



Slovensko agronomsko društvo
Slovenian Society of Agronomy

Zbornik simpozija **NOVI IZZIVI V AGRONOMIJI 2021**

Novi izzivi v agronomiji 2021

ZBORNİK SIMPOZIJA

New challenges in agronomy 2021

PROCEEDINGS OF SYMPOSIUM

ISBN 978-961-94613-1-0



9 789619 461310

Spletni simpozij 2021



Slovensko agronomsko društvo

Slovenian Society of Agronomy

**NOVI IZZIVI
V AGRONOMIJI 2021**

ZBORNIK SIMPOZIJA

**NEW CHALLENGES
IN AGRONOMY 2021**

PROCEEDINGS OF SYMPOSIUM

Spletni simpozij, 2021

Simpozij Novi izzivi v agronomiji 2021 z mednarodno udeležbo
Spletni simpozij, 28. in 29. januar 2021

Zbornik simpozija

Uredniki in člani organizacijskega odbora simpozija (po abecednem vrstnem redu)

dr. Barbara Čeh,	Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije
dr. Peter Dolničar,	Kmetijski inštitut Slovenije
dr. Rok Mihelič,	Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani
prof. dr. Denis Stajnko,	Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede
asist. dr. Igor Šantavec,	Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

Recenzenti (po abecednem vrstnem redu)

dr. Barbara Čeh, izr. prof. dr. Andreja Čerenak, doc. dr. Jure Čop, doc. dr. Zalika Črepinšek, dr. Peter Dolničar, Marjeta Eržen, dr. Marko Flajšman, prof. dr. Helena Grčman, doc. dr. Darja Kocjan Ačko, dr. Aleš Kolmanič, prof. dr. Branko Kramberger, Gregor Leskošek, dr. Rok Mihelič, dr. Boštjan Naglič, dr. Miha Ocvirk, prof. dr. Martin Pavlovič, prof. dr. Denis Stajnko, asist. dr. Igor Šantavec, mag. Iris Škerbot, dr. Primož Titan, prof. dr. Stanislav Trdan, dr. Kristina Ugrinović, izr. prof. dr. Borut Vrščaj, doc. dr. Vesna Zupanc

Prispevki so najmanj dvakrat recenzirani. Za jezikovno pravilnost odgovarjajo avtorji. S poslanim prispevkom se avtorji strinjajo s tiskano in spletno objavo zbornika. Uredniki zbornika ne odgovarjamo za vsebino komercialnih oglasov in sporočil. Tisk: Grafika Gracer, d.o.o., Celje, natisnjeno v 160 izvodih Tehnično uredila in prelom: dr. Barbara Čeh
Izdalo Slovensko agronomsko društvo, Ljubljana, 2021
Copyright © Slovensko agronomsko društvo

CIP - Kataložni zapis o publikaciji

Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

63(082)

NOVI izzivi v agronomiji (simpozij) (2021 ; online)

Novi izzivi v agronomiji 2021 : zbornik simpozija = New challenges in agronomy

2021 : proceedings of symposium : spletni simpozij, [28. in 29. januar] 2021 /

[uredniki Barbara Čeh ... et al.]. - Ljubljana : Slovensko agronomsko društvo, 2021

ISBN 978-961-94613-1-0

COBISS.SI-ID 46932995

Zbornik posvečamo prof. dr. Antonu Tajnšku, ustanovitelju in prvemu predsedniku Slovenskega agronomskega društva, ob njegovi 80-letnici.

Kazalo

Gospodarjenje s tlemi

Improved soil management to tackle climate change and improve production

Izboljšano gospodarjenje s tlemi za spopadanje s podnebnimi spremembami in izboljšanje proizvodnje

Pete SMITH 10

Dolgoročni učinek različnih kmetijskih praks na zaloge organskega ogljika v njivskih tleh

Long-term effect of different agronomic practices on organic carbon stocks in arable soils

Aleš KOLMANIČ, Vida ŽNIDARŠIČ PONGRAC in Jože VERBIČ 12

Zaloge organskega ogljika v tleh kmetijskih zemljišč Slovenije – preliminarno poročilo večletnega projekta

Soil organic carbon stocks in agricultural land-uses of Slovenia – the multiannual project preliminary report

Marjan ŠINKOVEC, Janez BERGANT, Boštjan MALI, Helena GRČMAN in Borut VRŠČAJ 19

Gospodarjenje z ogljikom v travniških tleh

Grassland soil carbon management

Branko KRAMBERGER in Miran PODVRŠNIK 27

Ocena erozije na kmetijskih zemljiščih v Sloveniji

Assessment of agricultural soil erosion in Slovenia

Borut VRŠČAJ, Peter KASTELIC, Janez BERGANT in Marjan ŠINKOVEC 35

Oblikovanje »zelene« strukture instrumentov prihodnje skupne kmetijske politike

Creating a "green" structure for the instruments of the future the common agricultural policy

Andrej UDOVČ in Janja RUDOLF 43

Mnenje deležnikov o prioritetah raziskav in razvoja zakonodaje za trajnostno gospodarjenje s kmetijskimi tlemi v Sloveniji

Stakeholders' opinion on research and legislation development priorities for sustainable agricultural soil management in Slovenia

Sara MAVSAR, Jurka LESJAK, Borut VRŠČAJ, Klara REKIČ, Denis STAJNKO, Helena GRČMAN, Rok MIHELIC 50

Analiza primernosti zemljišč za uvrstitev v trajno varovana kmetijska zemljišča v občini Novo mesto

Analysis of determination of agricultural land for permanent protection in a Municipality of Novo mesto

Anja JAKŠE, Marina PINTAR in Matjaž GLAVAN 57

Določanje območij trajno varovanih kmetijskih zemljišč na vodovarstvenih območjih

Determination of areas of permanently protected agricultural lands on water protected areas

Andreja INTIHAR, Marina PINTAR in Matjaž GLAVAN 64

Stročnice

Izgube zrnja pri žetvi soje (*Glycine max* L.)

Soybean (*Glycine max* L.) grain losses at harvest

Filip VUČAJNK, Igor ŠANTAVEC, Rajko BERNIK, Stanislav TRDAN in

Matej VIDRIH 72

Vpliv medvrstne razdalje, sorte in dodatne inokulacije semena pred setvijo na morfološke lastnosti rastlin, pridelek ter vsebnost beljakovin in maščob v zrnju soje

Influence of sowing distance, variety and additional inoculation of seeds before sowing on plant morphological properties, yield and protein and fat content in soybean grain

Miha SLAPNIK, Darja KOCJAN AČKO in Marko FLAJŠMAN 79

Vpliv različnih sistemov obdelave tal na nodulacijo in parametre pridelka soje (*Glycine max* (L.) Merr.)

Influence of different tillage systems on soybean nodulation and yield parameters

(*Glycine max* (L.) Merr.)

Sergeja ADAMIČ in Robert LESKOVŠEK 87

Pridelek visokega fižola za zrnje v hmeljišču glede na odmerek dušika za dognojevanje in vrsto gnojila

Yield of high beans in hop field trellis related to the nitrogen side dressing and the type of fertilizer

Barbara ČEH in Bojan ČREMOŽNIK 96

Pridelovanje poljščin

Vpliv konvencionalne in konzervirajoče obdelave ter direktne setve na zapleveljenost in pridelek ozimne pšenice (*Triticum aestivum* L.)

Effect of conventional, conservation and no-till tillage systems on weed dynamics and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)

Anže ROVANŠEK in Robert LESKOVŠEK 103

Učinek uporabe zeolitov na pridelek koruze za zrnje (*Zea mays* L.) v različnih pedoklimatskih razmerah

Effect of zeolites on the yield of maize for grain (*Zea mays* L.) in different pedoclimatic conditions

Aleš KOLMANIČ 111

Uporaba stabilizatorja nitrifikacije N-Lock™ in tehnologije Optynite™ pri gnojenju koruze

Use of N-Lock™ Nitrification Stabilizer and Optynite™ Technology in Maize Fertilization

Alojz SREŠ, Rok MIHELIČ, Vid ŽITKO, Robert MATJAŠEC in Darko KEREC 119

Prostorska in časovna variabilnost vsebnosti vode v tleh na izbrani njivi, glede na intenziteto obdelave tal

Spatial and temporal variability of soil water content in the selected field, according to the intensity of tillage

Urša PEČAN, Marina PINTAR, Rok MIHELIČ in Damijana KASTELEC 126

Vsebnost kanabinoidov in eteričnih olj različnih fenotipov konoplje (*Cannabis sativa* L.) sorte Tiborszallasi

Cannabinoid and essential oil content in different hemp (*Cannabis sativa* L.) phenotypes of variety Tiborszallasi

Marjeta ERŽEN, Iztok Jože KOŠIR, Miha OCVIRK, Samo KREFT in

Andreja ČERENAK 133

Pridelek socvetja konoplje glede na agrotehniko pridelave in lokacijo ter vsebnost kanabinoidov glede na čas vzorčenja

Yield of hemp inflorescence related to agrotechnics and production location and content of cannabinoids related to sampling time

Barbara ČEH, Bojan ČREMOŽNIK in Alenka BERLOŽNIK 140

Laboratorijski test kalivosti in poljski vznik semena navadne ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench) pri različni gostoti setve

Laboratory test of germination and field emergence of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) seeds at different sowing densities

Lovro SINKOVIČ, Romana RUTAR, Drago ŽITEK in Uroš BENEČ 146

Vpeljava pridelave ohranjevalnih semenskih mešanic za obnovo degradirane travne ruše na območju Športnega centra Pokljuka

Production of seed preservation mixtures for the restoration of degraded Pokljuka Sports

Center grassland

Branko LUKAČ, Antoaneta G. KUCHAR in Vladimir MEGLIČ 154

Genetika in žlahtnjenje

Medvrstni križanci, ki vključujejo nosilce genov *Rf3* kot potencialni viri R linij za pridelavo hibridnega semena pšenice na osnovi D² citoplazme

Interspecific crosses involving *Rf3* gene carriers as potential sources of R lines for D2 type cytoplasm based hybrid wheat system

Primož TITAN 159

Novi sorte pire in njuna biološka vrednost

New spelt varieties and their biological value

Zlata LUTHAR 165

Program ekološkega žlahtnjenja sort krompirja na Kmetijskem inštitutu Slovenije v okviru projekta ECOBREED

Organic potato breeding programme at the Agricultural Institute of Slovenia within the ECOBREED project

Peter DOLNIČAR, Eva BLATNIK in Vladimir MEGLIČ 172

Zasnova modela za določanje ogroženosti registriranih lokalnih sort

Establishment of the model for determining the endangerment of registered local varieties

Kristina UGRINOVIČ in Janko VERBIČ 179

Tehnika, meteorologija in IKT

Uporaba pametnih značk za spremljanje meteoroloških podatkov v posevkih soje

Use of smart badges to monitor meteorological data in soybean crops

Denis STAJNKO in Mišel PLETERŠEK 187

Stanje, védenje in prenos znanja o informacijsko komunikacijskih tehnologijah (IKT) med kmetijskimi svetovalci v Sloveniji

The situation, acquaintance with and methods of knowledge transfer on Information and Communication Technologies (ICT) among agricultural advisors in Slovenia

Anastazija GSELMAN, Denis STAJNKO, Jurij RAKUN, Tatjana UNUK, Miljan

CVETKOVIĆ, Alisa HADŽIABULIĆ in Silva GROBELNIK MLAKAR 194

Zbiranje klasincev z adaptiranim kombajnom Claas Tucano

Collecting of corn cobs with adapted combine Claas Tucano 340

Tomaž POJE, Mitja KRAJNC, Klemen KAUCIČ, Anita BREZNIK in Viktor JEJČIČ 202

Ekonomski in okoljski vidik porabe rastlinskih hranil in goriva pri pridelavi pšenice in koruze

Economic and environmental aspects of plant nutrient and fuel consumption in wheat and maize production

Ana HITI, Jure BREČKO in Barbara ZAGORC 208

Tehnične možnosti za pridobivanje hladno stiskanega olja

Technical possibilities for production of cold pressed oil

Tomaž POJE in Viktor JEJČIČ 216

Ekonomska učinkovitost metod varstva rastlin z nizkim tveganjem pri pridelavi izbranih zelenjadic

Economic efficiency of low-risk plant protection methods in the production of selected vegetables

Barbara ZAGORC in Maja KOŽAR 222

Meteorološka vodna bilanca v obdobju 1961–2020 za izbrane meteorološke postaje v Sloveniji

Meteorological water balance for the period 1961–2020 for selected meteorological stations in Slovenia

Zalika ČREPINŠEK, Lučka KAJFEŽ BOGATAJ, Katarina DOLINŠEK in

Tjaša POGAČAR 230

Priprava načrta ukrepanja v vročini pri delu v kmetijstvu

Preparing an occupational heat action plan in agriculture

Tjaša POGAČAR, Lučka KAJFEŽ BOGATAJ in Zalika ČREPINŠEK 238

Vrtnarstvo, tla

Kakovost talne vode v vrtnarski pridelavi na območju plitvih vodonosnikov JV Slovenije

Soil water quality in vegetable production under shallow aquifers of SE Slovenia

Vesna ZUPANC, Miha CURK, Damijana KASTELEC, Janko URBANC, Sonja CERAR,

Matjaž GLAVAN in Marina PINTAR 245

Prekomerna vsebnost kadmija v nekaterih vrtninah

Excessive cadmium concentration in selected vegetables

Eva PANČUR in Marko ZUPAN..... 251

Zagotovitev potreb po dušiku pri pridelavi ekoloških sadik

Ensuring nitrogen needs in the production of organic seedlings

Ana SLATNAR, Karin TREBUŠAK in Vesna ZUPANC..... 258

Preizkušanje pridelovanja komarčka (*Foeniculum vulgare* L.) na različnih lokacijah v SlovenijiTesting of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) cultivation at various locations in Slovenia

Nataša FERANT..... 264

Karakteristike vinogradov in kakovostni parametri grozdja in vina sorte 'Merlot' na aluvijih in terasah Vipavske doline – preliminarni rezultati za opredelitev vrhunskih leg

Vineyards characteristics and grapes and wine quality parameters of 'Merlot' variety on alluviums and terraces of the Vipava Valley – preliminary results for the definition of top-quality locations

Alenka MIHELČIČ, Andreja VANZO, Paolo SIVILOTTI, Borut VRŠČAJ in Klemen LISJAK..... 269

Ozelenjevanje tal v vinogradu v mediteranski klimi

Green cover in vineyards in Mediterranean climate

Tanja ZRNEC DROBNJAK, Vesna ZUPANC in Helena GRČMAN..... 278

Žlahtni jagodnjak (*Fragaria ananassa*) kot del poljedelskega kolobarjaStrawberry (*Fragaria ananassa*) as a part of crop rotation

Darinka KORON in Nika CVELBAR WEBER..... 285

Pridelovalne lastnosti lokalnih sort solate

Cultivation traits of lettuce local varieties

Mojca ŠKOF in Kristina UGRINOVIČ 292

Biogospodarstvo**Obdelava mikroalg za biostimulacijo kmetijskih rastlin**

Treatment of microalgae for biostimulation of agricultural plants

Lara RESMAN, Primož OVEN, Jani BERTONCELJ in Rok MIHELIČ..... 299

Kakovost komposta iz hmeljevine glede na način kompostiranja

Quality of hop compost according to the approach to composting

Lucija LUSKAR, Julija POLANŠEK in Barbara ČEH..... 306

Zmanjšanje emisij vonjav iz goveje in prašičje gnojevke z dodatkom bioogljja

Reduction of odor emissions from cattle and pig slurry with the addition of biochar

Nataša BELŠAK ŠEL, Dušan KLINAR, Klavdija RIŽNAR, Žiga ŠVEGELJ, Vid ŽITKO in Rok MIHELIČ..... 314

Improved soil management to tackle climate change and improve production

Pete SMITH¹

To enable improved soil management to tackle climate change and improve production, we need to aim for “Climate Smart Soils”. Climate-smart agriculture promotes production systems that: sustainably increase productivity, increase resilience (adaptation), reduce / remove GHGs (mitigation), and enhance achievement of national food security and development goals. To achieve climate-smart agriculture, we need climate-smart soils.

A range of practices can enhance soil carbon sequestration, including (a) *land use change* to an ecosystem with higher equilibrium soil carbon levels (e.g., from cropland to forest); (b) *management of the vegetation*: including high carbon input practices, for example, improved varieties, rotations and cover crops, perennial cropping systems, biotechnology to increase inputs and recalcitrance of below ground carbon; (c) *nutrient management and organic material input* to increase carbon returns to the soil: including optimized fertilizer and organic material application rate, type, timing, and precision application; (d) *reduced tillage intensity and residue retention*; and (e) *improved water management*: including irrigation in arid/semiarid conditions.

Climate change mitigation can be aided by soil organic carbon sequestration. The global mitigation potential for increasing soil organic matter stocks in mineral soils is estimated to be in the range of 1.3–5.1 Gt CO₂eq/year, although the full literature range is wider. Increasing carbon sequestration can also improve resilience to climate change, thereby enhancing climate change adaptation. Since increasing soil organic matter content is a measure to address land degradation, and restoring degraded land helps to improve resilience to climate change, soil carbon increase is an important option for climate change adaptation. With around 120 000 km² land lost to degradation every year, and over 3.2 billion people negatively impacted by land degradation globally, practices designed to increase soil organic carbon have a large potential to address adaptation needs.

Increasing soil organic matter stocks can increase yield and improve yield stability, though this is not universally seen. Crop yields can be increased by 20–70, 10–50, and 30–300 kg/ha for maize, wheat, rice, and sorghum, respectively, for every 1 t C/ha increase in soil organic carbon in the root zone. Increasing soil organic carbon by 1 t C/ha could increase food grain production in developing countries by 32 Mt/year.

Improvement to soil management can also help to deliver the UN Sustainable Development Goals (SDGs). In a recent assessment of the co-benefits and trade-offs of soil carbon sequestration, virtually all instances of increased soil C storage were found to be positive for a range of the UN SDGs.

In short, soils can be better managed in a climate smart way, allowing them to deliver climate change mitigation and adaptation, increased food productivity and to contribute positively to the UN SDGs.

¹ Professor of Soils & Global Change, FRS, FRSE, FNA, F.EurASc, FRSB, Institute of Biological & Environmental Sciences, University of Aberdeen, Scotland, UK, e-mail: pete.smith@abdn.ac.uk

Izboljšano gospodarjenje s tlemi za spopadanje s podnebnimi spremembami in izboljšanje proizvodnje

Da bi omogočili boljše upravljanje s tlemi za spopadanje s podnebnimi spremembami in izboljšali kmetijsko proizvodnjo, si moramo prizadevati za „podnebna pametna tla“. Podnebno pametno kmetijstvo spodbuja proizvodne sisteme, ki: trajnostno povečujejo produktivnost, povečujejo odpornost (prilagajanje), zmanjšujejo / odstranjujejo toplogredne pline (blaženje) in pospešujejo doseganje nacionalnih ciljev glede družbenega razvoja in sočasne varnosti preskrbe s hrano. Da bi dosegli podnebno pametno kmetijstvo, potrebujemo podnebno pametna tla.

Številne prakse lahko povečajo sekvestracijo ogljika v tleh, vključno z (a) *spremembo rabe zemljišč* v ekosistem z višjimi ravnotežnimi ravnmi ogljika v tleh (npr. od obdelovalnih površin do gozda); (b) *upravljanjem z rastlinstvom*: vključno s praksami z visokim vnosom ogljika, na primer z izboljšanimi sortami, kolobarji in pokritimi posevki, s sistemi trajnih nasadov, biotehnologijo za povečanje vnosa pred razgradnjo odpornih ogljikovih spojin v globino tal; (c) *ravnanjem s hranili in vnosom organskih snovi* za povečanje vračanja ogljika v tla: vključno z optimiziranim gnojenjem z mineralnimi in organskimi gnojili, tako glede količine, vrste gnojil, časa in natančnosti aplikacije; (d) *zmanjšano intenzivnostjo obdelave tal in z zadrževanjem ostankov na površini* tal; in (e) *z izboljšanim upravljanjem z vodo*: vključno z namakanjem v sušnih/semiaridnih razmerah.

