and soya bean production. *Soil and Tillage Research*, 8, 101-11.
  54. Powlson, D. (2007): Straw use-energy or soil quality? In: Dallemand, J.F., *Proceedings of the Cereals Straw Resources for Bioenergy in the European Union*. Pamplona, Spain, 18-19 October 2006, Luxembourg: DG Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.
  55. Powlson, D.S., Riche, A.B., Coleman, K., Glendining, M.J., Whitmore, A.P. (2008): Carbon sequestration in European soils through straw incorporation: limitations and alternatives. *Waste management*, 28 (4), 741-746.
  56. Powlson, D.S., Glendining, M.J., Coleman, K., Whitmore, A.P. (2011): Implications for Soil Properties of Removing Cereal Straw: Results from Long-Term Studies. *Agronomy Journal*, 103 (1), 279-287.
  57. Powlson, D.S., Bhogal, A., Chambers, B.J., Coleman, K., Macdonald, A.J., Goulding, K.W.T., Whitmore, A.P. (2012): The potential to increase soil carbon stocks through reduced tillage or organic material additions in England and Wales: A case study. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 146 (1), 23-33.
  58. Prew, R.D., Ashby, J.E., Bacon, E.T.G., Christian, D.G., Gutteridge, R.J., Jenkyn, J.F., Powell, W., Todd, A.D. (1995): Effects of Incorporating or Burning Straw, and of Different Cultivation Systems, on Winter Wheat Grown on Two Soil Types, 1985-91. *The Journal of Agricultural Science*, 124 (2), 173-194.
  59. R Core Team (2017): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
  60. Scarlat, N., Martinov, M., Dallemand, J.F. (2010): Assessment of the availability of agricultural crop residues in the European Union: potential and limitations for bioenergy use. *Waste management*, 30 (10), 1889-1897.
  61. Skøtt, T. (2011): Straw to Energy. Status, Technologies and Innovation in Denmark 2011. [Online] Tjele: Agro Business Park A/S. Available at: [http://www.inbiom.dk/Files//Files/Publikationer/halmp-jeceuk\\_2011\\_web.pdf](http://www.inbiom.dk/Files//Files/Publikationer/halmp-jeceuk_2011_web.pdf) [Accessed 4 February 2016].
  62. Sustainable Energy Ireland (2008): An Assessment of the Renewable Energy Resource Potential of Dry Agricultural Residues in Ireland. Dublin: Sustainable Energy Ireland.
  63. Verheijen, F.G.A., Jeffery, S., van der Velde, M., Penížek, V., Beland, M., Bastos, A.C., Keizer, J.J. (2013): Reductions in soil surface albedo as a function of biochar application rate: implications for global radiative forcing. *Environmental Research Letters*, 8 (4), n/a.
  64. Wilhelm, W., Doran, J.W., Power, J.F. (1986) Corn and Soybean Yield Response to Crop Residue Management Under No-Tillage Production Systems. *Agronomy Journal*, 78 (1), 184-189.
  65. Williams, P.R., Inman, D., Aden, A., Heath, G.A. (2009): Environmental and sustainability factors associated with next-generation biofuels in the U.S.: what do we really know? *Environmental Science & Technology*, 43 (13), 4763-4775.
  66. Wu, M., Chiu, Y., Demissie, Y. (2012): Quantifying the regional water footprint of biofuel production by incorporating hydrologic modelling. *Water Resources Research*, 48 (10), n/a.
  67. Zdruli, P., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (2004): Organic Matter in the Soils of Southern Europe. European Soil Bureau Technical Report, EUR 21083 EN. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

## Mogući učinci korištenja slame za proizvodnju energije i bio-baziranih proizvoda na okoliš

### Sažetak

Očekuje se da će biomasa iz otpada i ostataka, uključujući slamu, imati sve veću ulogu u ostvarenju ciljeva EU vezano uz obnovljive izvore energije i smanjenje emisija stakleničkih plinova nakon 2020. godine, kao i u tranziciji prema bioekonomiji. Smatra se da biogoriva proizvedena iz slame imaju manji utjecaj na okoliš u odnosu na konvencionalna biogoriva te da je sirovina široko dostupna. Rad analizira dostupnost slame za proizvodnju energije i potencijalne utjecaje na okoliš uzrokovane dodatnom potražnjom za slamom. Oko 30 % slame moglo bi biti raspoloživo za proizvodnju energije u EU, međutim ovaj udio značajno varira ovisno o uvjetima na regionalnoj odnosno lokalnoj razini. Utjecaji na okoliš, uključujući utjecaje na tlo, emisije stakleničkih plinova, vodu i biološku raznolikost, također variraju od zanemarivih do značajnih. Rezultati modeliranja pokazuju značajan utjecaj uklanjanja slame na organski ugljik u tlu. S druge strane, terenska istraživanja pokazuju da je utjecaj na organski ugljik i hranjive tvari u tlu uglavnom malen, iako je zabilježen veći utjecaj na mikrobiološku biomasu tla. Dostupnost slame za proizvodnju energije ili novih bio-baziranih proizvoda potrebno je definirati na nivou pojedinog projekta, a negativne utjecaje uklanjanja slame s poljoprivrednih površina potrebno je minimizirati primjenom odgovarajućih mjera.

**Ključne riječi:** napredna biogoriva, emisije stakleničkih plinova, organski ugljik u tlu, slama, utjecaji na okoliš

## Groundwater vulnerability assessment using an improved Agricultural *Drastic* approach in Arid Region, Case Study: Agricultural Area North Jordan

Osama Gazal

*Environmental and Agricultural Sciences Faculty, Szent István University.*

*Previous Head of climate change Division at the Ministry of Water and Irrigation, Jordan,  
P.O. Box 2100 Gödöllő, Páter Károly u.1.Hungary, e-mail: gazal1979oct@gmail.com*

### Abstract

Arid and semi-arid areas are specifically reliant on groundwater sources. However, due to several factors linked to the disproportionate use of groundwater and agricultural activities, contamination has increasingly become a serious problem, specifically in areas where fertilizers are extensively used to enhance the productivity of a soil characterized by low fertility. Preserving continuous and adequate supplies of potable water from groundwater sources is a critical issue for sustained agriculture, industry and domestic use throughout arid and semi-arid areas, specifically in a developing extremely water-scarce country that suffers from huge refugee fluxes from surrounding countries. This research paper describes an approach to investigating groundwater vulnerability assessment over an extensive exploitation of groundwater resources in agricultural areas, for effective groundwater resources protection. Modified Agricultural *drastic* method was used to produce groundwater vulnerability maps utilizing geographic information system (GIS), to assess groundwater vulnerability in an arid and semi-arid agricultural area (Jordan). Sensitivity tests were applied to modify the original *Drastic* parameters-maps weights. In addition, a suggested rating scale for recharge parameters was used and the results obtained from both scenarios were examined. Modified Agricultural *Drastic* weights were calculated for the two scenarios by different methodologies relying on (GIS) and using the extracted random points (represent the study area) with the values of the seven *Drastic* parameters-maps. In this research, a nitrate concentration map was used to assess the vulnerability maps, it revealed that the *Drastic* method provides an acceptable result. Furthermore, by using both the original *Drastic* and the modified *Drastic* methods in the study area, by both scenarios, suggesting that the northern and northeastern parts of the study area considerably call for protection against contamination while the southern part is considered as a naturally protected against contamination.

**Key words:** groundwater, *Drastic*, protection, contamination, agricultural activities, refugee

## Procjena ranjivosti podzemnih voda primjenom poboljšanog poljoprivrednog pristupa *Drastic* u sušnoj regiji, studija slučaja: Poljoprivredno područje sjevernog Jordana

### Sažetak

Sušna i polusušna područja posebno se oslanjaju na izvore podzemne vode. Međutim, zbog nekoliko čimbenika povezanih s nerazmjernom uporabom podzemnih voda i poljoprivrednih aktivnosti, onečišćenje postaje sve ozbiljniji problem, posebno u područjima gdje se gnojiva intenzivno koriste kako bi se povećala produktivnost tla koje karakterizira niska plodnost. Očuvanje kontinuirane i odgovarajuće opskrbe pitkom vodom iz izvora podzemnih voda je kritično pitanje za održivu poljoprivredu, industriju i kućnu uporabu u sušnim i polusušnim područjima, posebno u zemlji u razvoju s izuzetnom oskudicom vode koja pati od ogromnog izbjegličkog toka iz okolnih zemalja. Ovaj istraživački rad opisuje pristup istraživanju procjene ranjivosti podzemne vode tijekom opsežnog iskorištavanja podzemnih voda u poljoprivrednim područjima u cilju učinkovite zaštite podzemnih voda. Modificirana poljoprivredna *Drastic* metoda koristi se za izradu karata ranjivosti podzemnih voda pomoću geografskog informacijskog sustava (GIS) za procjenu ranjivosti podzemnih voda u sušnom i polusušnom poljoprivrednom području (Jordan). Testovi osjetljivosti primijenjeni su kako bi se izmijenili izvorni *Drastic* parametri – ponderi karti. Uz to, korištene su preporučene ljestvice ocjenjivanja za parametre dopune i ispitivanje rezultata dobivenih iz oba scenarija. Modificirani poljoprivredni *Drastic* ponderi izračunati su za scenarije različitih metodologija oslanjajući se na (GIS) i koristeći ekstrahirane slučajne točke (predstavljaju područje istraživanja) s vrijednostima sedam *Drastic* parametara karata. U ovom istraživanju karta koncentracije nitrata korištena je za procjenu karata ranjivosti te je otkrila da metoda *Drastic* daje prihvatljiv rezultat. Nadalje, korištenjem izvorne *Drastic* i modificirane *Drastic* metode u istraživanom području, oba scenarija sugeriraju da sjeverni i sjeveroistočni dio istraživanog područja znatno zahtijevaju zaštitu od onečišćenja, dok se južni dio smatra prirodno zaštićenim protiv kontaminacije.

**Ključne riječi:** podzemne vode, *Drastic*, zaštita, kontaminacija, poljoprivredne aktivnosti, izbjeglice

## Ten years of carbon flux measurement in pedunculate oak forest (*Quercus robur* L.) in Croatia

Mislav Anić<sup>1</sup>, Hrvoje Marjanović<sup>2</sup>, Maša Zorana Ostrogović Sever<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Croatian Meteorological and Hydrological Service, Grič 3, Zagreb, Croatia,  
e-mail: mislav.anic@cirus.dhz.hr

<sup>2</sup>Croatian Forest Research Institute, Cvjetno naselje 41, Jastrebarsko, Croatia

### Abstract

The lowland forests of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) make up 32% of growing stock and are among the most valuable forests in Croatia. They appear to be most productive ecosystems and represent an important economic resource for the state and local community, thus monitoring their productivity and response to climate changes is very important. In this paper we analysed 10 years (2008-2017) of continuous eddy covariance (EC) CO<sub>2</sub> flux measurement of net ecosystem exchange (NEE) in a young (35-44) pedunculate oak forest in Croatia. The measured NEE was gap-filled and partitioned into gross primary productivity (GPP) and ecosystem respiration (R<sub>ECCO</sub>). Net primary productivity (NPP) was estimated from EC measurements (NPP<sub>EC</sub>) as a sum of -NEE and heterotrophic respiration (R<sub>h</sub>), and from independent biometric measurements (NPP<sub>BM</sub>). Over the entire study period, forest acted as a carbon sink, with an average annual NEE of  $-319 \pm 94$  gC m<sup>-2</sup>year<sup>-1</sup>. Average annual values of GPP and R<sub>ECCO</sub> were  $1594 \pm 109$  gC m<sup>-2</sup>year<sup>-1</sup> and  $1275 \pm 94$  gC m<sup>-2</sup>year<sup>-1</sup>, respectively. The comparison of annual NPP<sub>EC</sub> and NPP<sub>BM</sub> showed a good overall agreement (R<sup>2</sup> = 0.46, p = 0.03), although NPP<sub>EC</sub> estimates were higher in every year than NPP<sub>BM</sub>, with averages of  $680 \pm 88$  gC m<sup>-2</sup>year<sup>-1</sup> and  $819 \pm 89$  gC m<sup>-2</sup>year<sup>-1</sup>, respectively. Lower values of NPP<sub>BM</sub> indicate that NPP components which were not measured in this research (e.g. fine roots, grasses and understory bushes) could have an important contribution to the overall ecosystem NPP.

**Keywords:** carbon flux, eddy covariance, pedunculate oak, dendrometers, tree biomass

## Desetogodišnje mjerenje tokova ugljika u šumi hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj

### Sažetak

Nizinske šume hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) čine 32 % drvene zalihe u Hrvatskoj te spadaju u najproduktivnije šumske ekosustave u zemlji. Iz tog je razloga, praćenje njihove produktivnosti i odziva na klimatske promjene od velikog značaja. U ovom radu analizirano je desetogodišnje (2008. – 2017.) mjerenje neto izmjene CO<sub>2</sub> (NEE) između mlade sastojine hrasta lužnjaka i atmosfere metodom kovarijance turbulentnih vrtloga (EC). Nakon što su popunjene praznine u vremenskom nizu NEE, bruto primarna produkcija (GPP) i respiracija ekosustava (R<sub>ECCO</sub>) određene su raspodjelom NEE toka. Neto primarna produktivnost ekosustava (NPP) određena je na dva načina, iz EC mjerenja (NPP<sub>EC</sub>) kao zbroj  $-NEE$  i heterotrofne respiracije (R<sub>h</sub>), te na temelju nezavisnih biometrijskih mjerenja (NPP<sub>BM</sub>). Mlada sastojina hrasta lužnjaka tijekom desetogodišnjeg istraživanja bila je prosječni ponor ugljika u iznosu od  $-319 \pm 94 \text{ gC m}^{-2}\text{god}^{-1}$ . Prosječne godišnje vrijednosti GPP i R<sub>ECCO</sub> tokova iznosile su  $1594 \pm 109 \text{ gC m}^{-2}\text{god}^{-1}$  odnosno  $1275 \pm 94 \text{ gC m}^{-2}\text{god}^{-1}$ . Usporedba godišnjih vrijednosti NPP<sub>BM</sub> i NPP<sub>EC</sub> pokazala je dobro slaganje (R<sup>2</sup>=0.46, p=0.01). Godišnje sume NPP<sub>EC</sub> su u svim godinama bile više od godišnjih suma NPP<sub>BM</sub>, a razlog tome najvjerojatnije leži u činjenici da NPP<sub>EC</sub> predstavlja NPP cijelog ekosustava, dok NPP<sub>BM</sub> predstavlja samo produkciju drveća te ne uključuje produkciju trava, manjih grmova i sitnog korijenja.

**Ključne riječi:** tok ugljika, metoda kovarijance turbulentnih vrtloga, hrast lužnjak, dendrometri, drvena biomasa

## Adsorptive removal of Congo Red from synthetic and real wastewater using brewers' spent grain

Antonija Kezerle<sup>1</sup>, Natalija Velić<sup>2\*</sup>, Marija Stjepanović<sup>2</sup>, Darko Velić<sup>2</sup>,  
Hrvoje Pavlović<sup>2</sup>, Frane Čačić Kenjeric<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vodovod-Osijek d.o.o., Poljski put 1, Osijek, Croatia

<sup>2</sup>J.J. Strossmayer University of Osijek, Faculty of Food Technology Osijek,  
F. Kuhača 20, Osijek, Croatia, e-mail: natalija.velic@ptfos.hr

### Abstract

Synthetic dyes are extensively used in many industries. However, a large portion of the dye used for dyeing of different materials does not remain on the material and enters the environment via industrial wastewater. The presence of dyes in bodies of water receiving the coloured industrial effluents is highly visible, even at very low concentrations and can have serious detrimental effects. Brewers' spent grain (BSG) was previously evaluated as a low-cost adsorbent for the removal of Congo Red (CR) from the model CR solution. In this study, adsorptive removal from synthetic and real wastewater was investigated in batch adsorption experiments. The experimental conditions were as follows: initial dye concentrations of 0.01, 0.05 and 0.20 g dm<sup>-3</sup>, while all other parameters were kept constant ( $V_{\text{dye solution}} = 0.10 \text{ dm}^3$ ,  $\gamma_{\text{adsorbent}} = 10 \text{ g dm}^{-3}$ , 298.15 K, contact time of 300 min). The percentage of CR removal from 0.20 g dm<sup>-3</sup> aqueous dye solution was 55.70, 93.18 and 83.53% for CR model solution, synthetic wastewater and real wastewater, respectively. The obtained adsorption data were further analysed by pseudo-first-order and pseudo-second-order kinetic models, and the results revealed that the pseudo-second-order model well described the kinetics of the adsorption process, regardless of the investigated effluent (model dye solution, synthetic and real wastewater). Since the aforementioned models cannot be used to describe the diffusion mechanism, the intraparticle diffusion model was used, and the results suggest that intraparticle diffusion was not the only process controlling the adsorption.

**Keywords:** adsorption, brewers' spent grain, Congo Red, synthetic wastewater, real wastewater



## Uklanjanje kongo crvenila iz sintetskih i realnih otpadnih voda adsorpcijom na pivski trop

### Sažetak

Sintetska bojila intenzivno se koriste u mnogim industrijama. Međutim, od ukupne količine bojila koja se koristi tijekom procesa bojenja određenog materijala, veliki dio ne ostaje na materijalu, već putem otpadnih voda završava u okolišu. Prisutnost bojila u vodenim ekosustavima koji služe kao prijemnici obojenih industrijskih otpadnih voda vidljiva je već pri vrlo malim koncentracijama te može imati negativne učinke na prijemnik. Pivski trop prethodno je istraživao kao jeftini adsorbens za uklanjanje sintetskog bojila kongo crvenila (KC) iz modelnih otopina bojila. U ovom istraživanju istražena je mogućnost korištenja pivskog tropa kao adsorbensa za uklanjanje navedenog bojila iz sintetskih i realnih otpadnih voda provedbom adsorpcijskih eksperimenata šaržnim postupkom. Istraživan je utjecaj početne koncentracije bojila na postotak uklanjanja bojila, pri čemu su početne koncentracije bojila iznosile 0,01, 0,05 i 0,20 g dm<sup>-3</sup>, dok su ostali parametri bili konstantni ( $V_{\text{otopina bojila}} = 0,10 \text{ dm}^3$ ,  $\gamma_{\text{adsorbens}} = 10 \text{ g dm}^{-3}$ , 298,15 K, vrijeme 300 min). Postotak uklanjanja KR iz otopine bojila koncentracije 0,20 g dm<sup>-3</sup> iznosio je 55,70 % za modelnu otopinu bojila, 93,18 % za sintetsku otpadnu vodu s dodatkom bojila te 83,53 % za realnu otpadnu vodu s dodatkom bojila. Dobiveni eksperimentalni podatci analizirani su primjenom odgovarajućih kinetičkih modela: modelom pseudo-prvog reda te modelom pseudo-drugog reda. Rezultati su pokazali kako kinetiku procesa adsorpcije KR na pivski trop dobro opisuje model pseudo-drugog reda, bez obzira o kojem je istraživanom sustavu riječ (modelna otopina bojila, sintetska ili realna otpadna voda). Kako prethodno navedeni modeli ne opisuju dobro mehanizam difuzije, korišten je model unutarčestične difuzije te rezultati upućuju na činjenicu kako unutarčestična difuzija nije bila jedini proces koji je kontrolirao adsorpciju.

**Ključne riječi:** adsorpcija, kongo crvenilo, pivski trop, sintetska otpadna voda, realna otpadna voda

# Inventarizacija i upravljanje vinogradima u GIS okruženju

Ivan Plaščak, Mladen Jurišić, Dorijan Radočaj, Domagoj Zimmer, Luka Gjajić

<sup>1</sup>*Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: dzimmer@fazos.hr*

## Sažetak

U radu se prezentira svrha izrade katastra te prikaz katastra koji za cilj ima pružiti uvid u središnju bazu katastarskih podataka Republike Hrvatske. Uvođenjem digitalizacije (digitalni katastar) na vinogradarske površine tvrtke Kutjevo d.d. omogućeno je, između ostalog, lakše upravljanje digitalnim podacima. Upotrebom digitalnih karata ostvaruje se znatna ušteda u resursima pri planiranju i obavljanju agrotehničkih zahvata. Provedenom inventarizacijom dobiva se uvid u podatke te značajno olakšava pristupanje zemljišnim česticama. Korištenjem GIS alata dobiva se izravan uvid u cjelokupno stanje, odnosno inventarizacija svih vinogradarskih površina.

**Ključne riječi:** inventarizacija, GIS/GPS, precizna poljoprivreda, vinogradi, upravljanje

## Uvod

Uzgajanje vinove loze odvija se na područjima između 25° i 52° sjeverne geografske širine te 30° i 45° južne geografske širine (Maletić i sur., 2008.). Inventarizacijom je na području cijele RH pronađeno oko 120 autohtonih sorata vinove loze. Međutim, samo je njihov manji dio u proizvodnim nasadima. Time su stvoreni osnovni preduvjeti za procjenu njihove gospodarske vrijednosti (Andabaka i sur., 2011.). Visoki intenzitet rada znači i visoke investicijske troškove i izvođenje svih predviđenih tehnoloških operacija u optimalnom agrotehničkom roku (Sito i Bilandžija, 2013.). Takva proizvodnja isplativa je samo uz primjenu suvremene tehnike i tehnologije zajedno sa primjenom GIS-a (Geoinformacijski sustavi). Cilj je rada izrada digitalnog katastra vinograda prema prikupljenim prostornim podacima i njegovo upravljanje pri planiranju i obavljanju agrotehničkih operacija.

## Materijal i metode

Vinogradarski katastar čini evidenciju svih vinogradarskih površina jedne zemlje, uz obavezno utvrđivanje i evidentiranje sortnog sastava. Fazinić (1998.) navodi kako je vinogradarski katastar osnovni element za vođenje konstruktivne vinogradarske politike. U RH to je Zavod za vinogradarstvo, vinarstvo i uljarstvo. Pored utvrđivanja sveukupnih površina pod vinogradima (avio ili satelitske snimke), Zavod bi trebao obaviti reviziju elaborata o zaštiti kontroliranog porijekla za svakog proizvođača, iz čega proizlaze podaci o površini vinograda s katastarskim česticama, sortimentom vinove loze i agrotehnike te očekivani urod grožđa i vina. Vinogradarski katastar trebao bi biti izrađen i radi utvrđivanja točne površine pod vinogradima u RH kao te zbog eventualnog provođenja operacija uređenja zemljišta poput komasacije. Prikupljenim i obrađenim digitalnim ortofoto snimkama, digitaliziranim katastarskim planovima i drugim

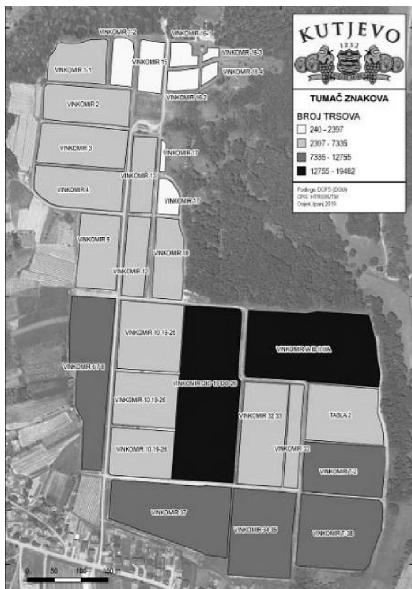
podlogama stvara se nova prostorno orijentirana baza u *GIS* sustavu uz povezivanje baze podataka iz Upisnika proizvođača grožđa i vina. Za izradu vinogradarskog katastra koristi se: Upisnik proizvođača grožđa i vina, ortofoto snimka 1:5000 (DGU), digitalizirani katastarski planovi (DGU), digitalizirana pedološka karta te digitalizirane topografske karte 1:25 000. Izrada vinogradarskog katastra u RH odvija se sukladno sporazumu između Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva, Državne geodetske uprave i Hrvatskog zavoda za vinogradarstvo, vinarstvo i uljarstvo. Prema Miroševiću i sur. (2008.), područje uzgoja vinove loze u RH dijeli se na dvije vinogradarske regije: kontinentalnu i mediteransku. U kontinentalnoj regiji nalazi se sedam podregija, među kojima je i Slavonija (Puača, 2015.). Unutar podregije Slavonija nalazi se 10 vinogorja, a jedno od njih je Kutjevačko vinogorje. Ovo vinogorje obuhvaća površinu oko 800 ha vinograda, od čega je oko 420 ha u vlasništvu Kutjevačkog podruma. Vinogorje se nalazi u zoni podzola, pretežito kiselih tala, koja su nastala na matičnom supstratu kiselih trošnih stijena (Vukadinović, 2019.) Najbolji su vinogradarski položaji u kutjevačkom vinogorju Vinkomir, Hrnjevac i Vetovo. Uglavnom se uzgajaju sorte vinove loze za dobivanje bijelog vina, a među njima je na prvom mjestu graševina. Uz nju su regionalizacijom vinogradarstva preporučene sorte pinot bijeli i pinot sivi, chardonnay, traminac, rajnski rizling, rizvanac, sauvignon, plamenka bijela i plamenka crvena (Puača, 2015.).

## Rezultati i rasprava

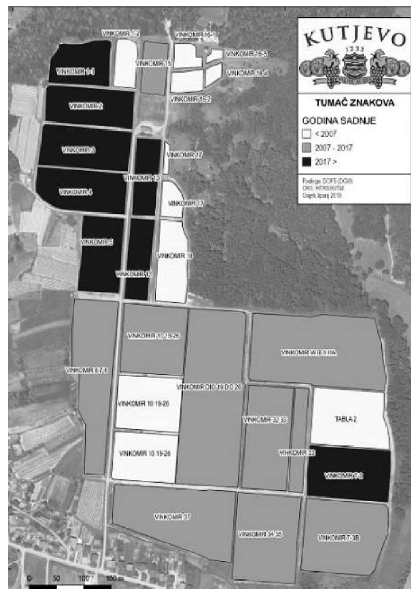
Nasadi na lokalitetu Vinkomir nalaze u Parku prirode Papuk. Ostale parcele na lokalitetu Vinkomir zabilježene su kao poljoprivredno zemljište (većim dijelom zasađeno različitim sortama vinove loze). Na slici 1a. prikazana je karta na kojoj su različitim bojama prikazani brojevi trsova po pojedinim parcelama. Manji broj trsova koji se nalazi na većoj nadmorskoj visini (od 170 do 226 m) označen je bijelom bojom. Najgušće zasađene parcele pozicionirane su na najnižim dijelovima u blizini naselja zbog nešto ravnijeg terena i manje izloženosti vjetrovima. Na slici 1b. prikazana je godina sadnje trsova. Promatrajući kartu vidljiv je relativno mladi nasad sa starosnom dobi u rasponu od 20-ak godina, te je većina trsova u punoj rodnosti. Trećina novih nasada, koja je na karti označena tamnoplavom bojom, podignuta je bespovratnim sredstvima u visini od 90 % kroz mjere 4.1 i 4.2 Europskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj.

Na slici 2a. prikazana je karta na kojoj se uočava nužni razmak između redova trsova od 2,8 m, što odgovara za traktore snage motora veće od 37 kW te razmak unutar redova od 0,7 – 0,9 m. Prikupljenom informacijom vidljivo je da je gotovo cjelokupan proces obavljanja agrotehničkih operacija mehaniziran. Pozicija sadnje većine trsova u smjeru je sjever-jug. Sve istraživane parcele s trajnim nasadima na lokalitetu Vinkomir nalaze se u evidenciji uporabe poljoprivrednog zemljišta, sustavu ARKOD. Zastupljenost sorti vinove loze na pojedinim parcelama vidljiva je na Slici 2b.