K blaženju podnebnih sprememb lahko pripomore sekvestracija organskega ogljika v tleh. Globalni potencial blaženja za povečanje zalog organske snovi v mineralnih tleh naj bi bil med 1,3–5,1 Gt CO₂eq/leto, čeprav v celotni literaturi najdemo še širši razpon. Povečanje sekvestracije ogljika lahko izboljša tudi odpornost ekosistemov na podnebne spremembe in s tem obenem poveča prilagoditev na podnebne spremembe. Ker je povečanje vsebnosti organske snovi v tleh ukrep za reševanje degradacije tal, obnavljanje degradiranih zemljišč pa pomaga izboljšati odpornost na podnebne spremembe, je povečanje ogljika v tleh pomembna možnost za prilagajanje podnebnim spremembam. Ker na svetu vsako leto zaradi degradacije tal izgubimo približno 120 000 km² produktivnih zemljišč in je zaradi degradacije zemljišč negativno prizadetih več kot 3,2 milijarde ljudi, imajo prakse, namenjene povečanju organskega ogljika v tleh, izjemen potencial za izboljšanje razmer.

Povečanje zalog organske snovi v tleh lahko poveča pridelke in izboljša stabilnost pridelkov, čeprav to ni povsod evidentno. Pridelke zrnja žit lahko povečamo za 20–70 kg/ha za koruzo, 10–50 kg/ha za pšenico in 30–300 kg/ha za riž, za vsako 1 t C/ha povečane zaloge organskega ogljika v tleh v območju korenin. Povečanje vsebnosti organskega ogljika v tleh za 1 t C/ha bi lahko povečalo proizvodnjo zrnja žit v državah v razvoju za 32 Mt/leto.

Izboljšanje upravljanja s tlemi lahko pomaga tudi pri doseganju trajnostnih ciljev OZN. V nedavni oceni o koristih sekvestracije ogljika v tleh in potrebnih kompromisih je bilo ugotovljeno, da so bili praktično vsi primeri povečanja talnih zalog ogljika pozitivni za vrsto trajnostnih razvojnih ciljev, ki jih je postavila Organizacija združenih narodov (OZN SDG).

Skratka, s tlemi je mogoče bolje upravljati na podnebno pametni način, kar omogoča ublažitev podnebnih sprememb, izboljšanje prilagajanja podnebnim spremembam, povečanje pridelave hrane in doseganje drugih pozitivnih trajnostnih ciljev.

Dolgoročni učinek različnih kmetijskih praks na zaloge organskega ogljika v njivskih tleh

Aleš KOLMANIČ², Vida ŽNIDARŠIČ PONGRAC³ in Jože VERBIČ⁴

Izvleček

Kmetijske prakse imajo pomemben vpliv na zaloge organskega ogljika v tleh. Da bi preverili dolgoročne učinke uporabe organskih gnojil (kontrola brez organskega gnojenja, hlevski gnoj, zaoravanje rastlinske biomase) v kombinaciji z mineralnim dušikom (N) (kontrola, N1, N2 in N3) na zaloge organskega ogljika v tleh, smo v letu 2020 vzorčili tla na večletnih poskusih v Jabljah in Rakičanu, postavljenih v letu 1993. Rezultati kažejo povečanje zalog ogljika pri gnojenju s hlevskim gnojem in zaoravanju rastlinske biomase. V povprečju so se v Rakičanu zaloge organskega ogljika v zgornjih 25 cm tal pri uporabi hlevskega gnoja povečale za 13,8 t/ha (0,53 t/ha na leto) v Jabljah pa za 4,7 t/ha (0,18 t/ha na leto). Pri zaoravanju rastlinske biomase so se v Rakičanu zaloge organskega ogljika povečale za 7,7 t/ha (0,34 t/ha na leto), v Jabljah pa za 3,2 t/ha (0,12 t/ha na leto). Praksa odvzema celotne nadzemne rastlinske biomase brez uporabe hlevskega gnoja je v Jabljah zmanjšala zaloge organskega ogljika v tleh (za 3,0 t/ha oz. za 0,10 t/ha na leto). Učinek dodatnega gnojenja z dušikom iz mineralnih gnojil na zaloge ogljika v tleh je bil izrazit le v Rakičanu pri obravnavanjih z zaoravanjem žetvenih ostankov. Lokaciji sta se med seboj zelo razlikovali v zalogah organskega ogljika v tleh, pa tudi v hitrosti njihovega povečevanja.

Ključne besede: dolgoletni poskusi, IOSDV, gnojenje, hlevski gnoj, žetveni ostanki, mineralni dušik, tla, organski ogljik

Long-term effect of different agronomic practices on organic carbon stocks in arable soils

Abstract

Agronomic practices have a significant impact on soil organic carbon stocks. Soils of long term experiments at Jablje and at Rakičan were sampled in 2020 to evaluate the long-term effects of organic fertilisation treatments (control, farmyard manure, incorporation of plant biomass) and mineral N (control, N1, N2 and N3 rates) on the organic carbon stocks in the soil. The results show an increase in carbon stocks with farmyard manure and incorporation of plant biomass after 26 years of trials. On average, carbon stocks in upper 25 cm of soil increased by 13.8 t/ha (0.53 t/ha per year) at Rakičan and by 4.7 t/ha (0.18 t/ha per year) at Jablje. Incorporation of plant biomass increased organic carbon stocks by 7.7 t/ha (0.34 t/ha per year) at Rakičan and by 3.2 t/ha (0.12 t/ha per year) at Jablje. Agronomic practice of removing plant biomass without adding manure has reduced organic carbon stocks in the soil at Jablje (for 3.0 t/ha or 0.10 t/ha per year). The effect of additional nitrogen from mineral fertilizers on soil carbon stocks was pronounced only at Rakičan in treatments involving incorporation of crop residues. Both locations differed considerably in soil organic carbon stocks, as well as in the rate of their increase.

Key words: long term trials, IOSDV, fertilisation, cattle manure, crop residues, mineral nitrogen, soils, organic carbon

1 UVOD

Organska snov v tleh je pomemben kazalec njihove kakovosti in rodovitnosti. Sestavljajo jo živi in mrtvi organizmi v tleh, njihovi organski izločki ter produkti njihove razgradnje. Vpliva na številne kemijske, fizikalne in biološke lastnosti tal (Craswell in Lefroy, 2001). Z biološkega

² Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: ales.kolmanic@kis.si

³ Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: vida.pongrac-znidarsic@kis.si

⁴ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: joze.verbic@kis.si

vidika je organska snov pomemben vir energije in hranil (predvsem dušika, fosforja in žvepla) za talne organizme in rastline. Organska snov v tleh je pomembna tudi z vidika blaženja podnebnih sprememb. Z ratifikacijo Pariškega sporazuma o podnebnih spremembah se je Slovenija zavezala, da bo do leta 2050 dosegla neto ničelne emisije toplogrednih plinov. To pomeni, da bo še preostale antropogene emisije nevtralizirala s ponori. K doseganju teh ciljev lahko prispevajo tudi kmetijska tla, ki so lahko v primeru dobrega gospodarjenja ponor ogljikovega dioksida, lahko pa so tudi vir emisij.

Kmetovanje pomembno vpliva na zaloge organskega ogljika v tleh, tako s spremembami rabe zemljišč kot z izvajanjem kmetijskih praks (Söderström in sod., 2014). Kmetijske prakse, ki ne vračajo organskih ostankov v tla in/ali spodbujajo mineralizacijo organske snovi, manjšajo zaloge ogljika v tleh. S praksami, kot so ustrezno kolobarjenje, ozelenitve strnišč z dosevki, gnojenje z organskimi gnojili, puščanje žetvenih ostankov, uvajanje minimalne obdelave in tehnologijami brez obdelave tal pa na drugi starani povečujejo zaloge ogljika v tleh (Söderström in sod., 2014).

Pomembna raziskovalna orodja za odkrivanje morebitnih sprememb, ki jih povzročajo kmetijske prakse, so trajni (večletni) poskusi (Onofri in sod., 2016). Z njimi so že večkrat dokazali, da se lahko dolgoročni odzivi na preučevane dejavnike bistveno razlikujejo od kratkoročnih. V Sloveniji je trajna poskusa po shemi IOSDV (mednarodni trajni poskusi z organskim dušikom) v letu 1993 zasnoval prof. dr. Anton Tajnšek. Po nespremenjeni metodologiji potekajo že 27 let. Rezultate poskusov do leta 2010 so med drugimi objavili Tajnšek in sod. (2013a in 2013b).

Namen prispevka je predstaviti ugotovitve o učinkih uporabe organskih gnojil (kontrola brez organskega gnojenja, zaoravanje hlevskega gnoja oziroma rastlinske biomase) v kombinaciji z različnimi odmerki mineralnega N na zaloge organskega ogljika v tleh po 26 letih izvajanja večletnih gnojilnih poskusov v Jabljah in Rakičanu.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Trajna poskusa IOSDV potekata v Rakičanu (severovzhodna Slovenija, 46°39'N, 16°11'E, nadmorska višina 186 m) in Jabljah (46°08'35.7"N 14°33'23.6"E, nadmorska višina 304 m). V Rakičanu je dolgoletno povprečje temperatur (1981-2020) 10,4 °C, dolgoletno letno povprečje padavin pa 807 mm. Povprečna dolžina rastne dobe je 246 dni (1981–2010). Tla spadajo med izprana rjava tla s prevladujočo teksturo ilovnati pesek. V Jabljah je dolgoletno povprečje temperatur (1981–2020) 9,5 °C, dolgoletno letno povprečje padavin pa 1352 mm. Povprečna dolžina rastne dobe v obdobju 1981–2010 je bila 258 dni. Tla spadajo v tip psevdoglejenih tal s prevladujočo teksturo ilovnati melj.

Kolobar na trajnih poskusih sestavljajo kuruza, ozimna pšenica in ozimni ječmen (Rakičan) ali oves (Jablje). Poskus je zasnovan tako, da je vsaka od navedenih vrst posejana vsako leto na eni izmed treh osnovnih parcel (A, B in C), s tem da se na vsaki od njih izvaja tripoljni kolobar. Osnovna parcela se deli na dve pod-parceli, vsaka je dolga 90 metrov in široka 6 metrov. Obravnavanja so razporejena na pod-parcelah, velikost vsakega obravnavanja je 30 m² (5 × 6 m).

Glavna dejavnika v poskusih sta gnojenje z organskimi gnojili ter gnojenje z dušikom iz mineralnih gnojil (N). Obravnavanja vključujejo kontrolo brez gnojenja (sistem A), gnojenje s hlevskim gnojem v količini 30 t/ha vsako tretje leto (sistem B), ter vsakoletno zaoravanje žetvenih ostankov poljščin z neprezimnim dosevkom vsako tretje leto (sistem C). Z mineralnimi gnojili gnojimo v štirih količinah, označenih z N0 (kontrola), N1, N2 in N3. Obravnavanja z organskimi in mineralnimi gnojili so razporejena znotraj osnovnih podparcel

v treh ponovitvah. Zasnovo poskusa prikazujemo v preglednici 1. Dognovanje z mineralnimi gnojili potekajo glede na fenološki razvoj posevkov (pri žitih v fazi razraščanja, kolenčenja in klasenja, pri koruzi pred vznikom rastlin ter v fazi 4–5 razvitih listov).

Preglednica 1: Zasnova večletnih poskusov IOSDV v Jabljah in Rakičanu

	Koruza	Ozimna pšenica	Ozimni ječmen / jari oves
	količina dodanega N (kg/ha) z mineralnimi gnojili		
Sistem A: brez organskega gnojenja			
A–N0	0	0	0
A–N3	300	195	165
Sistem B: 30 t/ha hlevskega gnoja pred koruzo			
B–N0	0	0	0
B–N1	100	65	55
B–N2	200	130	110
B–N3	300	195	165
Sistem C ¹ : zaoravanje rastlinske biomase (žetveni ostanki ter zeleno gnojenje)			
C–N0	0	0	0
C–N1	100	65	55
C–N2	200	130	110
C–N3	300	195	165

¹ Pri oranju za setev nove poljščine v tla zadelamo žetvene ostanke (biomaso) predhodne poljščine (pred setvijo ozimne pšenice zaorjemo koruznico, pred setvijo ječmena/ovsa zaorjemo pšenično slamo, po spravi pridelka ječmena/ovsa zaorjemo ječmenovo/ovseno slamo in nato posejemo oljno redkev, ki jo v tla zaorjemo pri osnovni obdelavi za setev koruze).

Obdelava tal v poskusu je konvencionalna, z vsakoletnim oranjem do globine 25 cm. Gnojenje s fosforjem in kalijem je enako za vse parcele. Vzorčenje tal smo izvajali v januarju in februarju 2020 na vseh ponovitvah in sicer do globine 90 cm po 30 cm slojih ter vzorec 0–25 cm. Za vzorčenje smo uporabili sondo s premerom 5 cm. V Rakičanu smo vzorčili na osnovni parceli A (skrajno leva), v Jabljah pa na osnovni parceli B (sredinska). V letu vzorčenja je bil na obeh lokacijah kolobarni člen ozimna pšenica. Vsebnost organskega ogljika v vzorcih zemlje smo določali z oksidacijo v raztopini kalijevega dikromata po modificirani metodi ISO 14235:1999. Intenziteto zelenega obarvanja smo merili spektrofotometrično. Zaloge organskega ogljika v tleh smo preračunali po enačbi 1.

Enačba 1:

$$\text{Zaloge organsko vezanega ogljika (t/ha)} = \text{vsebnost organskega ogljika (g/kg zemlje)} \times \text{specifična gostota tal (g/cm}^3\text{)} \times \text{globina vzorčenja (m)} \times 10000 \text{ m}^2$$

Za specifično gostoto smo v Rakičanu uporabili vrednost 1,61 g/cm³ (globina 0–25 cm) in v Jabljah 1,55 g/cm³ (0–25 cm) (Tajnshek, 2003a). Pri preračunu zalog ogljika smo predpostavili, da se specifična gostota z globino povečuje za 0,03 g/cm³ na 10 cm. Za začetno količino organsko vezanega ogljika v tleh smo uporabili vrednosti, kot jih navaja Tajnshek (2003a).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Rakičan

V 26 letih izvajanja poskusa so zaloge organskega ogljika v tleh do globine 25 cm pri gnojenju s hlevskim gnojem povečale za 37,1 %, pri zaoravanju rastlinske biomase za 24,2 %, pri obravnavanjih brez gnojenja z organskimi gnojili pa za 5,8 %. Količinsko smo s hlevskim gnojem povečali zaloge organskega ogljika za 13,8 t/ha oz. 0,53 t/ha letno, kar je za 4,8 t/ha več kot z zaoravanjem rastlinske biomase ter 11,7 t/ha več kot pri praksi brez gnojenja z organskimi gnojili (sistem A) (preglednica 2). Povečanje zalog glede na začetno stanje je bilo pri vseh kombinacijah hlevskega gnoja z dušikom iz mineralnih gnojil in pri kombinaciji zaoravanja žetvenih ostankov z odmerkom dušika iz mineralnih gnojil. Povečevanje odmerkov N iz mineralnih gnojil v kombinaciji s hlevskim gnojem ni vplivalo na povečanje zalog organskega ogljika v tleh. Je pa bil učinek gnojenja z dušikom iz mineralnih gnojil izrazit pri obravnavanjih z zaoravanjem žetvenih ostankov, kjer je bila povezava med dodanim dušikom in zalogami ogljika v tleh bolj ali manj linearna (preglednica 2).

Preglednica 2: Zaloge organskega ogljika v letu 2020, sprememba glede na začetno stanje (1992) in povprečna letna sprememba (t/ha) v tleh do globine 25 cm (v t/ha)

		Rakičan			Jablje		
		Zaloge organskega ogljika	Sprememba glede na začetno vsebnost	Povprečna letna sprememba	Zaloge organskega ogljika	Sprememba glede na začetno vsebnost	Povprečna letna sprememba
Sistem A	N0	40,3	3,0	0,11	51,2	- 4,2	- 0,13
	N3	38,6	1,3	0,05	53,6	- 1,8	- 0,07
	Povprečje	39,5	2,2	0,08	52,4	-3,0	-0,10
Sistem B	N0	48,4	11,1	0,42	58,9	3,5	0,13
	N1	52,4	15,1	0,58	62,2	6,8	0,26
	N2	52,0	14,7	0,56	58,8	3,4	0,13
	N3	51,7	14,3	0,55	60,5	5,1	0,19
	Povprečje	51,1	13,8	0,53	60,1	4,7	0,18
Sistem C	N0	42,1	4,8	0,18	58,2	2,8	0,11
	N1	44,8	7,5	0,28	56,9	1,5	0,06
	N2	48,1	10,8	0,41	58,8	3,4	0,13
	N3	50,4	13,1	0,50	60,3	4,9	0,19
	Povprečje	46,4	7,7	0,34	58,6	3,2	0,12

Legenda: Sistem A, brez uporabe organskega gnojenja; sistem B, dodajanje hlevskega gnoja 30 t/ha vsako tretje leto; sistem C, zaoravanje rastlinske biomase in setev neprezimnega dosejka po žetvi ovsa/ječmena.

N0, brez dodajanja N z mineralnimi gnojili; N1, dodajanje 100 kg N/ha pri koruzi, 65 kg/ha pri pšenici in 55 kg/hapri ječmenu; N2, dodajanje 200 kg N/ha pri koruzi, 130 kg/ha pri pšenici in 110 kg/ha pri ječmenu; N3, dodajanje 300 kg N/ha pri koruzi, 195 kg/ha pri pšenici in 165 kg/ha pri ječmenu.

Razlike med obravnavanji s hlevskim gnojem in zaoravanjem žetvenih ostankov so logične. Gnojenje z dušikom iz mineralnih gnojil je povečalo pridelek žetvenih ostankov (podatkov v tem prispevku ne prikazujemo), ti ostanki pa so v primeru zaoravanja ostali na zemljišču. Pri obravnavanjih s hlevskim gnojem so bili žetveni ostanki odpeljani iz zemljišča in tudi v primeru, če bi gnojenje vplivalo na njihovo količino, to ne bi moglo bistveno vplivati na organski ogljik v tleh. Pri obravnavanju brez gnojenja s hlevskim gnojem ali zaoravanjem

žetvenih ostankov je gnojenje z dušikom iz mineralnih gnojil zmanjšalo zalogo ogljika v tleh, vendar razlika ni bila statistično značilna.

Za leto 2020 razpolagamo tudi s podatki o zalogah organskega ogljika do globine 90 cm (preglednica 3). Učinek gnojenja s hlevskim gnojem iz zaoravanja žetvenih ostankov je bil na splošno podoben kot pri globini do 25 cm (preglednica 2). Podoben je bil tudi učinek gnojenja z dušikom iz mineralnih gnojil, ki je bil izrazit le v primeru zaoravanja žetvenih ostankov. V povprečju so bile zaloge ogljika največje v globini 0–30 cm (40,3 %), sledile so zaloge v globini 30–60 cm (33,7 %) in zaloge v globini 60–90 cm (26,0 %). Pri gnojenju s hlevskim gnojem je bil delež organskega ogljika v globini 0–30 večji kot pri ostalih praksah, v sloju 60–90 cm pa manjši. Uporaba mineralnega N v kombinaciji z zaoravanjem rastlinske biomase kaže povezavo med količino dodanega N in vsebnostjo organskega ogljika samo v sloju 0–30 cm. V ostalih slojih ni vidnih povezav in s tem jasnega vpliva N na vsebnost organske snovi v tleh. Pri obravnavanju brez gnojenja s hlevskim gnojem ali zaoravanja žetvenih ostankov se kaže tendenca pozitivnega učinka gnojenja z dušikom iz mineralnih gnojil na zaloge ogljika v globljih plasteh tal. Ugotovitev bi lahko bila povezana z razvojem koreninskega sistema v plasti, v katere se izpira dodan dušik.