Od kraja 1990.-ih godina usavršavanje geoinformatičke tehnologije pružilo je dostatno precizna tehnička sredstva za pomoć u nizu znanosti, bilo putem digitalne aerofotogrametrije ili kroz geopozicioniranje (Scaramellini, 2008.). Fotografsko razlučivanje satelita IKONOS na komercijalni način od 2000. godine omogućuje razlikovanje površinskih pojedinosti veličine jednog metra (Stepinac-Fabijanić, 1988.). *GIS* tehnologija posebno je djelotvorna pri monitoringu okoliša u područjima složenog stanja okoliša izazvanog ljudskom djelatnošću ili prirodnim faktorima (Topić i sur., 2006.). Kale (2010.) navodi kako se uvođenjem zadanih objekata u *GIS* za gospodarenje postiže odgovaranje na više potreba. Kombinacijom georeferenciranih ortofotografskih zračnih snimaka i terenskog opisa postigao bi se cilj identificiranja, lociranja i inventarizacije, što je i načinjeno ovim istraživanjem. Vlastito popisivanje i atributiranje vlasništva ak-

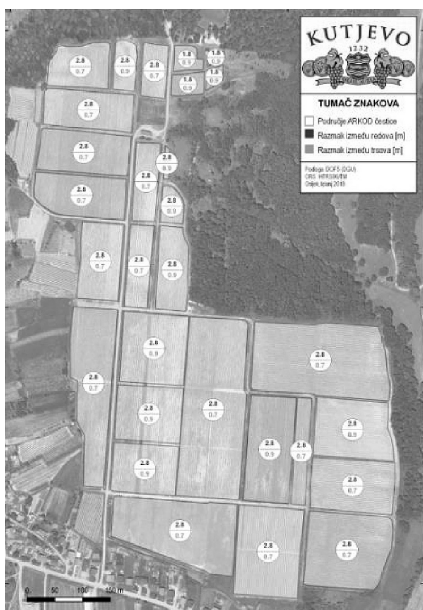


1a

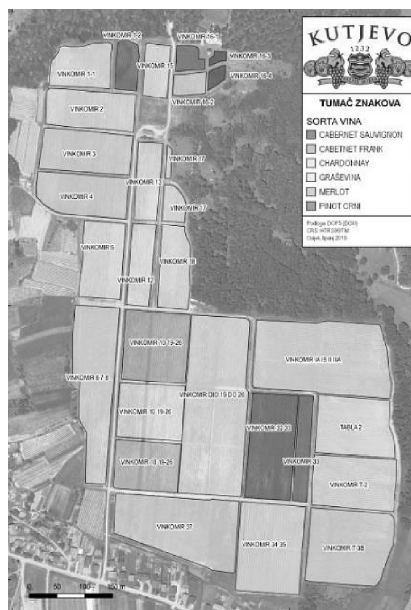


1b

Slika 1. Karta s brojem trsova po pojedinim parcelama (a) i godina sadnje po pojedinim parcelama (b)



2a



2b

Slika 2. Karta s razmakom između i unutar redova (a) i sorte vinove loze po parcelama (b)

ktivnom korisniku omogućuju veće izgleda za povoljniji tržišni razred plodova, proizvoda ili usluga. Brajić (2018.) navodi kako je važan aspekt prostornih podataka da često sadrže i atributne/opisne informacije. Opis može biti naziv ili vrsta neke prometnice ili detalji o količini snijega, temperaturi zraka, brzini i smjeru vjetra. Upotrebom karte automatski se interpretira relativni položaj prostornih podataka koji tako čine temelj prostorne analize. Rastija i sur. (2005.) te Jurišić i Plaščak (2009.) kreiraju računalni model analize pogodnosti zemljišta za zasnivanje trajnih nasada utemeljen na GIS-u. Inventarizacija vinogradarskih tala postupak je koji objedinjuje prostorne i opisne parametre, kako definira Popović (2006.). Dinić i sur. (2015.) navode u svojim istraživanjima kako upotreba GIS alata omogućuje brzo i pouzdano utvrđivanje lokaliteta koji su idealni za uzgajanje vinove loze, što se potvrđuje rezultatima ovog istraživanja. Tijekom izrade planova i programa korištenja zemljišta za vinogradarstvo neophodno je raspolagati velikim brojem kvalitetnih i pouzdanih kartografskih i numeričkih informacija (Husnjak i sur., 2000.). Autori Roudriguez-Perez i sur. (2008.) u svojim procesima inventarizacije vinograda zalažu se za primjenu metode procjene površine vinograda pomoću 20 satelitskih snimaka. Ova metoda znatno bi smanjila potrebne resurse za terensko istraživanje, a proces inventarizacije vinograda postao bi učinkovitiji. Mathews i Jensen (2012.) koriste metodu temeljenu na snimanju iz zraka pomoću LiDAR-a (*Light Detection and Ranging*) za ocrtavanje vinogradarskih parcela iz okolnih zemljišta. Rezultati upućuju na to da skupovi podataka temeljeni na LiDAR-u mogu učinkovito razlikovati vinograd od zemljišta bez vinograda. Delenne i sur. (2010.) u svojim procesima inventarizacije provode istraživanje o sveobuhvatnom i automatskom alatu za otkrivanje, ocrtavanje i karakterizaciju vinograda pomoću snimaka iz zraka pomoću metode izračunavanja Fourierijeve transformacije na snimku iz zraka. Navedena metoda može se jednostavno integrirati u konačni korisnički GIS. Maletić i sur. (2015.) završili su 2001. godine program genetičke identifikacije hrvatskih autohtonih sorti vinove loze s ciljem inventarizacije hrvatskog autohtonog sortimenta. Ignjatić i sur. (2018.) navode kako je digitalizacija karte postupak koji zahtijeva vizualno prepoznavanje objekata i uzoraka, poput identifikacije rubova (parcela), simbola, teksta i uzoraka. Fetai i sur. (2019.) napominju da su za savladavanje izazova ubrzanja uspostave katastra i njihovog učinkovitog održavanja, kada se jednom uspostave potrebne inovativne i automatizirane tehnike katastarskog mapiranja. Fokus istraživanja je na upotrebi optičkih senzora visoke rezolucije na platformama bespilotnih letjelica (UAV). Na temelju metode automatske ekstrakcije, predloženi tijek rada može ubrzati i olakšati izradu katastarskih karata. Oby i sur. (2018.) tvrde kako je nedavni napredak u razvoju i upravljanju prostornim podacima u okviru GIS-a stvorio novu eru u području upravljanja zemljišnim resursima. Lu i sur. (2018.) navode kako je jedan od najvažnijih korijena GIS-a automatizacija kartografskih tijekova. To je dovelo do razvoja osnovnih metoda postupanja s prostornim podacima, uključujući pohranu i (re)prezentaciju različitih prostorno-temporalnih podataka u digitalnim bazama podataka i učinkovitu proizvodnju karata koje se mogu koristiti za donošenje odluka i razumijevanje prostornih međusobnih odnosa pomoću prostorne analize.

## Zaključak

Upotrebom digitalne kartografije skraćuje se vrijeme istraživanja i omogućuje razne uštede. Nažalost, u RH evidentna je slabija zastupljenost GIS alata za relativno hitno i objektivno praćenje promjena u korištenju zemljišta poput vinograda (satelitske snimke), promjene granica između poljoprivrednih jedinica (aero-fotografije), pozicioniranje (GPS) i opće stanje prirodnih i ljudskih resursa. Obavljenom inventarizacijom vinogradarskih površina i kreiranim kartama omogućeno je lakše, brže i djelotvornije upravljanje. Ovim istraživanjem načinjena je inventarizacija vinograda u vlasništvu Kutjevačkog podruma, što olakšava postupanje s prostornim

podacima u digitalnim bazama podataka i učinkovite karte za donošenje odluka o agrotehničkim operacijama trajnih nasada.

## Literatura

1. Andabaka, Ž., Stupić, D., Marković, Z., Preiner, D. (2011): Novi trendovi u proizvodnji sadnog materijala autohtonih sorata vinove loze u Hrvatskoj, *Glasnik zaštite bilja*, 34 (1), 46-56.
2. Brajić, I. (2018): Računalne metode u upravljanju prostornim podacima, Diplomski rad, Sveučilište Jurja Dobrića u Puli – Fakultet Informatike, Pula.
3. Delenne, C., Durrieu, S., Rabatel, G., Deshayes, M. (2010): Od piksela do parcele vinove loze: Kompletan metodologija za ocrtavanje i karakterizaciju vinograda pomoću podataka daljinskog očitavanja, *Computers and Electronics in Agriculture*, 70 (1), 78-83.
4. Dinić, Z., Perović, V., Topisirović, G., Čakmak, D. (2015): GIS application in evaluation of topographic and chemical parameters for suitability of growing grape vines, *Poljoprivredna tehnika*, Broj 3, Strane: 109 – 118, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku.
5. Fetai, B., Oštir, K., Fransi Kosmatin, M., Lisec, A. (2019): Ekstrakcija vidljivih granica za katastarsko mapiranje na temelju slika UAV-a, Građevinski i geodetski fakultet Sveučilišta u Ljubljani.
6. Fazinić N. (1998): Što je vinogradarski katastar? *Agronomski glasnik*, 60 (4): 205-209.
7. Husnjak, S., Bogunović, M., Jurišić, M. (2000): Geoinformatička obrada pedoloških podataka za uzgoj povrća na području Sisačko-moslavačke županije, *Agronomski glasnik*, 62 (5-6), 227-246.
8. Ignjatić, J., Nikolić, B., Rikalović, A. (2018): Duboko učenje za digitalizaciju katastarskih karata: pregled, izazovi i potencijal, WSCG 2018: zbornik radova na plakatima: 9. međunarodna konferencija u Srednjoj Europi o računalnoj grafici, vizualizaciji i računalnom vidu u suradnji s udrugom EUROGRAPHICS, str. 42-47.
10. Jurišić, M., Plaščak, I. (2009): Geoinformacijski sustavi GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša. Poljoprivredni fakultet, Osijek.
11. Lu, G., Batty, M., Strobl, J., Lin, H., Zhu, C., Chen, M. (2018): Reflections and speculations on the progress in Geographic Information Systems (GIS): a geographic perspective. *International Journal of Geographical Information Science*, 33 (2), 346-367.
12. Maletić, E., Karoglan Kontić, J., Pejić, I. (2008): Vinova loza – Ampelografija, ekologija, oplemenjivanje. Školska knjiga, Zagreb.
13. Maletić, E., Karoglan Kontić, J., Pejić, I., Preiner, D., Zdunić, G., Bubola, M., Stupić, D., Andabaka, Ž., Marković, Z., Šimon, S., Žulj Mihaljević M. (2015): Zelena knjiga: Hrvatske izvorne sorte vinove loze. Državni zavod za zaštitu prirode. Zagreb.
14. Mathews, A. J., Jensen, J. L. (2012): An airborne LiDAR-based methodology for vineyard parcel detection and delineation, *International journal of remote sensing*, 33 (16), 5251-5267.
15. Mirošević, N., Kontić Karoglan, J. (2008): Vinogradarstvo; Nakladni zavod Globus, Zagreb.
16. Kale, J. (2010): Prijedlog modela inventarizacije suhozida. *Prostor: znanstveni časopis za arhitekturu i urbanizam*, 18 (2, 40), 452-467.
17. Oby, G.P.R. (2018): Spatial Data Management, Analysis, and Modeling in GIS: Principles and Applications, *GEOTECH*, 21, 127-142.
18. Popović, I. (2006): Sustainable land management in the vineyard of Veliki Kostanj, Diplomski rad, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
19. Puača, F. (2015): Procjena produktivnosti vinograda u Vinogorju Kutjevo, Diplomski rad, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
20. Rastija, D., Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2005): Land suitability analyses for permanent plantation by GIS tools on the example of Baranjska planina, *Zbornik radova XL. znanstvenog skupa hrvatskih agronoma*, Opatija, 495-496.

21. Roudriguez-Perez, J. R., Alvarez-Lopez, C. J., Miranda, D., Alvarez, F. M. (2008): Vineyard area estimation using medium spatial resolution satellite imagery, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6 (3), 441-452.
22. Scaramellini, G. (2008): Terraced landscapes in the Alpine area: geohistorical observations and analytical perspectives.
23. Sito, S., Bilandžija, N. (2013): Suvremena tehnika za održavanje plodnosti tla u trajnim nasadima, *Agronomski fakultet u Zagrebu*, Zagreb.
24. Stepinac-Fabijanić, T. (1988): Paleoetnološka istraživanja kamenih poljskih kućica okruglog tlocrta u Istri, »Problemi sjevernog Jadrana«, 6, 109-132.
26. Topić, J., Ilijanić, Lj., Tvrtković, N., Nikolić, T. (2006): Staništa: priručnik za inventarizaciju, kartiranje i praćenje stanja, *Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Zavod za zaštitu okoliša i prirode*, Zagreb.
27. Vukadinović, V. (2019): Interaktivna pedološka karta RH s legendom (prema Bogunović, M., Vidaček, Ž., Racz, Z., Husnjak, S., Sraka, M. (1996): Namjenska pedološka karta Republike Hrvatske mjerila 1:300.000 s tumačem karata. Sveučilište u Zagrebu, *Agronomski fakultet*, Zavod za pedologiju). Dostupno na <http://pedologija.com.hr>. (20.04.2020.)

## Inventory and management of vineyards in GIS environment

### Abstract

This paper presents the purpose of development and the presentation of a cadastre, which aims to provide an insight into the central cadastral database of the Republic of Croatia. Introducing digitalisation (digital cadastre) on vineyard areas of the company Kutjevo d.d. Among other things, it enables easier data management. The use of digital maps results in significant savings in resources when planning and performing agrotechnical operations. The conducted inventory provides insight into the data and significantly facilitates access to land parcels. Using GIS tools gives a direct insight into the overall situation – inventory of all vineyards.

**Key words:** inventory, GIS/GPS, precision agriculture, vineyards, management

## Temporal variation of soil respiration under energy and arable crops

Darija Bilandžija<sup>1\*</sup>, Marija Galić<sup>1</sup>, Ivica Kisić<sup>1</sup>, Milan Mesić<sup>1</sup>,  
Nikola Bilandžija<sup>2</sup>, Željka Zgorelec<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Zagreb Faculty of Agriculture, Department of General Agronomy, Svetošimunska cesta 25, HR-10000 Zagreb, Croatia, e-mail: dbilandzija@agr.hr

<sup>2</sup>University of Zagreb Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering, Svetošimunska cesta 25, HR-10000 Zagreb, Croatia

### Abstract

Crop type and meteorological parameters play an important role in the temporal variation of soil respiration, which varies significantly among plant biomass and climate conditions. The influence of growing an energy crop (Giant Miscanthus) and arable crops (winter wheat, maize), as well as meteorological parameters on soil respiration is represented in this paper. Soil respiration and meteorological parameters were studied from April 2013 until October 2013 in the continental part of Croatia (Bistra, Daruvar, Potok). Soil CO<sub>2</sub> concentrations were measured by the *in situ* closed static chamber method. Soil respiration had different seasonal patterns within crops with average monthly soil respiration rates ranging from 22.7-32.1 kg C-CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>day<sup>-1</sup> for Giant Miscanthus, 25.6-41.8 kg C-CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>day<sup>-1</sup> for wheat and 8.0-22.1 kg C-CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>day<sup>-1</sup> for maize, respectively. Average amount of carbon emitted to the atmosphere by soil respiration in one year is significantly lower under maize (5.95 t ha<sup>-1</sup>), compared to wheat (11.32 t ha<sup>-1</sup>) and Giant Miscanthus (10.51 t ha<sup>-1</sup>). Depending on the crop type, 4-19% of soil respiration depends on air temperature and 2-53% on relative air humidity. Further research on other controlling factors of soil respiration is recommended.

**Key words:** soil CO<sub>2</sub> emissions, Giant Miscanthus, winter wheat, maize, Croatia

### Introduction

CO<sub>2</sub> is the most important greenhouse gas »forcing« climate change. It is released through many activities and natural processes such as respiration. Soil respiration is an ecosystem process by which carbon dioxide is released from soil by root and fauna respiration, as well as decomposition of litter and soil organic matter (Luo and Zhou, 2006). Measurements of soil respiration are used widely to assess the activity of belowground biomass as it is influenced by climate, soil physical, chemical and biological properties, agricultural practices and crop types (Anderson, 1983, Bilandžija et al., 2016). Meteorological parameters such as air temperature, relative air humidity and precipitation amount have direct influence on soil temperature and moisture. Those two elements are determined as main factors effecting soil respiration (Davidson et al., 1998, Longdoz et al., 2000, Janssens et al., 2001, Bilandžija et al., 2016, Galić et



al., 2019). Furthermore, the temporal variation of soil respiration is strongly influenced by plant photosynthetic activity (Hogberg et al., 2001, Kuzyakov and Cheng 2001) that differs among different crop types. Therefore, the objectives of this research were to determine the relation between soil respiration and meteorological parameters, as well as temporal variation of soil respiration under Giant Miscanthus, winter wheat and maize.

## Materials and Methods

### Experimental sites

The experimental site for studying soil respiration under perennial energy crop Giant Miscanthus (*Miscanthus x giganteus* Greef et Deu) is located in Donja Bistra (N 45°55'06.2", E 15°50'32.5") at 144 m a.s.l., in continental part of Croatia. The site has continental humid climate with mean annual temperature of 10.6 °C and mean annual precipitation of 985 mm in the period 1981-2010. The soil contains 2,1% of soil organic matter, 66.3% of silt, 21.3% of sand and 12.4% of clay, while the pH value is 6.5. The experimental field was established in 2011 by planting Giant Miscanthus rhizomes. As Giant Miscanthus is a perennial energy crop, soil preparation (ploughing<sub>30 cm</sub>) and herbicide application were applied only in the first year. Fertilization (N<sub>60</sub>) was conducted in spring and harvest in autumn. More details on the experimental site can be found in Bilandžija (2015).

Soil respiration under winter wheat (*Triticum aestivum* L.) was studied at the experimental site located in Blagorodovac near Daruvar (N 45°33'54.2", E 17°01'45.07") at 133 m a.s.l., in the continental part of Croatia. The site has a continental humid climate with a mean annual temperature of 11.0 °C and a mean annual precipitation of 902 mm in the period 1981-2010. The soil contains 0.9% of soil organic matter, 2% of coarse sand, 59% of fine sand, 24% of silt and 15% of clay, while the pH value is 4. The experimental field was established in 1994. Sowing of wheat was conducted in October 2012 and the grain was harvested in July 2013. Tillage (ploughing<sub>30 cm</sub>), fertilization (N<sub>150</sub>), weed and pest control were done according to good agricultural practices. More details on the experimental site can be found in Bilandžija (2015a).

Maize (*Zea mays* L.) was cultivated at the field experiment located in Potok near Popovača (N 45° 33' 21.42", E 16° 31' 44.62") at 93 m a.s.l., in the continental part of Croatia. The site has a continental humid climate with a mean annual temperature of 11.3 °C and mean annual precipitation of 921 mm in the period 1981-2010. The soil contains 1.4% of soil organic matter, 0.4% of coarse sand, 55.2% of fine sand, 30.3% of silt and 14.1% of clay while the pH value is 4. The experimental field was established in 1996. Sowing of maize was conducted in May and the grain was harvested in October 2013. Tillage (ploughing<sub>30 cm</sub>), fertilization (N<sub>150</sub>), weed and pest control were done according to good agricultural practices, and more details on the site and agrotechnical measures can be found in Zgorelec et al. (2015).

### Measurement of soil CO<sub>2</sub> concentrations and meteorological parameters

Measurements of soil CO<sub>2</sub> respiration concentrations were conducted once per month, from April 2013 until October 2013. The total measurement number of soil CO<sub>2</sub> concentration and meteorological parameters amounted to 63 (7 measurements on each location in three repetitions). Air temperature and relative air humidity were measured with Testo 610 (2011) at 0.5 m height. Detailed information on the measurement of CO<sub>2</sub> concentrations by the *in situ* closed static chamber method and calculation of soil respiration (CO<sub>2</sub> efflux) can be found in

Bilandžija et al. (2016). Correlation strengths were interpreted according to Roemer and Orphal scale (Vasilij, 2000).

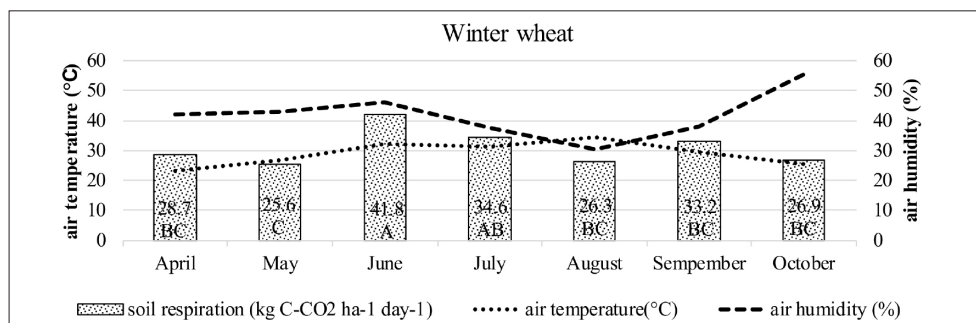
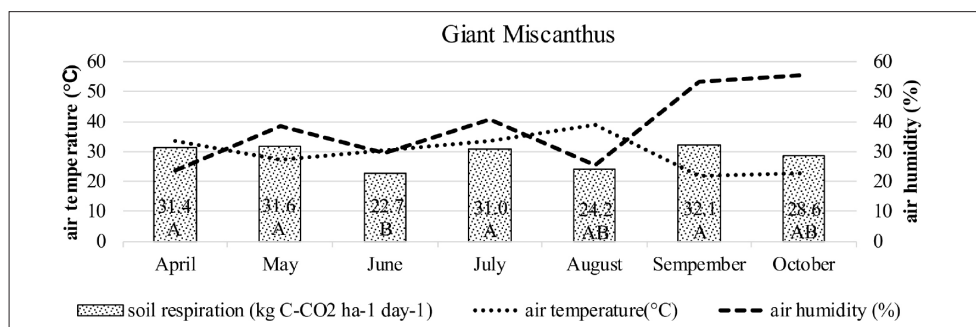
### Statistical analysis, quality management and quality control

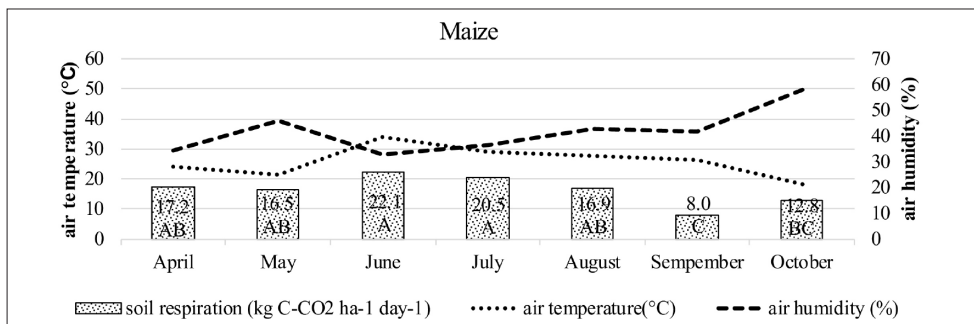
All data were analysed by using the statistical package Software SAS (SAS Institute, 2002-2004), the variation between the studied period and crop types were evaluated with analysis of variance (ANOVA) and tested (if necessary) with adequate post-hoc (Bonferroni) t-tests. In all statistical tests, the significance level was set to 5%. Quality management (QM) system is in line with good laboratory practice and Internal and External (proficiency testing) quality control (QC) was included.

## Results and Discussion

### Temporal variation of soil respiration and meteorological parameters

Average monthly soil respiration rates under Giant Miscanthus, wheat and maize amounted to 22.7-32.1, 25.6-41.8 and 8.0-22.1 kg C-CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>day<sup>-1</sup>, respectively (Graph 1). Average seasonal soil respiration rates decreased in the following order; spring>autumn>summer (31.5>30.3>26.0 kg ha<sup>-1</sup>day<sup>-1</sup>) in Giant Miscanthus, summer>autumn>spring (34.2>30.1>27.2 kg C-CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>day<sup>-1</sup>) in wheat and summer>spring>autumn (19.8>16.9>10.4 kg ha<sup>-1</sup>day<sup>-1</sup>) in maize vegetation season. Significant difference in monthly soil respiration rates were determined for all studied crop types. Air temperature in Giant Miscanthus, wheat and maize vegetation season ranged from 21.7-39.0, 23.2-34.50 and 23.2-21.1-39.5°C, respectively (Graph 1). The range of relative air humidity in Giant Miscanthus, wheat and maize vegetation season was 24-55, 30-56 and 33-58%, respectively (Graph 1).





Graph 1. Soil respiration and meteorological parameters during Giant Miscanthus, wheat and maize (n=21) vegetation season.

(\* means followed by the same do not differ significantly at the  $p \leq 0.05$  level).

Significant differences within monthly soil respiration rates were determined in all crop types. Generally, soil respiration rates increased with the beginning of crop growth, especially at its very beginning, and afterwards soil respiration decreased as the crop maturing started. According to literature, temporal variation of soil respiration has been determined by many authors, but no clear pattern has been determined yet. The highest soil respiration rate was determined in spring and the lowest one in winter by Kessavalou et al. (1998) during wheat cultivation. A gradual decrease of soil respiration from August until January and an increase from January until July has been recorded by Lou et al. (2003). Similar results have also been obtained by Ussiri and Lal (2009), Bilandžija (2015a) and Syp et al. (2015).

#### *Influence of meteorological parameters and crop type on soil respiration*

Very weak to moderate correlation strength was determined between soil respiration and air temperature depending very much on the crop (Table 1). According to determination coefficients, 19%, 8% and 4% of soil respiration can be connected to air temperature under Giant Miscanthus, wheat and maize, respectively. A very weak correlation was also determined between soil respiration and relative air humidity for wheat and strong correlations for Giant Miscanthus and maize (Table 1). According to determination coefficients, only 2% of soil respiration depends on relative air humidity under wheat, while soil respiration under Giant Miscanthus and maize depends 53% and 42% on relative air humidity, respectively.

Table 1. Correlation between meteorological parameters and soil respiration

	soil respiration – air temperature		soil respiration – relative air humidity	
	corr. coefficient	corr. strength	corr. coefficient	corr. strength
<b>Giant Miscanthus</b>	$r = 0.44$	Moderate	$r = 0.73$	Strong
<b>winter wheat</b>	$r = 0.29$	Weak	$r = 0.14$	very weak
<b>maize</b>	$r = 0.21$	very weak	$r = 0.66$	Strong

Air temperature influences soil respiration through its direct influence on soil temperature and indirect influence on microbiological activity and time of soil organic matter decomposition. According to literature, only few authors were studying influence of air temperature on soil respiration where moderate to very strong correlation strengths were determined (Bijracharya et al., 2000, Alvarez and Alvarez, 2001, Pei et al., 2003, Sainju et al., 2008, Ussiri

and Lal., 2009, Bilandžija et al., 2014). Relative air humidity has influence on photosynthesis processes during which plants assimilate atmospheric carbon, translocate it to the root system, where it is released to the soil by root respiration, representing a major component of total soil respiration. According to literature, only few authors studied influence of relative air humidity on soil respiration, but the studies were conducted in forest ecosystems. Bilandžija (2015a) determined a strong negative linear correlation between relative air humidity and soil respiration in an agricultural ecosystem.

The average yearly soil respiration rate under maize ( $16.3 \text{ kg C-CO}_2 \text{ ha}^{-1}\text{day}^{-1}$ ) was significantly lower compared to those of wheat ( $31.0 \text{ kg C-CO}_2 \text{ ha}^{-1}\text{day}^{-1}$ ) and Giant Miscanthus ( $28.8 \text{ kg C-CO}_2 \text{ ha}^{-1}\text{day}^{-1}$ ). The average yearly soil respiration under wheat was not significantly different from that of Giant Miscanthus. The difference in soil respiration rates could be attributed to, in addition to the difference in crop types, different plant densities and soil properties (ie. pH and soil organic carbon content) at the experimental sites, as they have significant effects on the decomposition of soil organic matter and therefore on soil respiration rates. According to literature, different rates of soil respiration under different crop types were also determined. Ussiri and Lal (2009) determined that soil respiration under maize amounts  $19.4 \text{ kg ha}^{-1}\text{day}^{-1}$  and Lou et al. (2003) recorded rate of  $45.21 \text{ kg ha}^{-1}\text{day}^{-1}$  under millet and barley. Depending on agroecological conditions, soil respiration under wheat was in the range  $6.9\text{--}24.68 \text{ kg ha}^{-1}\text{day}^{-1}$  (Reis, 2014, Kessavalou et al., 1998).

## Conclusions

In order to determine temporal variation of soil respiration and its relation to meteorological parameters and crop type, a study was conducted at three locations with continental humid climate in central lowland Croatia during cultivation of perennial energy crop Giant Miscanthus and arable crops winter wheat and maize. A significant temporal variation of soil respiration was determined for each crop type as well as significant differences in yearly soil respiration rates between maize and wheat/Giant Miscanthus. Furthermore, relative air humidity had a greater influence on soil respiration compared to air temperature. As soil respiration is site specific and under the influence of many agroecological factors, further research is needed in order to better understand this complex issue.

## Literature

1. Alvarez, R., Alvarez, C.R. (2001): Temperature regulation of soil carbon dioxide production in the humid Pampa of Argentina: estimation of carbon fluxes under climate change. *Biology and Fertility of Soils*, 34, 282-285.
2. Anderson, J.P.E. (1983): Soil Respiration. doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c41
3. Bijracharya, R.M., Lal, R., Kimble, J.M. (2000): Diurnal and seasonal  $\text{CO}_2\text{-C}$  flux from soil as related to erosion phases in central Ohio. *Soil Science Society of America Journal*, 64, 286-293.
4. Bilandžija, D., Zgorelec, Ž., Kisić, I. (2014): The Influence of Agroclimatic Factors on Soil  $\text{CO}_2$  Emissions. *Collegium Antropologicum*, 38, 77-83.
5. Bilandžija, N. (2015): The potential of *Miscanthus x giganteus* species as an energy crop in different technological and environmental conditions. PhD thesis, University of Zagreb Faculty of Agriculture, Zagreb, Croatia
6. Bilandžija, D. (2015a): Carbon dioxide emissions under different soil tillage treatments. PhD thesis, University of Zagreb Faculty of Agriculture, Zagreb, Croatia
7. Bilandžija, D., Zgorelec, Ž., Kisić, I. (2016): Influence of Tillage Practices and Crop Type on Soil  $\text{CO}_2$  Emissions. *Sustainability* 8, 90.

8. Davidson, E.A., Belk, E., Boone, R.D. (1998): Soil water content and temperature as independent or confounded factors controlling soil respiration in a temperate mixed hardwood forest. *Global Change Biology*, 4, 217–227.
9. Galić, M., Bilandžija, D., Perčin, A., Šestak, I., Mesić, M., Blažinkov, M., Zgorelec, Ž. (2019): Effects of Agricultural Practices on Carbon Emission and Soil Health. *Journal of sustainable development of energy, water and environment systems* 7(3), 539-552.
10. Hogberg, P., Nordgren, A., Buchmann, N. (2001): Large-scale forest girdling shows that current photosynthesis drives soil respiration. *Nature*, 411, 789–792.
11. Janssens, I.A., Lankreijer, H., Matteucci, G., Kowalski, A.S., Buchmann, N., Epron, D., Pilegaard, K., Kutsch, W., Longdoz, B., Gruunwald, T., Montagnani, L., Dore, S., Rebmann, C., Moors, E.J., Grelle, A., Rannik, U., Morgenstern, K., Oltchev, S., Clement, R., Guðmundsson, J., Minerbi, S., Berbigier, P., Ibrom, A., Moncrieff, J., Aubinet, M., Bernhofer, C., Jensen, N.O., Vesala, T., Granier, A., Schulze, E.D., Lindroth, A., Dolman, A.J., Jarvis, P.G., Ceulemans, R., Valentini, R. (2001): Productivity overshadows temperature in determining soil and ecosystem respiration across European forests. *Global Change Biology*, 7, 269–278.
12. Kessavalou, A., Mosier, A.R., Doran, J.W., Drijber, R.A., Lyon, D.J., Heinemeyer, O. (1998): Fluxes of Carbon Dioxide, Nitrous Oxide, and Methane in Grass Sod and Winter Wheat-Fallow Tillage Management. *Journal of Environmental Quality*, 27, 1094-1104.
13. Kuzyakov, Y., Cheng, W. (2001): Photosynthesis controls of rhizosphere respiration and organic matter decomposition. *Soil Biology and Biochemistry*, 33, 1915–1925.
14. Longdoz, B., Yernaux, M., Aubinet, M. (2000): Soil CO<sub>2</sub> efflux measurements in a mixed forest: impact of chamber disturbances, spatial variability and seasonal evolution. *Global Change Biology*, 6, 907–917.
15. Lou Y., Li Z., Zhang T. (2003): Carbon Dioxide Flux in a Subtropical Agricultural Soil of China. *Water, Air and Soil Pollution*, 149 (1-4), 281-293.
16. Luo, Y., Zhou, X. (2006): *Soil respiration and the environment*. Elsevier, London, UK. 316.
17. Pei, Z., Ouyang, H., Zhou, C., Xu, X. (2003): Fluxes of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from alpine grassland in the Tibetan Plateau. *Journal of Geographical Sciences*, 13 (1), 27-34.
18. Reis, I. (2014): Mjerenje emisije ugljikovog dioksida iz tla u vegetaciji ozime pšenice. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb, Hrvatska
19. Sainju, U.M., Jabro, J.D., Stevens, W.B. (2008): Soil Carbon Dioxide Emission and Carbon Content as Affected by Irrigation, Tillage, Cropping System, and Nitrogen Fertilization. *Journal of Environmental Quality*, 37, 98–106.
20. SAS Institute. SAS 9.1.3; Help and Documentation: Cary, NC, USA, 2002–2004.
21. Syp, A., Faber, A., Pikula, D. (2015): Assessing the impact of management practices on gas emissions and N losses calculated with denitrification-decomposition model. *Plant, Soil and Environment*, 61, 433–437.
22. Ussiri, D.A.N., Lal, R. (2009): Long-term tillage effects on soil carbon storage and carbon dioxide emissions in continuous corn cropping system from an alfisol in Ohio. *Soil and Tillage Research*, 104, 39-47
23. Vasilij, Đ. (2000): Biometrika i eksperimentiranje u bilnogojstvu. Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb, Hrvatska, pp. 320
24. Zgorelec, Ž., Mesić, M., Kisić, I., Bilandžija, D., Jurišić, A., Bašić, F., Šestak, I., Bogunović, I. (2015) Utjecaj različitih načina korištenja tla na klimatske promjene. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet. (izvješće).

## Vremenska dinamika disanja tla pod energetske i ratarske kulturama

### Sažetak

Vrsta usjeva i meteorološki elementi imaju značajnu ulogu u vremenskoj dinamici disanja tla. Disanje tla značajno se razlikuje između glavnih bioma i klimatskih zona svijeta. U ovome radu istraživana je utjecaj uzgoja jedne energetske (miskantusa) i dviju ratarskih (ozima pšenica i kukuruz) kultura, kao i utjecaj meteoroloških elemenata na disanje tla. Disanje tla i meteorološki elementi istraživani su od travnja do listopada 2013. godine na tri lokacije (Bistra, Daruvar i Potok) u kontinentalnoj Hrvatskoj. Koncentracije CO<sub>2</sub> iz tla mjerene su metodom zatvorenih statičkih komora. Sezonska dinamika disanja tla razlikuje se između istraživanih kultura, a raspon prosječnih mjesečnih emisija CO<sub>2</sub> iz tla iznosi 22,7 – 32,1 kg C-CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>dan<sup>-1</sup> za miskantus, 25,6 – 41,8 kg C-CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>dan<sup>-1</sup> za pšenicu i 8,0 – 22,1 kg C-CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>dan<sup>-1</sup> za kukuruz. Prosječna godišnja količina ugljika emitirana u atmosferu disanjem tla je značajno niža pod kukuruzom (5,95 t ha<sup>-1</sup>) u odnosu na pšenicu (11,32 t ha<sup>-1</sup>) i miskantus (10,51 t ha<sup>-1</sup>). Ovisno o vrsti usjeva, između 4 – 19 % disanja tla ovisi o temperaturi zraka, a 2-53 % o relativnoj vlažnosti zraka. Za daljnja se istraživanja preporuča proširenje na utjecaj drugih čimbenika na disanje tla.

**Ključne riječi:** emisije CO<sub>2</sub> iz tla, miskantus, ozima pšenica, kukuruz, Hrvatska

## Surfaktanti kao adjuvansi u agrokemikalijama – direktno potenciometrijsko određivanje

Magdalena Remetović<sup>1</sup>, Nikola Sakač<sup>1</sup>, Bojan Šarkanj<sup>2</sup>, Marija Kraševac Sakač<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Hallerova aleja 7, HR-42000 Varaždin, Hrvatska,  
e-mail: magdalena.remetovic@gmail.com

<sup>2</sup>Odjel za prehrambenu tehnologiju, Sveučilište Sjever, centar Koprivnica,  
Trg dr. Žarka Dolinara 1, HR-43000 Koprivnica, Hrvatska

### Sažetak

Adjuvansi u poljoprivredi tvari su koje modificiraju učinkovitost pesticida te fizikalna svojstva samog pripravka za prskanje. Kao adjuvansi često se koriste neionski i anionski surfaktanti (AS). Njihova je funkcija omekšavanje kutikularne barijere i prijenos aktivnih komponenti u biljku te pravilno raspršenje aktivnih komponenti na površini biljke. Linearni alkil benzen sulfonati, kao najvažniji predstavnici AS, imaju negativan utjecaj na ljudsko zdravlje i okoliš. Cilj ovog rada bio je odrediti koncentraciju AS (adjuvans) u formulaciji agrokemikalija (5 proizvoda). Za mjerenje je korišten prethodno razvijen direktni potenciometrijski senzor za određivanje anionskih surfaktanata u vodenom mediju. Direktnom potenciometrijskom titracijom uzoraka agrokemikalija određena je koncentracija AS u rasponu od 1,34 do 4,22 mmol/L. Utjecaj matriksa na mjerenje ispitan je metodom standardnog dodatka i mjerenjem u pH području od 2 – 8. Rezultati su pokazali da nije bilo značajnog utjecaja matriksa na određivanje.

**Ključne riječi:** Adjuvansi, surfaktanti, agrokemikalije, direktna potenciometrija

### Uvod

Korištenje adjuvansa za povećanje učinka herbicida počelo je krajem 19. stoljeća. Značajnija istraživanja adjuvanasa započela su tek 1940-tih godina, otkrićem učinkovitijih organskih herbicida; kao što je 2,4-D (Foy, 1989.). Adjuvansi u poljoprivredi tvari su koje modificiraju učinkovitost pesticida te fizikalna svojstva samog pripravka za prskanje. Dva su osnovna tipa adjuvanasa: a) oni koji se već nalaze u formulaciji proizvoda i b) adjuvansi za prskanje – oni se dodaju u rezervoar sa pesticidom i vodom (Hochberg, 1996.). Adjuvansi djeluju kao sredstva za ovlaživanje, raspršivanje, ljepljivost; zatim kao emulgatori, disperzna sredstva, inhibitori pjenjenja, kao tvari koje omogućavaju prodiranje u dublje slojeve biljke, itd. (Slika 1.).

Za proizvodnju agrokemijskih proizvoda na godišnjoj razini koristi se oko 230 000 tona surfaktanata, s formulacijama koja uobičajeno sadrže 1 – 10 % jedne ili više vrsta surfaktanata (Edser, 2007.). Surfaktanti, kao i plastifikatori, omekšavaju kristalni vosak u kutikuli i time omogućavaju povećanu mobilnosti agrokemikalija uzduž kutikularne membrane (Schonherr i sur., 2000.). Surfaktanti, ili površinski aktivne tvari, imaju karakterističnu molekulsku strukturu koja sa stoji od hidrofobnih grupa koje imaju izrazito slab afinitet prema vodi te hidrofilne grupe koja



Slika 1. Klasifikacija adjuvanasa za prskanje

ima jaki afinitet prema vodi. Hidrofilna grupa obično se sastoji od karakterističnog dugog lanca sastavljenog od zasićenih i nezasićenih ugljikovodika, dok se hidrofilna grupa sastoji od nabijenih ionskih ili jako polarnih grupa. Postoje četiri osnovna tipa surfaktanata: anionski, kationski, neionski i amfoterni. Anionski surfaktanti imaju hidrofilnu grupu koja se sastoji većinom od sulfonata, sulfata ili karboksilata s protuionima kalcija ili natrija. Anionski surfaktanti čine najveći dio sveukupne svjetske proizvodnje surfaktanata. Linearni alkil benzen sulfonati najviše se proizvode i često se koriste kao adjuvansi u formulacijama agrokemikalija. Neionski surfaktanti se sastoje od polimeriziranih jedinica glikola ili glukoze, zbog čega pokazuju specifične hidrofilne karakteristike. Neionski surfaktanti često se koriste kao adjuvansi u formulacijama agrokemikalija. Kationski surfaktanti imaju jako antibakterijsko djelovanje i lako se adsorbiraju na različite površine. Amfoterni surfaktanti mijenjaju naboj pri različitom pH, stoga mogu imati karakteristike anionski, kationskih ali i neionskih surfaktanata. Amforetni surfaktanti tek su se nadavno počeli koristiti u formulacijama agrokemikalija.

Surfaktanti koji se koriste u agrokemikalijama mogu imati negativan utjecaj na okoliš i zdravlje čovjeka. Neki surfaktanti, kao što su alkil fenoli, mogu imati vrlo negativan estrogenu utjecaj na čovjeka; ponašaju se kao endokrini disruptori (White i sur., 1994.). Endokrini disruptori tvari su koje ometaju hormonski sustav na način da strukturom nalikuju i tako oponašaju prave hormone. Na taj način blokiraju njihovu proizvodnju i inhibiraju ili stimuliraju endokrini sustav. Nonilfenoli također imaju antiandrogeni učinak, odnosno interferiraju sa normalnim funkcijama androgena koji su nužni za pravilan razvoj muškaraca i njihovog reproduktivnog sustava (Lee i sur., 2003.). S druge strane anionski surfaktanti, kao što su npr. linearni alkilbenzen sulfonati, imaju tendenciju razaranja stanica te imaju negativan utjecaj na okoliš.

S obzorim da se ovakvi surfaktanti generalno koriste kao adjuvansi u formulacijama agrokemikalija, kroz njihovu direktnu primjenu velika je vjerojatnost da mogu lako dospjeti u ekosustav površinskih voda, oborinskih voda, itd. Upravo je to jedan od razloga zašto je potrebno mjeriti surfaktante u početnom proizvodu – da bi se kontrola njihovog ispuštanja u okoliš mogla promatrati kvantitativno.

Cilj je ovog rada odrediti koncentraciju anionskih surfaktanata u formulacijama različitih agrokemijskih proizvoda dostupnih na tržištu Hrvatske.

## Materijal i metode

Sakupljeno je 5 uzoraka različitih agrokemikalija u kojima su kao adjuvansi deklarirani anionski tenzidi. Uzorci su razrijeđeni deioniziranom vodom do koncentracija koje su bile mjerljive instrumentom za titiranje. Metoda za određivanje anionskih tenzida je direktna potencio-metrijska titracija s ionsko selektivnom membranom osjetljivom na surfaktante (senzor). Kao



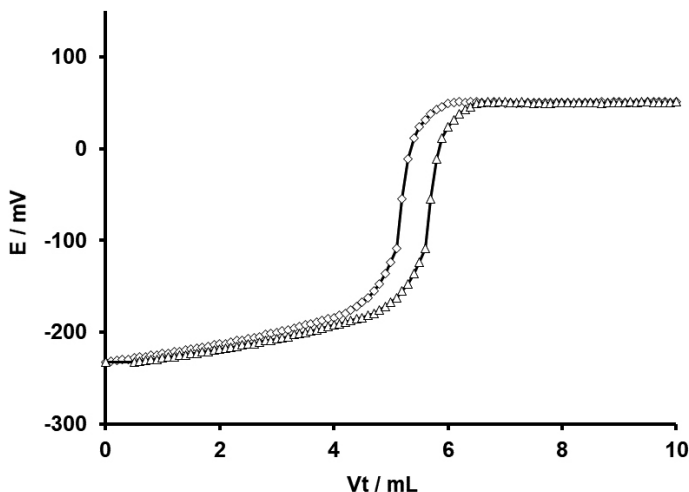
titracijski sustav za određivanje uzoraka korišten je titrator 808 Titrandu sa 806 promjenjivom jedinicom (sve od Metrohm). Senzor za surfaktante sastojao se od tijela elektrode (Phillips elektroda) i tekuće PVC membrane sa 1,3-didecil-2-metil-imidazol-tetrafenilborat senzorskim ionoforom osjetljivim na anionske surfaktante (Madunić-Čačić i sur., 2008.). Za akviziciju podataka korišten je program Tiano 1.2. (Metrohm) u DET modusu mjerenja. Za obradu podataka korišten je Excel, MS Office.

Kao titrans korištena je otopina kationskog surfaktanta heksadecil-trimetil amonijevog bromida (CTAB) koncentracije  $4 \times 10^{-3}$  M. Zbog mogućnosti da se u uzorku nalaze amforerni surfaktanti ispitan je utjecaj pH na sva određivanja dodatkom klorovodične kiseline ili natrijevog hidroksida u rasponu pH 2-8. Metodom standardnog dodatka u analizirani uzorak dodan je definirani volumen otopine natrijevog dodecilsulfata (SDS) koncentracije  $4 \times 10^{-3}$  M te je nakon određivanja izračunato iskorištenje (*recovery*).

Sve su kemikalije bile analitičke čistoće (p.a.) od proizvođača Sigma Aldrich, Njemačka.

## Rezultati i rasprava

Uzorci komercijalnih formulacija agrokemikalija s anionskim tenzidima kao adjuvansima razrijeđeni su do koncentracije koja je bila u mjernom području senzorske elektrode za anionske surfaktante. Nakon što je svaki uzorak titriran dodatkom otopine suprotno nabijenog kationskog surfaktanta CTAB ( $4 \times 10^{-3}$  M) dobivene su titracijske krivulje za svaki uzorak. Na Slici 2. prikazana je reprezentativna titracijska krivulje za uzorak broj 2. Svaki uzorak izmjeren je u pet nezavisnih ponavljanja.



Slika 2. Izgled titracijske krivulje titracije uzorka broj 2 (o) s CTAB ( $4 \times 10^{-3}$  M) i titracija s metodom standardnog dodatka SDS uzorku br2 ( $\Delta$ ) s CTAB ( $4 \times 10^{-3}$  M).

S obzirom na kompleksnost matriksa koji se određuje, za provjeru utjecaja matriksa na određivanje uzoraka korištena je metoda standardnog dodatka (*Standard Addition Method*). Dodatkom točno određene količine anionskog surfaktanta (SDS 3-8  $\mu$ mol) svakom uzorku (Slika 2 ( $\Delta$ )) i titracijom takve smjese otopinom kationskog surfaktanta CTAB ( $4 \times 10^{-3}$  M) dobivena

su iskorištenja od 97,3 do 102,3 %. Na osnovu ovih vrijednosti može se zaključiti da je utjecaj matriksa na određivanje AS zanemariv (Tablica 1.). Koncentracije određivanih AS (adjuvansa) u rasponu su od 1,34 do 4,22 mmol/L (Tablica 1.), što je u korelaciji sa referentnim podacima iz literature. (Edser, 2007.) Mjerenje utjecaja pH nije pokazalo značajna odstupanja, što je dokaz da u matriksu nema amfoternih surfaktanata koji bi ometali određivanje.

Tablica 1. Određivanje koncentracije anionskih surfaktanata (AS) u uzorcima agrokemikalija titriranjem sa CTAB te metode standardnog dodatka uz dodatak određene količine SDS i izračunato iskorištenje.

	Određeno AS (mmol/L)	Dodano SDS ( $\mu$ mol)	Nađeno SDS ( $\mu$ mol)	Iskorištenje (%)
uzorak 1	2,45 $\pm$ 0,32	4	4,03 $\pm$ 1,2	100,8
uzorak 2	4,22 $\pm$ 0,36	8	8,11 $\pm$ 1,4	101,4
uzorak 3	1,34 $\pm$ 0,08	3	2,92 $\pm$ 0,8	97,3
uzorak 4	2,11 $\pm$ 0,21	4	4,09 $\pm$ 0,6	102,3
uzorak 5	1,79 $\pm$ 0,42	4	4,03 $\pm$ 1,1	100,8

## Zaključak

Analiziranje koncentracije anionskih surfaktanata koji se koriste kao adjuvansi u formulaciji agrokemikalija izuzetno je važno jer velik dio surfaktanata završi u okolišu i ima negativni utjecaj na zdravlje čovjeka i okoliš. Koncentracije anionskih surfaktanata u proizvodima bile su u rasponu od 1,34 do 4,22 mmol/L, što je unutar granica koje su dostupne u literaturi. Metodom standardnog dodatka utvrđeno je da matriks nema utjecaj na rezultate određivanja. Ispitivanje utjecaja pH na rezultate određivanja pokazalo je da u matriksu nije bilo amfoternih surfaktanata koji bi utjecali na krajnji rezultat.

## Literatura

1. Foy, C.L. (1989): Adjuvants for agrochemicals: introduction, historical overview and future outlook. In: Chow PNP, Grant CA, Hinshalwood AM, Simundsson E (eds) Adjuvants and agrochemicals: II recent development, application, and bibliography of agro adjuvants. CRC Press, Boca Raton, 2–9.
2. Hochberg, E.G. (1996): The market for agricultural pesticide inert ingredients and adjuvants. In: Foy CL, Pritchard DW (eds) Pesticide formulation and adjuvant technology. CRC Press, Boca Raton, 203–208.
3. Edser, C. (2007): Multifaceted role for surfactants in agrochemicals. Focus on Surfactants, 3, 1–2.
4. Schonherr, J., Baur, P., Uhlig, B.A. (2000): Rates of cuticular penetration of 1-naphthylacetic acid (NAA) as affected by adjuvants, temperature, humidity and water quality. Plant Growth Regulation, 31, 61–74.
5. White, R., Jobling, S., Hoare, S.A., Sumpter, J.P., Parker, M.G. (1994): Environmentally persistent alkylphenolic compounds are estrogenic. Endocrinology, 135, 175–182.
6. Lee, H.J., Chattopadhyay, S., Gong, E.Y., Ahn, R.S., Lee, K. (2003): Antiandrogenic effects of bisphenol A and nonylphenol on the function of androgen receptor. Toxicological Sciences, 75, 40–46.
7. Madunić-Čačić, D., Sak-Bosnar, M., Matešić-Puač, R., Grabarić, Z. (2008): Determination of anionic surfactants in real systems using 1,3-Didecyl-2-methyl-imidazolium-tetraphenylborate as sensing material. Sensor Letters, 6, 339-346.

## Surfactants as adjuvants in agrochemicals – direct potentiometric determination

### Abstract

Adjuvants used in agronomy are modifying the performance of pesticides and change the physical properties of the spaying mixture. Nonionic and anionic surfactants (AS) are usually used as adjuvants. Their role is to soften the cuticle to enable active components to enter the plant and they are responsible for equal distribution of the active component on the plant surface. Linear alkylbenzene sulfonates are usually used as AS, but they have a very negative influence on human health and environment. The aim of this paper was to determine the concentration of AS (adjuvants) in agrochemical formulations (5 products). For the measurements we used previously developed direct potentiometric surfactant sensor for AS in aqueous media and direct potentiometric titrations. The calculated concentrations of AS were obtained from the titration plots, and they were in the range from 1.34 to 4.22 mmol/L. The influence of the matrix was determined using standard addition method and by measuring within a pH range of 2-8. The results showed no significant influence on the final results.

**Key words:** Adjuvants, surfactants, agrochemicals, direct potentiometry

## Effects of soil management techniques on soil water erosion on undeveloped soil in Mediterranean Croatia

Igor Bogunovic<sup>1</sup>, Leon Josip Telak<sup>1</sup>, Paulo Pereira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Agriculture, University of Zagreb, Zagreb, Croatia, e-mail: ibogunovic@agr.hr

<sup>2</sup> Environmental Management Laboratory, Mykolas Romeris University,  
LT-08303 Vilnius, Lithuania

### Abstract

Mediterranean soils are often degraded due to inappropriate soil management where tillage and agrochemicals are used to keep the soils bare prone to erosion. This research focused on the evaluation of soil management techniques on soil properties and hydrological response in the Mediterranean (Bacina, Croatia). Three methods of land management (tillage/straw/grass-cover) were selected; where six plots per treatment (18 plots), were established to determine soil losses and runoff. The simulated rainfall was carried out at 58 mm h<sup>-1</sup> (> 30% soil moisture) for 30 min on 0.785 m<sup>2</sup> circular plots. The results showed that grass cover and use of straw mulch resulted in a reduction of soil erosion by 99.8% and 98.5%, respectively. Tilled plots were recognized as highly unsustainable with soil losses as high as 3.94 t ha<sup>-1</sup> in one rainstorm event. The highest ( $p < 0.05$ ) soil organic matter content, mean weight diameter, and water-stable aggregates were found in grass-covered plots. Although straw plots did not improve soil quality, straw mulching decreased ( $p < 0.05$ ) the sediment concentrations and runoff, and also increased ( $p < 0.05$ ) the infiltration rate in addition to tilled plots. The results of our research showed that in our study area tillage should be avoided or coupled with immediate conservation measures like straw mulching to avoid land degradation and achieve sustainability.

**Key words:** soil loss, soil management, hydrological response, soil quality, fig orchard

### Acknowledgments

This paper was supported by the Croatian Science Foundation through the project »Soil erosion and degradation in Croatia« (UIP-2017-05-7834) (SEDCRO).

## Utjecaj gospodarenja tlom na eroziju tla vodom na nerazvijenom tlu u mediteranskoj Hrvatskoj

### Sažetak

Tla na Mediteranu često su degradirana radi neodgovarajućeg gospodarenja gdje obrada i kemijska sredstva održavaju tlo golim i sklonim eroziji. Istraživanje je usmjereno na procjenu utjecaja načina gospodarenja tlom na svojstva tla i hidrološka svojstva na Mediteranu (Bačina, Hrvatska). Odabrana su tri načina gospodarenja zemljištem (obrada tla/slama/zatravljeno); na kojima je utvrđeno šest kolektora po tretmanu (18 kolektora) radi utvrđivanja erozije i površinskog otjecanja tla. Kišna simulacija kalibrirana je na jačinu od 58 mm h<sup>-1</sup> u trajanju od 30 min na kolektoru površine 0,785 m<sup>2</sup> (> 30 % vlaga tla). Rezultati pokazuju da zatravljeno tlo i slama smanjuju eroziju tla za 99,8 % i 98,5 % u usporedbi s golim obrađenim tlom. Obrađeni tretman izrazito je neodrživ način korištenja s gubicima tla u visini od 3,94 t ha<sup>-1</sup> u jednom pljusku jakog intenziteta. Najveći ( $p < 0,05$ ) sadržaj organske tvari, srednje veličine strukturnih agregata i stabilnosti agregata zabilježen je na zatravljenom tretmanu. Iako slama nije utjecala na poboljšanje kvalitete tla u odnosu na obrađeni tretman, slama smanjuje ( $p < 0,05$ ) koncentraciju sedimenata u otjecanju, površinsko otjecanje i povećava ( $p < 0,05$ ) infiltraciju u odnosu na obrađeni tretman. Rezultati naše studije pokazali su da obradu tla na istraživanom području treba izbjegavati ili povezati s neposrednim mjerama zaštite poput zastiranja slamom da bi se izbjegla degradacija tla i postigla održivost.

**Ključne riječi:** gubitak tla, gospodarenje tlom, hidrološka promjena, kvaliteta tla, smokvik

### Priznanje

Ovaj rad je podržan od strane Hrvatske zaklade za znanost kroz projekt »Erozija i degradacija-tala Hrvatske« (UIP-2017-05-7834) (SEDCRO).

## Comparison study of straw mulching and grass covering on soil properties and soil erosion in a young vineyard of moderate continental climate

Leon Josip Telak<sup>1</sup>, Igor Bogunovic<sup>1</sup>, Paulo Pereira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Agriculture, University of Zagreb, Zagreb, Croatia, e-mail: ljtelak@agr.hr*

<sup>2</sup>*Environmental Management Laboratory, Mykolas Romeris University, LT-08303 Vilnius, Lithuania*

### Abstract

Agroecosystem sustainability is under a major threat, as management practices degrade soils, leading to the decline of soil productivity, and ultimately to their loss through erosion processes. Human influence is the leading cause of soil degradation and erosion. The research was conducted in Orahovica, Croatia, wherein samples were taken on four selected treatments with different forms of soil management – grass-covered older (GCO), tilled older (TO), mulched younger (MY), and tilled younger (TY) – and 8 rainfall simulations per treatment were performed. The results showed that grass-covering enhanced soil properties, while mulching did not. Grass-covering reduced sediment concentration in the runoff by 86.15%, while mulching reduced it by 54.98%. This resulted in 86.40% lower sediment loss in GCO and 61.94% reduction in MY in addition to tilled treatments. Moreover, GCO and MY treatments observed a substantial decrease in carbon and phosphorous losses in addition to TO and TY, respectively. In the moderate continental climate with high precipitation, grass-covering should be used regularly since it does not reduce soil water content significantly and positively impacts soil properties while reducing soil erosion. Mulching should be used as a conservation measure during establishments of the new vineyards.

**Keywords:** soil management, soil erosion, vineyard, grass-covering, mulching

### Acknowledgments

This paper was supported by the Croatian Science Foundation through the project »Soil erosion and degradation in Croatia« (UIP-2017-05-7834) (SEDCRO).

## Usporedno istraživanje malčiranja slamom i zatravljivanja na svojstva tla i eroziju tla u mladom vinogradu umjereno kontinentalne klime

### Sažetak

Održivost agroekosistema pod velikom je prijetnjom zbog načina upravljanja koji degradiraju tla, vodeći do pada u produktivnosti tala te konačno njihovom gubitku kroz procese erozije. Ljudski utjecaj vodeći je razlog degradaciji i eroziji tala. Istraživanje je provedeno u mjestu Orahovica, Hrvatska, gdje su u mladom vinogradu na odabrana 4 tretmana – zatravljeni stari (GCO), obrađeni stari (TO), malčirani mladi (MY) i obrađeni mladi (TY) – provedena uzorkovanja tla i 8 kišnih simulacija po tretmanu. Rezultati su pokazali da je zatravljivanje poboljšalo svojstva tla, dok malčiranje nije. Zatravljivanje je smanjilo koncentraciju sedimenta u površinskom otjecanju za 86,15 %, dok je malčiranje umanjilo za 54,98 % što je rezultiralo u smanjenju od 86,40 % u gubitku sedimenata u GCO i redukciji od 61,94 % u MY naspram obrađenih tretmana. Sa smanjenjem gubitka sedimenata također smo uočili smanjenje u gubitku ugljika i fosfora u GCO i MY naspram TO i TY. U umjerenoj kontinentalnoj klimi sa visokom količinom oborina, zatravljivanje bi se trebalo koristiti jer ne smanjuje značajno količinu vode u tlu i pozitivno djeluje na svojstva tla dok umanjuje eroziju tla. Malčiranje bi se trebalo koristiti kao konzervacijska mjera tijekom podizanja nasada novih vinograda.

**Ključne riječi:** upravljanje tlom, erozija tla, vinograd, zatravljivanje, malčiranje

### Priznanje

Ovaj rad je podržan od strane Hrvatske zaklade za znanost kroz projekt »Erozija i degradacija tala Hrvatske« (UIP-2017-05-7834) (SEDCRO).

## Laboratory testing of two diatomaceous earths against red flour beetle

Pavo Lucić<sup>1</sup>, Dora Lončar<sup>2</sup>, Marija Ravlić<sup>1</sup>, Anita Liška<sup>1</sup>, Vlatka Rozman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimir Prelog 1, HR-31000 Osijek, Croatia, e-mail: [plucic@fazos.hr](mailto:plucic@fazos.hr)

<sup>2</sup>Student of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

### Abstract

The aim of this study was to determine the insecticidal efficacy of the two diatomaceous earths against red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) on wheat and to determine their optimal dose. Laboratory testing was conducted using three doses (250, 500 and 750 ppm) of two diatomaceous earths: SilicoSec® and Celatom Mn-51®. Wheat (100 g) with moisture content of 14.2% was treated with both diatomaceous earths, respectively, in glass jars (200 ml) followed by the introduction of 20 adults of red flour beetle of different sexes aged 7-21 days. All treatments were set up in four repetitions. The mortality rate of red flour beetle was recorded after 7 and 14 days. Significantly higher mortality rate compared to control treatment was achieved at the 7<sup>th</sup> day of exposure at the highest dose (750 ppm) for both diatomaceous earths. A significantly higher mortality rate was also observed by prolonging the exposure at 750 ppm for Celatom Mn-51® and at 500 ppm for SilicoSec®. The highest mortality rate (81.25%) in treatment with SilicoSec® was achieved with 750 ppm after the 14<sup>th</sup> day of exposure, while the highest mortality rate achieved with Celatom Mn-51 was 55.0% with the same dose and exposure. The results indicate on high efficiency of the investigated diatomaceous earths in suppression of red flour beetle on wheat. Further research is required on the impact on offspring development as well as testing combinations with botanicals for better insecticidal efficacy.

**Key words:** diatomaceous earth, insecticidal efficacy, SilicoSec®, Celatom Mn-51®, red flour beetle



## Laboratorijsko testiranje dvjema dijatomskim zemljama u suzbijanju kestenjastog brašnara

### Sažetak

Cilj istraživanja bio je utvrditi insekticidnu učinkovitost dijatomejskih zemalja u suzbijanju kestenjastog brašnara *Tribolium castaneum* (Herbst) na pšenici te odrediti njihovu optimalnu dozu. Provedeno je laboratorijsko testiranje dijatomejskih zemalja SilicoSec® i Celatom Mn-51® u tri doze (250, 500 i 750 ppm). Pšenica (100 g) s 14,2 % vlage tretirana je sa svakom dijatomejskom zemljom posebno u staklenkama volumena 200 ml, nakon čega je introducirano 20 odraslih jedinki kestenjastog brašnara različitog spola, starosti 7-21 dana. Svi tretmani postavljeni su u četiri ponavljanja. Mortalitet kestenjastog brašnara utvrđen je nakon 7. i 14. dana ekspozicije. Statistički značajno viši mortalitet u odnosu na kontrolu postignut je nakon 7. dana ekspozicije pri najvišoj dozi (750 ppm) objema dijatomejskim zemljama. Produljenjem ekspozicije postignut je statistički značajno viši mortalitet pri dozi od 750 ppm za Celatom Mn-51® i pri 500 ppm za SilicoSec®. Najviši mortalitet (81,25 %) u tretmanu sa SilicoSec® postignut je pri dozi od 750 ppm nakon 14. dana ekspozicije, dok je najviši mortalitet sa Celatom Mn-51 iznosio 55,0 % pri istoj dozi i ekspoziciji. Rezultati ukazuju na visoku učinkovitost istraživanih dijatomejskih zemalja u suzbijanju kestenjastog brašnara. Potrebna su daljnja istraživanja utjecaja na inhibiciju potomstva kao i testiranju kombinacije s botaničkim insekticidima u cilju postizanja poboljšane insekticidne učinkovitosti.

**Ključne riječi:** dijatomejska zemlja, insekticidna učinkovitost, SilicoSec®, Celatom Mn-51®, kestenjasti brašnar

## Section IV



---

---

# **Agroeconomics**

## **Agroekonomija**



## Regionalna obilježja poljoprivrede Jadranske Hrvatske

Mateja Jež Rogelj<sup>1</sup>, Nikolina Crnoja<sup>2</sup>, Lari Hadelan<sup>1</sup>, Ornella Mikuš<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Agronomski Fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimuska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: mrogelj@agr.hr*

<sup>2</sup>*Studentica na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, smjer Agrobiznis i ruralni razvitak*

### Sažetak

Cilj je rada prikazati promjene bruto dodane vrijednosti, korištenih poljoprivrednih površina, ekološke poljoprivrede te obrazovnu i dobnu strukturu nositelja poljoprivrednih gospodarstava područja Jadranske Hrvatske. Ukupna površina korištenog poljoprivrednog zemljišta iznosi 455 813 ha, što je oko 18 % ukupne površine Jadranske Hrvatske. Od toga je 7,77 % ekoloških površina u čijoj strukturi prevladavaju trajni travnjaci. Bruto dodana vrijednost poljoprivrede opada u razdoblju od 2012. do 2017. godine te na kraju promatranog razdoblja iznosi 1.166.730.000 kn. Dobna i obrazovna struktura nositelja obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava nepovoljna je (44,22 % nositelja starije je od 65 godina, a 5,29 % ih je bez završene osnovne škole). U strukturi gospodarstava prema veličini zemljišnog posjeda najveći udio zauzimaju gospodarstva sa 100 i više hektara dok je prosječna veličina gospodarstva 12 ha.