O spremembah zalog organskega ogljika v tleh v prvem obdobju izvajanja poskusov so poročali Tajnšek (2003b), Cvetkov in sod. (2010) in Tajnšek in sod. (2013). Primerjava letnih sprememb kaže, da so se pri gnojenju s hlevskim gnojem v prvih 15 letih zaloge v povprečju povečevale za 0,70 t/ha na leto, v obdobju 2008–2020 pa še samo za 0,26 t/ha na leto. Pri zaoravanju rastlinske biomase je bila razlika manjša, a opazna. V tleh brez organskega gnojenja so se začele zaloge v zadnjem obdobju zmanjševati. Körschens in sod. (2013) navajajo, da je sprememba zalog ogljika med drugim odvisna tudi od začetnega stanja. Manjše kot so zaloge, večje je lahko povečanje. Na podlagi tega bi lahko sklepali, da se po 26 letih poskusov pri obravnavanjih s hlevskim gnojem v Rakičanu blizamo maksimalni zalogi organskega ogljika, ki so jo tla v sposobna ohranjati.

Posebnost poskusa v Rakičanu je ohranjanje zalog organskega ogljika v tleh na negnojnem obravnavanju brez zaoravanja žetvenih ostankov. Razlogi so verjetno v razmeroma dobri rodovitnosti tal, na katerih organsko snov prispeva tudi plevelna flora v obdobju med dvema poljščinama. Tajnšek (2003b) namiguje, da je vzrok za veliko rodovitnost negnojenih parcel mogoče tudi premik N s podzemnimi tokovi iz sosednjih njiv. Kljub navedenemu pa analiza obdobja 2008–2020 nakazuje, da se je začela zaloga ogljika pri tej praksi zmanjševati in da bo v prihodnje ta sistem verjetno postal vir emisij CO₂.

3.2 Jablje

Pri gnojenju s hlevskim gnojem in pri zaoravanju rastlinske biomase so se zaloge organskega ogljika v tleh do globine 25 cm povečale (preglednica 2). Pri gnojenju s hlevskim gnojem so se zaloge glede na začetno stanje v povprečju povečale za 4,7 t/ha (8,5 %), pri obravnavanjih z zaoravanjem žetvenih ostankov pa za 3,2 t na ha (5,7 %). Povečevanje zalog je bilo pri gnojenju s hlevskim gnojem hitrejšo (0,18 t na leto) kot pri zaoravanju žetvenih ostankov (0,12 t na leto). Na obravnavanjih brez zaoravanja žetvenih ostankov in brez gnojenja s hlevskim gnojem so se zaloge zmanjševale z dinamiko -0,10 t na leto. Dodatno gnojenje z dušikom iz mineralnih gnojil je pri obravnavanjih, ki so bila gnojena s hlevskim gnojem, povzročilo precejšno variabilnost brez jasne tendence v smeri povečevanja ali zmanjševanja zalog organskega dušika v tleh. Tudi pri obravnavanjih z zaoravanjem žetvenih ostankov je bil učinek dodatnega gnojenja z dušikom iz mineralnih gnojil na zaloge ogljika neizrazit.

Razlike v zalogah organskega ogljika do globine 90 cm (preglednica 3) kažejo na podobne zakonitosti kot zaloge v zgornjem sloju tal. Pri gnojenju s hlevskim gnojem in zaoravanju žetvenih ostankov so bile zaloge večje kot pri obravnavanjih brez gnojenja ali zadelovanja žetvenih ostankov. Gnojenje z dušikom iz mineralnih gnojil ni pri nobenem od treh sistemov gnojenja (A, B, C) vplivalo na zaloge organskega ogljika v celotnem preučevanem profilu. Se pa nakazuje pozitivna povezava med gnojenjem z dušikom iz mineralnih gnojil in zalogo ogljika v zgornjem sloju tal in negativna v spodnjem. Razporeditev organskega ogljika po talnih slojih do 90 cm kaže, da je 44,3 % ogljika v sloju 0–30 cm, 35,5 % v sloju 30–60 cm ter 20,1 % v sloju 60–90 cm. V primerjavi z Rakičanom je bil v Jabljah večji delež ogljika v sloju do 60 cm tal in manjši v sloju od 60 do 90 cm. Navedeno je najverjetneje povezano z razlikami med tipoma tal.

Preglednica 3: Dolgoročen vpliv gnojenja s hlevskim gnojem, zadelovanja žetvenih ostankov in gnojenja z mineralnimi gnojili na zaloge organskega ogljika v različnih globinah njivskih tal (v t/ha)

	Globina vzorčenja (cm)	Rakičan				Jablje			
		N0	N1	N2	N3	N0	N1	N2	N3
Sistem A	0-30	48,4			46,3	61,4			64,3
	30-60	40,3			45,4	51,6			53,1
	60-90	31,3			41,2	31,2			26,2
		120,0			132,9	144,2			143,6
Sistem B	0-30	58,1	62,9	62,4	62,0	69,8	74,6	70,6	72,6
	30-60	48,5	52,4	53,1	44,6	60,3	60,1	55,8	59,7
	60-90	36,1	39,3	32,8	38,4	37,9	38,8	32,0	30,1
		142,7	154,6	148,3	145,0	168,0	173,5	158,4	162,4
Sistem C	0-30	50,5	53,8	57,7	60,5	69,8	68,2	70,6	72,4
	30-60	44,3	47,2	49,7	46,0	57,0	53,7	50,5	54,2
	60-90	37,0	35,6	33,9	37,4	30,5	30,8	29,5	28,6
		131,8	136,6	141,3	143,9	157,3	152,7	150,6	155,2

Legenda: Glejte legendo pod preglednico 2.

4 SKLEPI

Rezultati večletnega poskusa kažejo, da sta gnojenje s hlevskim gnojem in zaoravanje rastlinske biomase v tla ugodna s stališča večanja zalog organskega ogljika v tleh. Povečanje zalog organskega ogljika v tleh je bilo največje pri gnojenju s hlevskim gnojem v triletnem kolobarju pred koruzo. V povprečju so se zaloge do globine 25 cm tal pri takšnem načinu gnojenja v Rakičanu povečale za 13,8 t/ha (0,53 t/ha na leto), v Jabljah pa za 4,7 t/ha (0,18 t/ha na leto). Pri zaoravanju rastlinske biomase je bilo povečanje zalog v Rakičanu v 26 letih 7,7 t/ha (0,34 t/ha na leto), v Jabljah pa 3,2 t/ha (0,12 t/ha na leto).

Praksa odvzema celotne nadzemne rastlinske biomase brez zaoravanja hlevskega gnoja je z vidika zalog organskega ogljika v tleh neugodna. V Rakičanu so se sicer zaloge ogljika tudi pri tej praksi nekoliko povečale (2,2 t/ha v 26 letih oziroma 0,08 t/ha na leto), v Jabljah pa so se zmanjšale (-3,0 t/ha oziroma -0,10 t/ha na leto).

Učinek povečanja odmerka dušika iz mineralnih gnojil na zaloge ogljika v tleh je bil izrazit le v Rakičanu pri obravnavanjih z zadelovanjem žetvenih ostankov. Za tla v Rakičanu je značilna

precej manjša zaloga organskega ogljika v tleh kot v Jabljah, povečevanje zalog v tleh pa je bilo ob gnojenju ali zadelovanju žetvenih ostankov približno trikrat hitrejšo.

Zahvala. Raziskava je sofinancirana v okviru programa Javnih služb v poljedelstvu, ki ga financira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, programske skupine Agrobiodiverziteta (P4-0072), ki jo sofinancira Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS ter ciljnega raziskovalnega projekta Zmanjšanja sušnega stresa in povečanja rodovitnosti tal z uvajanjem ohranitvene (konzervacijske) obdelave tal v trajnostno poljedelstvo (V4-1815), ki ga financirata Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS.

5 LITERATURA

- Craswell, E. T., Lefroy, R. D. B. 2001. The role and function of organic matter in tropical soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 61: 7-18.
- Cvetkov, M., Šantavec, I., Kocjan Ačko, D., Tajnšek A. 2010. Soil organic matter content according to different management system within long-term experiment. *Acta agriculturae Slovenica*, 95: 79-88.
- Körschens, M., Albert, E., Armbruster, M., Barkusky, D., Baumecker, M., Behle-Schalk, L., Bischoff, R., Čergan, Z., Ellmer, F., Herbst, F., Hoffmann, S., Hofmann, B., Kismanyoky, T., Kubat, J., Kunzova, E., Lopez-Fando, C., Merbach, I., Merbach, I., Pardor, T. M., Rogasik, J., Rühlmann, J., Spiegel, H., Schulz, E., Tajnšek, A., Toth, Z., Wegener, H., Zorn, W. 2013. Effect of mineral and organic fertilization on crop yield, nitrogen uptake, carbon and nitrogen balances, as well as soil organic carbon content and dynamics: results from 20 European long-term field experiments of the twenty-first century. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59, 8: 1017–1040.
- Onofri, A., Seddaiu, G., Piepho, H. P. 2016. Long-term Experiments with cropping systems: Case studies on data analysis. *European Journal of Agronomy*, 77: 223-236.
- Söderström, Bo., Hedlund, K., Jackson, L. E., Kätterer, T., Lugato, E., Thomsen, I. K., Jørgensen, H. B. 2014. What are the effects of agricultural management on soil organic carbon (SOC) stocks? *Environmental Evidence*, 3: 2-8.
- Tajnšek, A. 2003a. Namen in cilj trajnih poljskih poskusov IOSDV Jablje in IOSDV Rakičan. V: Tajnšek, A. (ur.), Čeh. B. B. (ur.), Kocjan Ačko, D. Deset let trajnih poskusov IOSDV v Sloveniji, Jablje in Rakičan 1933-2003. Zbornik posveta. Slovensko agronomsko društvo: 25–34.
- Tajnšek, A. 2003b. Vsebnost humusa in nekatere fizikalne lastnosti tal v odvisnosti od gnojenja z organskimi gnojili in dušikom v IOSDV Jablje in IOSDV Rakičan. V: Tajnšek, A. (ur.), Čeh. B. B. (ur.), Kocjan Ačko, D. Deset let trajnih poskusov IOSDV v Sloveniji, Jablje in Rakičan 1933-2003. Zbornik posveta. Slovensko agronomsko društvo: 7–22.
- Tajnšek, A., Čergan, Z., Čeh, B. 2013. Results of the long-term field experiment IOSDV Rakičan at the beginning of the 21st century. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59, 8: 1109–1119.

Zaloge oranskega ogljika v tleh kmetijskih zemljišč Slovenije – preliminarno poročilo večletnega projekta

Marjan ŠINKOVEC⁵, Janez BERGANT⁶, Boštjan MALI⁷, Helena GRČMAN⁸ in Borut VRŠČAJ⁹

Izvleček

Evropska komisija je z Uredbo (EU) 2018/841 vključila emisije in ponore sektorja »Raba zemljišč, spremembe rabe zemljišč in gozdarstvo« (LULUCF) v EU energetske in podnebne politike do leta 2030. Informacija o talni organski snovi, ki je ključni kazalec kakovosti in trajnostne rabe kmetijskih zemljišč (KZ), je izjemno pomembna tudi za samo kmetijsko pridelavo in usmerjanje kmetijsko-okoljskih ukrepov. MKGP je zato financiralo večletno raziskavo vsebnosti talne organske snovi (TOS) v tleh KZ. Vzorčenje tal smo opravili v štirih zaporednih letih. Tla smo vzorčili po enotnih postopkih, z enakimi orodji in vzorce analizirali v primerljivih in kakovostnih laboratorijih. Preliminarni rezultati s 334 lokacij in izračuni kažejo, da so povprečne zaloge oranskega ogljika v tleh KZ, do globine 30 cm naslednje: drevesa in grmičevje 118,1; KZ v zaraščanju 99,1; trajni travniki 92,8; ekst. sadovnjaki 90,5, njive in vrtovi 89,8, int. sadovnjaki 71,5 ter vinogradi 63,7; vse v t/ha. Povprečna zaloga oranskega ogljika v tleh KZ je 90,0 t/ha. Po obdelavi in vključitvi analitskih rezultatov vzorčenja iz leta 2020 bodo pridobljeni podatki trdna podlaga za naprednejše prostorske analize zalog ogljika v tleh in izhodišča za pripravo ukrepov trajnostne kmetijske pridelave in varovanja tal KZ.

Ključne besede: talna organska snov, zaloge organski ogljik, tla, pedologija, vzorčenje

Soil organic carbon stocks in agricultural land-uses of Slovenia – the multiannual project preliminary report

Abstract

By EU Regulation 2018/841, the European Commission has included carbon emissions and removals from "Land use, land-use change and forestry" sector (LULUCF) in EU energy and climate framework. Information on soil organic matter, which is a key indicator of the quality and sustainable use of agricultural land, is additionally essential for agricultural production and steering the agri-environmental practices. Therefore, the Ministry for Agriculture, Forestry and Food (MAFF) funded a multi-year survey of the soil organic matter (SOM) content in agricultural soil. Soil sampling was performed in four consecutive years, following uniform procedures, with the same tools and samples analysed in comparable and quality laboratories. Preliminary results from 334 sampling sites show that the average organic soil carbon stocks to a depth of 30 cm in agricultural land-uses are: trees and shrubs 118.1; overgrown areas 99.1; meadows 92.8; ext. orchards 90.5; arable land 89.8; int. orchards 71.5 and vineyards 63.7; all in t/ha. On average, there is 90.0 t/ha of organic carbon in agricultural land uses. After the processing and inclusion of analytical results of soil sampling campaign in 2020, the collected data will serve as a solid basis for more advanced spatial soil carbon stocks analysis and a scientific foundation for the preparation of sustainable agricultural practices and soil protection measures.

Keywords: soil organic matter, soil organic carbon stocks, soil, sampling

⁵ Univ. dipl. geol., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: marjan.sinkovec@kis.si

⁶ Univ. dipl. geog., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: jani.bergant@kis.si

⁷ Dr., Gozdarski inštitut Slovenije, e-pošta: bostjan.mali@gozdis.si

⁸ Prof. dr. Biotehniška fakulteta Univerza v Ljubljani, e-pošta: helena.grcman@bf.uni-lj.si

⁹ Izr. prof. dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: borut.vrscaj@kis.si

1 UVOD

Evropska komisija je z Uredbo (EU) 2018/841 (Uredba LULUCF, 2018) vključila emisije in odvzeme oz. ponore sektorja »Raba zemljišč, spremembe rabe zemljišč in gozdarstvo« (LULUCF) v okvir energetske in podnebne politike EU do leta 2030. S to uredbo komisija namerava uresničevati del zavez iz Pariškega sporazuma. Zavezujoč cilj podnebne in energetske politike EU do leta 2030 je zmanjšati emisije toplogrednih plinov (TGP) EU gospodarstvu za najmanj 40 %, glede na leto 1990. Cilj Slovenije je zmanjšati emisije TGP za 15 % do 2030, glede na leto 2005.

Kmetijstvo v skupni bilanci sektorja LULUCF prispeva manjši del emisij TGP (15,6 %), oziroma 8,4 % fermentacija v prebavilih, 3 % ravnanje z gnojem, 4 % kmetijska zemljišča (KZ) ter drugo 0,2 % (Strateški načrt..., 2020). Kljub skromnemu deležu emisij TGP (4 %) imajo lahko kmetijska tla pomembno vlogo ponora toplogrednega CO₂. S tega vidika je pomembno ugotoviti: a) kakšna je vsebnost talne organske snovi (TOS) oz. organskega ogljika v tleh v različnih vrstah rabe KZ in b) kakšne so sposobnosti KZ oz. potencial posameznih vrst tal za vezavo organskega ogljika v različnih klimatskih razmerah in ob različnih načini obdelave tal. Informacija o TOS, ki je ključni kazalec kakovosti tal in trajnostne rabe KZ, je seveda pomembna tudi za samo kmetijsko pridelavo in usmerjanje kmetijsko-okoljskih ukrepov. Ustrezna vsebnost TOS zagotavlja dve ključni kakovosti: rodovitnost tal in odpornost na sušo. V obdobju 2016 - 2019 smo raziskovalci Kmetijskega inštituta Slovenije (KIS), Gozdarskega inštituta Slovenije (GIS) in Biotehniške fakultete za Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije (MKGP) opravljali posnetek stanja vsebnosti TOS oz. zalog organskega ogljika v tleh različnih vrst rab KZ. Na osnovi pridobljenih podatkov vzorčenja bo mogoče posodobiti nacionalne emisijske faktorje za različne rabe KZ in s tem izboljšati in utemeljiti ocene ogljične bilance oz. emisije. Verodostojna ocena bilance C omogoča nadaljnje postopke v zvezi z uresničevanjem zastavljenih operativnih ciljev blaženja klimatskih sprememb in obveznost priprave in vodenja obračunov držav članic EU v skladu s Sklepom 529/2013/EU (Sklep LULUCF, 2013). Izboljšane ocene emisij CO₂ oz. TGP zaradi rabe kmetijskih zemljišč zagotavljajo tudi strokovno podlago in izhodišče za obračunavanja emisij C, ki bo obvezna za njivske površine in travnine v uporabi v obdobju 2021 - 2030. Vsebnost TOS v tleh KZ je zelo pomembna informacija za pridelovalce, kmetijsko svetovalno službo in širšo stroko.

Prispevek predstavlja rezultate prve, časovno, organizacijsko in finančno, zahtevne faze dela – zbiranje kakovostnih podatkov o vsebnosti TOS in lastnostih tal, ki pa še ni dokončana. V tem prispevku zato predstavljamo preliminarne izračune in povzetek štiriletnega zbiranja podatkov. Ker dovoljen obseg prispevka ne dovoljuje celovite predstavitve, smo se omejili na ključne informacije: osnovne statistike vsebnosti TOS in količine organskega C v zgornjih 30 cm tal, v sedmih vrstah rabe kmetijskih zemljišč Slovenije.

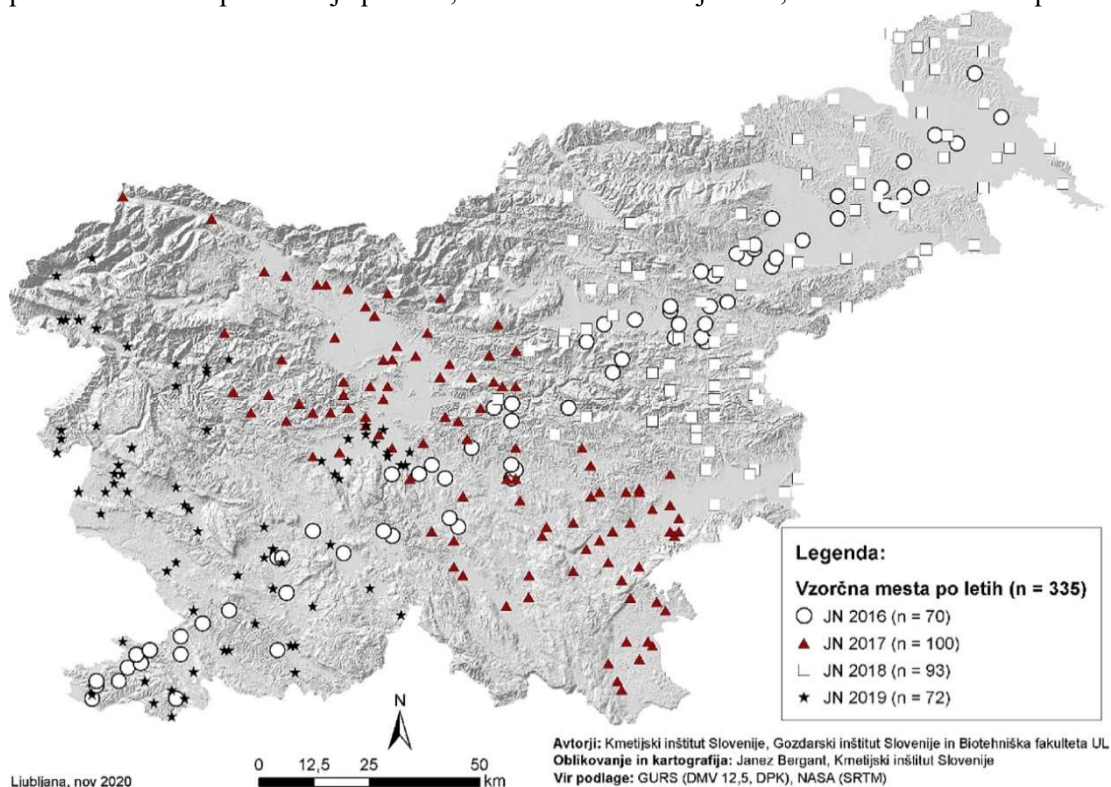
2 MATERIALI IN METODE DELA

Postopek vzorčenja in analitiko talnih vzorcev na KZ smo izvedli tako, da ustrezajo standardom, ki omogočajo obračunavanje in poročanje emisij in odvzemov toplogrednih plinov po konvenciji ZN o podnebnih spremembah (UNFCCC), Kjotskemu protokolu in EU. S tem smo zagotovili, da so upoštevana osnovna načela poročanja v skladu z navodili dobre prakse (IPCC 2006, 2014), kot so preglednost, doslednost, primerljivost, popolnost in točnost metod ter podatkov.

2.1 Določitev vzorčnih mest

V okviru naloge smo izbrali vzorčna mesta, s katerimi lahko zagotovimo ustrezen odraz naravnih razmer v kmetijski krajini na nacionalni ravni. Vzorčenje zalog ogljika na KZ smo opravili na izbranih vzorčnih mestih, ki so bila v rabi tal njiva (1100), trajni travnik (1300), vinograd (1211), ekstenzivni sadovnjak (1222), intenzivni sadovnjak (1221), kmetijsko zemljišče v zaraščanju (1410) in drevesa in grmičevje (1500).

Območje Slovenije smo prekrili z mrežo 1 x 1 km, kar omogoča statistično reprezentativno vzorčenje v prostoru, določanje dejanskih vzorčnih mest ter doseganje zahtevanih razmerij med rabami tal. Iz mreže potencialnih točk vzorčenja smo v letih 2016 - 2019 izvedli vzorčenje na 335 lokacijah (Slika 1). Kriteriji za izbor dejanskih vzorčnih mest so bili: bližina presečišča km mreže, vključenost zemljišč v Register kmetijskih gospodarstev (RKG GERK), prostorska porazdelitev brez prekrivanja po letih, klimatski in talni dejavniki, velikost KZ in dostopnost.



Slika 1: Vzorčna mesta za spremljanje zalog C v tleh KZ v letih vzorčenja 2016–2019

2.2 Metode in protokoli vzorčenja

Na predhodno izbranih vzorčnih mestih smo odvzeli povprečne vzorce tal. Vsak vzorec tal vzorčnega mesta je bil agregiran iz šestih odvzemnih mest, ki smo jih sistematično razporedili po predefinirani razporeditvi vzorčenja in je odvisna od rabe tal. S tem smo zagotovili primerno reprezentativnost vzorca in podatkov na ravni vzorčnega mesta (Vernik, 2014). Odvzemna mesta smo razporedili po različnih shemah vzorčenja, ki so prilagojene specifikam in načinu obdelave KZ. Tako smo zasnovali sheme vzorčenja tal za KZ z enotnim načinom obdelave tal,

KZ s pasovnim načinom obdelave tal in KZ brez obdelave tal (rabi tal Drevesa in grmičevje (1500) ter Zemljišča v zaraščanju (1410)).

Vzorčenje tal smo glede na smernice IPCC in FAO Svetovnega partnerstva za tla (GSP, 2017) izvedli do globine 30 cm in sicer ločeno po slojih 0–10 cm, 10–20 cm in 20–30 cm. Za izvedbo potrebnih analiz in za izračun zalog ogljika v tleh, smo odvzeli porušene vzorce tal s cevno sondo premera 8 cm in neporušene vzorce tal s Kopecky-jevimi cilindri.

2.3 Laboratorijske analize talnih vzorcev in priprava podatkov

Analize talnih vzorcev smo opravili v Centralnem laboratoriju KIS, Laboratoriju za gozdno ekologijo GIS ter laboratoriju Infrastrukturnega centra za pedologijo in varstvo okolja (ICPVO, Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani). Porušene in neporušene vzorce tal smo analizirali v skladu s standardnimi metodami na lastnosti tal: pH v CaCl_2 , skupni dušik (N), organski ogljik (C), tekstura in volumska gostota tal.

2.4 Priprava in obdelava podatkov

Analitske podatke vzorcev tal smo ločeno za porušene in neporušene vzorce tal umestili v relacijsko bazo podatkov in jih povezali s podatki točk vzorčenja na terenu, podatki o lastništvu zemljišč ter podatki, ki smo jih predhodno pridobili s prekrivanjem mest vzorčenja in nekaterih prostorskih podatkov (raba tal, GERK, DMV5, itd.). Za namen izračuna zalog organskega C v tleh in drugih statističnih obdelav smo izdelali preglednico točk z agregiranimi podatki laboratorijskih analiz vzorcev tal, ločeno po globinah vzorčenja. Volumsko gostoto tal smo izračunali po globinah za vsak sloj, kot povprečno vrednost rezultatov volumske gostote vsakega neporušenega vzorca. Zaloge C v tleh smo izrazili kot maso ogljika na določeni površini (1 ha) in določeni globini (npr. 0–10 cm).

Za vhodne podatke izračuna zalog ogljika v izbranih globinah tal KZ (0–10 cm, 10–20 cm, 20–30 cm), smo uporabili vsebnost organskega C v tleh, ki smo ga dobili iz laboratorijskih analiz talnih vzorcev izraženega v masnih %, volumsko gostoto tal brez skeleta izraženo v g/cm^3 ter volumski delež skeleta in kamenja izražen v %.

Izračun zaloge C v tleh za določen sloj tal na površini enega hektara prikazuje enačba 1, izračun skupne zaloge C v tleh vzorčnega mesta pa enačba 2.

Enačba 1: Izračun zaloge ogljika v tleh glede na debelino sloja tal.

$$SOCzal_{sloj} = SOC_{sloj} \times \rho_{sloj} \times DEB_{sloj} \times CRF_{sloj}$$

Pri čemer je: $SOCzal_{sloj}$ = zaloga organskega ogljika (t/ha) v sloju tal; SOC_{sloj} = delež organskega ogljika (masni %) v sloju tal; ρ_{sloj} = volumska gostota sloja tal (g/cm^3); DEB_{sloj} = debelina sloja za katerega izračunavamo (cm), in CRF_{sloj} = korekcijski faktor za skeletnost/kamnitost; $1 - (\text{vol \% skeleta}/100)$

Enačba 2: Enačba za preračun skupne zaloge ogljika v tleh na vzorčnem mestu.

$$SOCzal = \sum_{i=1}^n SOCzal_{sloj}$$

pri čemer je: $SOCzal$ = skupna zaloga organskega ogljika v tleh (t/ha); $SOCzal_{sloj}$ = zaloga organskega ogljika (t/ha) v sloju tal in n = število slojev tal.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1 Število vzorčnih mest

V letih 2016 - 2019 smo opravili vzorčenje tal na 335 vzorčnih mestih. Na eni lokaciji nismo odvzeli neporušenega vzorca tal za meritev gostote tal, saj so bila tla preveč skeletna. Zalogo ogljika smo tako izračunali za 334 vzorčnih mest, na katerih smo skupno odvzeli 973 porušenih vzorcev tal.

Preglednica 1: Število vzorčnih mest s celovitim naborom podatkov za izračun zalog ogljika v tleh po izbranih rabah tal in po letih

Kategorije rabe tal (MKGP RABA)	JN 2016	JN 2017	JN 2018	JN 2019	Skupaj
Njiva (NJ) (1100)	21	30	32	21	104
Vinograd (VI) (1211)	10	5	4	6	25
Intenzivni sadovnjak (IS) (1221)	6	2	2	4	14
Ekstenzivni sadovnjak (ES) (1222)	8	5	5	2	20
Trajni travnik (TR) (1300)	24	42	44	31	141
Kmetijsko zemljišče v zaraščanju (ZR) (1410)	0	9	3	5	17
Drevesa in grmičevje (DG) (1500)	0	7	3	3	13
Skupaj	69	100	93	72	334

3.2 Zaloge organskega ogljika v tleh

Povprečna zaloga organskega ogljika v sloju debeline 10 cm na KZ Slovenije (973 vzorcev) je 30,9 t/ha. Pri tem ugotavljamo logične razlike v zalogah ogljika med vrstami rabe tal in globinami tal (

Preglednica 2, Slika 2).

Največje povprečne zaloge ogljika v 10 cm sloju tal so v tleh rabe drevesa in grmičevje (42,7 t/ha), kar je za 8 t/ha več kot jo imajo zemljišča v zaraščanju (34,4 t/ha). Razlike so pričakovane, ker prisotnost drevesnih in grmovnih listopadnih vrst predstavlja vsakoletni vnos organske snovi v tla, kar posebej velja za mlade sestoje - zemljišča v fazi zaraščanja. Takšnih zemljišč tudi ne obdelujemo in so zato izpusti organskega ogljika iz tal (mineralizacija) bistveno manjši od izpustov na (intenzivno) obdelovanih tleh. Nekoliko manj, v povprečju 32,3 t/ha, je shranjenega ogljika v 10 cm sloju tal trajnih travnikov ter v tleh njiv 30,3 t/ha. Njivska tla imajo pogosto velike vnose organske snovi zaradi gnojenja, vendar na drugi strani tudi pospešeno mineralizacijo zaradi (intenzivne) obdelave tal. Antropogeni vnos organske snovi je na travnikih sicer manjši kot na njivah, vendar gost koreninski sistem prispeva k akumulaciji organskega ogljika, pri čemer je mineralizacija počasnejša kot pri njivah

Podobne zaloge kot pri njivah najdemo tudi v 10 cm sloju tal ekstenzivnih sadovnjakov (30,7 t/ha). S precej manjšo zalogo organskega ogljika v 10 cm sloju tal izstopajo intenzivni sadovnjaki (povprečje 23,8 t/ha) in vinogradi (21,5 t/ha). V prvih 10 cm tal vinogradov je v povprečju 28,2 t/ha organskega ogljika zaradi pogoste in delne zatravljenosti. Podobno velja za intenzivne sadovnjake (30,7 t/ha) (

Preglednica 2, Slika 2).

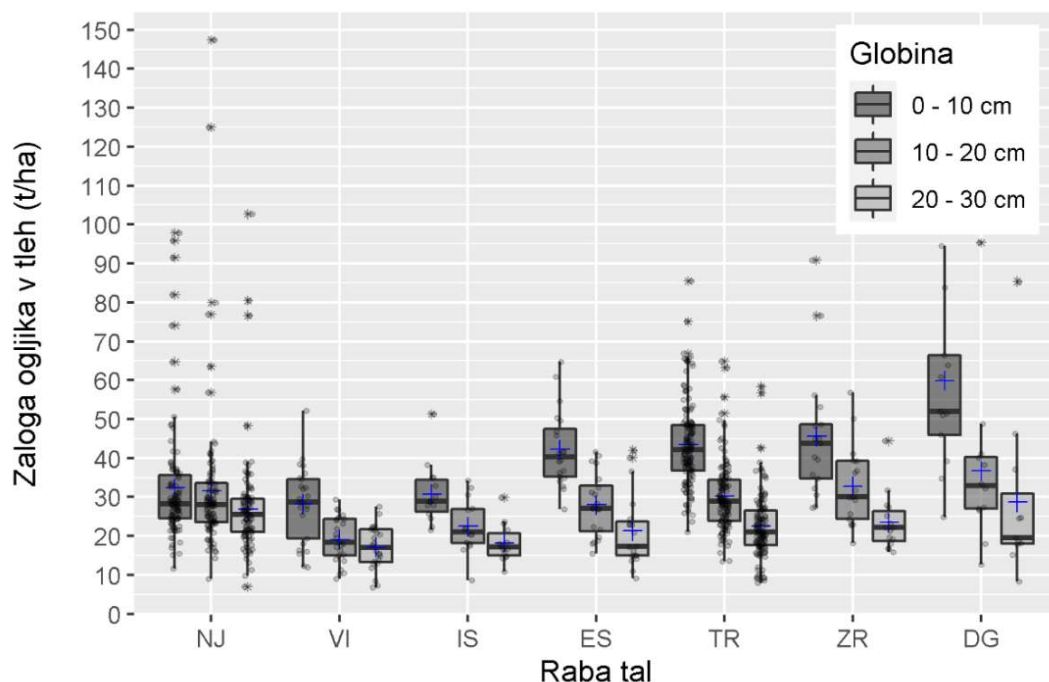
Preglednica 2: Zaloge organskega ogljika v tleh (t/ha) iz 973 vzorcev tal glede na globino in rabo tal

Raba zemljišč	Globina	Število	Povprečje za sloj 10 cm		Povp. glob. 0 – 30 cm	Min	Max	Med	SD	KV
Njive (NJ)	0 - 10 cm	104	32,3	30,3	89,8	11,6	97,9	28,2	15,4	47,5
	10 - 20 cm	103	31,5			8,9	147,4	28,1	18,3	58,2
	20 - 30 cm	101	27,0			7,0	102,7	25,6	12,7	47,1
Vinogradi (VI)	0 - 10 cm	25	28,2	21,5	63,7	11,9	52,1	28,8	9,7	34,5
	10 - 20 cm	25	19,1			9,0	29,3	18,4	5,9	30,7
	20 - 30 cm	24	17,1			6,8	27,6	16,9	5,6	32,6
Intenzivni sadovnjaki (IS)	0 - 10 cm	14	30,7	23,8	71,5	21,6	51,3	28,9	7,7	24,9
	10 - 20 cm	14	22,5			8,6	34,3	21,0	7,0	31,2
	20 - 30 cm	14	18,3			10,8	29,9	17,1	4,9	26,7
Ekstenzivni sadovnjaki (ES)	0 - 10 cm	20	42,3	30,7	90,5	26,9	64,8	40,3	9,8	23,3
	10 - 20 cm	20	28,0			15,5	41,6	27,1	8,1	28,9
	20 - 30 cm	19	21,3			9,1	42,0	17,4	9,5	44,6
Travniki (TR)	0 - 10 cm	141	43,5	32,3	92,8	21,0	85,4	42,1	10,8	24,9
	10 - 20 cm	134	30,2			13,4	64,8	28,8	8,7	29,0
	20 - 30 cm	130	22,5			8,0	58,4	21,0	8,3	36,9
Zaraščanje (ZR)	0 - 10 cm	17	45,6	34,4	99,1	27,2	90,8	43,9	16,8	36,9
	10 - 20 cm	17	32,8			18,2	56,9	30,1	10,4	31,6
	20 - 30 cm	15	23,5			15,8	44,4	22,2	7,4	31,5
Drevesa in grmičevje (DG)	0 - 10 cm	13	59,9	42,7	118,1	25,0	109,9	52,1	24,2	40,4
	10 - 20 cm	12	36,8			12,6	95,3	32,9	21,0	57,2
	20 - 30 cm	11	28,7			8,3	85,4	19,6	21,6	75,1
Skupaj		973		30,9	90,0	6,8	147,4	28,0	14,7	47,5

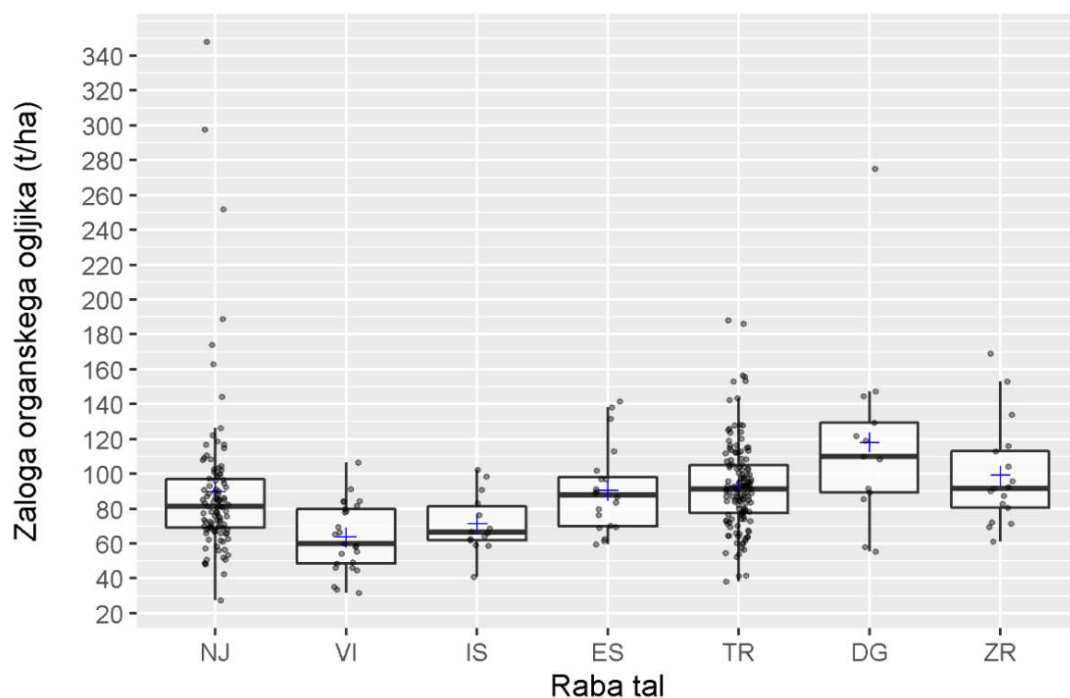
Vsebnost organskega ogljika v tleh se z globino pričakovano zmanjšuje, vendar trend zmanjševanja ni povsod enak. Pri njivskih rabah so razlike med povprečnimi vrednostmi zgornjega in spodnjega sloja tal le 5,4 t/ha, pri ostalih rabah pa med 11,2 (vinogradi) in 31,2 t/ha (drevesa in grmičevje). Te razlike so logične, saj se zaloge ogljika na njivah vsako leto z obdelavo enakomerno pomešajo, največkrat do globine med 20 in 30 cm. Ravno tako so razlike smiselne pri rabi drevesa in grmičevje, saj se organska snov, ki preide v tla predvsem z listnim opadom, akumulira v gornjih horizontih in prehaja v spodnje horizonte z naravnimi, a bistveno počasnejšimi pedološkimi procesi, t.j. z bioturbacijo in spiranjem. Podobni procesi prevladujejo tudi na zaraščajočih površinah, travinju in ekstenzivnih sadovnjakih, kjer se organska masa letno sprošča iz gostega koreninskega sistema travne ruše in počasneje prehaja v spodnje horizonte.

Najpomembnejši rezultat so skupne zaloge ogljika v tleh (do 30 cm globine), izračunane kot vsota zalog ogljika iz posameznih slojev iste lokacije. Povprečna zaloga ogljika v tleh izbranih KZ na globini 0 – 30 cm je v Sloveniji 90 t/ha.