**Ključne riječi:** bruto dodana vrijednost, Jadranska Hrvatska, ekološka poljoprivreda, trajni travnjaci

### Uvod

Hrvatska je podijeljena na dvije statističke regije 2. razine, tzv. NUTS 2 statističke regije: Jadransku Hrvatsku, koja obuhvaća sedam priobalnih županija (Primorsko-goransku, Ličko-senjsku, Zadarsku, Šibensko-kninsku, Splitsko-dalmatinsku, Istarsku te Dubrovačko-neretvansku) te Kontinentalnu Hrvatsku, koja obuhvaća Grad Zagreb i trinaest preostalih županija. Jadranska Hrvatska ima površinu od oko 2,5 milijuna hektara od čega poljoprivredne površine zauzimaju 456 741 ha (DZS, 2019.). Ekološke poljoprivredne površine zauzimaju 7,77 % korištenih poljoprivrednih površina. Struktura poljoprivrede, a tako i način korištenja površina u ekološkoj poljoprivredi, u državama članicama Europske unije i u svijetu razlikuje se ovisno o geologiji, topografiji, klimi i prirodnim resursima, kao i prema raznolikostima regionalnih aktivnosti, infrastrukture i društvenih običaja (Pilipavičius i Grigaliūnas, 2014.). Prakse u ekološkoj proizvodnji općenito imaju pozitivan učinak na okoliš, ali ne nužno i na proizvodnju (Tuomisto i sur., 2015.) jer su prinosi u ekološkoj proizvodnji prosječno 25 % niži od konvencionalnih prinosa (Seufert i sur., 2012.), što dakako ovisi i o vrsti usjeva (Gabriel i sur., 2013.). Osim prirodnih uvjeta, na prostorni raspored poljoprivredne proizvodnje utječu i društveno-ekonomski uvjeti koji predstavljaju određeni korektiv prirodnih čimbenika i određuju stupanj i način njihova korištenja (Grahovac, 2005.). Važnost dobne i obrazovne strukture ogleda se u činjenici da mlađi

i obrazovaniji poljoprivrednici lakše prihvaćaju inovacije koje su ključne za postizanje boljeg financijskog rezultata i veće produktivnosti poljoprivrede (Jež Rogelj i sur., 2019.).

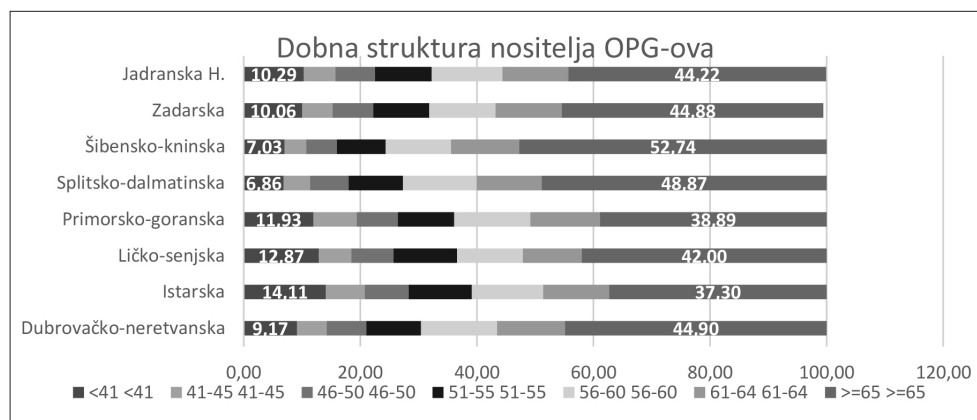
Cilj je rada prikazati obrazovnu i dobnu strukturu nositelja poljoprivrednih gospodarstava, kretanje bruto dodane vrijednosti, korištene poljoprivredne površine i broj gospodarstava prema razredima i strukturu ekološke poljoprivrede Jadranske Hrvatske.

## Materijal i metode

U radu je korištena metoda analize sekundarnih izvora podataka i trend. Izvori su podataka Državni zavod za statistiku (DZS) i Upisnik poljoprivrednika kojeg vodi Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju (APPRRR). Bruto dodana vrijednost poljoprivrede (BDV) računata je za šestogodišnje razdoblje u kojem su dostupni podatci na NUTS 2 razini (2012. – 2017.). Analiza ekološke poljoprivrede izrađena je za trogodišnje razdoblje (2016. – 2018.) jer podatci na razini NUTS 2 za ranije godine nisu dostupni. Korištene poljoprivredne površine i broj gospodarstava prema razredima prikazani su za razdoblje od 2007. do 2016. godine.

## Rezultati i rasprava

Dobna struktura nositelja obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava (OPG-ova) u Jadranskoj Hrvatskoj nepovoljna je. Čak 44,22 % nositelja starije je od 65 godina, dok ih je tek 10,29 % mlađe od 41 godine (Grafikon 1.). Promatrajući na županijskoj razini, najnepovoljnija je dobna struktura nositelja OPG-ova u Šibensko-kninskoj, a najbolja u Istarskoj županiji. Za usporedbu, u EU-27 oko 30 % poljoprivrednika starije je od 65 godina, dok ih je 6 % mlađe od 35 godina (DG Agriculture and Rural Development, Unit Farm Economics, 2018.).



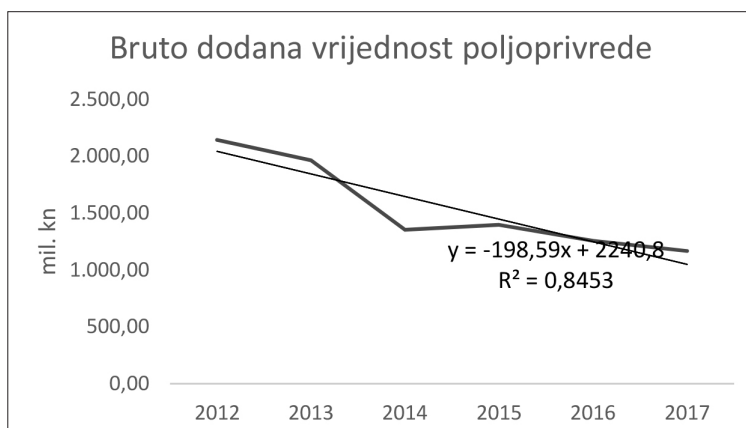
Grafikon 1. Dobna struktura nositelja OPG-ova u Jadranskoj Hrvatskoj u 2018. godini.

Izvor: Izrada autora prema podacima iz Upisnika poljoprivrednika (APPRRR, 2019.)

Podatci o obrazovnoj strukturi u Upisniku poljoprivrednika poprilično su nepotpuni jer se za čak 34,4 % nositelja OPG-ova u Jadranskoj Hrvatskoj ne zna stupanj obrazovanja (APPRRR, 2019.). Pretpostavka je da će se to promijeniti nakon usklađivanja podataka u Agenciji za plaćanja koja je obvezna za sve OPG-ove sukladno Zakonu o OPG-u iz 2019. godine (NN 32/19). Prema dostupnim podacima, 5,29 % nositelja nema završenu osnovnu školu, 15,74 % ih ima

završenu osnovnu, 36,09 % srednju, a 8,49 % fakultet ili višu školu. Kao i kod dobne strukture, obrazovna je struktura najlošija u Šibensko-kninskoj županiji, dok je najbolja u Primorsko-goranskoj (APPRRR, 2019.).

Bruto dodana vrijednost poljoprivrede u Jadranskoj Hrvatskoj u razdoblju od 2012. do 2017. godine ima negativan trend (Grafikon 2.), što je na prvi pogled nespojivo s činjenicom da se površina korištenog poljoprivrednog zemljišta u razdoblju između 2010. i 2013. godine udvostručila (Tablica 1.). Detaljnijom analizom odnos BDV-a i korištenih poljoprivrednih površina postaje jasniji jer se povećanje gotovo isključivo odnosi na površine pod trajnim travnjacima. Tako je BDV po ha korištenog poljoprivrednog zemljišta u 2013. iznosila 4.197,50 kn, dok je taj iznos u 2016. godini pao na 2.686,34 kn/ha.



Grafikon 2. Bruto dodana vrijednost poljoprivrede u Jadranskoj Hrvatskoj u razdoblju od 2012. do 2017. godine

Izvor: Izrada autora prema podacima DZS-a (2020.)

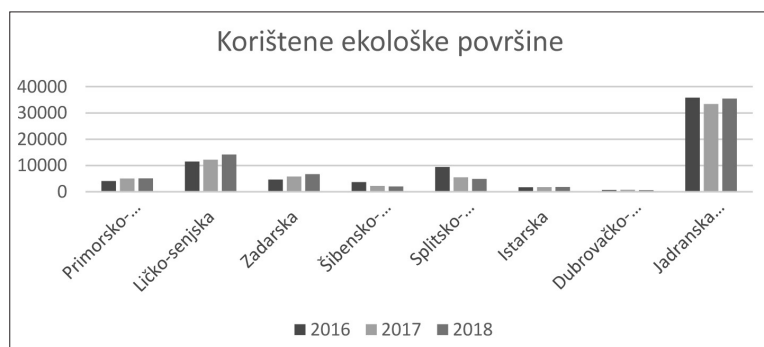
Promatrajući korištenu poljoprivrednu površinu i broj gospodarstava prema razredima korištene poljoprivredne površine neupućeni bi mogli pomisliti da se u Jadranskoj Hrvatskoj protežu nepregledne ravnice jer prema podacima DZS-a (2020.c) prevladavaju posjedi veličine preko 1700 ha (306 061 ha korištenih poljoprivrednih površina u posjedu 176 gospodarstava) (Tablica 1). Realnost je ipak daleko drugačija jer su to većinom trajni travnjaci za koje se ostvaruju potpore, a proizvodnja je minimalna ili u većini slučajeva nepostojeća, što je vidljivo iz već ranije prikazanog smanjenja BDV-a. Najveći udio tih površina nalazi se u Ličko-senjskoj županiji (26,86 %), a najmanji u Dubrovačko-neretvanskoj (3,95 %). Iz Tablice 1. vidljivo je kako su se korištene površine u kategoriji 100 ha i više između 2010. i 2013. godine povećale za više od 18 puta. Prosječna veličina poljoprivrednog gospodarstva je tako s 4,05 ha u 2010. godini narasla na 12 ha u 2016. godini.

Tablica 1. Korištena poljoprivredna površina i broj gospodarstava prema razredima korištene poljoprivredne površine u Jadranskoj Hrvatskoj u razdoblju od 2007. do 2016. godine.

	2007.		2010.		2013.		2016.	
	Korištena polj. površina (ha)	Broj PG	Korištena polj. površina (ha)	Broj PG	Korištena polj. površina (ha)	Broj PG	Korištena polj. površina (ha)	Broj PG
Ukupno	114.720	36.590	220.380	54.410	467.420	37.000	467.550	38.955
Bez zemlje	-	1.190	-	50	-	80	-	929
<2 ha	18.540	21.850	27.270	31.690	19.280	23.100	18.573	22.067
2 – 4,9 ha	28.210	9.050	37.150	11.680	24.790	8.060	25.272	7.994
5 – 9,9 ha	22.070	3.240	43.860	6.610	18.290	2.670	27.469	4.014
10 – 19,9 ha	8.770	680	33.850	2.610	20.740	1.530	27.753	2.085
20 – 29,9 ha	6.300	270	19.040	830	11.680	520	15.500	647
30 – 49,9 ha	6.170	170	19.260	510	14.520	420	25.471	693
50 – 99,9 ha	3260	60	22.270	380	19.130	280	21.451	350
100 ha i više	21.400	80	17.680	60	338.980	350	306.061	176

Izvor: Izrada autora prema podacima DZS-a (2020.c)

Ekološke poljoprivredne površine zauzimaju 7,77 % korištenih poljoprivrednih površina u Jadranskoj Hrvatskoj u 2018. godini. Najveći udio u strukturi od čak 80 % zauzimaju trajni travnjaci, što je prema Mikuš i sur. (2019.) negativno za ostvarivanje dodane vrijednosti u hrvatskoj poljoprivredi, ali povoljno utječe na okoliš. Pozitivan učinak na okoliš u ovom je slučaju također upitan, ili prije neutralan, jer se u praksi trajni travnjaci uglavnom ne tretiraju mineralnim gnojivima ni kemijskim zaštitnim sredstvima te je svejedno jesu li oni konvencionalni ili ekološki. Mogući je razlog povećanju površina pod trajnim travnjacima koji navode Mikuš i sur. (2019.) privlačan iznos potpora od 102 do 309,94 EUR/ha godišnje. Nadalje, Gugić i sur. (2017.) navode kako je vjerojatni razlog povećanja ekoloških trajnih travnjaka manje zahtjevna implementacija ekološkog sustava gospodarjenja u toj kategoriji poljoprivrednog zemljišta, s čime se ne možemo složiti jer implementacije ekološkog sustava na trajnim travnjacima gotovo da i nema.



Grafikon 3. Ukupno korištene ekološke površine (u prijelaznom razdoblju i završeno) po županijama u Jadranskoj Hrvatskoj u razdoblju od 2016. do 2018. godine.

Izvor: Izrada autora prema podacima DZS-a (2020.b)

Najveći pad površina pod ekološkom poljoprivredom u promatranom razdoblju zabilježen je u Splitsko-dalmatinskoj županiji i posljedica je pada površina pod trajnim travnjacima za čak 54,5 % (Grafikon 3.). To je zemljište koje je bilo u prijelaznom razdoblju na ekološku poljoprivredu, ali nakon prijelaznog razdoblja nije postalo ekološko.

## Zaključak

Dobna i obrazovna struktura loša je u Jadranskoj Hrvatskoj. BDV poljoprivrede u padu je unatoč znatnom povećanju korištenih poljoprivrednih površina. Razlog je tome povećanje površina pod trajnim travnjacima na kojima nema proizvodnje. Povećanje površina pod trajnim travnjacima ili, bolje rečeno, njihovo uključivanje u sustav potpora dovelo je do enormnog rasta površina u kategoriji gospodarstava sa 100 i više hektara gdje je prosječna veličina gospodarstva oko 1700 ha dok je na razini Jadranske Hrvatske prosječna veličina gospodarstva u 2016. godini 12 ha. Ekološka poljoprivreda se također bazira na površinama pod trajnim travnjacima te se može pretpostaviti da je prevladavajući motiv bavljenja ekološkom poljoprivredom novac koji se ostvaruje kroz potpore, a rezultata u vidu ekoloških proizvoda gotovo da i nema.

## Napomena

Ovaj je rad nastao na temelju završnog rada studentice Nikoline Crnoje pod nazivom Regionalna obilježja poljoprivredne proizvodnje Jadranske Hrvatske obranjenog 5. rujna 2019. godine na Agronomskom fakultetu u Zagrebu pod mentorstvom dr.sc. Mateje Jež Rogelj.

## Literatura

1. Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju (2019): Upisnik poljoprivrednika, stanje na dan 31.12.2018. <https://www.apprrr.hr/upisnik-poljoprivrednika/> (7.1.2020.)
2. DG Agriculture and Rural Development, Unit Farm Economics (2018): Farm structures. [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/farm-structures\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/farm-structures_en.pdf). (18.2.2020.)
3. Državni zavod za statistiku (2020a): Bruto dodana vrijednost poljoprivrede. <http://www.dzs.hr/PXWeb/sq/0e56e9f8-da07-4b2e-b135-7083a9c3185d> (17.2.2020.)
4. Državni zavod za statistiku (2020b): Ekološka poljoprivreda NUTS 2 razina. <http://www.dzs.hr/PXWeb/sq/7cf21bb5-fc57-40ca-a1d7-bb2ea74fe48f>. (17.2.2020.)
5. Državni zavod za statistiku (2020c): Korištena poljoprivredna površina prema razredima korištene poljoprivredne površine. <http://www.dzs.hr/PXWeb/sq/43b39371-9e40-4af6-914a-548ce52be2c0>. (18.2.2020.)
6. Državni zavod za statistiku (2019): Korištene poljoprivredne površine prema načinu korištenja NUTS 2 razina. <http://www.dzs.hr/PXWeb/sq/59450801-6fc6-46a6-827c-88946379829a> (20.2.2020.)
7. Gabriel, D., Sait, S. M., Kunin, W.E., Benton T.G. (2013): Food production vs. biodiversity: comparing organic and conventional agriculture. *Journal of Applied Ecology*, 50, 355–364.
8. Grahovac, P. (2005): Regionalne značajke uvjeta razvoja hrvatske poljoprivrede. *Zbornik Ekonomskog fakulteta u Zagrebu*, 3, 133-152.
9. Jež Rogelj, M., Hadelan, L., Kovačiček, T., Mikuš, O. (2019): Obrazovanost kao preduvjet inovativne poljoprivrede. *Agroeconomia Croatica*, 9 (1), 81-90.
10. Narodne novine (2019): Zakon o obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu, (NN 32/19)
11. Mikuš, O., Ravlić, M., Hadelan, L., Jež Rogelj, M., Ljubaj, T. (2019): Uloga poljoprivredne politike u odnosu poljoprivrede i okoliša. *Zbornik radova 54. hrvatskog i 14. međunarodnog simpozija agronoma*, (ur. B. Mioč, I. Širić), Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 143-147.

12. Gugić, J., Grgić, I., Dobrić, B., Šuste, M., Džepina, M., Zrakić, M. (2017): Pregled stanja i perspektiva razvoja ekološke poljoprivrede u Republici Hrvatskoj. *Glasnik zaštite bilja* 44 (3), 20-30.
13. Pilipavičius, V., Grigaliūnas, A. (2014): Lithuanian Organic Agriculture in the Context of European Union, *Organic Agriculture Towards Sustainability*, (ed. V. Pilipavicius).
14. Seufert, V., Ramankutty, N., Foley, J.A. (2012): Comparing the yields of organic and conventional agriculture, *Nature*, 485, 229–232.
15. Tuomisto, H.L., Hodge, I.D., Riordan, P., Macdonald, D.W. (2012): Does organic farming reduce environmental impacts? – A meta-analysis of European research, *Journal of Environmental Management*, 112: 309-320. DOI:10.1016/j.jenvman.2012.08.018

## Regional characteristics of agriculture in Adriatic Croatia

### Abstract

The aim of this paper is to present changes in gross value added utilized agricultural areas, organic agriculture, as well as the educational and age structure of farmers in Adriatic Croatia. The total surface area of utilized agricultural land is 455 813 ha, which is about 18% of the total area of Adriatic Croatia. 7.77% of the aforementioned land is organic agriculture with permanent grassland. Gross value added of agriculture declined in the period from 2012 to 2017 and at the end of the observed period it amounted to HRK 1,166,730,000. The age and educational structure of farmers is unfavourable (44.22% of holders are older than 65, and 5.29% of them are without primary school education). Considering the structure of farms by size of land ownership, the largest share is occupied by farms of 100 or more hectares, while the average size of farms is 12 ha.

**Keywords:** Adriatic Croatia, gross value added, organic agriculture, permanent grassland



## Prirodni resursi i gospodarska razvijenost zemalja

Lari Hadelan<sup>1</sup>, Gabrijel Matešić<sup>2</sup>, Ornella Mikuš<sup>1</sup>, Mateja Jež Rogelj<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, HR-10000 Zagreb,  
e-mail: lhadelan@agr.hr*

<sup>2</sup>*Student na diplomskom studiju Agrobiznis i ruralni razvitak,  
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet*

### Sažetak

Cilj rada bio je odrediti doprinos prirodnih resursa gospodarskom razvoju zemalja Europske unije. Deskriptivnom metodom opisan je fenomen »prokletstva prirodnih resursa« prema kojem su zemlje bogate prirodnim resursima uglavnom gospodarski nerazvijene. Korelacijskom analizom na primjeru članica EU28 utvrđena je negativna korelacija između raspoloživosti poljoprivrednog zemljišta i bogatstva šumskih površina s gospodarskim razvojem. Nije utvrđena korelacija između raspoloživih obnovljivih zaliha slatke vode i gospodarske razvijenosti. Istraživanje je potvrdilo da prirodni resursi u suvremeno doba ne mogu biti najvažniji oslonac gospodarskih aktivnosti i gospodarskog razvoja.

**Ključne riječi:** prirodni resurs, gospodarski razvoj, prokletstvo prirodnih resursa

### Uvod

Raspoloživost odgovarajućih količina i kvaliteta razvojnih resursa jedan je od preduvjeta gospodarskog razvoja svake države. Samuelson i Nordhaus (2011.) navode četiri razvojna čimbenika nužna za gospodarski razvoj društva: (a) ljudski resursi, (b) prirodna dobra, (c) akumulacija kapitala i (d) tehnologija. Dok raspoloživost kvalitetnih ljudskih i kapitalnih resursa nedvojbeno doprinosi gospodarskom rastu i razvoju (Gillis i sur., 1992.), utjecaj prirodnih resursa nije jednoznačan.

Svjetska trgovačka organizacija (WTO, 2010.) definirala je prirodne resurse kao dobra koje postoje u prirodnom okruženju i koja se ekonomski iskorištavaju u proizvodnji ili potrošnji, bilo u njihovom sirovom obliku ili nakon obrade.

Prirodni resursi predstavljaju prirodna bogatstva neke države koja imaju određenu gospodarsku vrijednost te mogu biti važan dio njezine ukupne gospodarske aktivnosti. U prirodne se resurse ubraja poljoprivredno zemljište (kao osnova za proizvodnju hrane), sve vrste voda (za piće, navodnjavanje poljoprivrednih kultura, promet, proizvodnju energije, ribolov i akvakulturu), šume te nalazišta mineralnih sirovina (nafte, plina, ugljena).

Božić (2015.) raspoloživost prirodnih resursa navodi kao stratešku razvojnu prednost svake države. Tako nešto nalaže i ekonomska logika obzirom da bi, barem sukladno teoriji korisnosti, veća površina poljoprivrednog zemljišta trebala rezultirati većim poljoprivrednim outputom, veće šumsko bogatstvo trebalo bi biti povezano s većom proizvodnjom namještaja, a vodeni

resursi dovesti do visokog udjela navodnjavanih površina i, posljedično, značajne proizvodnje povrća i drugih intenzivnih kultura. Ipak, gospodarska situacija u nekim od prirodnim resursima najbogatijih zemalja svijeta ukazuje na drugačije zaključke. Venezuela i Nigerija primjeri su zemalja s bogatim nalazištima ruda čije je stanovništvu na dnu ljestvica s pokazateljima gospodarskog razvoja. Richard Auty (Auty i Warhurst 1993.) autor je izraza »prokletstvo prirodnih resursa« kojim je opisao situacije u kojima države s obiljem prirodnih resursa ne koriste iste za gospodarski razvoj (Biondić, 2016.). Gylfason (2006.) na primjeru 86 zemalja za razdoblje od 1965. do 1997. dokazao je negativnu korelaciju između gospodarskog rasta i udjela prirodnih resursa u nacionalnom bogatstvu.

Ciljevi ovog rada jesu:

1. opisati i objasniti paradoks prokletstva prirodnih resursa,
2. prikazati sastavnice prirodnog bogatstva Hrvatske,
3. utvrditi statističku povezanost raspoloživog poljoprivrednog zemljišta, šumskih površina i vodenih resursa s gospodarskom razvijenošću država Europske unije.

## Metode rada

U radu su korištene deskriptivna metoda i korelacijska analiza. Deskriptivnom metodom opisana je razvojna uloga prirodnih resursa u odnosu na kapitalne i ljudske resurse te su objašnjeni uzroci prokletstva prirodnih resursa. Korelacijskom analizom određena je statistička povezanost između raspoloživosti prirodnih resursa odabranih zemalja i njihovog gospodarskog razvoja. Podaci o poljoprivrednom zemljištu, površinama pod šumama, vodenim resursima kao i pokazatelji gospodarske razvijenosti zemalja preuzeti su iz statističkog ureda Europske unije (EUROSTAT).

## Rezultati rada

### *Prokletstvo prirodnih resursa*

Za zemlje u razvoju prirodna bogatstva su najvažniji izvor gospodarskih aktivnosti, posebice u području poljoprivrede i ostalih djelatnosti temeljenih na prirodnim resursima (Gylfason i Zoega, 2002.). S druge strane, orijentacija država na eksploataciju prirodnih resursa kao okosnice gospodarskog rasta najčešće vodi u gospodarsku stagnaciju i zaostajanje. Oslanjanjem na prirodne resurse države zapostavljaju druge čimbenike razvoja, a prirodna bogatstva trajni su uzroci ratnih sukoba i političke nestabilnosti te plodno tlo za razvoj koruptivnih oblika ponašanja vodećih elita. Business Insider (2012.) sastavio je ljestvicu deset prirodnih resursima najbogatijih zemalja svijeta. Među njima je Venezuela čija je vrijednost prirodnih resursa procijenjena na 14,3 bilijuna dolara ponajviše zahvaljujući zalihama nafte. Venezuela je istovremeno prema ljudskom razvojnom indeksu na 96. mjestu od 189 zemalja s kroničnim nedostatkom hrane, lijekova i drugih životno važnih namirnica. Drugi primjer države bogate prirodnim resursima je Nigerija u kojoj 96 milijuna stanovnika odnosno polovica svih državljana živi ispod granice apsolutnog siromaštva (World Data Lab's Poverty Clock, 2020.). S druge strane postoje i države bez obilja prirodnih resursa, poput Japana i Singapura, koje su nedostatak prirodnih bogatstava kompenzirale ulaganjem u tehnologiju i ljudske resurse što je rezultiralo visokim stopama gospodarskog rasta i gospodarskom razvijenošću.

Jedna od posljedica ovisnosti o prirodnim resursima je i »nizozemska bolest« koja ukazuje na oslanjanje i ovisnost države o jednoj gospodarskoj aktivnosti koja stavlja u podređenu poziciju ostale gospodarske grane, izaziva aprecijaciju domaće valute te otežava izvozne aktivnosti

drugih dijelova gospodarstva. Naziv pojave povezan je s otkrićem nalazišta plina u Nizozemskoj 1959. godine koje je izazvalo slijevanje stranih valuta u ulaganja u eksploataciju nalazišta, rast potražnje i aprecijaciju nizozemskog guldena uz poskupljenje ostale izvozne robe, prvenstveno tulipana. Često se ističe da ovisnost hrvatskog gospodarstva o turizmu ima odlike nizozemske bolesti, dovodi do odljeva radnika iz drugih sektora u turistički i izaziva jačanje kune u ljetnim mjesecima što otežava izvoz ostalih proizvoda.

Hrvatska se ubraja među bogatije države u Europi obzirom na prirodne resurse i prirodne uvjete. To je službeno potvrdila studija »Hrvatska prirodna bogatstva – zaštita i odgovorni razvoj« (2016.). Studiju koja predstavlja inventarizaciju prirodnih bogatstava Hrvatske izradio je Odbor za zaštitu dobara od nacionalnog interesa Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti. Neki od zaključaka iz ove studije su sljedeći:

- vrijednost poljoprivrednog zemljišta Republike Hrvatske je oko 10 milijardi američkih dolara
- vrijednost šuma i šumskog zemljišta u Hrvatsko iznosi oko 6,9 milijardi dolara,
- prema bogatstvu pitkih i površinskih voda po stanovniku Hrvatska je među vodećim državama u Europi.

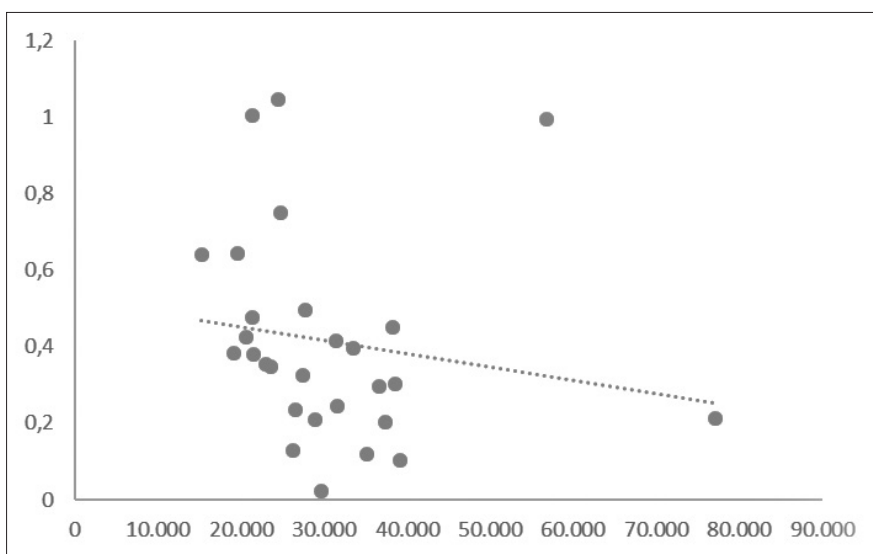
### *Povezanost prirodnih resursa i gospodarskog razvoja*

U predmetnom radu analizirana je korelacija između prirodnih resursa i ukupnog gospodarskog razvoja zemalja Europske unije.

Konkretno, izračunat je Spearmanov koeficijent korelacije ( $r_s$ ) i pripadajuća vjerojatnost ( $p$ ) za sljedeće relacije:

*a. korištene poljoprivredne površine po stanovniku i bruto domaći proizvod po stanovniku iskazan po paritetu kupovne moći*

U EU28 u 2016. godini ukupno je korišteno oko 173 milijuna ha poljoprivrednog zemljišta. Uz ukupno 513,4 milijuna stanovnika Unije prosječno se koristi 0,34 ha po stanovniku. Naj-



Grafikon 1. Povezanost korištenog polj. zemljišta ( $Y - ha/st.$ ) i razvijenosti ( $X - BDP/st.$ )

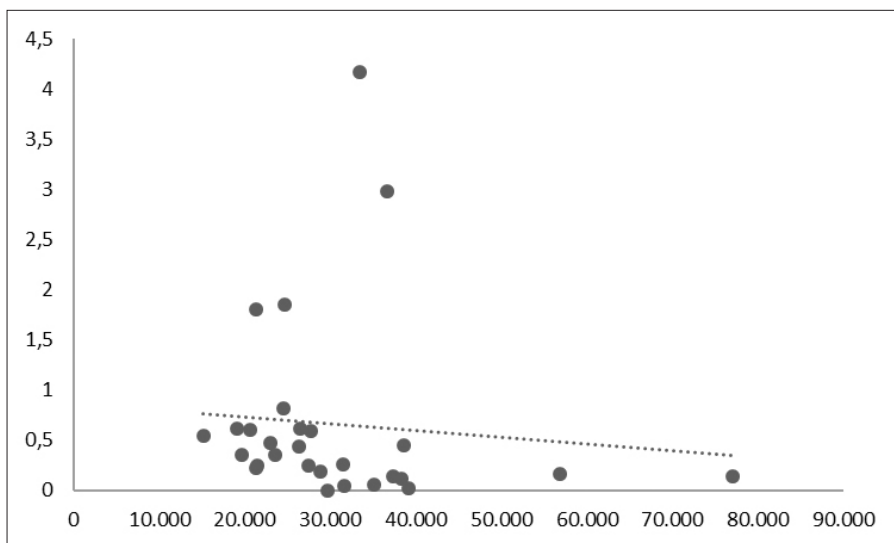
manje raspoloživih hektara nalazi se među gospodarski najrazvijenijim državama članicama (Nizozemska 0,10 ha/st., Belgija 0,12 ha/st.). Najviše poljoprivrednog zemljišta imaju na raspolaganju stanovnici baltičkih država (Litva 1,05 ha/st., Letonija 1,00 ha/st.). U Hrvatskoj se po stanovniku koristi 0,38 ha što je blizu prosjeka Unije.