Nadpovprečno zalogo ogljika v tleh imata rabi drevesa in grmičevje (118,1 t/ha) in zaraščajoče površine (99,1 t/ha). Blizu slovenskega povprečja in med seboj podobne skupne zaloge organskega ogljika do globine 30 cm ugotavljamo na travinju (92,8 t/ha), ekstenzivnih sadovnjakih (90,5 t/ha) in njivah (89,8 t/ha). Pod sl. povprečjem so zaloge organskega ogljika v tleh intenzivnih sadovnjakov (71,5 t/ha) in vinogradov (63,7 t/ha) (Slika 3).



Slika 2: Zaloge ogljika v tleh iz 973 vzorcev tal Slovenije odvzetih v letih 2016 – 2019, po globinah in rabah tal. Simboli + označujejo aritmetično sredino vsebnosti ogljika.



Slika 3: Skupne zaloge organskega ogljika v tleh (t/ha) na 334 vzorčnih lokacijah Slovenije, vzorčenih v letih 2016 – 2019, po rabah tal. Simboli + označujejo aritmetično sredino.

4 SKLEPI

Vsebnosti TOS oz. zalog organskega ogljika v tleh glede na vrsto rabe KZ v večji meri potrjujejo opažanja in pričakovanja pedološke oz. kmetijske stroke. Izračunane zaloge ogljika so smiselne z vidika globine in vrste rabe tal. Predvidevamo, da bo za nekatere odločevalce večje presenečenje relativno majhna razlika v zalogah ogljika med njivami (89,8 t/ha) in trajnimi travniki (92,8 t/ha). Skromna razlika 3 t/ha (1,03 % več na travnikih) verjetno ne opravičuje zatavljanja njiv z namenom povečevanja vsebnosti TOS oz. zalog ogljika v tleh. Veliko večjo vrednost, kot sama razmerja med rabami tal, imajo merjene vsebnosti TOS in izračunane zaloge C po posameznih globinah in skupne zaloge v posameznih vrstah rabe KZ v različnih talno/klimatskih razmerah in pri različnih agrotehničnih ukrepih. Rezultate večjega števila vzorcev smo pridobili v krajšem zaporedju let; vzorčili smo po enotni metodologiji in z enakimi orodji ter vzorce analizirali v kakovostnih in primerljivih laboratorijih. Po vključitvi podatkov vzorčenja iz leta 2020, bodo pridobljeni rezultati trdna podlaga za naprednejše prostorske analize zalog C v tleh; npr. glede na talno-klimatske in okoljsko-reliefne razmere. Ti rezultati bodo izhodišča za pripravo, prilagajanje in uvedbo ukrepov trajnostne kmetijske pridelave in varovanja tal KZ. Zahvaljujemo se MKGP za naročilo in financiranje izvedbe naloge v vseh petih letih.

5 VIRI

- GSP. 2017. Guidelines for sharing national data/information to compile a Global Soil Organic Carbon (GSOC) map. Pillar 4 Working Group. Version 1. 01 Februar 2017. <http://www.fao.org/3/a-bp164e.pdf>
- IPCC 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Hayama, Kanagawa, IGES.
- IPCC: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.
- Strateški načrt skupne kmetijske politike 2021–2027. Specifični cilj 4: prispevanje k blažitvi podnebnih sprememb in prilagajanju nanje ter k trajnostni energiji. 2020. <https://program-podezelja.si/sl/skupna-kmetijska-politika-po-2020/javna-razprava>.
- Sklep LULUCF, 2013. Sklep št. 529/2013/EU Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 21. maja 2013 o pravilih za obračunavanje emisij in odvzemov toplogrednih plinov, ki nastanejo pri dejavnostih LULUCF, ter informacijah o ukrepih v zvezi s temi dejavnostmi. Ur. l. EU št. L 165/80.
- UNFCCC: Decision 2/CMP.7 of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol, adopted by the 17th Conference of the Parties of the UNFCCC meeting in Durban in December 2011, 2011.
- Uredba LULUCF. 2018. Uredba (EU) 2018/841 Evropskega Parlamenta in Sveta o vključitvi emisij toplogrednih plinov in odvzemov zaradi rabe zemljišč, spremembe rabe zemljišč in gozdarstva v okvir podnebne in energetske politike do leta 2030 ter spremembi Uredbe (EU) št. 525/2013 in Sklepa št. 529/2013/EU, dostopno na: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2018/841/oj?locale=sl>
- Vernik, T. 2014. Spremljanje vsebnosti organske snovi v kmetijskih tleh v Sloveniji. Mag. Delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 64 str.

Gospodarjenje z ogljikom v travniških tleh

Branko KRAMBERGER¹⁰ in Miran PODVRŠNIK¹¹

Izvleček

Vsebnost organske snovi v tleh trajnega travinja v sloju od 0 do 6 cm je v Sloveniji od manj kot 1,5 % pa vse nad 15 %, pri čemer največ naših travniški tal v tem sloju vsebuje približno 6 % organske snovi. Spremembe v pedoklimatskih dejavnikih in v gospodarjenju lahko dolgoročno zmanjšujejo vsebnost trajnejših oblik organske snovi v tleh ali pa jo povečujejo. Variabilnost v vsebnosti omogoča, da s prilagajanjem gospodarjenja na travinju preko povečevanja organsko vezanega C v tleh zmanjšujemo koncentracijo CO₂ v ozračju povsod, kjer v tleh še ni doseženo ravnovesje med dodajanjem nove organske snovi in mineralizacijo le te. Izogibanje ukrepom, ki vodijo do povečevanja mineralizacije organske snovi v tleh, zmanjšuje povečevanje emisij CO₂ v ozračje. Gospodarjenje na travinju, ki vodi do ohranjanja visoke vsebnosti organske snovi v travniških tleh ali do povečevanja le te vključuje: (i) obnovo ruše brez vsakršne obdelave tal, (ii) maksimiranje pridelkov ob zmernem – strokovno utemeljenem gnojenju, (iii) zmerno pogostnost rabe, ki po vsaki rabi preko regeneracije omogoča dolgo življenjsko dobo rastlin in (iiii) ustvarjanje biotsko raznolike ruše, ki vključuje tudi rastline z zelo globokimi koreninami.

Ključne besede: gospodarjenje, ogljik, organska snov tal, travinje

Grassland soil carbon management

Abstract

The content of organic matter in the soils of permanent grassland in the top layer from 0 to 6 cm varies in Slovenia from less than 1.5% to over 15%, however, the majority amounts about 6%. Changes in pedoclimatic factors and in grassland management can reduce or increase the content of organic matter in the soil. Variability in content allows us to reduce the concentration of CO₂ in the atmosphere by adjusting the grassland management for increasing soil organic C wherever an equilibrium between the inputs of new organic matter and its mineralization has not yet been achieved. Avoiding measures that lead to increased mineralization of organic matter in the soil, however, reduces the increase in CO₂ emissions into the atmosphere. Management of grassland, which leads to the maintenance of a high content of organic matter in the soil or to its increase, includes: (i) grassland renovation without any tillage, (ii) maximizing yields with moderate fertilization, (iii) moderate frequency of use, which allows long plant life, and (iiii) creation of biologically diverse botanical composition, which includes plants with very deep roots.

Key words: management, carbon, soil organic matter, grassland

1 UVOD

Travinje, oziroma površine, ki jih pokriva travna ruša, ima v današnjem času vedno bolj poudarjano večnamensko vlogo v prostoru. Izmed funkcij, zaradi katerih ima danes travinje vse večji pomen, lahko izpostavimo okoljevarstvene, športno-rekreativne in sprostitvene, turistične, biodiverzitetne in seveda proizvodne, med katerimi je še vedno najpomembnejša pridelava voluminozne krme za rejne živali.

V času hitro spreminjajočega se podnebja moramo tudi na travinju gospodariti na način, da zmanjšujemo emisije toplogrednih plinov, med njimi tudi ogljikovega dioksida (CO₂).

¹⁰ Prof. dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, e-pošta: branko.kramberger@um.si

¹¹ Viš. pred., mag., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, e-pošta: miran.podvrsnik@um.si

Kmetijstvo, torej tudi gospodarjenje na travinju, sicer povzroča emisije CO₂ v ozračje, vendar ima tvorba organske snovi (rast rastlin) tudi velik potencial njegove vezave. Zaradi mineralizacije lahko razgradljivih organskih spojin je vezava ogljika začasna, vendar lahko ogljik (C) vežemo tudi v trajnejše oblike organske snovi v tleh. To pa dolgoročno pomeni manj CO₂ v ozračju in posledično manjši toplogredni učinek (Kramberger in Podvršnik, 2019).

V Sloveniji je velik razpon v vsebnostih organske snovi v tleh trajnega travinja. V vrhnjem sloju 0–6 cm, kjer je organske snovi največ, je lahko organske snovi od manj kot 1,5 % pa vse nad 15 %, vendar največ naših travniški tal v tem sloju vsebuje približno 6 % organske snovi (Sušin in sod., 2009). Različnost v vsebnosti in možnost vplivanja ponujata pričakovanje, da je mogoče z gospodarjenjem povečati vsebnost dolgoročno obstojne organske snovi v tleh in s tem za daljše obdobje v tleh vezati večje količine C (Kramberger in Podvršnik, 2019). Vendar je potrebno upoštevati tudi dejstvo, da se ob dolgoletnih dokaj stabilnih dejavnikih okolja in ne spreminjajočem se načinu oskrbe in rabe ustvari ravnovesje med vnosom organske snovi v tla in mineralizacijo le te. To pomeni v daljšem obdobju dokaj stabilno vsebnost organske snovi (Rees in sod., 2005). Spremembe v kakovosti tal, podnebja in rabe vodijo do težnje po ustvarjanju novega ravnovesja in s tem po spremembi v vsebnosti trajne organske snovi. To lahko pomeni povečevanje vsebnosti trajne organske snovi v tleh in s tem povečevanje količin organsko vezanega C v tleh, lahko pa je proces tudi obraten in je organska snov tal zaradi povečane mineralizacije vir povečanih emisij CO₂ v atmosfero (Kramberger in Podvršnik, 2019). Globalno segrevanje lahko ob dovoljšni količini vlage v tleh poveča sproščanje CO₂ iz tal zaradi povečane mineralizacije organske snovi (Brevik, 2013). Verjetno se bomo torej srečevali z manjšanjem zalog C v tleh in povečevanjem CO₂ v atmosferi, kar lahko pomeni dodatno segrevanje planeta. Neželeni proces se lahko stopnjuje, kar je razlog več, da poskušamo z vsemi znanimi ukrepi tudi na travinju v talni organski snovi vezati čim več C in s tem dolgoročno ohranjati količino organske snovi v tleh, ali pa jo celo povečevati.

2 OBNOVA RUŠE NA TRAVINJU

Na mnogih živinorejskih kmetijah zahtevana visoka kakovost krme ne dovoljuje pridelave na način, da bi bilo rastlinam omogočeno generativno razmnoževanje. Da se izognemo postopnemu slabšanju botanične sestave, in da ohranjamo visoko produktivnost ruše, je permanentna obnova obstoječe ruše z dodajanjem semena nujna. Poleg tega je obnova nujna po nepričakovanih in za rastline zelo neugodnih vremenskih razmerah kot so ekstremna suša ali zimski mraz. Rušo lahko uničijo tudi ogrci majskega hrošča ali divjad (npr. divji prašiči). Obnovo ruše lahko izvedemo na različne načine. V osnovi se lahko odločamo za obnovo, ki temelji na preoravanju obstoječe ruše s tako imenovano 'novo setvijo'. Lahko pa obnova temelji na različnih oblikah vsejavanja semena v obstoječo rušo, ki jo predhodno ne uničimo (Kramberger in Podvršnik, 2019).

Kot v preglednem članku navajajo Kayser in sod (2018), obnova ruše s preoravanjem in novo setvijo v povprečju vodi do približno 30 odstotnega povečanja pridelka krme v prvih dveh letih. Vpliv na kakovost krme pa je še na daljši rok. Vendar, kot ti avtorji povzemajo, mnogi primeri takšne obnove ne dajo željenega rezultata v pridelku, če nastopijo nepredvidljive razmere (npr. suša). Za obnovo ruše s preoravanjem je značilna masovna razgradnja trajnejših oblik organske snovi in ostankov rastlin (korenin) v tleh. Obseg procesa je zelo odvisen od dejavnikov okolja kot so temperatura, vlaga, tekstura tal, ... (Kayser in sod., 2018). Necpalova in sod. (2013) na težjih glinastih tleh tako na primer ugotavljajo, da je obnova s preoravanjem zmanjšala vsebnost organske snovi v tleh celo za več kot 20 %, največ v prvih nekaj mesecih po oranju. Obstajajo tudi izjeme, kjer vpliv ni dokazan – npr. Linsler in sod., 2013). Po sedmih letih tako obnovljene

ruše še ni bilo izrazitega povečevanja vsebnosti v smeri približevanja vrednostim pred obnovo ruše.

Da se izognemo vsakršni mehanski obdelavi tal in s tem povečani mineralizacije organske snovi, rušo na travinju praviloma obnavljamo z vsejavanjem. Ukrep kratkoročno sicer ne prinese tako bistvenega povečanja pridelka, kot obnova z oranjem in novo setvijo, je pa obnova ruše s vsejavanjem lahko celostno celo boljša, saj pri obnovi ni izpada pridelka zaradi uničevanja stare ruše (Elsaesser, 2014), pridelek je zato konstanten, tveganja za izpad pridelka pa praktično ni.

3 MAKSIMIRANJE PRIDELKOV OB ZMERNEM – STROKOVNO UTEMELJENEM GNOJENJU

V številnih raziskavah je ugotovljeno, da je v tleh gnojenega travinja več organske snovi in s tem več organsko vezanega C kot v tleh malo gnojenega travinja, kar pomeni, da lahko s povečanim gnojenjem in posledično intenzivnostjo rabe povečujemo vsebnost organskega C v tleh (Conant in sod. 2001, 2017). Vendar lahko obilje hranil v tleh preko velikega pridelka biomase vpliva na konkurenčne odnose med rastlinami, še posebej na konkurenčnost za svetlobo (Borer in sod., 2014). To lahko vodi do zmanjšanja biotske raznolikosti, obilje hranil v tleh pa lahko vodi do povečanih neželenih izgub hranil iz sistema in posledično prekomerno obremenjevanje okolja. Zato mora biti gnojenje usklajeno s strokovno sprejemljivimi normativi. V Sloveniji imamo gnojilne normative za gnojenje različnih načinov rabe travne ruše in različnih pogostnosti košnje ali paše že leta znanstveno – strokovno zelo dobro urejene (glej tudi Mihelič in sod., 2010).

Večanje števila košenj ali intenzivnosti paše bo ob večanju dodanih hranil z gnojenjem na rodovitnih tleh še povečalo skupni pridelek krme, vendar se bo slabšala trpežnost najproduktivnejših rastlin in večala se bo potreba po obnovi ruše. Bolj kot bomo posvečevali število košenj ob dodajanju N gnojil, manj lahko v ruši pričakujemo simbiotske vezave N z metuljnicami.

Za učinkovito porabo hranil je v praksi potrebno priporočene normative natančno upoštevati ob vseh drugih priporočilih, ki zadevajo analize tal, uravnavanje reakcije pH tal in strokovna priporočila za aplikacijo gnojil. S hranili primerno oskrbljeno travinje bo učinkovito v pridelavi nove organske snovi, kar se dolgoročno odraža tudi v količini C v organski snovi v tleh.

Pri gnojenju z dušikom je zaradi posebnosti tega hranila vsekakor potrebno veliko pozornosti nameniti gnojenju in uporabi živinskih gnojil, predvsem gnojevke. Kramberger in Podvršnik (2019) po mnogih avtorjih (npr. Amman in sod., 2007, Amman in sod., 2009, He in sod., 2013) povzemata, da gnojenje z N gnojili povečuje pridelke biomase in posledično tudi povečuje vezavo C v organsko snov tal. Poudarjata tudi, da Soussana in sod. (2004) ugotavljajo, da pretirano dodajanje N, povezano z veliko frekvenco rabe in zelo prebavljivim pridelkom, sicer še povečuje pridelek biomase rastlin, vendar obenem povzroča tudi povečano razgradnjo organske snovi v tleh. To posledično lahko vodi celo do zmanjšanja količin organsko vezanega C v tleh. Poleg tega pretirano gnojenje z N samo še slabša izkoristek tega dodanega hranila za rast rastlin, ki je v večini primerov le do 65 %, pa še to v primerih, če smo dosledni pri upoštevanju strokovnih priporočil za aplikacijo. V primeru neupoštevanja strokovnih priporočil je izkoristek N lahko precej nižja (Sartor in sod., 2011; Murpy in sod., 2013). Precejšen del preostalega (neizkoriščenega) N je vir obremenjevanja okolja, bodisi podtalnih voda (predvsem NO_3^-), ali pa atmosfere (NH_3 in didušikov oksid). Pri pridelovanju krme na travinju si prizadevamo za čim večji izkoristek hranil, saj želimo doseči čim bolj zaključen krogotok rastlinskih hranil, v katerem med izhodi hranil iz krogotoka prevladujejo hranila v obliki

živalskih produktov (meso, mleko, ...). Nekoristnih izgub hranil, ki pomenijo obremenjevanje okolja, si želimo čim manj.

4 ZMerna POGOSTNOST RABE

Pogostnost košnje in intenzivnost paše vplivata na količino in kakovost pridelane krme ter na življenjsko dobo tistih rastlin, ki imajo sposobnost regeneracije po vsakokratni paši ali košnji (Kramberger, 1995). Z zmerno pogostnostjo rabe rastlinam omogočamo popolno izgradnjo nadzemnih delov in korenin. To jim omogoča fotosintetska aktivnost do te mere, da nalagajo dovolj rezervnih hranilnih snovi za uspešno regeneracijo po košnji ali paši. Za kosno rabo v nižinah Slovenije to pomeni približno štiri košnje letno, odvisno od rastlinske vrste ali botanične sestave ruše. Pri pašni rabi naj rastlinam po paši ostane dovolj listne površine za sprotno zadostno tvorbo hranil, kar omogoča sprotno obnovo listov oziroma poganjkov. Genever (2018) navaja, da bi naj regeneracija po paši v čredinskem sistemu trajala vsaj toliko časa, da se v poganjkih po paši v povprečju tvorijo vsaj 2,5 do 3 novi listi. Vse skupaj rastlinam omogoča dolgo življenjsko dobo, kar zmanjša potrebo po obnovi ruše, po drugi strani pa s tem pridelamo tudi veliko biomase.

Conant in sod. (2001) in Amman in sod. (2007) namreč navajajo, da v osnovi pri vseh načinih rabe, kjer pridelamo veliko biomase, posledično povečujemo količino organske snovi v tleh in s tem količino organsko vezanega C. Po Bernhardt-Romermann in sod. (2011) in Franzluebbers (2010) lahko to pričakujemo predvsem pri zmernih pogostnostih košnje ali paše, če je v tleh dovolj vlage in če so tla s hranili dobro preskrbljena. Pretiravanje v pogostnosti rabe ima lahko za posledico manj organsko vezanega C v tleh (Han in sod., 2008). McInenly in sod. (2010) navajajo, da je to posledica zmanjšane rasti koreninskega sistema in plitvih korenin. Končni rezultat je manj odmrle organske snovi v tleh, pa še ta je locirana blizu površine tal (Kramberger in Podvršnik, 2019).

Reeder in Schuman (2002) in Chabi in sod. (2018) navajajo, da bi naj pašna raba ruše v primerjavi z drugimi načini povečevala količino organsko vezanega C v tleh. Vendar, kot v preglednem članku povzemajo Abdalla in sod. (2018) veliko raziskav tega ne potrjuje. Razlike verjetno izhajajo iz dejstva različnosti v okolju in predvsem v različnosti v preskrbi ruše z rastlinskimi hranili v bližnji in daljni preteklosti. V mnogih okoljih so bili namreč pašniki v preteklosti pognojeni bolj kot klasični travniki, saj so poleg mineralnih gnojil prejeli tudi veliko izločkov živali na pašnikih, ki pogosto tudi niso bili vključeni v izračun gnojilnega načrta (Kramberger in Podvršnik, 2019).

5 VIŠINA REZI OB KOŠNJI IN KONČNA VIŠINA RUŠE PO PAŠI

S košnjo rastlinam odstranimo večji del stebel in listov, oziroma poganjkov. Ostane le dno poganjka, pod višino rezi. Dno poganjka nima visoke krmne vrednosti, saj ga sestavljajo večinoma olesenela stebela z nizko prebavljivostjo organske snovi. Vendar so v tem delu rastline, tako kot v koreninah, rezervne hranilne snovi, ki so rastlini potrebne za regeneracijo po košnji. S permanentno prenizko košnjo torej prav nič ne pridobimo na količini kakovostnega pridelka, ampak zmanjšujemo regeneracijsko sposobnost rastlin in s tem trpežnost. Posledično se prej pojavi zmanjševanje proizvodnega potenciala ruše in potreba po obnovi. Vse skupaj se seveda lahko odraža tudi v količini organske snovi, oziroma organskega C v tleh.

Za lucerno Miller (2019) ter Wiersma in Wiederholt (2020) priporočajo košnjo na višini 6 cm ali pa še za dodaten cm višje. Podobna so priporočila za trave in trajno rušo, kjer Younie (2012) za ekološko pridelavo priporoča višino rezi med 7 in 8 cm. Krajinski parki priporočajo košnjo

celo na višini 10 cm nad tlemi. S tem ruša ostane dovolj visoka, da ob košnji omogoča preživetje številnim žuželkam in malim živalim, hkrati pa se zmanjšuje preveliko izsuševanje tal (Priročnik za kmete, 2012).

Za uspešno regeneracijo rastlin po paši, kot je že omenjeno, živali ruše ne smejo popasti preveč. Večinoma govorimo o končni višini ruše po paši. V angleški literaturi priporočene končne višine ruše po paši temeljijo predvsem na pašnikih trpežne (angleške) ljujke. Genever (2018) za pašo po čredinkah priporoča končno višino med 4 in 9 cm. Končne višine od 4 do 7 cm so namenjene različnim kategorijam drobnice, končne višine med 5 in 9 cm pa različnim kategorijam goveda. Obenem so vse to tudi minimalne višine za pašo živali povprek. Če imamo v ruši rastline, ki imajo več listne mase bližje površini tal, kot je to primer na planinskih pašnikih, so končne višine ruše po paši ustrezno nižje.

6 RASTLINE RUŠE IN BIOTSKO RAZNOLIKA RUŠA

Da bodo neposredne ali posredne emisije CO₂ v atmosfero čim manjše in da bo nalaganje organske snovi v tla čim večje, od rastlin ruše pričakujemo:

- dolgo življenjsko dobo,
- velik potencial tvorbe nove biomase in
- globok koreninski sistem.

Dolga življenjska doba zelo produktivnih rastlinskih vrst zmanjšuje potrebe po obnovi ruše (Kell, 2011). Posledično to veliko pripomore k boljši ekonomiki gospodarjenja na travinju, iz okoljskega vidika pa zmanjšuje ogljični odtis pridelave zaradi manjše potrebe po obnavljanja ruše.

Rastline, ki na travinju trajajo več let, lahko v celoti razvijejo koreninski sistem še posebej, če je pogostnost rabe ob primerni količini dostopnih hranil prilagojena lastnostim rastlin. V svetu sta v mnogih žlahtniteljskih programih trav in metuljnic globina in obsežnost koreninskega sistema pomembna cilja pri ustvarjanju novih sort. Poglobljanje sloja, v katerem imajo travniške rastline razvit koreninski sistem namreč poleg večje odpornosti proti suši, posledično pomeni tudi večje nalaganje organske snovi in s tem C v globljih plasteh tal, kjer ravnovesje med nalaganjem organske snovi in mineralizacijo le te še ni doseženo (Paez-Garcoa in sod., 2015, Marshal in sod., 2016).

Od rastlin ruše pričakujemo, da ob zmerni količini dodanih hranil z gnojili, dajejo kar največji pridelek biomase. S tem je zadoščeno gospodarskemu interesu pridelave krme in okoljevarstvenemu interesu vezave C v organska snov. Iz praktičnega vidika obnove ruše s vsejavanjem to pomeni uporabo vrst in sort semen, najprimernejših rastišču in načinu rabe, saj lahko le tako pričakujemo maksimalen pridelek nove biomase (Kramberger in Podvršnik, 2019). Velike pridelke biomase lahko ob primerni vlažnosti tal in dovoljšni količini hranil v tleh pričakujemo predvsem od naših gospodarsko najpomembnejših trav in metuljnic. Slednje imajo tudi globok koreninski sistem. Globok koreninski sistem imajo tudi mnoge travniške zeli. Kombinacija naštetih rastlin daje pestro botanično sestavo, ki poleg trav vključuje tudi metuljnice in druge zelnate rastlinske vrste z globokimi koreninskimi sistemi (Sheikh in sod., 2014, Yang in sod., 2019).

7 SKLEP

Zaradi številnih pedoklimatskih vplivov in načinov rabe je gospodarjenje na travinju za ohranjanje trajnejših oblik organske snovi, oziroma povečevanje vsebnosti organske snovi in s tem organsko vezanega C v tleh, zelo kompleksen in zahteven proces, ki mora izključevati vse

ukrepe, ki bi dodatno povečevali mineralizacijo organske snovi v tleh (npr. obdelava tal). Obenem moramo ob čim manjšem ogljičnem odtisu in neposrednih emisijah toplogrednih plinov dolgoročno pridelati maksimalno količino nove organske snovi. Za to pa je potrebno strokovno utemeljeno gnojenje za ohranjanje trpežnosti rastlin, rastlinam primerna pogostnost in način rabe ter biotsko raznolika ruša z najproduktivnejšimi rastlinskimi vrstami, med katerimi so tudi rastline z zelo globokimi koreninami.

Zahvala. Delo je nastalo v okviru CRP V4-1815 projekta z naslovom 'Zmanjšanja sušnega stresa in povečanja rodovitnosti tal z uvajanjem ohranitvene (konzervacijske) obdelave tal v trajnostno poljedelstvo', ki ga sofinancirata Javna agencija za raziskovalno dejavnost republike Slovenije in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije.

8 LITERATURA

- Abdalla, M., Hastings, A., Chadwick, D.R., Jones, D.L., Evans, C.D., Jones, M.B., Rees, R.M., Smith, P. 2018. Critical review of the impacts of grazing intensity on soil organic carbon storage and other soil quality indicators in extensively managed grasslands. *Agriculture, ecosystems and Environment* 253, 62-81.
- Amman, C., Flechard, C.R., Leifeld, J., Neftel, A., Fuhrer, J. 2007. The carbon budget of newly established temperate grassland depends on management intensity.
- Amman, C., Spirig, C., Leifeld, J., Neftel, A. 2009. Assessment of the nitrogen and carbon budget of two managed temperate grassland fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 113, 150-162.
- Bernhardt-Romermann, M., Romermann, C., Sperlich, S., Schmidt, W. 2011. *Journal of Applied Ecology* 48, 1088-1097.
- Borer, E.T., Seabloom, E.W., Gruner, D.S., Harpole, W.S., Hillerbrand, H., Lindl, E.M., Adler, P.B., Alberti, J., Anderson, T.M., Bakker, J.D., Biedermann, L., Blumenthal, D., Brown, C.S., Brudvig, L.A., Buckley, Y.M., Cadotte, M., Chu, C., Cleland, E.E., Crawley, M.J., Daleo, P., Damschen, E.J., Davies, K.F., DeCrappen, N.M., Du, G., Fim, J., Hautier, Y., Heckmann, R.W., Hector, A., HilleRisLamberts, J., Iribarne, O., Klein, J.A., Knops, J.M.H., La Pierre, K.J., Leakey, A.D.B., Li, W., MacDougall, A.S., McCulley, R.I., Melbourne, B.A., Mitchell, C.E., Moore, J.L., Mortensen, B., O'Halloran, L.R., Orrock, J.L., Pascual, J., Prober, S.M., Pyke, D.A., Risch, A.C., Shuetz, M., Smith, M.D., Stevens, C.J., Sullivan, L.L., Williams, R.J., Wragg, P.D., Wright, J.P., Yang, L.H. 2014. Herbivores and nutrients control grassland plant diversity via light limitation. *Nature* 508, 517-520.
- Brevik, E.C. 2013. The potential impact of climate change on soil properties and processes and corresponding influence on food security. *Agriculture* 3, 398-417.
- Chabbi, A., Kramberger, B., et al.. Grazing for carbon: Final report. [Brussels: EIP-AGRI], 2018. <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/publications/eip-agri-focus-group-grazing-carbon-final-report>
- Conant, R. T., Cerri, C.E.P., Osborne, B.B., Paustian, K. 2017. Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis. *Ecological Applications*, 27, 662-668.
- Conant, R. T., Paustian, K., Elliot, E. 2001. Grassland management and conversion into grassland effects on soil carbon. *Ecological Applications*, 11, 343-355.
- Elsaesser, M. 2014. Grassland renovation and grassland improvement. Agricultural Center for cattle management, grassland, dairy management, wildlife and fisheries Baden-Wuerttemberg (LAZBW Aulendorf). https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/19/19-elsaesser_grassland_renov.pdf. Dostop: 9. 10. 2019.
- Franzluebbers, A.J. 2010. Soil organic carbon in managed pastures of the southeastern United States of America. V: Alberton in sod.: Grassland carbon sequestration, policy and economics Proceedings of the Workshop on the role of grassland carbon sequestration in the mitigation of climate change. Rome, April, 2009. Food and agriculture organization of the united nations, Rome.
- Genever, L. 2018. Planning grazing strategies for Better Returns. AHDB. <https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Imported%20Publication%20Docs/Planning-grazing-strategies-for-better-returns.pdf>. Accesed 10. 9. 2020.

- Han, G., Fao, X., Zhao, M., Wang, M., Ellert, B.H., Willms, W., Wang, M. 2008. Effect of grazing intensity on carbon and nitrogen in soil and vegetation in a meadow steppe in Inner Mongolia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 125, 21-32.
- He, N., Yu, Q., Wang, R., Zhang, Y., Gao, Y., Yu, G. 2013. Enhancement of carbon sequestration in soil in the temperate grasslands of northern China by addition of nitrogen and phosphorus. *PLOS ONE* 8, 10, 1-11.
- Priročnik za kmete. 2012. https://www.park-goricko.org/data/attachment/17cc4efa7bf7d9e63c99683dd9d8f53590b8fbf5/1571226064Krajina_v_harmoniji_Prirocnik_za_kmete_2012.pdf. Dostop: 24. 12. 2020.
- Kayser, M., Muller, J., Isselstein, J. 2018. Grassland renovation has important consequences for C and N cycling and losses. *Food and Energy Security*, <https://doi.org/10.1002/fes3.146>.
- Kell, D. B. 2011. Breeding crop plants with deep roots: their role in sustainable carbon, nutrient and water sequestration. *Annals of Botany* 108, 407-418.
- Kramberger, B., 1995: Pridelovanje krme – izbrana poglavja. UM Visoka kmetijska šola, Maribor, 188 s.
- Kramberger, B., Podvršnik, M. 2019: Vpliv gospodarjenja na travinju na vezavo ogljika v organsko snov tal = Impact of grassland management on carbon sequestration in soil organic matter. V: ČEH, Tatjana (ur.), Kapun, Stanko (ur.). *Zbornik predavanj = Proceedings of the 28th International Scientific Symposium on Nutrition of Farm Animals [being] Zadravec-Erjavec Days 2019, 7th and 8th November 2019*. Murska Sobota: Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod, 2019. Str. 109-113.
- Linsler, D., Giessler, D., Loges, R., Taube, F., Ludwig, B. 2013. Temporal dynamics of soil organic matter composition and aggregate distribution in permanent grassland after a single tillage event in a temperate climate. *Soil and Tillage research* 126, 90-99.
- McInenly, L. E., Merrill, E.H., Cahill, J.F., Noorallah, G.J. 2010. *Festuca campestris* alters root morphology and growth in response to simulated grazing and nitrogen form. *Functional ecology* 24, 283-292.
- Mihelič, R., Čop, J., Jakše, M., Štampar, F., Majer, D., Tojnko, S., Vršič, S. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Ljubljana, 182 str.
- Miller, D. 2019. Cutting Height in Forages: How Low Can You Go? PennState Extension. <https://extension.psu.edu/cutting-height-in-forages-how-low-can-you-go>. Dostop: 5.8.2020.
- Marshall, A.H., Collins, R.P., Humphreys, M.W., Scullion, J. 2016. A new emphasis on root traits for perennial grass and legume varieties with environmental and ecological benefits. *Food and Energy Security* 5, 26-39.
- Murphy, P.N.C., O'Connell, K.O., Watson, S., Watson, C.J., Humphreys, J. 2013. Seasonality of nitrogen uptake, apparent recovery of fertilizer nitrogen background nitrogen supply in two Irish grassland soils. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 52, 17-38.
- Necpalova, M., Li, D., Lanigan, G., Casey, I.A., Burchill, W., Humphreys, J. 2013. Changes in soil organic carbon in a clay loam soil following ploughing and reseeded of permanent grassland under temperate moist climatic conditions. *Grass and Forage Science* 69, 611-620.
- Paez-Garcia, A., Motes, C.M., Scheible, W.-R., Chen, R., Blancaflor, E.B., Monteros, M.J. 2015. Root traits and phenotyping strategies for plant improvement. *Plants* 4, 334-355.
- Reeder, J.D., Schuman, G.E. 2002. Influence of livestock grazing on C sequestration in semi-arid mixed grass and short-grass rangelands. *Environmental Pollution* 116, 457-463.
- Rees, R.M., Bingham, L.J., Baddeley, J.A., Watson, C.A. 2005. The role of plants and land management in sequestering soil carbon in temperate arable and grassland ecosystems. *Geoderma*, 128, 130-154.
- Sartor, L.R., Assmann, T.S., Soares, A.B., Adami, P.F., Assmann, A.L., Pitta, C.S.R. 2011. Nitrogen fertilizer use efficiency, recovery and leaching of an alexandregrass pasture. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 35, 1-9.
- Sheikh, A.Q., Skinder, B.M., Pandit, A.K., Ganai, B. A. 2014. Terrestrial carbon sequestration as a climate change mitigation activity. *Pollution Effects and Control* 2, 110, doi: 10.4172/jpe.1000110.

- Soussana, J_F., Loiseau, P., Vuichard, N., Ceschia, E., Balesdent, J., Chevallier, T., Arrouays, D. 2004. Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. *Soil Use and Management* 20, 219-230.
- Sušin J., Vrščaj B., Vernik T., Verbič F., Jeretina J., Zagorc B., Rednak M., Glad, J., Bergant J., Čuden I. 2009. Poročilo o izvedbi strokovnih nalog za Ministrstvo za okolje in prostor v letu 2008 in 2009: končno poročilo, (KIS -Poročila o strokovnih nalogah, 123). Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 107 str.
- Wiersma, D.W., Weiderholt, R. 2020. Alfalfa Cutting Height to Maximize Forage Yield and Quality. Team forage. Division of Extension. University of Wisconsin. <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/alfalfa-cutting-height-to-maximize-forage-yield-and-quality-2/>. Dostop: 6. 8. 2020.
- Yang, Y., Tilman, D., Furey, G., Lehman, C. 2019. Soil carbon sequestration accelerated by restoration of grassland biodiversity. *Nature Communications* 10, Article number: 718 (www.nature.com/articles/s41467-019-08636-w).
- Younie, D. 2012. *Grassland Management for Organic Farmers*. The Crowood Press, 208 str.

Ocena erozije na kmetijskih zemljiščih v Sloveniji

Borut VRŠČAJ¹², Peter KASTELIC¹³, Janez BERGANT¹⁴ in Marjan ŠINKOVEC¹⁵

Izvleček

Prispevek *The new assessment of soil loss by water erosion in Europe* avtorjev Panagos in sodelavci ocenjuje intenzivnosti vodne erozije v Evropi. Ocena povprečne izgube tal zaradi erozije $7,43 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ predstavlja Slovenijo kot drugo najbolj ogroženo državo Evrope. Te ocene povzemajo v institucijah EU in so podlaga za različne zahteve in usmeritve. Glede na specifične ključnih dejavnikov erozije v Sloveniji te ocene niso verjetne, zato smo po naročilu MKGP ocenili erozijo tal v Sloveniji po enaki RUSLE metodi, a z natančnejšimi podatki. Zasnovali smo ključne faktorje; erodibilnosti tal (Kf), pokrovnosti tal (Cf) ter reliefa (LSf), za faktor erozivnosti padavin (Rf) pa smo uporabili obstoječe podatke za Slovenijo. Faktorje smo pripravili kot prostorske sloje v ločljivosti 10 m ter izdelali karto ocene vodne erozije tal Slovenije. Izračunana ocena povprečne stopnje erozije tal v Sloveniji je $3,68 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$, kar je bistveno manj, kot je ocena po Panagos, 2015. Ocenjena povprečna erozija je največja v trajnih nasadih ($17,79 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$). Oljčniki, vinogradi in sadovnjaki izkazujejo večjo erozijo, a velja poudariti, da terasiranost zemljišč ni bila upoštevana. Njive in vrtovi imajo povprečno oceno erozije $7,58 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$, kar je več kot je ocenil Panagos. Model visoko ocenjuje erozijo na travniških površinah ($6,82 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ in zelo nizko v gozdovih ($0,43 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$). Ocene za nekatere vrste KZ bi veljalo ponoviti s podatki, ki v času modeliranja žal niso bili na voljo.

Ključne besede: RUSLE, vodna erozija tal, modeliranje GIS, Slovenija

Assessment of agricultural soil erosion in Slovenia

Abstract

The paper *The new assessment of soil loss by water erosion in Europe* by Panagos et al. assesses the water erosion in Europe. The average erosion estimate of $7.43 \text{ (t ha}^{-1} \text{ y}^{-1})$ represents Slovenia as the second most erosion-affected country in Europe. These estimates are used by the EU institutions and are the basis for various assessments and requests. Given the specifics of the expression of key erosion factors in Slovenia, these estimates are unlikely, so we commissioned the MAFF to assess the erosion of Slovenia by the same RUSLE method but with more accurate national data. Methodologically and on more accurate data, we designed the key factors of soil erodibility (Kf), soil cover (Cf) and relief (LSf). For rainfall erosivity factor (Rf) we used results of a model designed by Petan, 2010. The datasets were prepared in a resolution of 10 m and used to produce a map water erosion for Slovenia. The average rate of soil erosion estimate in Slovenia is $3.68 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$, which is significantly less than the estimate according to Panagos. The highest estimated average erosion is in permanent crops ($17.79 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$). Olive groves, vineyards and orchards individually show even higher erosion, but it should be noted that terraced land is not taken into account. Arable land and gardens have an average erosion rate of $7.58 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$, is more than estimated by Panagos. The model estimates erosion high as well in meadows ($6.82 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$) and very low in forests ($0.43 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$). Estimates for some types of agricultural land uses should be repeated with data that were unfortunately not available at the time of modelling.