Izračunom Spearmanovog koeficijenta korelacije utvrđena je statistički značajna ( $p < 0,05$ ) i negativna korelacija između korištenih poljoprivrednih površina i gospodarske razvijenosti zemalja. Ista je prikazana primjenom dijagrama raspršenja (Grafikon 1.). Države s manje raspoloživog poljoprivrednog zemljišta po stanovniku u prosjeku su pretežito ekonomski razvijenije članice EU-a.

*b. šumske površine po stanovniku i bruto domaći proizvod po stanovniku iskazan po paritetu kupovne moći*

Prema podacima Eurostata u 2015. godini na području EU28 ukupne površine pod šumama iznosile su oko 182 milijuna hektara odnosno 0,35 ha po stanovniku. Najviše šuma po stanovniku nalazi se u Finskoj (4,17 ha/st.) i Estoniji (1,85 ha/st.) dok s najmanje šuma raspolažu stanovnici Nizozemske (0,02 ha/st.), Belgije (0,06 ha/st.) i Danske (0,11 ha/st.). Hrvatska pripada vodećim državama EU-a prema ovom pokazatelju s 0,61 ha šuma po stanovniku.

Izračunom Spearmanovog koeficijenta korelacije utvrđena je statistički značajna ( $p < 0,05$ ) i negativna korelacija između šumskih površina i gospodarske razvijenosti zemalja, prikazana dijagramom raspršenja (Grafikon 2.). Države s manje šumskih površina po stanovniku u prosjeku su ekonomski razvijenije članice EU-a.



Grafikon 2. Povezanost površina pod šumama ( $Y$  – ha/st.) i razvijenosti ( $X$  – BDP/st.)

*c. obnovljive zalihe vodenih resursa po stanovniku i bruto domaći proizvod po stanovniku iskazan po paritetu kupovne moći*

Kao i na primjeru zemljišnih i šumskih resursa, podaci o obnovljivim zalihama slatke vode za pojedine članice Europske unije preuzeti se iz Eurostatove baze. Obnovljive zalihe slatke vo-

de predstavljaju godišnje otjecanje vode iz padalina, nadzemnih i podzemnih riječnih tokova. Prema podacima o vodenim resursima za 2015. godinu, Finska je vodeća država Unije u kojoj je svakom stanovniku države u prosjeku dostupno 27,3 tisuće kubnih metara obnovljivih zaliha slatke vode. Odmah iza Finske nalazi se Hrvatska s 27,1 tisuća m<sup>3</sup> po stanovniku. S druge strane Češka, Njemačka i Portugal zemlje su s najmanjim zalihama obnovljivih vodenih resursa. Izračunom Spearmanovog koeficijenta nije utvrđena statistička značajna povezanost između obnovljivih vodenih resursa i gospodarske razvijenosti u EU28 ( $p > 0,05$ ).

Tablica 1. Povezanost između prirodnih resursa i gospodarske razvijenosti u EU28 (BDP/st PPK)

Prirodni resurs	Koeficijent korelacija s pokazateljima (R <sub>s</sub> )	Razina značajnosti (p)
Korištene poljoprivredne površine po stanovniku	-0,45436	0,01514*
Šumske površine po stanovniku	-0,45935	0,01393*
Obnovljive zalihe vodenih resursa po stanovniku	-0,07146	0,76466

Izvor: izračun autora prema podacima Eurostata

Sumarni izračuni korelacija prikazani u Tablici 1., ukazuju da od tri promatrana prirodna resursa negativna povezanost postoji između gospodarske razvijenosti članica EU i korištenog poljoprivrednog zemljišta odnosno raspoloživih šumskih površina. Istovremeno, nije utvrđena povezanost gospodarske razvijenosti i raspoloživih vodenih resursa u članicama Europske unije.

## Zaključak

Rezultati rada uglavnom potvrđuju fenomen »prokletstva prirodnih resursa«. Bogatstvo prirodnih resursa članica Europske unije u negativnoj je korelaciji s njihovom gospodarskom razvijenošću. Slaba, ali statistički značajna korelacija utvrđena je uparivanjem raspoloživih poljoprivrednih površina i površina šuma s pokazateljem gospodarske razvijenosti. Od tri promatrana prirodna resursa jedino kod vodenih resursa nije utvrđena korelacija s gospodarskom razvijenošću zemalja. Rezultati rada ukazuju na to da Hrvatska, koja obzirom na prirodne resurse pripada bogatim državama Europske unije, svoj daljnji gospodarski razvoj ne može temeljiti isključivo na njima već na ulaganju u ljudske i tehnološke resurse kao glavne nositelje gospodarskog razvoja u svijetu u proteklih pedesetak godina. Prirodni resursi mogu biti generator razvoja zemalja, ali ne kao prevladavajući nego katalizirajući razvojni čimbenik.

## Literatura

1. Auty, R. Warhurst, A. (1993): Sustainable development in mineral exporting economies. *Resources Policy*, 19 (1), 14-29.
2. Biondić, D. (2016): Predstavljaju li hrvatski šumski resursi umjesto blagodati »prokletstvo resursa«, *Šumarski list*, 3-4, 70.
3. Božić, I. (2015): Prirodni resursi i hrvatsko gospodarstvo, završni rad, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli Fakultet ekonomije i turizma »Dr. Mijo Mirković«
4. Business Insider (2012): The World's Most Resource-Rich Countries, preuzeto s <https://www.businessinsider.com/the-worlds-most-resource-rich-countries-2012-7#10-venezuela-1> (15.2.2020.)
5. Eurostat: (1) Utilised Agricultural Area (2) Area of wooded land, (3) Fresh water resources per inhabitants, preuzeto s <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/> (10.2.2020.)

6. Gillis, M., Perkins, D. H., Roemer, M., Snodgrass, D. R. (1992): Economics of development (No. Ed. 3). WW Norton & Company, Inc.
7. Gylfason, T. (2006): Natural resources and economic growth: From dependence to diversification. Economic liberalization and integration policy, 201-231.
8. Gylfason, T., Zoega, G. (2002): Natural Resources and Economic Growth: The Role of Investment. Central Bank of Chile Working Papers, 1-52.
9. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti (2016): Hrvatska prirodna bogatstva i kulturna dobra: zaštita i odgovorni razvoj, ur. Velimir Neidhard, HAZU. Zagreb
10. Samuelson, P.A., Nordhaus, W.D. (2011): Ekonomija 19. izdanje. Mate Zagreb.
11. World Data Lab's Poverty Clock, (2020): People in the world living in extreme poverty, preuzeto s <https://worldpoverty.io/headline/> (20.2.2020)
12. World Trade Organization (n.d.): World Trade Report 2010 – Trade in natural resources, preuzeto s [https://www.wto.org/english/res\\_e/booksp\\_e/anrep\\_e/world\\_trade\\_report10\\_e.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/anrep_e/world_trade_report10_e.pdf) (15.2.2020.)

## Natural resources and economic development of countries

### Abstract

The aim of the paper was to determine the contribution of natural resources to the economic development of EU countries. The descriptive method describes the phenomenon of the »curse of natural resources« according to which countries rich in natural resources are mostly economically underdeveloped. Correlation analysis on the example of EU28 members found a negative correlation between the availability of agricultural land and the richness of forest areas with economic development. No correlation was found between available renewable fresh water supplies and economic development. The study confirmed that natural resources in modern times may not be the most important pillar of economic activity and economic development.

**Key words:** natural resource, economic development, natural resource curse

## Agrookolišne mjere Zajedničke poljoprivredne politike EU: postižu li okolišne ili socioekonomske učinke?

Ornella Mikuš<sup>1</sup>, Branka Šakić Bobić<sup>2</sup>, Domagoj Vrtar<sup>3</sup>, Željka Mesić<sup>4</sup>,  
Lari Hadelan<sup>1</sup>, Mateja Jež Rogelj<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za agrarnu ekonomiku i ruralni razvoj  
Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska, e-mail: omikus@agr.hr

<sup>2</sup>Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za menadžment i ruralno poduzetništvo  
Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska

<sup>3</sup>Student na studiju Agrobiznis i ruralni razvitak Sveučilište u Zagrebu,  
Agronomski fakultet Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska

<sup>4</sup>Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za marketing u poljoprivredi  
Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska

### Sažetak

Ciljevi su rada ustanoviti učinke koje ostvaruju agrookolišne mjere Zajedničke poljoprivredne politike Europske unije te utvrditi čimbenike koji utječu na odluku poljoprivrednika da se uključe u provedbu. Rezultati su pokazali da pozitivni učinci na okoliš ovise o regiji koja se promatra i izostaju na područjima intenzivne poljoprivrede. Zainteresiranost poljoprivrednika da se uključe najčešće raste ako uz manja ulaganja kroz mjeru ostvaruju pravo na veću potporu.

**Ključne riječi:** agrookolišne mjere, čimbenici, poljoprivrednici, učinci, ZPP

### Uvod

Mnoge poljoprivredne prakse vrše pritisak na okoliš, što dovodi do erozije tla, nestašice vode i zagađenja te do gubitka staništa divljih životinja i bioraznolikosti. Agrookolišne mjere Zajedničke poljoprivredne politike (ZPP) zamišljene su kao mehanizam koji će poljoprivrednicima nadoknaditi gubitak prihoda povezan s odgovarajućim, manje intenzivnim praksama na ekološki osjetljivijim područjima. Njihova se uloga mijenjala tijekom reformi ZPP-a. Inicijalno su bile namijenjene smanjivanju gnojidbe i sredstava za zaštitu bilja, zaštiti ugroženih staništa i krajolika. S vremenom je naglasak stavljen na prevenciju gubitka vrsta, posebno ptica na poljoprivrednim staništima, da bi u novije vrijeme središte interesa bilo poboljšanje i održavanje usluga ekosustava, poput oprašivanja i biološke kontrole (Batary i sur., 2015.) te klimatske promjene.

Potpota za agrookolišne mjere u razdoblju 2014. – 2020. iznosi oko 20 milijardi eura, tj. 7 % ukupnog proračuna ZPP-a (Früh-Müller i sur., 2019.). S obzirom na značajne izdatke, važno je preispitivati postižu li mjere okolišne ciljeve i poboljšava li se odnos poljoprivrede i okoliša na način da se zaštiti ili poboljša biološka raznolikost, kvaliteta tla, vode i zraka, zaštiti krajolik, ublaže klimatske promjene ili poboljša prilagodba njima.

Također, poljoprivrednici su glavni nositelji u provođenju mjera i njihova spremnost na dobrovoljno preuzimanje dodatnog angažmana na gospodarstvu ovisi o mnoštvu čimbenika kao što su iznos potpore, složenost administracije, zahtjevnost provedbe mjere u praksi, dob, obrazovanje, poslovni rezultati gospodarstva i dr. (Hejnowicz i sur., 2016.).

Cilj je ovog rada ustanoviti dosadašnje učinke agrookolišnih mjera na okoliš te utvrditi čimbenike koji utječu na odluku poljoprivrednika da se uključe u provedbu agrookolišnih mjera.

## Materijal i metode rada

Korištena metoda, analiza sadržaja sekundarnih izvora obuhvaćala je sljedeće korake: 1) pretraga baze *ISI Web of Science Core Collection* prema sljedećim ključnim riječima: *agri-environment(al) measures, schemes, Common Agricultural Policy (CAP), effect(s), farmer(s), uptake*, 2) odabir radova na način da je od ukupnog broja prikupljenih (124) za potrebe ovog istraživanja prigodno izdvojeno i obrađeno 10 radova u razdoblju od 2013. do 2020. koji obuhvaćaju područja ekonomike/politike i ekologije te 3) podjela radova u dvije skupine od pet radova. Prvu skupinu čine radovi koji tematiziraju učinke agrookolišnih mjera na okoliš, a drugu skupinu čine radovi koji se bave istraživanjem čimbenika koji utječu na odluke poljoprivrednika da kroz mjere dobrovoljno primjenjuju određene prakse korisne za klimu i okoliš.

## Rezultati i rasprava

Okolišni ciljevi postaju sve prisutniji u Zajedničkoj poljoprivrednoj politici (ZPP) od 1975. godine, usporedo s pokušajima EU da riješi problem viškova hrane na tržištu i smanji proračunski teret. Uvođenje mjere potpore područjima s težim uvjetima gospodarenja (eng. *Less Favourable Area*) bilo je dodatno opravdanje kritiziranom iznosu proračuna EU za ZPP (u 1970-tima iznosio je 70 %). Prijelazom u novo desetljeće, 1980-ih, društvo postaje sve osjetljivije na pitanje utjecaja poljoprivrede na okoliš i EU nastoji ponuditi odgovore uvođenjem ograničenja proizvodnje mlijeka, postavljanjem granice na količinu proizvodnje koja se smije poticati (tzv. proračunski stabilizatori) itd.

*MacSharry* reformom 1992. godine uvodi se program ugara (eng. *set-aside*), izravna potpora poljoprivrednicima umjesto dotadašnje potpore proizvodnji, mjere zaštite okoliša, pošumljavanja, ranijeg umirovljenja i potpora diversifikaciji aktivnosti na poljoprivrednom gospodarstvu. Kroz reformu *Agenda 2000* poljoprivredi nastoji se pripisati multifunkcionalna uloga što znači da osim u proizvodnji hrane, igra važnu ulogu i u zaštiti okoliša, krajobraza ruralne vitalnosti i ostalih javnih dobara. Reformom *Mid-term Review 2003* uvedena je višestruka sukladnost, tj. potpora je uvjetovana obvezom poljoprivrednika da zemljište drži u dobrim poljoprivrednim i okolišnim uvjetima. Reformu *Health Check 2008* obilježava ukinuta obveza ugara što je označilo svojevrсни korak unazad zbog gubitka bioraznolikosti, staništa, onečišćenja tla i voda te pojačane emisije štetnih plinova (Mikuš i sur., 2019.). U trenutnom programskom razdoblju 2014. – 2020. po prvi su puta uvedena zelena plaćanja u prvi stup kao obveza za uglavnom velika gospodarstva te mjere prilagodbe ili borbe protiv klimatskih promjena.

Znanstvena istraživanja i stručne studije u sve većem broju analiziraju pozitivne i negativne eksternalije poljoprivrednih praksi i učinkovitost agrookolišnih mjera ZPP-a. Većina literaturnih izvora zemljopisno pripadaju Zapadnoj Europi (npr. Ujedinjeno Kraljevstvo, Njemačka, Švedska, Belgija, Danska), što ujedno ukazuje na neuravnoteženost empirijskih rezultata i izostanak ili vrlo mali broj sličnih analiza za Središnju i Istočnu Europu koju većinom čine novije države članice.



Analiza literature iz područja ekologije i ekonomike obuhvaća navođenje zemljopisnog područja u kojem je istraživanje obavljeno te navođenje teme i najvažnijih zaključaka (Tablica 1). Odabrane reference podijeljene su u dvije skupine. Prva skupina referenci tematizira učinkovitost mjera u postizanju okolišnih ciljeva, dok druga skupina istražuje povod i razloge poljoprivrednika da se uključe u programe agrookolišnih mjera.

Tablica 1. Odabrane reference na temu učinkovitosti agrookolišnih mjera i čimbenika uključenosti poljoprivrednika

Referenca	Zemljopisno područje	Tema i zaključci
Früh-Müller i sur., 2019.	Njemačka	<b>Učinkovitost mjera</b> Značajni prostorni nesklad u korištenju agrookolišnih potpora. Područja s visokim udjelom travnjaka i područja pod Natura 2000 primaju ukupno više potpore od područja s intenzivnom poljoprivredom i značajnim okolišnim pritiskom što ne ispunjava svrhu mjera.
Jitea i Arion, 2015.	Rumunjska	<b>Učinkovitost mjera</b> Agrookolišne potpore su važan čimbenik ekstenzivne poljoprivrede, pozitivno utječu na dohodak poljoprivrednika i potiču poljoprivrednike da ne odustaju od takve proizvodnje.
Leventon i sur., 2017.	Njemačka i Švedska	<b>Učinkovitost mjera</b> Poljoprivredna politika ima ograničeni pozitivni utjecaj na bioraznolikost, jer se provodi na pojedinačnim površinama, plaća se po gospodarstvu, bez poticaja čimbenicima suradnje i promatranja stanja cijelog prostora/krajolika.
Mihok i sur., 2017.	Mađarska	<b>Učinkovitost mjera</b> Pridruživanje EU rezultirao je osnivanjem Natura 2000 mreže, odgovarajućih institucija i jačanjem znanstvenih istraživanja, omogućen je pristup fondovima za očuvanje okoliša što je sve doprinijelo obnovi staništa općenito i nekih značajno ugroženih vrsta biljaka i životinja.
Mouysset, 2014.	Francuska	<b>Učinkovitost mjera</b> U slučaju kad se žele postići visoki ciljevi bioraznolikosti u kombinaciji sa socijalnim učinkom potpora za trajne travnjake je najučinkovitija.
Brodzinska, 2015.	Poljska	<b>Čimbenici učešća poljoprivrednika</b> Poljoprivrednici sudjeluju u mjeri prvenstveno zbog financijske koristi i ako uzgoj poticanih usjeva traži manji input.
Guillem i Barnes, 2013.	Škotska	<b>Čimbenici učešća poljoprivrednika</b> Poljoprivrednici općenito pokazuju brigu za okoliš i troškovi odnosnih aktivnosti su redoviti sastavni dio poslovanja gospodarstva. Potpora ZPP-a nije najvažniji motiv.
Hasler i sur., 2019.	Danska, Estonija, Poljska, Švedska	<b>Čimbenici učešća poljoprivrednika</b> Poljoprivrednici u Estoniji pristali bi na smanjenje gnojidbe pod uvjetom iznosa potpore od 523 eura po ha godišnje, dok bi poljski ugovorili tu mjeru i za 270 eura. Poljoprivrednici u svim promatranim državama osim Švedske radije pristaju na mjeru sjetve međuusjeva nego na ugar. Prije će pristati ući u mjeru ako mogu raskinuti ugovor prije isteka od pet ili 10 godina, bez ili s manjim kaznama.
Hejnowicz i sur., 2016.	Engleska	<b>Čimbenici učešća poljoprivrednika</b> Ulazak ovisi o tome koliko se poslovanjem već uklapaju u zadani obrazac mjere, nisu sklone čitanju priručnika o primjeni mjere, preferiraju razmjenu znanja i savjete stručnjaka iz savjetodavne službe.

Referenca	Zemljopisno područje	Tema i zaključci
Van Herzele i sur., 2013.	Belgija	<p><b>Čimbenici učešća poljoprivrednika</b></p> <p>Poljoprivrednici su prema razlozima sudjelovanja u mjeri razvrstani u šest skupina: oportunisti (već ionako provode određene prakse, a novac je dodatni bonus), proračunati (novac je jedini motiv), kompenzatori (obavljaju određene prakse, a za manji dodatni napor mogu primiti veći iznos), optimizatori (prijavljuju mjere za površine gdje ionako ne mogu imati veći ekonomski učinak od već postignutog), katalizatori (žele postići brzi pozitivni učinak za okoliš bez ulaganja svojeg novca), zbog svojeg ili zadovoljstva okoline.</p>

Izvor: Elaboracija autora

Najvažnija poruka za buduće odluke u poljoprivrednoj politici, koja se provlači kroz zaključke istraživanja odnosi se na nejednaku prostornu učinkovitost agrookolišnih mjera kao i nejednaku spremnost poljoprivrednika da sudjeluju. Također, potpore se prečesto orijentiraju na već zaštićena područja (travnjaci visoke vrijednosti ili Natura 2000), dok za područja intenzivne proizvodnje ne donose značajne pozitivne učinke. Uz to, zaštita okoliša ne može se promatrati za svako gospodarstvo odvojeno jer je to svojstveno politici usmjerenoj na proizvodnju i dohodak, dok su bioraznolikost, ekosustav i klimatske promjene puno složeniji ciljevi te prelaze granice jednog gospodarstva.

U literaturi se često spominje privlačni iznos potpore kao najčešći razlog sudjelovanja poljoprivrednika u agrookolišnim mjerama. To ujedno može značiti i sklonost poljoprivrednika da odaberu mjeru za koju će dobiti najviše novaca, uz najmanja ulaganja, a u kombinaciji s pozitivnim učinkom za okoliš raste i njihovo i zadovoljstvo okoline. U manjoj mjeri postoje regije u EU gdje poljoprivrednici imaju visoko razvijenu svijest o utjecaju poljoprivrede na okoliš te tradicionalno primjenjuju korisne prakse koje su uračunate u troškove poslovanja gospodarstva. Istraživanja istočnih i novijih članica EU govore u prilog ostvarivanju dohodovnog cilja u mjeri da zbog dodatnih prava na plaćanja u okviru ZPP-a poljoprivrednici ne napuštaju gospodarstva i ruralna područja. Mišljenje o visini potpore za uključivanje u pojedinu mjeru razlikuje se s obzirom na regiju/državu kojoj pripadaju. Edukaciju smatraju važnom, ali se radije informiraju usmenom razmjenom znanja i licem u lice sa savjetodavcem.

## Zaključak

Cilj rada bio je ustanoviti učinke agrookolišnih mjera na okoliš te spremnost poljoprivrednika da se uključe u program agrookolišnih mjera. Ukupno gledano, radovi iz područja ekonomike i ekologije upućuju da agrookolišne mjere utječu više na poboljšanje socioekonomskog stanja poljoprivrednika, zbog čega se poljoprivrednici najčešće priključuju. Značajne pozitivne promjene u okolišu zabilježene su u manjoj mjeri. Ipak služe podizanju svijesti i proširenju znanja o potrebi zaštite okoliša prilikom primjene poljoprivredne prakse, osobito kod novih država članica EU.

## Literatura

1. Batary, P., Dicks, L.V., Kleijn, D., Sutherland, W. J. (2015): The role of agri-environment schemes in conservation and environmental management. *Conservation Biology*, 29 (4), 1006-1016.
2. Brodzińska, K. (2015): Problems of Biodiversity Conservation in Polish Agriculture. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 39, 155–169.
3. Früh-Müller, A., Bach, M., Breuer, L., Hotes, S., Koellner, T., Krippes, C., Wolters, V. (2019): The use of agri-environmental measures to address environmental pressures in Germany: Spatial mismatches and options for improvement. *Land Use Policy*, 84, 347-362.
4. Guillem, E. E., Barnes, A. (2013): Farmer perceptions of bird conservation and farming management at a catchment level. *Land Use Policy*, 31, 565-575.
5. Hasler, B., Czajkowski, M., Elofsson, K., Block Hansen, L., Konrad, M. T., Nielsen, H. Ø., Niskanen, O., Nommann, T., Pedersen, A. B., Peterson, K., Poltimae, H., Haggmark Svensson, T., Zagórska, K. (2019): Farmers' preferences for nutrient and climate-related agri-environmental schemes: A cross-country comparison. *Ambio A Journal of the Human Environment*, 48, 1290–1303.
6. Hejnowicz, A. P., Rudd, M. A., White, P. C. L. (2016): A survey exploring private farm advisor perspectives of agri-environment schemes: The case of England's Environmental Stewardship programme. *Land Use Policy*, 55, 240-256.
7. Jitea, M. I., Arion, F. H. (2015): The role of agri-environment schemes in farm economic sustainability from high natural value Transylvanian areas. *Environmental engineering and management journal*, 14 (4), 943-953.
8. Leventon, J., Schaal, T., Velten, S., Dänhardt, J., Fischer, J., Abson, D. J., Newig, J. (2017): Collaboration or fragmentation? Biodiversity management through the common agricultural policy. *Land Use Policy*, 64, 1-12.
9. Mihók, B., Biró, M., Molnár, Z., Kovács, E., Bölöni, J., Erős, T., Standovár, T., Török, P., Csorba, G., Margóczy, K., Báldi, A. (2017): Biodiversity on the waves of history: Conservation in a changing social and institutional environment in Hungary, a post-soviet EU member state. *Biological Conservation*, 211, 67-75.
10. Mikuš, O., Ravlić, M., Hadelan, L., Jež Rogelj, M., Ljubaj, T. (2019): Uloga poljoprivredne politike u odnosu poljoprivrede i okoliša U: Zbornik radova, Mioč, B., Širić, I. (ur.). 54. hrvatski i 14. međunarodni simpozij agronoma, Vodice, 143-147.
11. Mouysset, L. (2014): Agricultural public policy: Green or sustainable? *Ecological Economics*, 102, 15–23.
12. van Herzele, A., Gobin, A., van Gossom, P., Acosta, L., Waas, T., Dendoncker, N., de Frahan, B. H. (2013.): Effort for money? Farmers' rationale for participation in agri-environment measures with different implementation complexity. *Journal of Environmental Management*, 131, 110-120.

## Agri-environmental measures of the Common Agricultural Policy: Do they achieve environmental or socio-economic effects?

### Abstract

The aims of the paper are to identify the effects of the agri-environmental measures of the Common Agricultural Policy of the European Union and to identify the factors that influence the decision of farmers to become involved in implementation. The results showed that the positive environmental effects depend on the region being observed and are absent in the areas of intensive agriculture. The interest of farmers to get involved most often increases if they, through smaller investments through the measure, qualify for more support.

**Key words:** agri-environmental measures, factors, farmers, effects, CAP

# Output and economic indicators of farms covered by FADN survey in Croatia

Ana Crnčan, Jelena Kristić, Sanja Jelić Milković

<sup>1</sup>*Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek., Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia, e-mail: acrnčan@fazos.hr*

## Abstract

The purpose of the Farm Accountancy Data Network (FADN) is to collect output, economic and financial indicators for agricultural production. Four FADN reports were compiled based on data collected from holdings participating in the survey. This paper compares and analyses output and economic indicators for eight main types of farming for 2014, 2015, 2016 and 2017. The number of livestock units and the value of production in pig and poultry sectors increased in 2017 in comparison with the other analysed years. Fruit, olive, wine and grape sectors had the lowest production costs.

**Key words:** Farm Accountancy Data Network, output indicators, value of production, costs

## Introduction

The establishment of the Farm Accountancy Data Network (FADN) in the Republic of Croatia is regulated by the Agriculture Act (Official Gazette no. 118/18). As the relevant authority responsible for the constitution, organisation and professional implementation of the FADN, the Ministry of Agriculture adopted the Ordinance on the Farm Accountancy Data Network (Official Gazette no. 70/15 and 06/18), regulating the manner and conditions of the implementation of the system, the establishing and supervising bodies and the body responsible for the organisation and professional implementation of FADN surveys ([www.fadn.hr](http://www.fadn.hr), 2017). The Agricultural Advisory Service is responsible for FADN organisation and implementation in Croatia. The holders of agricultural holdings provide data on their operations to persons responsible for data collection, who then input them into the Economics Brief. Agricultural holdings are classified into two regions, six size classes and eight types of farming. The fundamental task of the FADN is to provide accounting data from agricultural holdings participating in the survey, whereas the end results, or output data, provide information to different state administration bodies for scientific research purposes, but also to the producers themselves to support them in making business decisions (Crnčan and Ranogajec, 2013). The objective of this paper was to determine selected output and economic indicators based on aggregated results of the Farm Accountancy Data Network over a period of four years.

## Material and methods

The methods of data analysis, synthesis and comparison were used in the production of this paper, using Aggregated Data collected through the FADN from 2014, 2015, 2016 and 2017.

The sample included data from 1,290 agricultural holdings in 2014, 1,335 agricultural holdings in 2015, 1,328 agricultural holdings in 2016, and 1,295 agricultural holdings in 2017. The holdings were classified into eight principal types of farming. The data presented can be considered relevant for application in the entire commercial agricultural holding population. The total Standard Output (SO) of an agricultural holding is the sum of all standard outputs of each individual type of farming practiced by the holding and represents the monetary value of the output at farm-gate price per hectare or per head of livestock. The SO includes sales, agricultural holding consumption, household consumption, and changes in stocks of main products and by-products (crop and livestock), and excludes direct payments, value added tax, and other taxes. An agricultural holding's type of farming is determined by the relative importance of an agricultural activity at the holding and defined quantitatively as the share of the SO of a particular type of farming in the holding's total SO.

## Results and discussion

Agricultural holdings are chosen for participation in the FADN based on a sampling plan (selection plan) that must ensure the representativeness of agricultural holdings in the FADN sample. The size of the representative FADN sample in Croatia was determined by statistical methods based on research data about the structure of agricultural holdings ([www.fadn.hr](http://www.fadn.hr), 2017). In addition, diversity of production lines in the sectors of agricultural holdings participating in the survey must be insured. For this reason, the FADN population is defined based on three criteria: economic size, type of farming, and region (Crnčan et al., 2017). The collected aggregated data are presented in a predefined form encompassing nine thematic tables, one of which covers the sample and the population. In the aggregated results for 2014, 2015, 2016 and 2017, the age of the holders of agricultural holdings is classified into three age groups.