Keywords: RUSLE, soil erosion by water, modelling, GIS Slovenia

¹² Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-naslov: borut.vrscaj@kis.si

¹³ Univ. dipl. geog., Kmetijski inštitut Slovenije, e-naslov: jani.bergat@kis.si

¹⁴ Univ. dipl. geog., Kmetijski inštitut Slovenije, e-naslov: peter.kastelic@kis.si

¹⁵ Univ. dipl. geol., Kmetijski inštitut Slovenije, e-naslov: marjan.sinkovec@kis.si

1 UVOD

Prispevek raziskovalcev EC Joint Research Centre o vodni eroziji v državah EU *The new assessment of soil loss by water erosion in Europe* (Panagos in sod., 2015a) je predstavil za marsikoga težko verjetne ocene intenzivnosti erozije v nekaterih državah EU, tudi v Sloveniji. Ocena povprečne vrednosti erozije $7,43 \text{ (t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1})$ predstavlja Slovenijo kot drugo najbolj ogroženo državo Evrope s strani vodne erozije. Ocene erozije iz tega prispevka so zaradi renomiranih avtorjev povzete tudi v uradnih dokumentih in inštitucijah EU in s tem podlaga za različne zahteve in ukrepe. Nekateri pedologi smo že leta 2015 ocenili, da so tako visoke ocene glede na najpomembnejše dejavnike erozije malo verjetne (raba tal: zelo velik delež gozdov, prepoved golosekov; velika zatravljena kmetijskih površin; nekatere specifične pogostih tipov tal Slovenije: stabilna in na erozijo precej obstojna pokarbonatna tla. Kljub temu, in zaradi ponavljanja ocen v uradnih dokumentih EU, je bilo treba preveriti EU izračune. V tem prispevku kratko predstavljamo rezultate ocene vodne erozije tal v Sloveniji, ki smo jo z enako metodo (RUSLE), a detajlnejšimi podatki izvedli na Kmetijskem inštitutu Slovenije. Nalogo je financiralo MKGP.

1.1 Osnovno o eroziji tal

Erozija tal je naraven geomorfen proces sproščanja in odnašanja tal. Zaradi delovanja človeka je lahko močno pospešena in nekajkrat intenzivnejša kot v naravnih razmerah. Do degradacije tal zaradi erozije pride, ko stopnja erozije tal preseže stopnjo nastajanja tal. Erozija tudi ni časovno konstantna, pač pa se močno pospeši in močneje izrazi ob ekstremnih vremenskih dogodkih. V primeru vodne erozije so to intenzivni padavinski dogodki, v primeru vetrne erozije pa močnejši vetrovni pojavi (npr. burja). Erozijo tal delimo na vodno (*water erosion*), vetrno (*wind erosion*) in erozijo obdelave tal (*tillage erosion*), ki vsaka na svoj način povzročajo sproščanje in transport talnih delcev. V tem prispevku se osredotočamo na vodno erozijo tal.

1.2 Vodna erozija tal

Vodna erozija tal je posledica delovanja vode na površino tal. Ko količina padavin preseže infiltracijsko sposobnost tal, se pojavi močno povečan površinski odtok. Sam erozijski proces se deli na tri komponente: 1) ločevanje posameznih talnih delcev od strukturnih agregatov, 2) premeščanje talnih delcev v niže ležeča območja in 3) odlaganje talnih delcev (FAO, 2019). Glede na način erodiranja tal vodno erozijo delimo na površinsko (ang. *interill erosion*), žlebično (ang. *rill erosion*), jarkovno erozijo (ang. *gully erosion*) in cevčenje (FAO, 2019). Mehanizem vodne erozije poteka tako, da se zaradi kinetične energije dežnih kapljic talni delci najprej ločijo/sprostijo od strukturnih skupkov/agregatov. Tla s slabo obstojno strukturo, ki so najbolj dovzetna za odvajanje talnih delcev, so tista z visoko vsebnostjo gline ($> 40 \%$) oz. tudi tista z veliko melja in malo gline. V splošnem pa velja, da z večanjem premera talnih delcev (npr. do velikosti peska) odvajanje talnih delcev zaradi dežnih kapljic upada (FAO, 2019). Talni delci, ki se zaradi udarcev dežnih kapelj ločijo s površine talnih skupkov (agregatov), 'zaprejo' pore med agregati, s tem močno zmanjšajo infiltracijsko sposobnost tal, povečajo površinski odtok in s tem erozijo. Nevezane talne delce, ki prosto plavajo v suspenziji prenaša površinski odtok. Erozija dežnih kapelj in transport v obliki enakomerno površinsko izražene erozije skupno imenujemo površinska erozija oz. medžlebična erozija (Zorn in Mikoš, 2009). Ko se vodni tokovi združujejo v curke in prične erozija delovati globinsko, govorimo o žlebični eroziji. Združevanje manjših curkov vode v izdatnejše in energijsko močnejše tokove, ki

ustvarjajo jarke globlje od 40 cm, privede do jarkovne erozije. Odlaganje, oziroma depozicija je zadnja faza erozijskega dogodka, v kateri se talni delci zaradi pojetanja kinetične moči in izdatnosti in/ali umiritve vodnega toka usedejo - odložijo.

1.3 Pretekle raziskave erozije v Sloveniji

V Sloveniji obstaja nekaj študij, ki predstavljajo rezultate meritev erozije tal (Meden, 2018; Zorn, 2015). Dolgotrajnejše meritve erozije tal so izvajali le na merilnih poljih v Smasteh pri Kobaridu, drugje (na primer Straža ob Krki, Limbuš pri Mariboru, Ljubljana, Marežige) pa so potekala le krajša opazovanja in izračunavanja ter modeliranje na podlagi empiričnih enačb (na primer Latkova vas v Savinjski dolini, dolina Dragonje, Mirnska dolina) (Komac in Zorn, 2007b). Pri vasi Smast (meritve do leta 1989) je bila izmerjena erozija pri nagibu površja 29° v mešanem gozdu komaj $0,0063 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$, na travniku $0,039 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$, na krompirjevi njivi $3,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$, na zorani njivi pa $22,4 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ (Horvat in Zemljič 1998). V porečju Rokave (SI Istra) so od leta 2005 – 2006 potekale meritve na osmih mikro erozijskih poljih (1 m^2 površine); gola tla v oljčniku (2 polji), travnik v zaraščanju (2 polji), gozd (4 polja). Skupna erozija v oljčniku z nagibom $5,5^\circ$ je bila $90 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$, na travniku z nagibom $9,4^\circ$ $1,68 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$, v gozdu z nagibom $7,8^\circ$ $3,91 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ ter v gozdu z nagibom $21,4^\circ$ $4,15 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ (Zorn in Mikoš, 2009).

Ocene erozije so številčnejše a pridobljene z različnimi metodami/pristopi. Tako so iz meritev dveh dogodkov v bližini Straže pri Novem mestu ocenili erozijo tal na $22 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ (Komac in Zorn, 2007b). Iz vinograda pri Limbušu (nagib $14,9^\circ$) se je erodiralo $10,76 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ (Vršič et al. 2000). Erozijo tal v hmeljišču pri nagibu $0,18^\circ$ z metodo GLEAMS 2.1 so ocenili na $5 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ (Zupanc, Pintar, Mikoš 2000). Po prirejeni Gavrilovičevi metodi so v vinogradih izračunali erozijo 22 in na njivah $11 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$, po metodi RUSLE pa v vinogradih 51 in na njivah $22 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ (Petkovšek 2002). Izračun z metodo USLE je za Mirnsko dolino napovedal povprečno erozijo $6,4 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ (Topole, 1998). Mikoš in Zupanc (2000) ugotavljata, da v Sloveniji zaradi erozije izgubimo povprečno 5 – 10 mm rodovitnih tal na KZ letno, oz. med 80 in $100 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$. Komac in Zorn sta na podlagi pregleda literature in iz površin iz podatkov rabe tal za leto 2002 preračunala erozijo tal za Slovenijo in ugotovila, da je ta v razponu med $3,70$ in $4,52 \text{ t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ (Zorn in Komac, 2005; Komac in Zorn, 2005).

Ob rezultatih navedenih študij velja poudariti, da gre predvsem za nesistematične in nedolgotrajne oz. lokalne meritve po različnih, slabo primerljivih metodah oz. ocene med seboj neskladnih modelov. Vsekakor pa so meritve in ocene erozije pomembna referenca za primerjavo rezultatov RUSLE metode za celo Slovenijo, ki jo predstavljamo v tem prispevku.

1.4 Modeliranje vodne erozije tal - RUSLE metoda

Metoda *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) je empirični model za oceno povprečne letne stopnje vodne erozije tal (ton/enoto površine tal) za dano kombinacijo glavnih erozijskih dejavnikov (padavinski režimi, talni tipi, relief, raba/rastlinske kulture in prakse upravljanja/obdelave tal). Prvotno je bil razvit kot USLE na kmetijskih poskusnih ploskvah v Združenih državah Amerike (Wischmeier and Smith, 1978). Posodobljena verzija RUSLE je bila objavljena 1997, z namenom vključitve novih padavinskih erozijskih kart za ZDA in izboljšanja metod računanja različnih USLE faktorjev (Renard in sod., 1997) (enačba 1). V metodo RUSLE so bile dodane spremembe k erodibilnosti tal zaradi procesov zmrzovanja-tajanja in vlage tal pri metodi računanja faktorjev pokrovnosti ter obdelave tal, spremembe pri

integraciji vpliva topografije v model in posodobljene vrednosti za predstavitev praks ohranjanja tal (Renard in Freimund, 1994).

Enačba 1: Osnovna enačba za skupino RUSLE modelov.

$$E = Rf * Kf * Lf * Sf * Cf * Pf$$

kjer je:

E = Erozija - povprečna letna izguba tal z vodno erozijo na enoto površine ($t \text{ ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$)

Rf = faktor erozivnosti padavin ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ leto}^{-1}$)

Kf = faktor erodibilnosti tal ($t \text{ ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$)

Lf = faktor dolžine pobočja (brez enot)

Sf = faktor nagiba pobočja (brez enot)

Cf = faktor pokrovnosti in rabe tal (brez enot)

Pf = faktor zaščitnih ukrepov (brez enot)

R faktor označuje erozivnost tako padavin kakor tudi vodnega odtoka. V Sloveniji se je z implementacijo RUSLE metode za izračun Rf na slovenskih tleh ukvarjal Sašo Petan (2010) in izdelal preliminarno karto erozivnosti padavin. Gre za prostorski sloj povprečne letne erozivnosti padavin v rastrskem zapisu z resolucijo 100 m. Karta je izdelana na podlagi 31 točk pluviografskih merilnih mest ARSO z vsaj 10 letnim nizom podatkov med letoma 1999 in 2008 in je dopolnjena s 13 točkami padavinskih postaj ARSO z dnevnim beleženjem višine padavin. Erozivnost padavin v splošnem določajo tri količine (Petan, 2010): intenziteta dežja in njena časovna razporeditev [mm/h]; kinetična energija dežnih kapljic, oziroma njihova razporeditev, velikost in hitrost padanja; in trajanje padavinskega dogodka.

K faktor [$t \text{ ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$] obravnava občutljivost/dovzetnost tal za vodno erozijo, t.j. odnašanje površinskih talnih delcev manjših od 2 mm z vodo. Gre predvsem za fine delce in te erozije ne smemo zamenjevati z odnašanjem večjih delcev, ko so grob pesek in grušč. Kf je bil zasnovan za oceno erozije površinskih slojev predvsem kmetijskih in podobnih zemljišč. Odvisen je od večjega števila talnih lastnosti, predvsem od vsebnosti in vrste talne organske snovi, zrnivosti tal (teksture) oz., vsebnosti peska, melja, glin in strukture površinskih talnih horizontov, vsebnosti Ca in Mg in drugih bazičnih kationov. Kf merijo na standardnih poizkusnih površinah (dolžina 22,1 m, 9 % nagib) ob standardnih pogojih (neporaslo, konvencionalna obdelava tal). Meritve Kf so drage in dolgotrajne.

LS faktor zajema faktorja dolžine (Lf) in nagiba pobočja (Sf) in v (R)USLE enačbi združena predstavljata učinek topografije na stopnjo erozije (Van Remortel et al., 2004).

C Faktor je koeficient, ki kvantitativno opredeli kako različna pokrovnost tal in kmetijske prakse vplivajo na erozijo tal v primerjavi z referenčnimi pogoji. Referenčne pogoje predstavlja zemljišče z golimi tlemi, orano vzporedno s pobočjem kjer je vrednost Cf = 1 (Panagos et al, 2015b).

P faktor združuje in odraža podrobne in pomembne kmetijske prakse in obdelave tal kot so smer oranja (vzdolž/povprek na nagib pobočja, delno/celotno zatravljenost vinogradov, oljčnikov, terasiranost, in različne druge pogosto zelo specifične ukrepe za omejevanje erozije. **Metoda RUSLE** omogoča pomembne prilagoditve v smislu prostorske ločljivosti in virov podatkov. Za vsak erozijski faktor je treba izdelati sloj in nato izračunati skupno oceno erozije za vsako prostorsko enoto, največkrat rastrsko celico v prostoru; tipično 1 km x 1km, 100 x 100 m za kontinent ali manjša za oceno erozije na državni ravni ali manjšem območju.

2 MATERIALI IN METODE DELA

Na Kmetijskem inštitutu Slovenije smo izvedli prilagoditev in implementacijo RUSLE metode za ozemlje Slovenije z natančnejšimi podatki. Pri razvoju metode RUSLE za oceno erozije za Slovenijo smo razvili naslednje faktorje po RUSLE metodi: Rf: faktor erozivnosti padavin; Kf: faktor erodibilnosti tal; LSf: faktor reliefa - nagib in dolžina pobočij; Cf: faktor pokrovnosti in rabe tal in Pf: faktor kmetijske prakse oz. prakse obdelave tal;

Erozivnost padavin – R faktor

Povprečna vrednost faktorja erozivnosti padavin (Rf) v Sloveniji je $3.391 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ leto}^{-1}$. Sicer so Rf vrednosti v razponu med 1.021 in $14.369 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ leto}^{-1}$. Glede na Petkovšek in Mikoš (2004), Borelli et al. (2006), Mikoš in sod. (2006) ter Petek (2017); Petanova (2010) karta erozivnosti padavin ponuja dobre in realne ocene erozivnosti za Slovensko ozemlje. Povprečne vrednosti, ki jih je za Slovenijo izračunal Panagos (2015), so najverjetneje nekoliko podcenjene.

Erodibilnost tal – K faktor

Ker erodibilnosti tal v Sloveniji ne merimo sistematično, smo izračunali Kf za talne tipe pedološke karte Slovenije 1:25.000 (PK25) iz merjenih podatkov pripadajočih reprezentativnih talnih profilov na podlagi povprečne vsebnosti organske snovi, teksturnega faktorja, ki upošteva delež gline, melja in finega peska, do globine 20 cm tal ter strukturnega razreda tal in razreda prepustnosti tal. Povprečno vrednost erodibilnosti tal (Kf) za Slovenijo ocenjujemo na $0,026 \text{ t ha h MJ}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ z razponom med 0,001 in $0,048 \text{ t ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Kf smo prostorsko opredelil v okviru meja talnih kartografskih enot PK25. Podoben razpon vrednosti opazamo tudi pri Panagos et al. (2014) in Van der Knijff (2000) za Evropo.

Pokrovnost in raba tal – C faktor

Izdelali smo rastrski sloj, ki ima razpon vrednosti Cf med 0 in 0,39 (brez enot) s povprečjem Cf 0,039 za celotno območje Slovenije. S presekom na rabo tal (MKGP, 31.7.2020) navajamo, da ima Cf najvišjo povprečno vrednost na suhih odprtih zemljiščih s posebnim rastlinskim pokrovom (povprečje 0,262) najnižjo pa v gozdu (povprečje 0,001). Vrednost Cf višjo od 0,18 imajo še njive, trajne rastline na njivskih površinah, hmeljišča, vinogradi, matičnjaki in oljčniki. V drugo velikostno skupino bi lahko uvrstili intenzivni sadovnjak (0,123) in neobdelano kmetijsko zemljišče (0,102). Nato sledijo preostale rabe, ki imajo Cf 0,054 in nižji. 12 vrst rabe tal ima Cf višji od slovenskega povprečja, 10 pa nižji. Razlog, da je slovensko povprečje Cf nizko (0,039) je v dejstvu, da 1.200.000 ha (59 %) porašča gozd, kjer so vrednosti Cf najnižje (0,001). Po drugi strani pa zemljišč z visokim Cf ni veliko. Njive zavzemajo samo 181.000 ha Slovenije (8,9 %) (Slika 10). Model LANDUM navaja povprečni Cf za Slovenijo 0,057 (Panagos in sod., 2015b). Še višjega (povprečje Cf = 0,16) je za območje KO Neblo v Goriških brdih ocenil Meden (2018). Cf je v luči aktivnosti za zmanjševanje erozije najpomembnejši dejavnik, saj ga je možno uravnavati preko ukrepov kmetijske politike in dobrih praks, ki zmanjšujejo nevarnost in razsežnost pojava erozije (*JRC, ESDAC, Cover Management factor*).

Dejavniki reliefa - LS faktor

Izdelali smo dva rastrska sloja ter preliminarne karte topografskega faktorja LSf (brez enot). Prva je zajela celotno območje Slovenije, druga pa le relevantne nagibe oz. nagibe manjše od 50 %. Izračunane vrednosti LS faktorja za Slovenijo na nagibih manjših od 50 % so med 0,03 do 185,08 s povprečno vrednostjo 1,95. Izračunana srednja vrednost LS faktorja je primerljiva z vrednostmi, ki smo jih zasledili v obstoječih študijah in raziskavah, ki obravnavajo topografski faktor LS. Naša ocenjena srednja vrednost LS faktorja za Slovenijo je malo manjša kot srednja vrednost, ki so jo po enaki metodologiji izračunali Panagos in sod. (2015c). Neenak rezultat je lahko posledica razlik v uporabljenem Digitalnem modelu višin, izbiri različnih

modulov v programu SAGA (KIS: LS Factor (One Step), Panagos in sod. (2015c): *LS-factor field base*) ali razlik pri izbiri orodja (KIS: ArcGIS) in procesu izločitve območij z nagibom nad 50 % (26,6°).

Kmetijske prakse in obdelava tal – P faktor

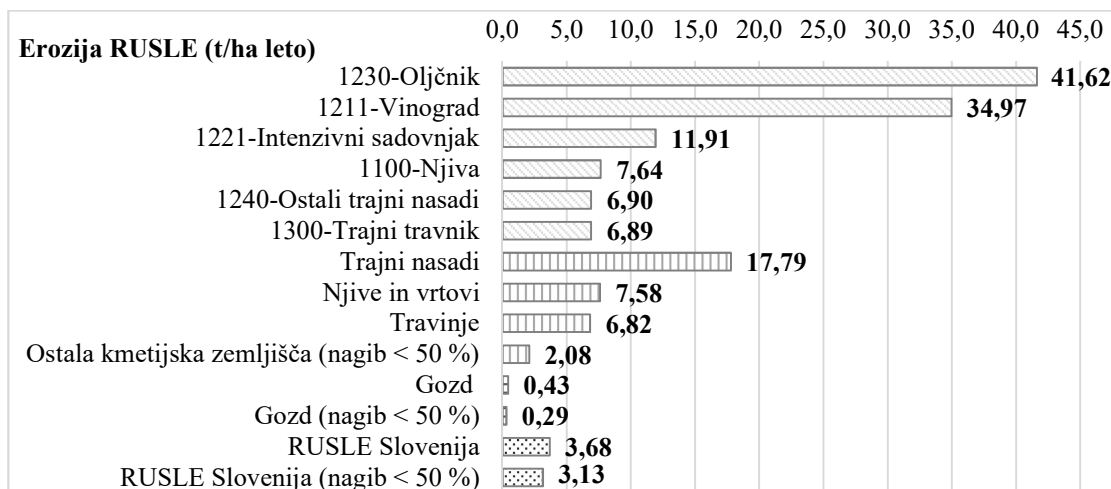
Ker pomembni podatki o terasah, mejicah, smeri oranja ipd. na nivoju Slovenije niso dostopni, smo v pri izdelavi modela RUSLE-SI kot P faktor (brez enot) privzeli vrednost '1'. Kmetijske prakse, ki zmanjšujejo oz. varujejo tla pred erozijo in so vezani na pokrovnost tal so delno upoštevani pri Cf.