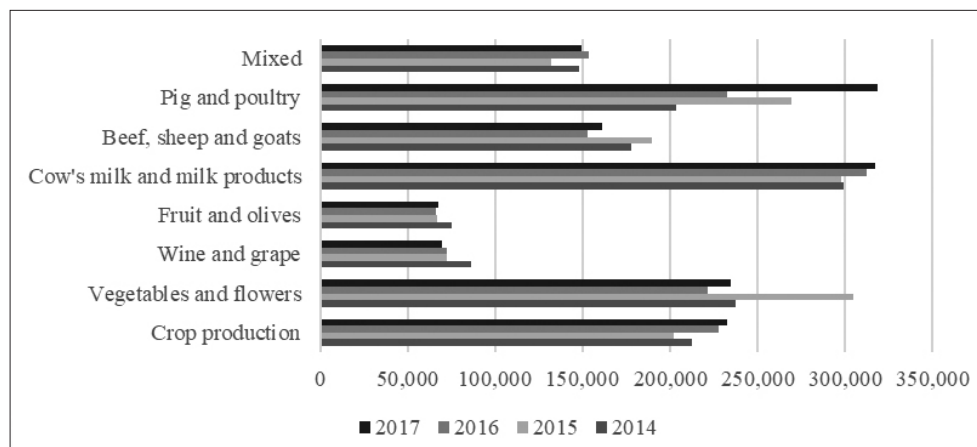
Table 1. Age groups of agricultural producers in the FADN system

Age	2014		2015		2016		2017	
	Population AH	Sample AH	Population AH	Sample AH	Population AH	Sample AH	Population AH	Sample AH
< 40	9,267	147	13,870	198	8,127	119	7,381	112
40–65	66,925	948	71,309	932	78,310	1,141	76,621	1,028
> 65	18,085	195	20,057	205	15,351	168	13,469	155

Source: Compiled by authors based on FADN data ([www.fadn.hr](http://www.fadn.hr), 2020)

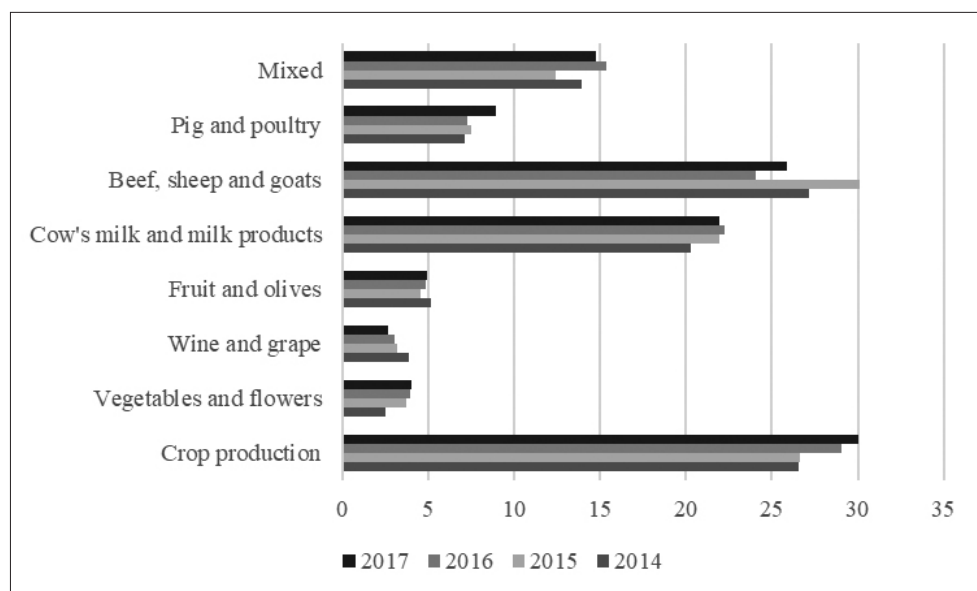
The above table suggests that the majority of the holders of agricultural holdings fall within the group of 40–65 years of age. The number of agricultural producers over 65 years of age is declining after 2015, and the number of agricultural producers under the age of 40 is not increasing despite the fact that such producers should be the basis for the development of agricultural production based on innovation and association. According to the criterion of economic size and typology of agricultural holdings, out of the total of 157,428 agricultural holdings in Croatia, 81,494 (in 21 counties) were covered by the FADN survey (they are the FADN population). The economic size of an agricultural holding is defined based on the total value of production of the agricultural holding, which makes the sum of all Standard Outputs (SO) of each individual type of farming present at the agricultural holding, and which represents the monetary value of the agricultural product at farm-gate prices, not including state aids and taxes. In crop production, the SO refers to one hectare or 100 m<sup>2</sup> for mushrooms, and in cattle

production it refers to one livestock unit, 100 heads of poultry, or one bee hive ([www.FADN.hr](http://www.FADN.hr)). Graph 1 presents the economic size of the agricultural holdings participating in the FADN survey in 2014, 2015, 2016 and 2017.



Graph 1. Economic size (HRK) by types of agricultural holdings

Source: Compiled by authors based on FADN results ([www.fadn.hr](http://www.fadn.hr), 2020)

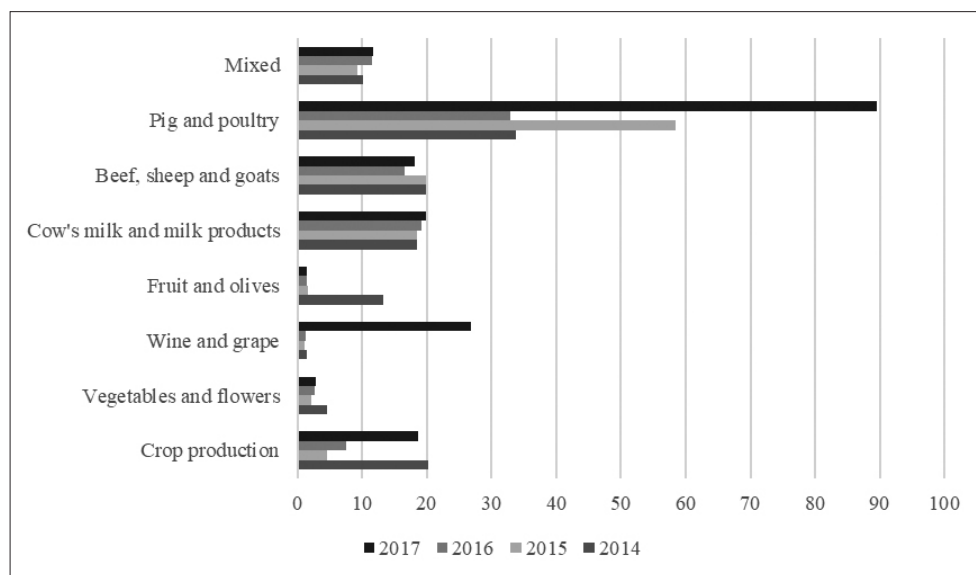


Graph 2. Total utilised agricultural areas by types of agricultural holdings (ha)

Source: Compiled by authors based on FADN results ([www.fadn.hr](http://www.fadn.hr), 2020)

Throughout the analysed period, the sector of cow's milk and milk products had the highest monetary value per unit of cattle. The value of production increased in pig and poultry sectors in 2017, while the fruit, raspberry, wine and olive sectors belonged to the smallest economic size classes. Graph 2 shows the total utilised agricultural areas of the main types of holdings in Croatia according to the FADN system. As expected, crop production has the highest share of utilised agricultural areas among the analysed types of farming, which have also increased in the analysed period. Areas utilised in poultry and pig sectors increased in 2017 compared to 2016, 2015 and 2014, possibly due to increased production capacities in these two types of farming. Survey data indicate that utilised agricultural areas decreased in wine and grape sectors.

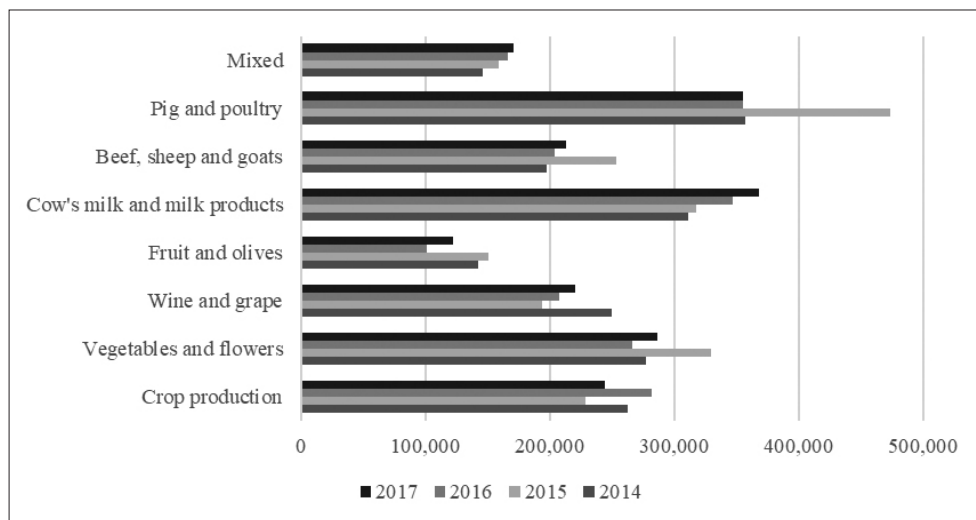
One livestock unit (LU) represents one animal or a group of animals of the same species weighing on average 500 kg. Among the analysed types of farming, the number of livestock units grew the most in the pig and poultry sectors. In these two types of farming, the number of livestock units increased by as much as 35 LU in 2017 in comparison with 2014, as shown in Graph 3.



Graph 3. Number of livestock units (LU) by types of agricultural holdings

Source: Compiled by authors based on FADN results ([www.fadn.hr](http://www.fadn.hr), 2020)

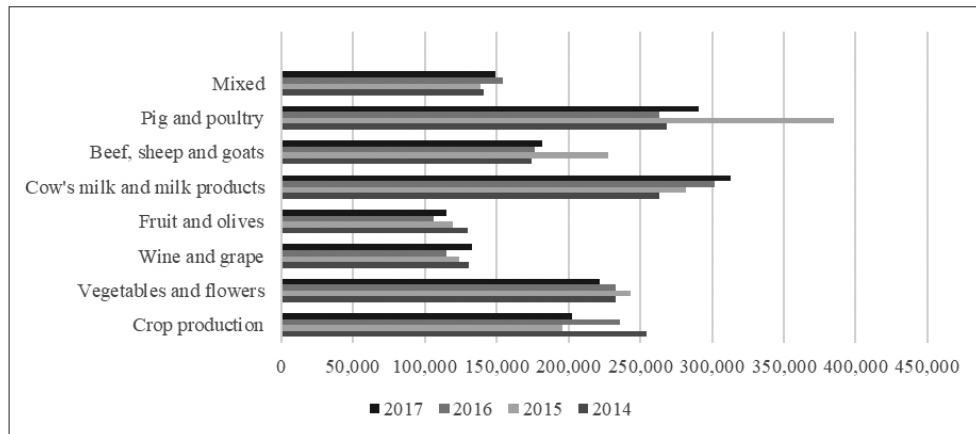
Agricultural holdings generate income by selling their products, but may also generate it by selling commercial commodities and providing services. Graph 4 shows incomes for the four years covered by this paper, expressed in HRK, and sorted by types of farming. The cow's milk and milk products sector generated the highest income. Income generated by crop production oscillates from one year to the next, possibly due to weather conditions. Although the utilised agricultural areas and the number of livestock units increased in pig and poultry sectors, this was not accompanied by an increase in income for 2017, so we may assume that this increase will be registered in 2018 and 2019.



Graph 4. Total income (HRK) by types of agricultural holdings

Source: Compiled by authors based on FADN data ([www.fadn.hr](http://www.fadn.hr), 2020)

The section of aggregate results relating to total costs, expressed in HRK and generated in the analysed period in the main types of farming, is shown in Graph 5.



Graph 5. Total costs (HRK) by types of agricultural holdings

Source: Compiled by authors based on FADN data ([www.fadn.hr](http://www.fadn.hr), 2020)

It is obvious from the presented data that, among the total costs of the types of farming presented herein, costs decreased year-on-year in 2017 in the vegetables and flowers sectors as well as in crop production. Other types of farming had higher costs in 2017 compared to the year before. Cultures with high initial investments, such as the fruit, olive, grape and wine sectors, have the lowest costs in the production phase. Total output to total input is shown in Table 2.



Table 2. Total output to total input in selected types of farming

Type of farming	2014	2015	2016	2017
	Total output to total input			
Crop production	1.03	1.17	1.20	1.21
Vegetables and flowers	1.19	1.35	1.14	1.29
Wines and grapes	1.91	1.56	1.18	1.66
Fruits and olives	1.09	1.26	0.94	1.05
Cow's milk and milk products	1.18	1.13	1.15	1.18
Beef, sheep and goats	1.13	1.11	1.15	1.17
Pigs and poultry	1.33	1.23	1.35	1.22
Mixed	1.04	1.14	1.08	1.14

Source: Compiled by authors based on FADN data ([www.fadn.hr](http://www.fadn.hr), 2020)

Total output to total input has been growing continually in crop production, with wine and grape sectors recording the highest total output to total input among all analysed sectors. The managers of agricultural holdings in the fruit and olive sectors have been operating on the verge of profitability.

## Conclusion

Crop production and beef, sheep and goat sectors on average have 25-30 ha of utilised agricultural areas and are the industries with the largest utilised agricultural areas among all analysed types of farming. In pig and poultry sectors, the number of livestock units in 2017 approached 90, which constitutes a significant increase in comparison to previous years. Pig and poultry sectors are types of farming that are generating the highest incomes, but also the highest costs among all analysed types of farming. Total output to total input oscillates from one year to the next, with an average of 1.28. In wine and grape sectors, total incomes are significantly higher than total costs, which results in a higher total output to total input compared to other analysed types of farming.

## References

1. Crnčan A., Ranogajec, Lj. (2013). Percepcija poljoprivrednih proizvođača o sustavu knjigovodstva, *Agronomski glasnik*, 5(6): 307-316.
2. Crnčan, A., Ranogajec, Lj., Kristić, J., Strapač, M. (2017): Pokazatelji uspješnosti odabranih poljoprivrednih subjekata, *Agroecconomia Croatica*, 7(1): 126-134.
3. Handbook for the Interpretation of Agricultural Holding Results, Zagreb, 2017. [www.fadn.hr](http://www.fadn.hr) (11 February 2020)
4. Agriculture Act (Official Gazette no. 118/18)
5. Ordinance on the Farm Accountancy Data Network (Official Gazette no. 70/15 and 06/18)

## Proizvodni i ekonomski pokazatelji poljoprivrednih gospodarstava obuhvaćenih FADN istraživanjem

### Sažetak

Cilj Sustava poljoprivrednih knjigovodstvenih podataka (FADN) je prikupljanje proizvodnih, ekonomskih i financijskih pokazatelja poljoprivredne proizvodnje. Na temelju prikupljenih podataka sa gospodarstava uključenih u istraživanje izrađuju se tri FADN izvješća. U radu su uspoređeni i analizirani proizvodni i ekonomski pokazatelji 8 glavnih tipova poljoprivrednih proizvodnji za 2014., 2015., 2016. i 2017. godinu. U 2017. godini svinjogojstvo i peradarstvo bilježe povećanje broja UG kao i rast vrijednosti proizvodnje u odnosu na ostale analizirane godine. Najniže troškove proizvodnje imali su voćarstvo i maslinarstvo te vinogradarstvo i vinarstvo.

**Ključne riječi:** Sustav poljoprivrednih knjigovodstvenih podataka, proizvodni pokazatelji, vrijednost proizvodnje, troškovi

## Značaj prostornog planiranja za razvoj poljoprivrede i privlačenje investicija

Dragan Dokić<sup>1</sup>, Maja Gregić<sup>2</sup>, Mirna Gavran<sup>2</sup>, Vesna Gantner<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Općina Erdut, Bana Josipa Jelačića 4, Dalj, Hrvatska, e-mail: dragan.dokic79@gmail.com*

<sup>2</sup>*Fakultet agrarbiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Juraja Strossmayer u Osijeku, Osijek, Hrvatska*

### Sažetak

Prostorno planiranje temelji se na sveobuhvatnom sagledavanju prostora i okoline radi stvaranja podloge za najpovoljnije upravljanje prirodnim prostorima i pronalaženje rješenja koja će omogućiti poboljšanja tehničke i društvene infrastrukture. Upravljanjem prostorom ostvaruju se uvjeti za društveni i gospodarski razvoj, zaštitu okoline, racionalno korištenje prirodnih i historijskih dobara na načelu integralnog pristupa u planiranju prostora. Upravo zbog toga neophodno je pokazati ekonomsku efikasnost mjera prema poticanju razvoja poljoprivredne proizvodnje. Nadalje, u radu će se pokazati kako države mjerama aktivne gospodarske politike mogu stvoriti uvjete kojima se potiče razvoj malih i srednji poljoprivrednih proizvođača. U radu su komparirani indikatori za sljedeće države: Hrvatska, Mađarska, Srbija, Austrija, Bugarska i Slovačka. Utvrđeno je da su faktori koji najviše usporavaju izgradnju gospodarskih zgrada *Učinkovitost pravnog okvira u izazovnim propisima* i *Učinkovitost pravnog okvira za rješavanje sporova* koji za većinu država ima vrijednost iznad 100. Navedeno indicira trom i neefikasan pravni sustav te demotivacija potencijalnih investitora. Kvalitetnim prostornim planiranjem ostvaruju se uvjeti koji pridonose društvenom razvoju. Upravo zbog toga rezultati u istraživanju pokazali su da mnoštvo faktora utječe na prostorno planiranje i da je koncept veoma složen.

**Ključne riječi:** prostorno planiranje, investicije, poljoprivreda, konkurentnost, efikasnost poslovanja

### Uvod

Prostorno planiranje multidisciplinarn je i kontinuiran postupak, čiji rezultat čine prostorni planovi kao najdjelotvorniji regulatorni instrumenti u zaštiti okoline (Healey, 2006.). U praksi urbanizma, prostorni su planovi međunarodno priznati dokumenti na osnovi kojih se upravlja i vodi briga o prostornom razvoju. Prostorne planove donosi svaka jedinica lokalne samouprave za sebe, shodno mjesnoj nadležnosti. Prostorni planovi imaju javnu infrastrukturu u fokusu: puteve, vodu, struju, uklanjanje otpada, transport, i građevinske objekte. Shodno tome, akademska rasprava razmatra ulogu prostornih planova u osiguravanju infrastrukture (Dovere, 2007.) Porast kapitalnih ulaganja u zgrade, opremu, infrastrukturu i slično podiže poslovni potencijal (Dunning, 1972.). Globalno iskustvo korištenja prostornog planiranja treba omogućiti

efikasnije korištenje javne infrastrukture. S obzirom na oskudnost resursa, prostornoplanske odredbe trebaju usmjeriti potrošnju prirodnih resursa ka onim pravcima koji oplemenjuju stvaranje novih vrijednosti. Nadalje, prostorni planovi trebaju biti osnova u stvaranju vizije budućnosti s jedne strane, ali oni istovremeno ne mogu razgraničavati postojeću materijalnu i institucionalnu strukturu. Donošenje prostornog plana predstavlja proces usvajanja selektivnih odluka o budućim aktivnostima na osnovi definiranih postojećih geografskih područja određene populacije, često pod jurisdikcijom vlasti (Portman, 2011.). To je u suštini koncept planiranja koji je opsežno istražen, a podrazumijeva definiranje prioriteta i naknadnih ishoda, odnosno izradu, provođenje i praćenje ishoda samog plana. Prostorni planovi, uvažavanjem društveno-privrednih, prirodnih, kulturno-historijskih i pejzažnih vrijednosti, razrađuju načela prostornog uređenja, utvrđuju ciljeve prostornog razvoja, te organizaciju, zaštitu, korištenje i namjenu prostora (Holland, 2010.). Prostornim uređenjem, kao skupom aktivnosti, osigurava se upravljanje prostorom uređene zajednice kao naročito vrijednim i ograničenim dobrom. Kvalitetan održivi razvoj temelji se na sinergiji dvaju suprotstavljenih konceptata brige o prostoru (Ehler i Douvere 2009):

- statički (zemljišna knjiga i katastar), koji mora garantirati postojanost, nepromjenjivost geometrije i vlasničkih prava,
- dinamički (prostorno planiranje), koji je uvjetovan privrednim razvojnim programom s urbanističko ili agrarno oblikovnim projektom za područje jedinice lokalne samouprave. Dinamičkim konceptom kroz kvalitetne dokumente prostornog uređenja može se značajno povećati vrijednost svih obuhvaćenih nekretnina.

Ključne komponente ili aspekti prostornog planiranja koje treba razmotriti kako bi se osiguralo da postoji koordinacija između plana i osiguravanja infrastrukture uključuju sljedeće (Hostovsky, 2000.):

1. postojeće stanje i projekcije budućeg broja stanovnika koje treba predvidjeti u planu radi modeliranja razvoja odgovarajuće infrastrukture,
2. lokacije razvoja buduće infrastrukture moraju biti precizno definirane,
3. postojeći kapaciteti infrastrukture moraju biti realno prikazani,
4. prilagođavanje prostornog plana prema ishodima (državni planovi izgradnje infrastrukture, standardi kvaliteta, industrijski zahtjevi, zahtjevi prema zaštiti životne sredine i sl.) koji se očekuju u budućnosti,
5. odgovornost osoba prema izrađenom planu,
6. postojanje koordinacija u planiranju prostornih uvjeta između svih zainteresiranih strana.

Koristeći informacije geomarketinga projekti gospodarskog razvoja usklađuju rast stanovništva s povećanjem gospodarske moći (Hirt i Block 2005.), a time omogućuju državama provođenje potrebnih procedura i radnji kako bi se ostvarila planirana vizija budućnosti.

Smjernicama za postizanje ciljeva uređenja razvoja poljoprivrede treba na svim nivoima odlučivanja zaštititi naselja, infrastrukturu i krajolik. Pri tome treba planski i pažljivo usmjeravati policentrični razvoj mreže općina te sprečavati dalju stihijski i neplansku gradnju u cilju brige za zaštitu prirodnih vrijednosti. Glavni ciljevi uređivanja prostora koje će pridonijeti njegovom održivom razvoju jesu (Hostovsky, 2000.):

- ukloniti posljedice pravnog nereda i razviti kulturu odnosa u prostoru,
- osigurati javni interes i kontinuirano usklađivanje suprotstavljenih interesa u prostoru,

- osigurati primjenu prostornih mjera u skladu s demografskom politikom,
- osigurati obrazovanje i istraživačke djelatnosti,
- razviti razumjevanje pojedinačnih i društvenih vrijednosti koje se odnose na prostor i okolinu kao i suživot u urbanom prostoru,
- uspostaviti efikasno sudjelovanje različitih organizacija i stanovništva u odlučivanju o uređenju prostora,
- uspostaviti promotivne djelatnosti u vezi s dobrim prostornim rešenjima.

Budući da prostor postaje sve više ograničen neobnovljivim resursima, nasuprot sve većoj dinamici i ekspanziji privrede i društvenih potreba, prostor postaje sve više ograničavajući element. Prema tome, prostorno se planiranje od kooperativnog elementa društveno-privrednog planiranja pretvara u restriktivni instrument jer zaštita prostora stoji u funkciji zaštite neobnovljivih resursa. Obzirom na navedeno, cilj je ovoga rada analizirati indikatore koji utječu na prostorne planove te s aspekta razvojnih mogućnosti prezentirati obujam privučenih investicija. Nadalje, u radu će se pokazati kako države mjerama aktivne gospodarske politike mogu stvoriti uvjete kojima se potiče razvoj malih i srednjih gospodarskih subjekata u poljoprivredi.

## Materijal i metode

Ovo istraživanje fokusira se na države koje su prema veličini i prostornim mogućnostima slične, a u kojima poljoprivredna proizvodnja čini značajni dio BDP-a. Usporedna analiza obavljena je na uzorku sljedećih država: Hrvatska, Mađarska, Srbija, Austrija, Bugarska i Slovačka. Analizirani indikatori imaju utjecaj na kreiranje i implementaciju prostornih planova. Vrijednosti analiziranih indikatora odnose se na 2019. godinu.

Tablica 1. Indikatori koji imaju utjecaj na donošenje i implementaciju prostornih planova (WEF, 2019)

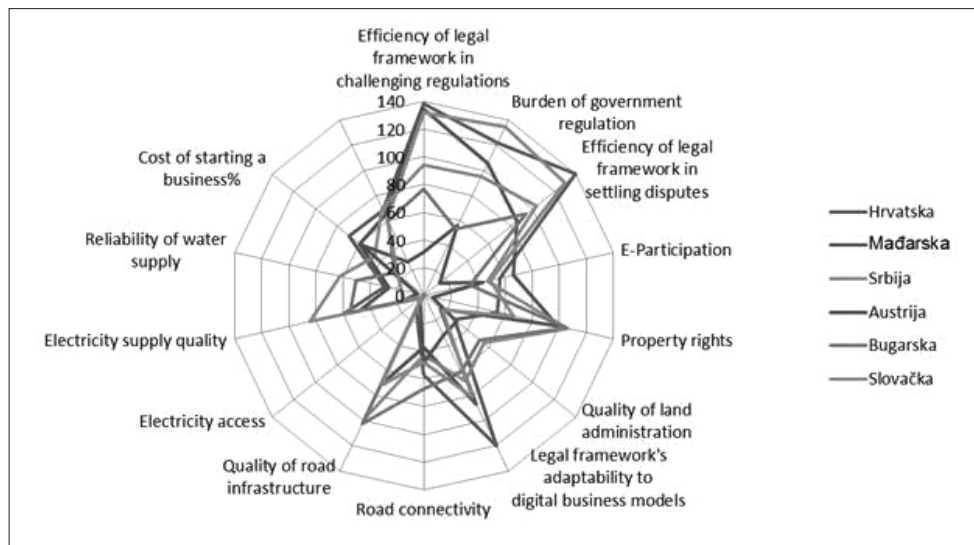
Indikatori	Države vrijednost Ranka/141					
	Hrvatska	Mađarska	Srbija	Austrija	Bugarska	Slovačka
Efficiency of legal framework in challenging regulations Učinkovitost pravnog okvira u izazovnim propisima	138	134	94	31	77	132
Burden of government regulation Teret državne regulacije	122	106	95	56	53	135
Efficiency of legal framework in settling disputes Učinkovitost pravnog okvira u rješavanju sporova	140	86	104	14	94	130
E-Participation E-sudjelovanje	56	66	47	44	34	49
Property rights Prava vlasništva	54	99	106	6	105	66
Quality of land administration Kvaliteta zemljišne administracije	28	15	55	30	51	17
Legal framework's adaptability to digital business models Prilagodljivost zakonskog okvira digitalnim poslovnim modelima	120	87	68	32	61	81

Indikatori	Države vrijednost Ranka/141					
	Hrvatska	Mađarska	Srbija	Austrija	Bugarska	Slovačka
Road connectivity Cestovna povezanost	57	37	43	49	67	48
Quality of road infrastructure Kvaliteta cestovne infrastrukture	13	71	98	6	102	72
Electricity access Pristup struji	2	2	2	2	2	2
Electricity supply quality Kvaliteta opskrbe električnom energijom	60	47	84	15	55	16
Reliability of water supply Pouzdanost vodoopskrbe	29	26	62	5	50	17
Cost of starting a business Trošak osnivanja tvrtke	69	59	45	58	27	24
<b>Prosjek</b>	<b>68</b>	<b>64</b>	<b>69</b>	<b>27</b>	<b>60</b>	<b>61</b>

Indikatori koji su navedeni u tablici u teorijskom i praktičnom smislu imaju utjecaja na razvoj, donošenje i usvajanje prostornih planova. Podaci pokazuju da najbolju srednju vrijednost, a ujedno i najbolju poziciju ima Austrija. To znači da su pravne procedure pojednostavljene, uhodane, a poduzetnička klima pogodna. Ostale države imaju podjednake vrijednosti. Nadalje, prostorni planovi veoma su značajni za razvoj poljoprivrede jer definiraju vrstu, veličinu, namjenu i položaj građevina u prostoru.

## Rezultati i rasprava

Razvoj poljoprivrede prate investicije. Investitori očekuju pogodnu poduzetničku klimu, jednostavne propise i efikasnu javnu upravu za rješavanje administrativnih procedura. U državama

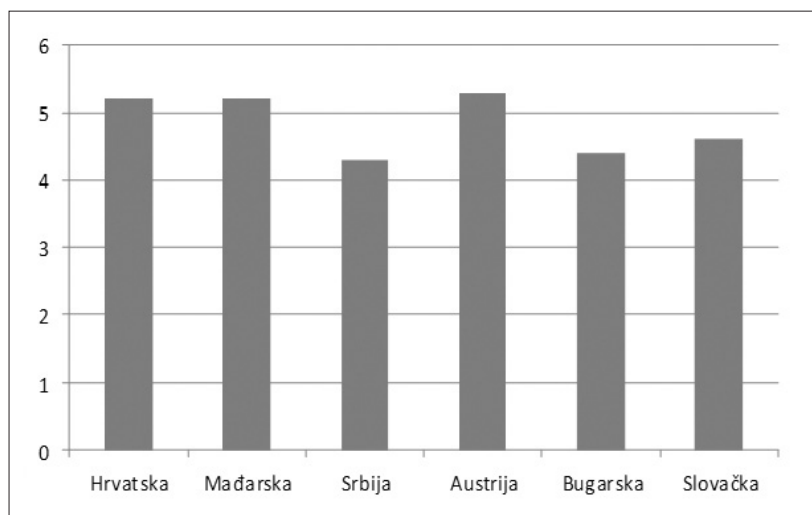


Grafikon 1. Komparativni prikaz indikatora koji imaju utjecaj na donošenje i implementaciju prostornih planova (Izvor: Izračunao autor prema podacima WEF (2019))

koje su analitički uzorci ovoga rada poljoprivreda predstavlja značajnu stratešku granu nacionalnog gospodarstva. Komparativni prikaz indikatora koji imaju utjecaj na donošenje i implementaciju prostornih planova prikazan je na Grafikonu 1.

Podaci iz grafikona pokazuju da su faktori koji najviše uspoređuju izgradnju gospodarskih zgrada *Učinkovitost pravnog okvira u izazovnim propisima* i *Učinkovitost pravnog okvira za rješavanje sporova* koji za većinu država ima vrijednost iznad 100. To ukazuje na situaciju da je pravni sustav trom i neefikasan pa potencijalni investitori ne žele ući u proces investiranja.

Mjere poljoprivredne politike treba usmjeriti na efikasnije poslovanje, konkretno: na povećanje ekonomske učinkovitosti, unaprjeđenje konkurentnosti proizvodnje i prerade poljoprivrednih i prehrambenih proizvoda, okolišno prihvatljivu i energetske učinkovitu poljoprivrednu djelatnost prilagodljivu klimatskim promjenama, poboljšanje kvalitete života, očuvanje naseljenosti i unaprjeđenje gospodarskih djelatnosti u ruralnim područjima poštujući načela očuvanja i unaprjeđenja okoliša, krajobraza i bioraznolikosti. Upravo iz tog razloga izvršena je analiza investiranja u poljoprivrednu proizvodnju u odnosu na ukupan BDP (Grafikon 2.).



Grafikon 2. Investicije u poljoprivredu prema udjelu u BDP u % (EC, 2019)

Podaci u grafikonu 2. pokazuju da su investirane vrijednosti podjednake. Međutim, investicije treba usmjeravati na povećanje proizvodnje i to ne samo na lokalnom nivou ekonomije, nego i u širem kontekstu. Zbog toga je značajna komplementarnost između zakonskih procedura kojima se određuju prostorne aktivnosti i mjera za poticanje poljoprivredne proizvodnje. Izgradnju objekata za stočarsku proizvodnju, silosa za žitarice, vinarija, hladnjača i prerađivačkih pogodna prati određena pravna procedura. Razvijene države imaju razrađen sustav procedura kojima se odobravaju određeni zahvati u prostoru. Praktična implementacija i sama suština odredbi kojima se definiraju pravila za zahvate u prostoru moraju stimulatивно djelovati na investitore. Litterman (2003.) navodi da se prostornim planiranjem treba usmjeravati na poticanje proizvodnje, zaposlenost i agregatnu potražnju. Nije dovoljno održavati samo tekuću reprodukciju, s obzirom na to da dugoročno može imati negativnih posljedica.

## Zaključak

Strateški koncept razvoja poljoprivrede specifičan je iz razloga što osim standardnih ekonomskih analiza obuhvaća i mjere kojima se određuje ponašanje u prostoru. Razvoj poljoprivrede kao i ostalih gospodarskih djelatnosti temelji se na prostornoplanskom konceptu. Prostorni plan predstavlja studiozno razrađeni dokument kojim se definiraju uvjeti korištenja prostora. Smjernice za provođenje prostornog plana ne smiju biti ograničavajući faktor za gospodarsku aktivnost, već upravo suprotno, trebaju omogućiti da se prostor koristi u funkciji stimuliranja gospodarske aktivnosti. Investitorima je bitno da na jednom mjestu imaju podatke o građevinskim zonama i zonama namijenjenim za razvoj poslovne aktivnosti. Kvalitetnim prostornim planiranjem ostvaruju se uvjeti za društveni i gospodarski razvoj, zaštitu okoline, racionalno korištenje prirodnih i historijskih dobara sukladno načelu integralnog pristupa. Upravo su zbog toga rezultati u istraživanju pokazali da mnoštvo faktora utječe na prostorno planiranje i da je koncept veoma složen. Procedure je neophodno pojednostaviti. Neophodno je koncept postaviti na način da postane privlačan za investitore, a što će u konačnici pridonijeti rastu konkurentnosti poljoprivrede na domaćoj i međunarodnoj razini.

## Literatura

1. Alexander, J.W., Douvere, F. (2007): The role of marine spatial planning in sea use management: the Belgian case, *Mar. Policy*, pp. 182–191.
2. Dunning, J. (1972.): *International Investment*, Penguin Books, Great Britain, pp.102.
3. Ehler C., Douvere, F. (2009): *Marine Spatial Planning: A step-by-step approach toward ecosystem-based management*, Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme, Paris, France str. 99.
4. European Commission – EC (2019) *Agriculture and rural development*. <https://ec.europa.eu/agriculture/rica/>
5. Healey, P. (2006): *Urban Complexity and Sapatial Strategies*,Medison Ave, New York, pp. 111.
6. Hirt, G., Block, S. (2005): *Managing Investments*, McGraw-Hill, New York, pp. 91.
7. Holland, D., Sanchirico, J., Johnston, R.J., Joglekar, D. (2010): *Economic Analysis for Ecosystem Based Management: Applications to Marine and Coastal Environments*, Resources for the Future Press, Washington, pp. 57-61.
8. Hostovsky, C. (2000): *Integrating planning theory and waste management*, pp. 305–332.
9. Litterman, B. (2003): *Modern Investment Management*, John Wiley & Sons, Hoboken, New York, pp. 61.
10. Portman, M.E. (2011) *Marine spatial planning: achieving and evaluating integration*, *ICES J. Mar. Sci.* 68 (10): 2191–2200.
11. World Economic Forum – WEF (2019): *The Global Competitiveness Report 2019*. Ed. Klaus Schwab. ISBN-13: 978-2-940631-02-5. [www.weforum.org/gcr](http://www.weforum.org/gcr).



## The significance of spatial planning for the development of agricultural production and attracting investments

### Abstract

Spatial planning is based on a comprehensive understanding of space and environment to create the basis for the best management of natural areas and finding solutions that will enable the improvement of technical and social infrastructure. Spatial management creates conditions for social and economic development, environmental protection, rational use of natural and historical assets on the principle of an integrated approach in spatial planning. For this reason, it is necessary to demonstrate the economic effectiveness of measures by encouraging the development of agricultural production. Furthermore, the paper will show how the state's measures of active economic policies can create conditions that encourage the development of small and medium agricultural producers. This paper compares indicators for the following countries: Croatia, Hungary, Serbia, Austria, Bulgaria, and Slovakia. It was found that the factors that slow down the construction of commercial buildings the most are *Efficiency of legal framework in challenging regulations* and *Efficiency of legal framework in settling disputes*, which for most states has a value above 100. The above indicates a slow and inefficient judicial system, as well as demotivation of potential investors. Quality spatial planning creates conditions for social development. This is why the results of the research showed that many factors influence spatial planning and the concept is very complex.

**Key words:** spatial planning, investments, agricultural production, competitiveness, business efficiency

# Section V



---

---

## **Agricultural machinery** **Poljoprivredna mehanizacija**



## Analiza trošenje pokretnih dijelova homogenizatora za miješanje smjese u tvornici stočne hrane – studij slučaja

Ivan Vidaković<sup>1</sup>, Goran Heffer<sup>1</sup>, Katica Šimunović<sup>2</sup>, Goran Rozing<sup>3</sup>,  
Željko Barač<sup>1</sup>, Filip Janješić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, Osijek, HR–31 000 Osijek, Hrvatska, e-mail: ivan.vidakovic@fazos.hr

<sup>2</sup>Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Trg Ivane Brlić Mažuranić 2, Slavonski Brod, Hrvatska

<sup>3</sup>Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Kneza Trpimira 2b, Osijek, HR–31 000 Osijek, Hrvatska

### Sažetak

U radu je prikazan studij slučaja trošenja pokretnih dijelova homogenizatora za miješanje stočne hrane u tvornici »Vitalka« u Osijeku. Provedenom analizom tragova trošenja identificirani su oblici trošenja koji nastaju tijekom rada stroja te mehanizmi koji ih uzrokuju. Najintenzivniji su oblici trošenja erozijsko i abrazijsko trošenje na lopaticama za miješanje smjese, uzrokovani mehanizmima umora površine i abrazije. Mjere kvalitetnog održavanja stroja tijekom njegovog rada mogu značajno doprinijeti smanjenju trošenja dijelova lopatica, a naglašen je i značaj izbora odgovarajućeg materijala u njihovoj izradi.

**Ključne riječi:** trošenje, homogenizator, pokretni dijelovi, lopatice, održavanje

### Uvod

Proizvodnja stočne hrane jedan je od najvažnijih segmenata stočarske proizvodnje, budući da se kvalitetna i ekonomski uspješna proizvodnja stoke može ostvariti isključivo uz primjenu kvalitetne stočne hrane. Jedan je od bitnih postupaka u procesu proizvodnje stočne hrane miješanje mljevene zrnate biljne smjese s parom ili tekućinama koje se izvodi u homogenizatorima različitih konstrukcija i radnih svojstava. Oprema poput uređaja za mljevenje i miješanje podvrgnuta je intenzivnoj abrazijskoj eroziji i udarnom trošenju u ekstremnim radnim uvjetima – velika brzina i tlak, cikličko udarno opterećenje te velika tvrdoća i abrazivnost materijala koji se miješa (Kulu i sur., 2006.). Osnovni je uvjet dugotrajnosti dijelova uređaja u proizvodnji stočne hrane kvaliteta materijala iz kojeg su dijelovi izrađeni (Ismail i sur., 2017.). Trošenje takvih dijelova može onečistiti hranu sitnim česticama metala opasnim po zdravlje (Kareem i Akinode, 2018.). Do otkaza, tj. prestanka rada dijelova opreme, može doći uslijed loma (havarije) i trošenja. Lom uglavnom nastaje nepredvidivo i iznenadno, a trošenje je postupan proces. U procesnoj industriji (uljare, šećerane, industrija stočne hrane, itd.) trošenje dijelova opreme ne može se izbjeći zbog činjenice da prerađivani mediji u sebi sadrže abraziv iz okoline, poput

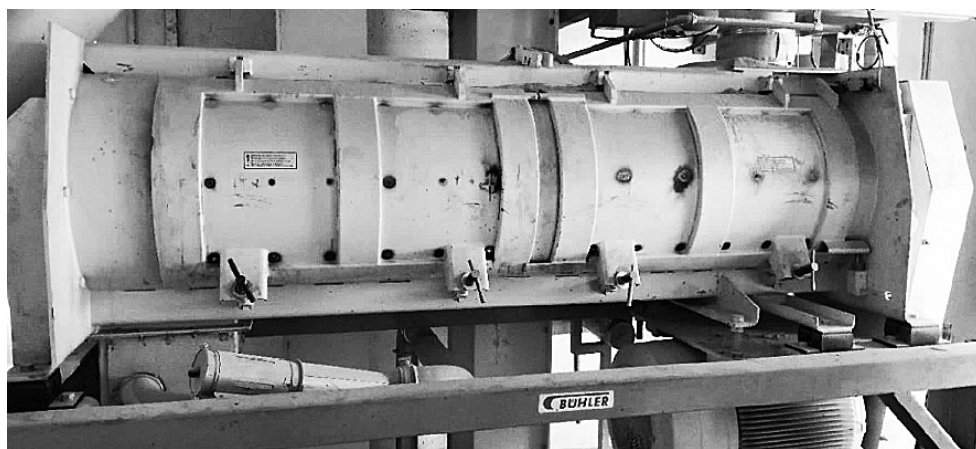
čestica tla, pijeska i sl. (Marušić, 2007.). Trošenje radnih dijelova opreme za preradu i miješanje smjese može biti uzrokovano i sadržajem tvrdih čestica žitarica koje u tom slučaju također predstavljaju abraziv visoke tvrdoće (Vidaković i sur., 2019.). Tijekom proizvodnog procesa u homogenizatoru, površine pokretnih dijelova u neposrednom su kontaktu s česticama smjese, pri čemu između njih postoji gibanje velikom brzinom. U sastavu smjese sadržane su različite tekuće komponente (masti, ulja, melasa, itd.) koje pogoduju stvaranju stvrdnutih nakupina (grumenje) koje djeluje abrazivno i dodatno utječe na povećanje intenziteta trošenja lopatica. Takvo trošenje se odražava i na učinkovitost miješanja smjese (Janješić, 2019.). Abrazijsko trošenje uzrokuje više od 50 % kvarova nastalih u industriji, pri čemu ono nije odgovorno samo za odnošenje materijala, nego također dovodi do preranog oštećenja i otkaza tehničkih komponenti (Sapate i sur., 2008.). Al-Sandooq i sur. (2012.) navode da zbog abrazijskog trošenja tvrdim česticama, koje se gibaju protiv ili duž čvrste površine, nastaje oko 63 % troškova zamjene istrošenih tehničkih komponenti. Stvarni oblici trošenja u uvjetima eksploatacije nastaju uslijed dva ili više osnovnih mehanizama trošenja koji djeluju istodobno ili u vremenskom slijedu, ovisno o vrsti tribosustava, relativnom gibanju i radnim uvjetima (Grilec i sur., 2017.).

Cilj je provedenog istraživanja utvrditi oblike, mehanizme i uzroke trošenja pokretnih dijelova homogenizatora za miješanje stočne hrane, te ukazati na mjere smanjenja trošenja.

### Opis razmatranog problema

Istraživanje je provedeno u proizvodnim pogonima tvornice stočne hrane »Vitalka« u Osijeku. Osnovna je djelatnost tvornice proizvodnja smjese za hranidbu svinja, goveda, peradi, divljači i riba, uz godišnju proizvodnju od oko 100 000 tona proizvoda. Proizvodni je proces u potpunosti automatiziran i nadziran računalom.

Istraživanje je provedeno na homogenizatoru Bühler DPSD-6.23, prikazanom na slici 1.



Slika 1. Homogenizator DPSD-6.23 (Janješić, 2019.).

Homogenizator je dizajniran kao dio proizvodne linije prerade hrane za životinje, ali se primjenjuje i u proizvodnji drugih vrsta biomase. Koristi se za homogeno miješanje pare i tekućih tvari sa suhim materijalima u sastavu smjese. Kapacitet stroja je 60 m<sup>3</sup>/h, a protok 25-30 t/h (Bühler, 2020.). U proizvodnoj liniji homogenizator je smješten ispod glavne miješalice koja

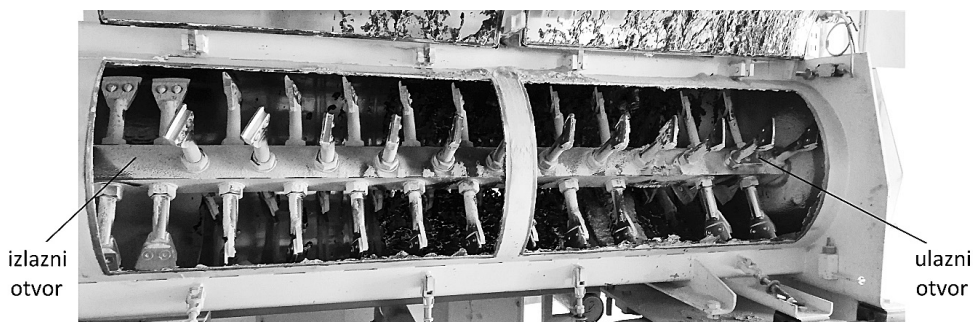
istovremeno usitnjava i miješa žitarice sa suhim dodacima. Zatim se smjesa transportira u homogenizator, gdje se miješa s melasom i/ili uljem, prema utvrđenoj recepturi. Nakon obrade u homogenizatoru dobivena smjesa odlazi u skladišne silo ćelije.

Istraživanje je provedeno kao studij slučaja trošenja, tj. kao analiza konkretnog slučaja trošenja u okviru stvarnog tribosustava, što se često primjenjuje u sustavnim analizama triboloških problema (Ivušić, 1998.). Analizom je obuhvaćeno identificiranje svih oblika trošenja na pokretnim dijelovima homogenizatora, te utvrđivanje dijelova koji su izloženi najintenzivnijem trošenju. Analiza je provedena vizualnim pregledom nastalih posljedica (tragova trošenja), te definiranjem svih mehanizama koji su uzrokovali trošenje kao i utvrđivanje dominantnog mehanizma. U provedbi analize korišten je optički uređaj za mikroskopiju Olympus SZX12 + Digital microscope camera LC10.

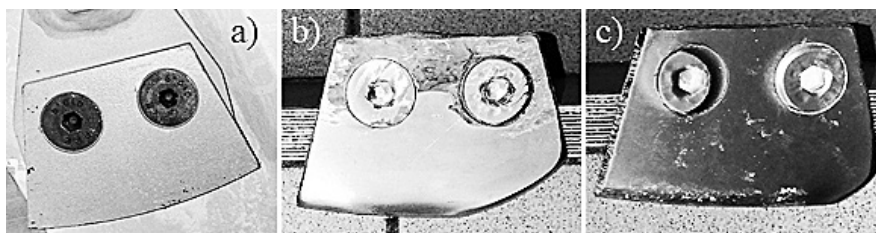
## Rezultati i rasprava

Analizom trošenja pokretnih dijelova homogenizatora tijekom eksploatacije utvrđeno je da se najintenzivnije troše lopatice za miješanje smjese. Pri tome su najveća istrošenja nastala na lopaticama koje su raspoređene na ulaznom i izlaznom otvoru homogenizatora, kao što se vidi na otvorenom dijelu radnog prostora stroja, prikazanom na slici 2.

Razine istrošenja lopatica su različite, što se vidi iz usporedbe novih i istrošenih lopatica na ulaznom (b) i izlaznom (c) otvoru homogenizatora, kao što je prikazano na slici 3.

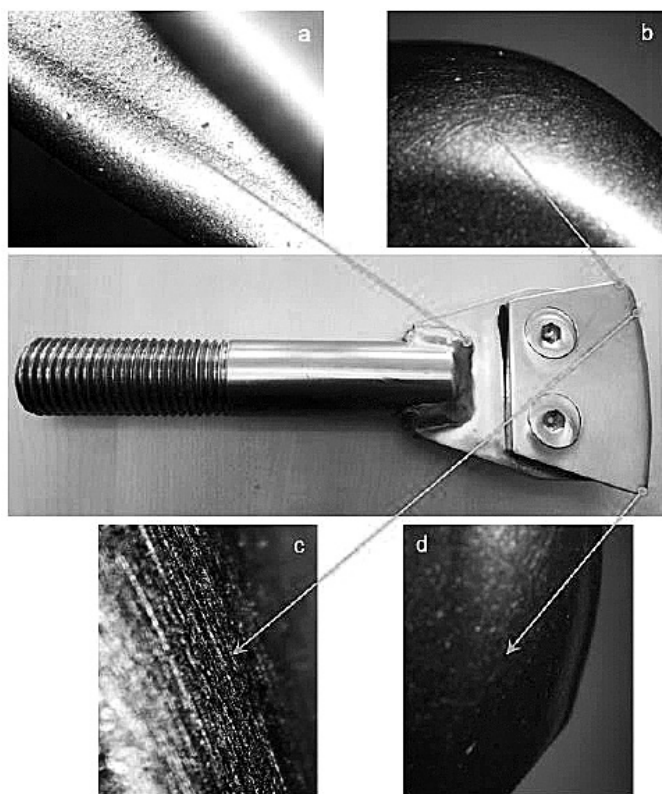


Slika 2. Radni prostor homogenizatora (Janješić, 2019.).



Slika 3. Nove i istrošene lopatice homogenizatora (Janješić, 2019.).

Analizom tragova trošenja na lopaticama homogenizatora utvrđeno je da se tijekom rada troše tijela lopatica te nosači lopatica koji također sudjeluju u procesu miješanja, iako u manjoj mjeri nego same lopatice. Posebno izraženo trošenje nastaje na spoju lopatice i nosača, te na vršnim rubovima i bočnim rubovima lopatice, kao što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Prikaz tragova trošenja lopatica homogenizatora (Janješić, 2019.).

Detaljnijom analizom tragova identificirani su dominantni mehanizmi trošenja na dijelovima površine lopatice koji su prikazani na slici 4 (a – d). Budući da se pri radu stroja sve lopatice gibaju istom brzinom, intenzitet trošenja u tim područjima ovisi o položaju lopatice u odnosu na smjer gibanja kroz smjesu, tj. o kutu udara čestica smjese u površinu lopatice.

- **Trošenje zavarenog spoja nosača i lopatica** (slika 4.a), izraženo brojnim pukotinama (rupicama) i nastalom neravnom površinom, ukazuje na oblik udarne erozije česticama, koja na materijal djeluje mehanizmom umora površine (Stachowiak i Bathchelor, 1993.). Pri tome čestice smjese kontinuirano udaraju relativno malom brzinom približno okomito u površinu lopatice. Kontinuirani rad i učestalost udaraca uzrokuje nastanak pukotina, pri čemu je intenzitet trošenja nizak, ali je površina trošenja velika. Vijek trajanja nosača lopatice relativno je dug, pa se isti jako rijetko mijenja i traje duže od lopatice. Mjere zaštite od ovog oblika trošenja rijetko se primjenjuju, a mogu se provoditi u obliku prevlačenja radne površine materijalima otpornim na trošenje, primjenom postupaka navarivanja ili nataljivanja metalnih prevlaka.
- **Trošenje vršnih rubova lopatica** (slike 4b i 4d) predstavlja najintenzivnije trošenje lopatica. Na tim su mjestima udarci zrnate biljne mase najjači i zbivaju se pod različitim kutovima udara. Na slikama su vidljivi tragovi dva oblika erozije: udarne erozije i abrazivne erozije.

Udarana erozija, prethodno objašnjena uz sliku 4a, uzrokuje nastanak sitnih točkastih pukotina. Abrazivna erozija javlja se pri malim kutovima udara čestica u trošenu površinu i djeluje mehanizmom abrazije (Stachowiak i Bathchelor, 1993.). Ova erozija uzrokuje brojne kratke i sitne ogrebotine. Budući da je na vršnim rubovima najveća brzina gibanja lopatica, u istom je području i najveća energija udara abrazijskih čestica koja uzrokuje i najveće trošenje. Najvećem trošenju doprinosi i istovremena prisutnost oba opisana mehanizma. Zaštita od navedenih oblika trošenja moguća je izborom materijala otpornog na trošenje tijekom konstruiranja i izrade lopatica, te poboljšanjem otpornosti površina izloženih trošenju primjenom triboloških prevlaka.

- **Trošenje bočnih rubova lopatica** (slika 4c) nastaje uslijed kontinuiranog klizanja abrazijskih čestica iz mljevene zrnate mase pod vrlo malim kutovima uzduž rubova lopatice. Riječ je o obliku abrazijskog trošenja koje djeluje mehanizmom abrazije (Ivušić, 1998.) i odnosi materijal s radne površine stvarajući brojne ogrebotine, pruge i brazde uzduž ruba lopatice. Trošenje lopatica ovim oblikom je intenzivno, ali manje izraženo nego na vršnim rubovima lopatica. Mjere zaštite od navedenog oblika trošenja također su primjena abrazijski otpornih materijala za izradu lopatica homogenizatora te zaštita površina izloženih trošenju primjenom triboloških prevlaka.

## Zaključak

Provedenom analizom utvrđeno je da se najintenzivnije trošenje pokretnih dijelova homogenizatora javlja na lopaticama za miješanje smjese. Najizraženiji je oblik trošenja erozijsko trošenje koje nastaje zbog udarnog kontakta površina lopatica sa zrnatom masom mljevenog biomaterijala (česticama smjese). Čestice udaraju u površinu lopatica pod različitim kutovima i istu razaraju mehanizmima umora materijala i abrazije. Pri tome oblik i intenzitet trošenja, te mehanizam koji ga uzrokuje, ovise o području na površini lopatice te o njezinom položaju, budući da su lopatice različito postavljene u odnosu na smjer gibanja smjese tijekom rada stroja, pa se uslijed toga niti ne troše istim intenzitetom. Na vršnim rubovima trošenje je najintenzivnije jer istovremeno djeluju oba utvrđena mehanizma trošenja – umor materijala i abrazija. Trošenje materijala pokretnih dijelova homogenizatora ne može se izbjeći, ali se na njihovu trajnost može utjecati mjerama kvalitetnog održavanja te osiguranjem normalnih uvjeta eksploatacije. Redovnim pregledima i čišćenjem homogenizatora, te primjenom abrazijski otpornog materijala, može se produljiti životni vijek pokretnih dijelova homogenizatora.

## Literatura

1. Al-Sandooq, J.M., Yousif, B.F., Jensen, T.A. (2012): Tribological consideration in roller mill machines for agriculture applications. *Surface Review and Letters*, 19 (6), 1250065.
2. Bühler (2020): <https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/en/-homepage.html> (1.2. 2020.).
3. Grilec, K., Jakovljević, S., Marić, G. (2017): Tribologija u strojarstvu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb.
4. Ismail, N.K., Fouda, O.A., Ahmad, M.C., Mosa, M.M. (2017): Influence of Knives Wear Phenomena on Hammer Mill Productivity and Product Quality. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 8 (7), 347-353.
5. Ivušić, V. (1998): Tribologija. Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, Zagreb.
6. Janješić, F. (2019): Analiza trošenja pokretnih dijelova homogenizatora za miješanje smjese u tvornici stočne hrane Vitalka u Osijeku. Diplomski rad, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.

7. Kareem, B., Akinode, R.A. (2018): Development of an Improved Domestic Grinding Machine. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 8 (2), 378-381.
8. Kulu, P., Tarbe, R., Veinthal, R. (2006): Erosion and Impact Wear Resistance of Thermal Sprayed Coatings. *Proceedings of the 20th International Conference on Surface Modification Technologies*, September 25-29, 2006. Vienna, Austria.
9. Marušić, V., Drame, D., Stojanović, S. (2007): Konstrukcija dijelova pužnih presa kao mogući razlog triboloških gubitaka u uljari (2007). *10<sup>th</sup> International Conference on Tribology and Workshop '07 »Sustainable Development in Industry by Apply Tribology Knowledge«*, Kragujevac, Srbija.
10. Sapate, S.G., Chopde, A.D., Nimbalkar, P.M., Chandrakar, D. K. (2008): Effect of microstructure on slurry abrasion response of En-31 steel. *Materials and Design*, 29, 613-621.
11. Stachowiak, G.W., Bathchelor, A.W. (1993): *Engineering Tribology*. Elsevier science publishers B.V.
12. Vidaković, I., Heffer, G., Šimunović, K., Barač, Ž., Đurkić, A. (2019): Analiza trošenja kotrljajućih ležaja trakastog transportera za sjeme suncokreta. *Proceedings & abstract of the 12th International Scientific/Professional Conference Agriculture in Nature and Environment Protection*, 283-288.

## Analysis of wear of moving parts of a homogenizer for mixing a mixture in the feed factory – Case study

### Abstract

This paper presents a case study of wear of moving parts of homogenizer for mixing feed for animals in the factory »Vitalka« in Osijek. The analysis of wear traces has identified the wear forms that occur during machine operation and the mechanisms that cause them. The most intense wear forms are the erosive and abrasive wear on mixing blades, caused by mechanisms of surface fatigue and abrasion. Measures of quality maintenance of the machine during its operation can significantly contribute to the reduction of wear of the blades, and the importance of choosing the right material in their production is emphasized.

**Key words:** wear, homogenizer, moving parts, blades, maintenance



## Proizvedena razina buke drobilice u odnosu na pojedine eksploatacijske činitelje

Željko Barač, Ivan Plaščak, Tomislav Jurić, Mladen Jurišić, Goran Heffer, Domagoj Zimmer, Ivan Vidaković, Dorijan Radočaj, Petar Kujundžija

*Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, Osijek, Hrvatska, e-mail: zbarac@fazos.hr*

### Sažetak

Istraživanjem su prikazani rezultati mjerenja buke pri radu drobilice građevinskog materijala pri radnim i maksimalnim okretajima te kod praznog i punog spremnika s različitim vrstama materijala (opeka, beton, asfalt, crijep i mješoviti građevinski materijal). Mjerenje je obavljeno u skladu s normama *HRN ISO 6396 (2000.)* i *HRN ISO 5131 (2000.)*. Iste nalažu kako mikrofona mora biti postavljen s lijeve i desne strane rukovatelja te u odnosu na referentnu točku položaja rukovatelja od sredine glave rukovatelja do razine početka trupa na visini  $790 \pm 20$  mm te odmaknut od sredine glave rukovatelja  $200 \pm 20$  mm. Najmanja razina buke izmjerena je s lijeve strane kod obje brzine okretaja motora s praznim spremnikom i s desne strane kod obje brzine okretaja motora s punim spremnikom mješovitog građevinskog materijala. Nadalje, najviša razina buke izmjerena je pri punom spremniku betona s obje strane te pri radnim i maksimalnim okretajima. Rukovatelj je izložen nedopuštenim razinama buke preko  $87$  dB(A), a što je negativno za zdravlje istog i može izazvati trajne posljedice.

**Ključne riječi:** buka, drobilica, građevinski materijal, rukovatelj.

### Uvod

Pojam buke odnosi se na neugodan zvuk izazvan ljudskom aktivnošću (prometom, industrijom, zabavom, itd.). Buka je prejak ili neugodan zvuk, koji mijenja normalno stanje okoliša na određenom području kroz izazivanje neugodnog osjećaja. Buka kojoj su ljudi svakodnevno izloženi (okolišna, komunalna ili opća buka te buka boravišnih prostora) jedan je od najvećih problema užeg ljudskog okoliša, a posebno u gradskim područjima (Mladineo, 2015., Kutleša, 2012.). Radi zaštite osjetila sluha od prekomjerne buke na radu, potrebno je osobama koje su joj izložene osigurati osobna zaštitna sredstva za zaštitu sluha. Ovisno o intenzitetu buke propisuju se odgovarajuća zaštitna sredstva (Administrator, 2012.): zaštitna vata (buka do  $75$  dB(A)), čepići (buka do  $85$  dB(A)) i ušni štitnik – antifon (buka do  $150$  dB(A)).

Zvuk je prema fizikalnoj definiciji gibanje valova u elastičnom mediju. Za procjenu buke osnovne su fizičke veličine: zvučni tlak u (Pa), zvučni intenzitet ( $W m^{-2}$ ), frekvencija (Hz) i zvučne razine u decibelima (dB). Uho je najsloženiji i najsavršeniji biološko-mehanički uređaj u tijelu koji u zdravom stanju odgovara na frekvencije od  $16$  Hz do  $20$  kHz i tlakove od  $20$  mPa do  $20$  Pa (Mladineo, 2015.). Buka djeluje negativno na neurovegetativni i endokrini sustav. Te se promje-

ne manifestiraju povećanom živčanom napetošću, a napetost uzrokuje poremećaj cirkulacije što za posljedicu ima porast tlaka i usporavanje rada probavnih organa. Također se javljaju i psihičke smetnje kao što su smanjenje koncentracije, posebno kod diskontinuirane buke. Javlja se i razdražljivost, osjećaj umora, a često i pospanost, posebno ako je buka ritmična. Ovakve psihičke smetnje mogu se odraziti na preciznost obavljanja radnji, praviljenju pogrešaka, broju ozljeda, a što bitno utječe na produktivnost. Ono što je najteže, kao štetno djelovanje buke, svakako je oštećenje sluha. Stupanj oštećenja sluha ovisi o intenzitetu buke, frekvenciji, trajanju buke i individualnoj osjetljivosti (Administrator, 2012.). Prema Rimac (2016.) djelovanje buke na čovjekovo zdravlje poseban je problem zaštite. Buku je nemoguće izbjeći ali ju je moguće izolirati upotrebom suvremenih tehnologija i propisanim korištenjem osobnih zaštitnih sredstava.

Vardhana i sur. (2005.) navode kako dobro održavana kabina rukovatelja teških građevinskih strojeva, klimatizirana, zajedno s poboljšanim elementima kontrole buke za zvuk iz motora ispuh i ulaz zraka, znatno bi se smanjilo izlaganje buci rukovatelja istih strojeva. Istraživanje je obavljeno u Bangladešu s ciljem utvrđivanja postojećeg stanja razine buke u kamenolomu na okoliš i na radnom mjestu rukovatelja drobilice. Izmjerena je razina buke tijekom 24 sata u rasponu od 88 do 102 dB(A). Dopusštena razina buke na mješovitom području koju određuje *Odjel za okoliš* je 60 dB(A). Rukovatelji drobilice kamena moraju koristiti osobna zaštitna sredstva za zaštitu sluha. Nadalje, kako je kamenolom smješten 500 metara od trgovačkog centra i stambenih prostora, utvrđen je veliki broj glavobolja kod zaposlenika samog centra i ljudi koji žive u stambenim prostorima te također kod turista. Zaključak je da se tvornica mora preseliti u područje koje neće zagađivati okoliš bukom, u ovom slučaju trgovački centar i stambene prostore (Farzana i sur., 2016.).

Serin i Akay (2010.) u istraživanju navode kako je izmjerena razina buke koju generira buldožer CAT D7G tijekom dva radna stupnja (ravnjanja staze i izgradnje ceste) manja od dopuštene granice od 85 dB(A). Međutim, prosječne vrijednosti vršnih razina buke bile su iznad granice opasnosti od 90 dB(A) kako navodi autor, daljnja analiza pokazala je da rukovatelj buldožera ima gubitak sluha. Mjerenje razine buke obavljeno je u kamenolomu na radnim mjestima fizičkih radnika (150 ljudi) i radnika u administraciji (150 ljudi) s ciljem ranijeg otkrivanja gubitka sluha uzrokovana šumom. Raspon razine buke radnika u kamenolomu je od 61,2 dB(A) do 99,6 dB(A), dok je kod administrativnih radnika buka u rasponu od 54,2 dB(A) do 69,0 dB(A). Nadalje, utvrđeno je da od ukupnog broja radnika u kamenolomu, njih 33,6 % ima izražen problem sa sluhom u usporedbi s 2 % radnika u administraciji (Kitcher i sur., 2012.). Istraživanje je obavljeno u utvrđivanju izloženosti građevinski radnika buci tijekom radnog vremena. Mjerenje je obavljeno tijekom jednog sata trajanja rada, a u isto je bilo uključeno 30 građevinskih radnika. Rezultatima je utvrđeno da je 33 % građevinskih radnika izloženo razini buke većoj od 90 dB, koju emitiraju strojevi na radilištu. Jednako tako, istraživanje je ukazalo kako velik broj građevinskih radnika ne primjenjuje odgovarajuću zaštitu od buke prilikom izvođenja radova, iako znaju da je dugotrajna izloženost buci opasna za zdravlje (Nawi i sur., 2018.).

Cilj je istraživanja ispitati utjecaj broja okretaja i vrsta ulaznog materijala na proizvedenu razinu buke navedene drobilice. Hipoteza je da će povećanjem broja okretaja motora porasti razina buke na radnom mjestu rukovatelja drobilice građevinskih materijala.

## Materijal i metode

Istraživanje je obavljeno u firmi *Djelatnik d. o. o. Vinkovci*. Mjerenje razine buke obavljeno je na radnom mjestu rukovatelja drobilice građevinskih materijala pri dvije razine okretaja mo-

tora (radni i maksimalni okretaji) i pri pet vrsta različitih materijala (opeka, beton, asfalt, crijep i mješoviti građevinski materijal) te rada drobilice bez materijala (prazan spremnik).

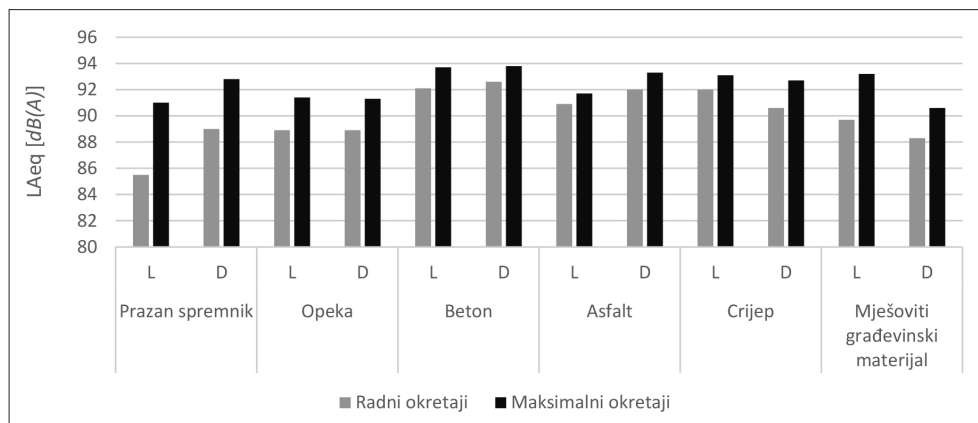
Mjerenje je obavljeno s uređajem za mjerenje razine buke proizvođača *Metrel* modela *Multi-norm MI 6201* s pripadajućim mikrofonom istog proizvođača. Isto je obavljeno s lijeve i desne strane rukovatelja pri radu drobilice građevinskih materijala u skladu s normom *HRN ISO 6396 (2000.)*. Prema normi *HRN ISO 5131 (2000.)* mikrofon je postavljen u odnosu na referentnu točku položaja rukovatelja od sredine glave rukovatelja do razine početka trupa na visini  $790 \pm 20$  mm te odmaknut od sredine glave rukovatelja  $200 \pm 20$  mm s lijeve i desne strane.

Oznaka obrađenih podataka u slijedećem poglavlju biti će označena kao **LAeq** – vremenski usrednjena ili ekvivalentna trajna zvučna razina mjeri se u oba mjerna kanala. To je najvažnija i najupotrebljavanija veličina koja je ujedno i srednja vrijednost zvučne razine za cijelo vrijeme mjerenja.

Statistička obrada podataka obavljena je programom *SAS Enterprise Guide 9.4. (SAS, 2014./2017.)*, od statističkih metoda u radu je obrađena analiza varijance između zavisnih i nezavisnih činitelja (Petz i sur., 2012).

## Rezultati i rasprava

*Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu* propisuje sljedeće granične vrijednosti izloženosti tijekom osmosatnog radnog dana (NN, 46/2008.): donja upozoravajuća granica izloženosti (80 dB(A)), gornja upozoravajuća granica izloženosti (85 dB(A)) i granična vrijednost izloženosti (87 dB(A)). Izmjereni rezultati ukazuju na to da prelaze propisane vrijednosti navedenim Pravilnikom pri svim okretajima motorima s obadje strane izuzev izmjerene vrijednosti s lijeve strane pri radnim okretajima kod praznog spremnika.



\*L = lijeva strana; D = desna strana

Grafikon 1. Usporedni prikaz usrednjenih srednjih vrijednosti buke pri svim vrstama materijala i okretajima

Srednjim vrijednostima vidljivo je kako razina buke raste s povećanjem broja okretaja motora drobilice s obje strane pri praznom i punom spremniku kod svih vrsta materijala, a što je u skladu s postavljenom hipotezom istraživanja. Najviša razina buke izmjerena je pri punom spremniku betona s obje strane te pri radnim i maksimalnim okretajima, dok je najmanja iz-

mjerena s lijeve strane kod oba okretaja s praznim spremnikom i s desne strane kod oba okretaja s punim spremnikom mješovitog građevinskog materijala (Grafikon 1.).

Tablica 1. Analiza varijance srednjih vrijednosti buke s lijeve i desne strane rukovatelja

Varijable	Buka s lijeve strane		Buka s desne strane	
	<i>F</i>	<i>Sig.</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Okretaji motora	50,69	<0,00	46,51	<0,00
Vrste materijala	16,23	<0,00	13,78	<0,00
Interakcija okretaja motora i vrste materijala	4,38	<0,01	1,45	<0,24

Prema *F* vrijednostima može se zaključiti da najveći utjecaj na buku s obje strane ima broj okretaja motora pa onda vrsta materijala i interakcija. Analizom varijance utvrđena je statistička značajnost između srednjih vrijednosti buke s lijeve strane pri obadvi nezavisne varijable (okretaji i vrste materijala) i interakcije između istih. Kod buke s desne strane utvrđena je statistička signifikantnost pri obje nezavisne varijable (okretaji i vrste materijala), dok gledajući interakciju okretaja motora i vrste materijala ista nije utvrđena.

Prema Kumar-Prasanna i sur. (2008.) obavili su istraživanje gdje je mjerena razina buke na radnim mjestima (prostorijama) u mlinovima za pripremu materijala ulja uz promatranje radnika. Utvrđeno je da je 26 % od ukupnog broja radnika izloženo razini buke od više od 85 dB(A). Anketiranjem radnika utvrđeno je kako 63 % od ukupnih radnika smatra da je buka ometala njihov rad, oko 16 % da je buka ometala njihov rad i oštetila njihov sluh, dok je oko 5 % radnika izjavilo da im razina buke u prostoriji izaziva glavobolju, kao i u ovom istraživanju.

Mjerenje proizvedene razine buke obavljeno je na drobilici kamena s 24 položaja mikrofona, a pri radu drobilice i kombinaciji rada drobilice i punjenja spremnika kamenom. Utvrđena je razina buke pri radu drobilice i spremnika u rasponu od 100,4 dB(A) do 102,2 dB(A) pri frekvenciji od 63 Hz. Isto je izmjereno pri kombinaciji punjenja i rada drobilice pri frekvenciji od 50 Hz (110,4 dB(A) rad motora drobilice; 108,2 dB(A) rad spremnika drobilice; 101,3 dB(A) rad spremnika i motora drobilice) i 63 Hz (105,9 dB(A) rad motora drobilice; 103,0 dB(A) rad spremnika drobilice; 101,8 dB(A) rad spremnika i motora drobilice). Utvrđeno je kako razina buke prolazi dopuštene granice i može štetno utjecati na zdravlje rukovatelja kao i u ovome istraživanju (Pleban i sur., 2013.).

## Zaključak

Usporedbom srednjim vrijednostima utvrđeno je kako razina buke raste s povećanjem broja okretaja motora drobilice s obadvi strane pri praznom spremniku i pri punom spremniku kod svih vrsta materijala, a što je u skladu s postavljenom hipotezom istraživanja.

Najmanja razina buke izmjerena je s lijeve pri obama okretajima motora s praznim spremnikom i s desne strane pri obama okretajima motora s punim spremnikom mješovitog građevinskog materijala. Nadalje, najviša razina buke izmjerena je pri punom spremniku betona s obje strane te pri radnim i maksimalnim okretajima.

Izmjerena razina buke prelazi dopuštenu graničnu vrijednost tijekom osmosatnog radnog vremena 87 dB(A) s izuzetkom s lijeve strane rukovatelja pri radnim okretajima s praznim spremnikom gdje ista ne prelazi dopuštenu graničnu vrijednost. Rukovatelj drobilice izložen je prekomjernoj razini buke koja negativno utječe na njegovo zdravlje i može izazvati trajna oštećenja pri daljnjoj izloženosti te pri radu drobilice svakako treba koristiti ušne štitičnike – antifon.

## Literatura

1. Administrator (2012): Buka i zaštita na radu. <https://zastitanaradu.com.hr/novosti/Buka-i-zastita-naradu-14>. (18.09.2018.).
2. Farzana, S.Z., Biswas, B., Das, A., Zafor, A. (2016): A study on cause and effects of noise pollution due to stone crusher machine at Jaflong, Sylhet. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3 (8), 32-35.
3. HRN ISO 5131 (2000): Akustika – traktori i strojevi za poljoprivredu i šumarstvo – mjerenje buke na mjestu rukovatelja – pregledna metoda. Zavod za mjeriteljstvo, Zagreb.
4. HRN ISO 6396 (2000): Akustika – mjerenje buke strojeva za zemljane radove na mjestu rukovatelja – ispitivanje u uvjetima simuliranoga radnog ciklusa. Zavod za mjeriteljstvo, Zagreb.
5. Kitcher, E.D., Ocansey, G., Tumpi, D.A. (2012): Early occupational hearing loss of workers in a stone crushing industry: Our experience in a developing country. *Noise & Health*, 14 (57), 68-71.
6. Kumar-Prasanna, G.V., Dewangan, K.N., Sarkar, A. (2008): Noise exposure in oil mills. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 12 (1), 23-28.
7. Kutleša, P. (2012): Zagađenje okoliša bukom. <http://www.bioteka.hr/modules/okolis/article.php?storyid=7>. (18.09.2018.).
8. Mladineo, M. (2015): Utjecaj buke u gradu na ljudsko zdravlje. <https://www.hrvatski-fokus.hr/index.php/aktualno/13369-dosta-nam-je-izdajica>. (18.09.2018.).
9. Nawi, N.M., Haron, Z., Jumali, S., Hasan, A.C. (2018): Occupational noise exposure of construction workers at construction sites in Malaysia. *Regional Conference on Science, Technology and Social Sciences (RCSTSS 2016), Malaysia 2018.*, 519-527.
10. NN (46/2008): Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu. Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, Zagreb.
11. Petz, B., Kolesarić, V., Ivanec, D. (2012): Petzova statistika. Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
12. Pleban, D., Piechowicz, J., Kosała, K. (2013): The inversion method in measuring noise emitted by machines in opencast mines of rock material. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 19 (2), 321-331.
13. Rimac, D. (2016): Utjecaj buke na čovjeka. Završni rad, Veleučilište u Karlovcu.
14. SAS (2014/2017): Institut Inc., Version 9.4. SAS Institute, Cary, NC. (Licensed to Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek)
15. Serin, H., Akay, A. E. (2010): Noise level analysis of a bulldozer used in constructing a forest road in mediterranean region of Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 5 (19), 2624-2628.
16. Vardhana, H., Karmakarb, N. C., Rao, Y. V. (2005): Experimental study of sources of noise from heavy earth-moving machinery. *Noise Control Engineering Journal*, 53 (2), 37-42.

## Produced noise level of the crusher in relation to individual exploitation factors

### Abstract

This study presents the results of noise measurement of a building material crusher at work and maximum engine speed, in an empty container and in a full container with different types of material (bricks, concrete, asphalt, tile and mixed building material). The measurement was performed in accordance with the standards *HRN ISO 6396 (2000)* and *HRN ISO 5131 (2000)*. They indicate that the microphone must be placed on the left and right side of the crusher operator and in relation to the reference point of the operator position from the centre of the head of the operator to the hull start up to  $790 \pm 20 \text{ mm}$  from the centre of the head of the operator  $200 \pm 20 \text{ mm}$ . The lowest noise level was measured on the left side at both engine speed with the empty tank and the right side at both engine speed with a full tank of mixed construction material. Furthermore, the highest noise level was measured at the tank full of concrete on both sides at operating and maximum speed. The operator is exposed to impermissible noise levels exceeding  $87 \text{ dB}$ , which is negative for the health of the operator and can cause permanent consequences.

**Key words:** construction material, crushing machine, operator, noise.

## Primjena robota i robotskih sustava u poljoprivrednoj praksi

Domagoj Zimmer, Mladen Jurišić, Ivan Plaščak, Dorijan Radočaj

*Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,  
Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: dzimmer@fazos.hr*

### Sažetak

Roboti nisu samo strojevi koji imaju sposobnost obavljanja jednostavnih zadaća. Ubrzani razvoj poljoprivredne tehnike imao je za posljedicu i ubrzan razvoj robotike te njenu primjenu u poljoprivrednoj praksi. Roboti su inteligentni sustavi i njihova uloga u poljoprivredi postaje neizostavna jer oni postaju sastavni dio tehnološkog i znanstvenog napretka. U radu se prikazuje važna uloga robota u razvoju znanosti i novih tehnologija kroz primjere uporabe u biljnoj proizvodnji, osobito u ratarstvu, vrtlarstvu i šumarstvu.

**Ključne riječi:** roboti, robotski sustavi, precizna poljoprivreda

### Uvod

Digitalizacija poljoprivrede posljednjih nekoliko godina doprinosi brzom razvoju novih tehnologija u poljoprivrednoj proizvodnji. Robotika je nova dimenzija znanstvenog i tehnološkog polja. Tehnološko-znanstvenim napretkom i razvojem umjetne inteligencije kao jednog od najbitnijih činitelja, roboti su postali pametni radni partneri (Raguž, 2019.). Robot obično podrazumijeva elektromehanički stroj koji se može kretati, izvoditi operacije pomoću članka udova, osjećati vanjske podražaje i fizički utjecati na svoju okolinu (Zutven i sur., 2009.). Suvremeni je robot manipulator koji posreduje između stvarnog svijeta i svog elektronskog »mozga« koji se hrani naredbama koje determiniraju njegovo ponašanje. U današnjici se obavljaju istraživanja na robotima koji su vizualno osjetljivi na okolinu, gdje će reagirati na podražaje koje ljudsko tijelo ne registrira, poput infracrvenog svjetla i ultrazvuka (Šurina, 1990.). Logsdon (1984.) u svojim istraživanjima navodi kako znanost i tehnologija napreduju te da ljudska vrsta postaje sve ovisnija o tehnologiji. Roboti doprinose većoj učinkovitosti rada, obavljaju druge osjetljive poslove izvanrednom brzinom i preciznošću. Nikolić (2015.) navodi kako današnji roboti više ne odgovaraju nekadašnjim definicijama robota (RIA, JIRA, ISO). Razvoj robota uvelike je napredovao od osnovnih definicija koje su opisivale isključivo industrijskog robota. Roboti su postali uređaji najvećeg stupnja automatizacije koji obavljaju svoje funkcije koristeći senzorske, aktuatorske i upravljačke sustave. U »odlučivanju« dobivaju sve veću samostalnost, što se ostvaruje u vidu umjetne inteligencije pri obavljanju različitih zadaća. Lapov-Padovan i sur. (2018.) smatraju da je robotika grana inženjerske znanosti i tehnologije. Robotika objedinjuje mehaniku, elektroniku, računarstvo, informacijske sustave i automatiku. Temelj je robotike automatika koja se može poučavati bez robotike, ali se robotika ne može poučavati bez auto-

matike. Automatika proučava načela i teorije automatskih kontrolnih sustava kao i uređaje koji izvršavaju zadatke bez neprestanog nadzora. U svakidašnjem se životu ljudi sve više susreću s automatskim sustavima i robotima. Prema Lukenda (2015.), uvođenje robota u proces proizvodnje opravdano je proizvodno i financijski već nakon samo godinu dana korištenja. Prema Holland i Nof (1999.) roboti su perceptivni strojevi koji se mogu programirati za obavljanje određenih zadataka, donošenje odluka i djelovanje u stvarnom vremenu. Potrebni su u raznim poljima koja obično zahtijevaju smanjenje radne snage i radnog opterećenja, a najprikladniji su za aplikacije koje zahtijevaju ponovljivu točnost i visok prinos u stabilnim uvjetima. Canning, i sur. (2004.) u svojim istraživanjima robote dijele u četiri skupine prema strukturnim karakteristikama okoliša i objekata: i) okoliš i objekti su strukturirani; ii) okoliš je nestrukturiran i objekti su strukturirani; iii) okruženje je strukturirano i objekti su nestrukturirani; iv) okoliš i objekti su nestrukturirani. Automatizacija je značajno povećala produktivnost poljoprivrednih strojeva povećanjem učinkovitosti, pouzdanosti i preciznosti. Poljoprivredna domena povezana je s četvrtom skupinom u kojoj ništa nije strukturirano, što predstavlja izazov u smislu komercijalizacije. Poljoprivredno okruženje zahtijeva da se robot može kretati naspram većine robota u tvornicama ili vozilima na parkiralištima gdje im je kretanje ograničeno (Noguchi i sur., 2004., Schueller, 2006., Iida i sur., 2013., Zhang i sur., 2013.). Bosilj-Vukšić i sur. (2008.) navode kako je zbog smjera u kojem se razvija tehnologija teško očekivati da će u bližoj budućnosti postojati univerzalni roboti koji će obavljati više poslova zato što se sve više ulaže u razvoj usko specijaliziranih robota za različita područja, posebno se to odnosi na poljoprivredne djelatnosti, poput primjerice raznih agrotehničkih zahvata. Nof (2009.) navodi kako poljoprivredni roboti zahtijevaju razvoj naprednih tehnologija za obradu složenih i vrlo promjenjivih okoliša i proizvodnje.

## Podjela robota

Osnovna je podjela robota prema stupnju samostalnosti: industrijski roboti i autonomni mobilni roboti. Prema Crneković (2014.) i Kasać (2015.) osnovni su dijelovi robota kontrolna jedinica, upravljački softver, aktuatori (najčešće elektromotori) i senzori. Kontrolna jedinica uglavnom je mikroprocesor, ugrađeni mikrokontroler ili osobno računalo. Upravljački softver može biti programski jezik niske razine ili neki od programskih jezika više razine (C, C++, Pascal). Senzori koje koristi robot razlikuju se s obzirom na zahtjeve robota. Mogu biti senzori za mjerenje položaja, brzine i ubrzanja, sile, senzori opipa, ultrazvučni senzori i drugi. Upotreba senzora vida (kamere) pruža brojne korisne informacije. One predstavljaju strukturu okoliša navigacijskom sustavu kroz različite boje i oblike koristeći različita programska sučelja za stvaranje i implementaciju navigacijskih algoritama. Prema međunarodnom standardu ISO 8387:1944, industrijski robot definira se kao automatsko upravljani, reprogramibilni, višenamjenski manipulator s trima ili više reprogramibilnih osi, koji može biti postavljen za tlo ili mobilan, namijenjen uporabi u aplikacijama industrijske automatizacije. Autonomni mobilni roboti mogu se podijeliti: prema okruženju (kopneni UGV-ovi (*Unmanned Ground Vehicles*), transportni, zračni UAV-ovi (*Unmanned Aerial Vehicles*), podvodni AUV-ovi (*Autonomous Underwater Vehicles*) i polarni roboti), prema uređaju koji koriste za kretanje (roboti s nogama; s nogama sličnim čovjeku (*androidi*) ili s nogama sličnim životinjama, roboti s kotačima i roboti s gusjenicama) te prema načinu navigacije (ručno upravljani, zaštićeni ručno upravljani, AGV-ovi koji prate liniju (*Aerial Ground Vehicles*), autonomno vođeni robot i roboti s kliznom autonomijom). Poljoprivrednu robotiku čini upotreba automatizacije u biosustavima. To predstavlja zamjenu konvencionalnih tehnika za obavljanje istih zadataka s većom učinkovitošću. Prednosti upotrebe poljoprivrednih robota znače samostalno obavljanje poljoprivrednih operacija poput aplikacije zaštitnim sredstvima i mehaničkog suzbijanja korova, berbe voća, monitoringa poljoprivrednih



gospodarstava tijekom dana i noći uz učinkovito izvješće (smanjenje negativnog utjecaja na okoliš). Vrste robota koji se relativno često koriste u poljoprivredi: *Demeter* (za žetvu), robot za suzbijanje korova, šumski robot, robot u hortikulturi i robot za branje voća. *Demeter* je robot koji može sjeći usjeve poput klasičnog berača, ali s potpunom autonomijom kretanja bez ljudskog nadzora. *Demeter* posjeduje kamere koje mogu otkriti razliku između usjeva i kulture koju ne treba sjeći. Koristeći informacije dobivene iz kamere, »zna« kuda se treba kretati, gdje postaviti glavu rezača te kada je došao kraj reda usjeva. *Demeter* se može pokretati i daljinskim upravljanjem ili biti programiran na određenu stazu (putanju) koristeći svoje senzore i upravljačke sustave na računalu. *Demeter* posjeduje tri razine automatizacije: I. operateru kombajna omogućuje se automatsko upravljanje, vožnja i rukovanje sa žetelica, II. operateru može koristiti značajka »drone« za daljinsko upravljanje više kombajna, III. potpuno razvijena autonomnost stroja koji obrađuje polje bez ljudskog nadzora. Robot za uklanjanje i uništavanje korova kreće se na sva četiri kotača te svoju primjenu najbolje postiže kod kultura koje su u redovima. Koristeći inteligentnu »motiku« koja posjeduje senzorske sustave za prepoznavanje reda usjeva i precizno usmjeravanje između njih smanjuje se potreba za herbicidima. Identifikacija korova temelji se na fotografiji u boji. Upotrebljavajući senzore opremljeni robot omogućuje kreiranje karata u biljnoj proizvodnji. U praktičnoj upotrebi sve se više koristi robotska greda. Robotska greda može koristiti tekuću zaštitu – apliciranje gnojiva, odnosno biti u mogućnosti regulirati svoj rad prema trenutnim vremenskim uvjetima. Senzorski sustavi mogu se postaviti na uređaj koji tijekom svog kretanja i obavljanja zaštite može obavljati nadziranje. Kod nadzora okoliša u šumama koristi se šumski robot (engl. *Treebot*). Šumski robot sastoji se od kombiniranih mrežnih senzora, web kamere i bežične mrežne veze. Pokreće se solarnom energijom i kreće se na posebnim kablovima za uzimanje uzoraka i mjerenja na visokim šumskim krošnjama. Kada je potrebno obavljati sječu stabala, monitoring stabala i obrezivanje jelki koristi se robot *Forester*. To je posebna vrsta robota koji posjeduje specijalizirani prihvat stabla – jelke i sjekire za sječu. Kod robota u hortikulturi sve se više koriste roboti za košnju trave na travnjacima bez obzira na geometrijski oblik. Pri automatskom načinu rada, potpuno napunjen robot kosilica može pokositi travnjak površine 2 500 do 3 200 m<sup>2</sup>. Učinkovitost košnje ovisi o broju prepreka tijekom rada, padinama, visini trave i vlažnosti. Kod voćarstva najzastupljeniji su roboti za ubiranje voća. Roboti za ubiranje voća trebali bi odabrati zrelo voće bez oštećivanja grana ili lišća stabala. Odlika robota za ubiranje voća mogućnost je pristupa svim područjima drveta gdje se želi ubrati plod. Robot razlikuje plod i lišće pomoću snimanja videosnimki kamerom koja je postavljena na ruci robota, a snimljene boje uspoređuju se sa svojstvima pohranjenim u memoriji. Kada robot dobije informaciju da se boja ploda poklapa sa bojom koja odgovara u memoriji tada dolazi do ubiranja. Ako je plod pokriven lišćem tada se upotrebljava pneumatski mlaz za puhanje lišća nakon kojeg se dobije jasniji pogled. Robotska ruka za ubiranje plodova pomiče se prema van, gore, dolje, te u cilindričnim i sfernim obrascima gibanja. Pritisak koji se obavlja na plod dovoljan je za uklanjanje sa stabla, ali nije dovoljan da se plod zdrobi.

### **Prednosti primjene robota**

Poljoprivredni roboti skupljaju uzorke usjeva i tla, male su veličine, što im omogućuje prikupljanje podataka u neposrednoj blizini usjeva. Sposobni su obavljati sve agrotehničke zahvate te pronalaziti bolesti ili parazite i obavljati mehaničku kultivaciju korova. Poljoprivredni roboti imaju kamere i senzore koji otkrivaju korov i druge oblike stresa na kulturi. Upotrebom senzora roboti primjenjuju zaštitu bilja samo na područjima gdje je kultura zahvaćena nekim štetnikom ili bolešću umjesto cijelog usjeva – značajan doprinos sustavu PA (*Precision Agriculture*) (Slika 1). Korištenjem robotike u poljoprivredi pomaže se zaštititi okoliš smanjujući količinu štetnih

sredstava koja se ispuštaju pri apliciranju. Upotreba robota proširila se na šumarstvo (Slika 2.), zaštićene prostore (staklenici i plastenici) i vrtlarstvo. Sve se više aktualizira upotreba robota na poljima (Slika 3.) i pri berbi voća (Slika 4.). Roboti su sve korisniji u situacijama koje mogu biti štetne za sigurnost ili zdravlje radnika. Bechar i Vigneault (2016.) u svojim istraživanjima navode kako robotski sustav mora biti isplativ, a istovremeno siguran i pouzdan za sigurnost ljudi, očuvanje okoliša i usjeva. Oljača i sur. (2014.) navode kako se primjenom robota postiže smanjenje udjela ljudskog rada i povećanje produktivnosti. Posebno se ističe zaštita životne sredine i rizici po čovjeka zbog faktora gdje roboti koriste adekvatne računalne programe i daju preporuke ili sami ispravno obavljaju pojedine tehnološke zadaće u poljoprivredi.



Slike 1. – 2. Robotska primjena mikrozaštite (lijevo); robot u sječi trupaca (desno)



Slike 3. – 4. Robot *Demeter* (lijevo); robotska ruka pri ubiranju (desno)

## Zaključak

U poljoprivredi postoje značajne mogućnosti za veću produktivnost primjenom robota. Roboti se pojavljuju na gospodarstvima u različitim oblicima i sve većem broju. Primjenom robotskih sustava bitno se mijenja način proizvodnje i agrotehnika. Upotrebom robota pri uzgoju (kultivacija, zaštita i žetva-berba-ubiranje) postižu se značajna poboljšanja i uštede. Značajna primjena robota evidentna je na mjestima gdje je opasno za zdravlje čovjeka (osobito se to odnosi na uporabu pesticida). Pri uzgoju žitarica primjena robota ostvaruje niže troškove i to samo pri monitoringu proizvodnih površina za 20 %.

## Literatura

1. Bechar, A., Vigneault, C. (2016): Agricultural robots for field operations: Concepts and components. *Biosystems Engineering*, 149, 94-111.
2. Bosilj-Vukšić, V., Hernaus, T., Kovačić, A. (2008): Upravljanje poslovnim procesima: organizacijski i informacijski pristup. Školska knjiga, Zagreb, Hrvatska.
3. Canning, J. R., Edwards, D. B., Anderson, M. J. (2004): Development of a fuzzy logic controller for autonomous forest path navigation. *Transactions of the ASAE*, 47 (1), 301.
4. Crneković, M. (2014): Industrijski i mobilni roboti. Interna skripta, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska.
5. Holland, S. W., Nof, S. Y. (1999): Emerging trends and industry needs. *Handbook of Industrial Robotics*, 31-40.
6. Iida, M., Suguri, M., Uchida, R., Ishibashi, M., Kurita, H., Won-Jae, C. (2013): Advanced harvesting system by using a combine robot. *IFAC Proceedings Volumes*, 46 (4), 40-44.
7. ISO 8387:1944. Robots and robotic devices — Vocabulary
8. Kasač, J. (2015): Neizrazito i digitalno upravljanje. Interna skripta, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska.
9. Lapov Padovan, Z., Kovačević, S., Purković, D. (2018): Razvoj kurikuluma osnovnoškolske nastave robotike, Sveučilište u Rijeci. *Polytechnica: Journal of Technology Education*, 2 (1), 7-34.
10. Logsdon T. (1984): Robotika revolucija. Globus: Plava biblioteka, Zagreb, Hrvatska.
11. Lukenda, D. (2015): Ekonomska opravdanost uvođenja robota u proces proizvodnje. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Zagreb, Hrvatska.
12. Nikolić, G. (2015): Razvoj robota i promjene koje oni donose. *Polytechnic and design*, 3 (3), 326-339.
13. Nof, S. Y. (2009): Automation: What it means to us around the world. Published in Springer handbook of automation, Springer, Berlin, Heidelberg, Germany.
14. Noguchi, N., Will, J., Reid, J., Zhang, Q. (2004): Development of a master-slave robot system for farm operations. *Computers and Electronics in agriculture*, 44 (1), 1-19.
15. Oljača, M. V., Gligorević, K., Pajić, M., Zlatanović, I., Dimitrovski, Z. (2014): Primena mobilnih robota u poljoprivredi. Zbornik radova-17. Aktuelni problemi mehanizacije poljoprivrede, Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun, Srbija.
16. Raguž, R. (2019): Primjena robotike u osnovnoj školi, Diplomski rad. Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Fakultet informatike u Puli, Pula.
17. Schueller, J. K. (2006): Cigr handbook of agricultural engineering (vol. 6). CIGR The International Commission of Agricultural Engineering, 46.
18. Šurina, T. (1990): Roboti i manipulatori. Školska knjiga, Zagreb, Hrvatska.
19. Zhang, Z., Noguchi, N., Ishii, K., Yang, L., Zhang, C. (2013): Development of a robot combine harvester for wheat and paddy harvesting. *IFAC Proceedings Volumes*, 46 (4), 45-48.
20. Zutven, P., Kostic, D., Nijmeijer, H. (2009): Modeling, identification and stability of humanoid robots. Master thesis, DCT 2009.100, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, Holland.

## Application of robots and robotic systems in agricultural practice

### Abstract

Robots are no longer just machines that have the ability to perform simple tasks. The rapid development of agricultural technology has also resulted in the development of robotics and its application in agricultural practice. Robots have become intelligent systems and their role in agriculture is becoming indispensable, becoming an integral part of technological and scientific progress. This paper shows the important role of robots in the development of science and new technologies through examples of applications in crop, gardening and forestry.

**Key words:** robots, robotic systems, precision agriculture