3 REZULTATI

RUSLE metodo smo izvedli na celotnem ozemlju Slovenije, naknadno pa smo izločili 345.624 ha obsežna območja z nagibom > 50 % in ponovno interpretirali rezultate. Povprečna stopnja erozije tal v Sloveniji znaša 3,68 t/ha leto z razponom med 0 in 3.519 t ha⁻¹ leto⁻¹. Ob neupoštevanju območji z nagibom > 50 % je ta za 14 % nižja in znaša 3,13 t ha⁻¹ leto⁻¹.

Ocena stopnje erozije tal po metodi RUSLE za posamezne vrste rabe tal

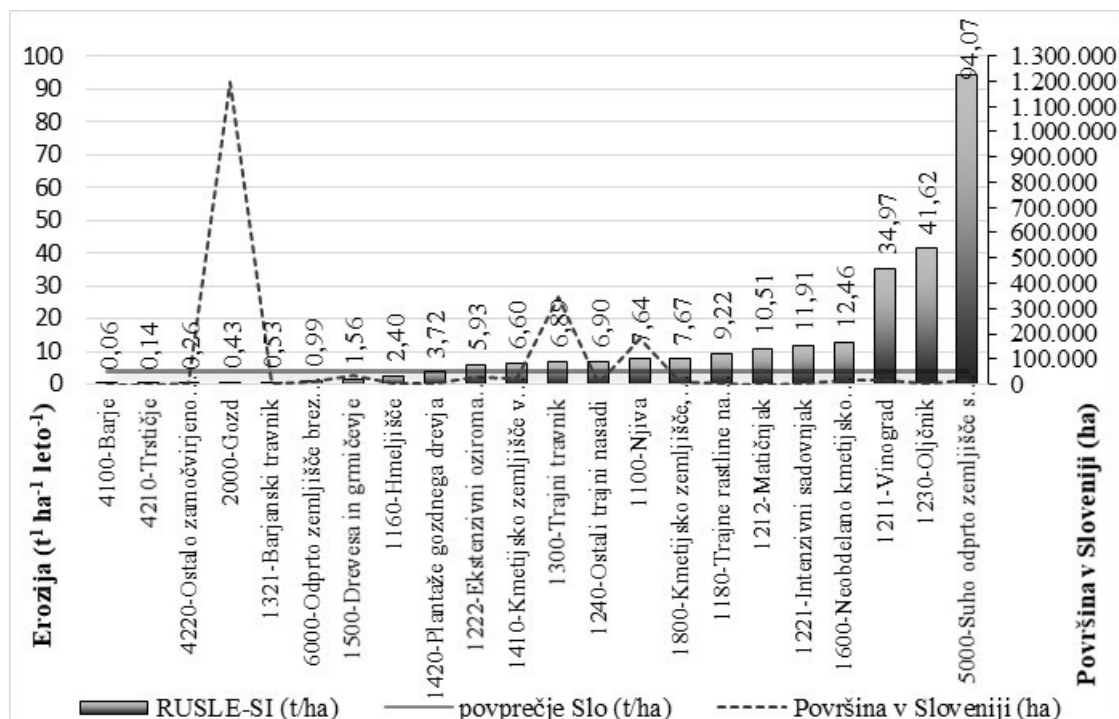
Najvišjo povprečno erozijo ocenjujemo v trajnih nasadih (17,79 t ha⁻¹ leto⁻¹, kamor sodijo oljčniki, vinogradi in intenzivni sadovnjaki. Presenetljivo izdatno ocenjuje model erozijo na travinju (6,82 t ha⁻¹ leto⁻¹). Sledijo njive in vrtovi oz. t.i. obdelovalna zemljišča s povprečno vrednostjo 7,58 t ha⁻¹ leto⁻¹. Zelo nizko stopnjo erozije imajo gozdovi (0,43 t ha⁻¹ leto⁻¹) (Slika 4). Če upoštevamo le območja z nagibom < 50 % se erozija najbolj (za 81 %) zmanjša na ostalih nekmetijskih zemljiščih (iz 10,94 na 2,08 t ha⁻¹ leto⁻¹) ter v gozdovih za 32,6 % (iz 0,43 na 0,29 t ha⁻¹ leto⁻¹). Na kmetijskih zemljiščih se erozija ne zmanjša bistveno. Na travniških površinah se erozija zmanjša iz 6,82 na 6,13 t ha⁻¹ leto⁻¹ oz. za 10 %, v trajnih nasadih iz 17,79 na 17,36 t ha⁻¹ leto⁻¹ (za 2 %), na obdelovalnih zemljiščih pa sprememb ni.



Slika 4: Povprečna erozija tal, izračunana z modelom RUSLE za Slovenijo po različnih območjih in z izločenimi površinami Slovenije, kjer je nagib < 50 %

Med kmetijskimi zemljišči so eroziji najbolj izpostavljeni oljčniki, vinogradi in intenzivni sadovnjaki. Takšna območja so zgoščena zlasti na Goriškem, v Slovenskih Goricah, Halozah, na obronkih Pohorja in Kozjaka, Vitanjskih Karavank in Ložniškega gričevja, praktično celotno Predalpsko hribovje zahodnega dela Slovenije, Posočje, Goriška Brda in obronki Vipavske

doline, Slovenska Istra, pobočja Posavskega hribovja in nekaterih delov nizkega dolenskega krasi.



Slika 5: Povprečna erozija tal z modelom RUSLE po kategorijah baze RABA (MKGP) za Slovenijo

Bistven rezultat naloge je baza/karta ocene erozije tal v Sloveniji po RUSLE metodi. V črno-beli tehniki tiska publikacije žal ni dovolj ločljiva za objavo v tem prispevku.

4 RAZPRAVA IN SKLEPI

Intenzivnost erozije je poleg padavin (Rf), tal (Kf) in reliefa (LSf) v veliki meri odvisna od rabe tal (Cf) in ukrepov upravljanja z zemljiščem (Pf). Najbolj občutljive vrste kmetijske rabe tal so vinogradi, njive in sadovnjaki. Manj občutljivi rabi pa sta travinje in travniški sadovnjaki. Velike razlike nastopajo tudi v okviru istih vrst rabe zaradi načina obdelave ali različne pokritosti tal.

Visoka erozivnost padavin močno prispeva k večjim stopnjam erozije na Z in SZ Slovenije. Kombinacija kmetijskih rab z obdelanimi tlemi, položnejših in strmih pobočij ter erodibilnost nekaterih talnih tipov, se kaže v ocenah visoke stopnje erozije v Goriških brdih ter lokacijah manjšega obsega v Posočju. Zaradi izrazito erodibilnih evtričnih rjavih in karbonatnih tal je visoko ocenjena stopnja erozije tudi v Vipavski dolini in Slovenski Istri. Za kulturno krajino Brd, Vipavske doline in Slovenske Istre so značilne s kamnitimi zidovi podprte terase. Te so nazoren dokaz, da so protierozijske ukrepe uvajali že pred stoletji, mestoma tudi tisočletji. V času študije prostorski podatek terasiranosti ni bil na voljo in ni bil upoštevan v modelu. Posledično je erozija na območjih terasiranih vinogradov, sadovnjakov in olčnikov v modelu precenjena. Za SV Slovenijo so značilna podobno močno erodibilna rjava tla, ki so nastala na

sedimentih fine teksture. V vrhnjih horizontih vsebujejo veliko melja ter pogosto manj talne organske snovi. Kljub manj izdatnim padavinam so z visoko stopno erozije ocenjeni predvsem vinogradi in njive v Slovenskih Goricah, Kozjanskem in Goričkem. Na ravninah (Dravsko Ptujsko polje, Prekmurje) so močno erodibilna distrična rjava tla, v širokih rečnih dolinah Pesnice in Ščavnice pa srednje erodibilna tla (gleji). Zaradi ravnin tu RUSLE metoda ne izkazuje višjih stopenj erozije, ki je sicer izdatna na okoliških gričih.

Na Dolenjskem, Notranjskem, Krasu ter deloma v Beli Krajini prevladujejo rjava pokarbonatna tla na trdih apnenci in dolomitih. Večja vsebnost glin in prisotnost Ca sta pomembna razloga za dobro obstojno poliedrično strukturo. Ta omogoča tudi primerno propustnost za vodo, kar je razlog za manjšo erodibilnost teh tal. Dokaz so obstojne terase, ki niso podprte z zidovi. Tudi te so element kulturne krajine, ki pa je nastal predvsem zaradi ustvarjanja njivskih površin v gričevnati/hriboviti krajini in manj kot protierozijski ukrep.

Stopnjo erozije tal na rendzinah (najpogostejši talni tip Slovenije) RUSLE metoda verjetno ocenjuje previsoko. Za ta tla je značilna višja vsebnost talne organske snovi in obstojna grudičasta in redkeje mrvičasta struktura ter pogosto debelejši humozni ali celo organski A horizonti (npr. prhninaste rendzine). Rendzine se pojavljajo predvsem na trdih karbonatnih kamninah, ki prevladujejo v Sloveniji, najpogostejše na pobočjih in višjih legah.

5 VIRI

- FAO, 2019. Soil erosion: the greatest challenge for sustainable soil management. Rome. 100 pp.
- JRC, ESDAC, Cover Management Factor (online) URL: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/themes/cover-management-factor>. Citirano 4.3.2020.
- Meden J., 2018. Modeliranje erozije prsti z modelom RUSLE v katastrski občini Neblo. Magistrsko delo. Ljubljana, UL FF, Oddelek za Geografijo.
- Mikoš, M. in Zupanc, V., 2000. Erozija tal na kmetijskih površinah. *Sodobno kmetijstvo*, 33-10(2000), 419–423.
- Panagos, P. in sod., 2015b. Estimating the soil erosion cover-management factor at European scale. *Land Use Policy*, 48 C (2015), str 38 - 50. (online)
- Panagos, P. in sod., 2015a. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy* 54, 438–447.
- Renard K.G., 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Washington, D.C., USDA, Agr. Research Service.
- Renard, K. and Freimund, J. R., 1994. Using monthly precipitation data to estimate R-factor in the revised USLE, *J. Hydrol.*, 157, 287–306.
- Van Remortel R.D. in sod., 2001. Estimating the LS Factor for RUSLE through iterative slope length processing of digital elevation data within ArcInfo Grid. *Cartography*.
- Vršič, S., in sod., 2000. Einfluß der Bodenpflege auf Erosion und Nährstoffbilanz. V: *Bergrünung im Weinbau: XIII. Kolloquium des Internationalen Arbeitskreises*. Maribor, Fakulteta za kmetijstvo, 2000, 112–115.
- Wischmeier W.H., Smith D.D., 1965. Predicting Rainfall – Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Moun-tains: Guide for Selection of Practices for Soil and Water Conservation. Washington, D.C., USDA, Agricultural Research Service.
- Zorn M., Komac B., 2009. Response of soil erosion to land use change with particular re-fERENCE to the last 200 years (Julian Alps, Western Slovenia). *Revista de geomorfologie*, 11: 39-47.
- Zorn M., Mikoš, M., 2009. Erozija tal v slovenski Istri = Soil erosion in Slovene Istria. *Geologija* 52/2, 221-232.
- Zupanc, V., in sod., 2000. Simulacija erozije tal s poskusnega polja v Latkovi vasi s pomočjo modela GLEAMS 2.1. V: *Novi izzivi v poljedelstvu 2000 – zbornik simpozija* (ur.: Tanjšek, A./ Šantavec, I.). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo, 107–111.

Oblikovanje »zelen« strukture instrumentov prihodnje skupne kmetijske politike

Andrej UDOVČ¹⁶ in Janja RUDOLF¹⁷

Izvleček

Evropska komisija je v sporočilu z naslovom »Prihodnost preskrbe s hrano in kmetijstvo«, kot ključne prioritete skupne kmetijske politike (SKP) po letu 2020 identificirala večjo ambicioznost na področju izvajanja okoljskih in podnebnih ukrepov, bolj ciljno usmeritev podpor ter usklajenost političnih odločitev z verigo znanja raziskave-inovacije-svetovanje. Večjo ciljno usmeritev namerava doseči z uvajanjem elementov pogojenosti, shem za okolje in podnebje ter bolj ciljno naravnane kmetijsko-okoljsko-podnebnne ukrepe (KOPOP). Za Slovenijo ocenjujemo, da je potrebna nadgradnja sedanje zasnove, ki temelji izključno na prostovoljnem pristopu, s postopnim uvajanjem rezultatskih in mešanih shem, premikom nekaterih ukrepov iz KOPOP v Eko-scheme in posodobitvijo sistema prenosa znanja.

Ključne besede: skupna kmetijska politika, okoljski in podnebni ukrepi, Slovenija

Creating a "green" structure for the instruments of the future the common agricultural policy

Abstract

The European Commission in its Communication entitled "The future of food supply and agriculture" identifies greater ambition in the implementation of environmental and climate action, a more targeted support and a greater policy focus on the knowledge-innovation-counselling chain as key priorities for the common agricultural policy (CAP) after 2020. It intends to achieve a higher target orientation by introducing elements of conditionality, environmental and climate schemes and more targeted agro-environment-climate measures (AECm). For Slovenia, we believe that it is necessary to upgrade the current concept of an exclusively voluntary approach with the gradual introduction of result and mixed schemes, the transfer of some measures from AECm to Eco-schemes and the modernization of the knowledge transfer system.

Key words: common agricultural policy, environmental and climate measures, Slovenia

1 UVOD

Evropska komisija je novembra 2017 objavila sporočilo z naslovom »Prihodnost preskrbe s hrano in kmetijstvo«, v katerem je kot ključne prioritete SKP po letu 2020 identificirala večjo ambicioznost na področju izvajanja okoljskih in podnebnih ukrepov, bolj ciljno usmeritev podpor ter usklajenost političnih odločitev na verigo znanja raziskave-inovacije-svetovanje. Predlagala je tudi nov model izvajanja SKP, s katerim se težišče preusmerja iz politike doseganja skladnosti v rezultatsko naravnano politiko ter krepí subsidiarnost z dodatnim prenosom odgovornosti iz EU ravni na raven držav članic. Maja 2018 objavljeni zakonodajni predlogi za SKP v novi finančni perspektivi 2021–2027 (Evropska komisija, 2018) sledijo ugotovitvam sporočila. Krepítev skrbi za okolje in podnebne ukrepe ter prispevanje k doseganju ciljev Unije, povezanih z okoljem in podnebjem, je izpostavljeno kot eden od treh splošnih ciljev bodoče SKP, ki se bo zasledoval v obliki naslednjih specifičnih ciljev:

- prispevanje k blažitvi podnebnih sprememb in prilagajanju nanje ter k trajnostni energiji,
- spodbujanje trajnostnega razvoja in učinkovitega upravljanja naravnih virov kot so voda, tla in zrak ter

¹⁶ Red. prof. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: andrej.udovc@bf.uni-lj.si

¹⁷ Mag. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: janja.rudolf@bf.uni-lj.si

- prispevanje k varstvu biotske raznovrstnosti, krepitev ekosistemskih storitev ter ohranjanje habitatov in krajine.

2 OBLIKOVANJE PREDLOGOV

Za podporo izvajanju okoljskih in podnebnih ukrepov v kmetijskem in gozdarskem sektorju vključuje t. i. zelena arhitektura SKP tri sklope ukrepov, ki jih morajo upravljati pristojni organi (EU Komisija, 2018). Ti so:

1. **Pogojni elementi**, ki določajo osnovne zahteve in standarde, ki jih morajo izpolnjevati kmetje in upravljavci zemljišč, da bi prejeli plačila na površino in GVŽ na podlagi I. in II. stebra.
2. **Nove sheme za okolje in podnebje (Eko-sheme)**, ki deluje na prostovoljni vključitvi kmetov in, katerih cilj je spodbuditi trajnostno upravljanje kmetij ter kmetijskih zemljišč, s pomočjo neposrednih plačil iz I. stebra.
3. **Kmetijsko-okoljsko podnebni ukrepi (KOPOP)**, katerih cilj je reševanje ključnih okoljskih in podnebnih izzivov s pomočjo programov razvoja podeželja (II. steber). Delujejo na prostovoljni vključitvi kmetov in upravljalcev zemljišč. Tu so vključena tudi plačila za nadomestilo posebnih omejenih zmožnosti na območjih, ki so posledica izvajanja zahtev Natura 2000 in/ali okvirne direktive o vodah.

Pogojni elementi obsegajo predpisane zahteve o upravljanju podnebja in okolja; javno zdravje, zdravje živali in zdravje rastlin; dobro počutje živali. Ti vključujejo nekatere elemente Okvirne direktive o vodah in Direktive o trajnostni rabi pesticidov, ki niso bili upoštevane že v navzkrižni skladnosti v obdobju 2014–2020 in že sedaj bolj ali manj uveljavljene dobre kmetijsko-okoljske prakse (DKOP):

1. vzdrževanje trajnega travinja na podlagi razmerja trajnega travinja in kmetijske površine;
2. ustrezna zaščita mokrišč in šotišč;
3. prepoved požigov njivskih strnišč razen zaradi zdravstvenega varstva rastlin;
4. vzpostavitev zaščitnih pasov vzdolž vodnih tokov;
5. trajnostno upravljanje s hranili;
6. obdelovanje tal na način, ki zmanjšuje erozijo tal, vključno z upoštevanjem naklona;
7. pokrivnost tal v najbolj občutljivih obdobjih;
8. kolobarjenje;
9. Ohranjanje elementov v krajini:
 - a) minimalni delež kmetijskih zemljišč, namenjenih neproduktivnim značilnostim ali območjem,
 - b) ohranjanje krajinskih značilnosti,
 - c) prepoved rezanja živih mej in dreves med sezono paritve in gnezdenja ptic,
 - d) dodatna možnost, ukrepi za izogibanje invazivnih rastlinskih vrst;
10. prepoved preoravanja trajnega travinja na območjih Natura 2000.

Dejanski ukrepi v okviru SKP, ki so bili sestavljeni iz neposrednih zelenih plačil, uvedenih v okviru SKP 2014–2020, se ne nadomeščajo, ampak zdaj sodijo pod nove pogoje elemente politike.

Za razliko od sedanje SKP mali kmetje niso izvzeti iz izpolnjevanja pogojev. Vsi standardi DKOP so obvezni za vse države članice, vendar lahko le-te opredelijo natančna pravila za standarde, ki bodo upoštevali »posebne značilnosti ciljnih območij, vključno s tlemi in podnebnimi razmerami, obstoječimi kmetijskimi sistemi, rabo zemljišč, kolobarjenjem,

kmetijsko prakso in kmetijsko strukturo.« Pogoji veljajo za vsa plačila, vezana na kmetijska zemljišča.

Zakonodajni predlog daje državam članicam veliko prilagodljivost pri oblikovanju zelene arhitekture v okviru nacionalnih strateških načrtov SKP. Kot navajajo Latacz-Lohmann in sod. (2019) daje prilagodljivost državam članicam možnost, da oblikujejo zelo različne modele politik:

- a) Močan II. steber z močnim okoljskim in podnebnim poudarkom: kmetijsko-okoljska-podnebna politika je organizirana primarno v ciljno usmerjene ukrepe II. stebra.
- b) Močan II. steber s šibkim okoljskim in podnebnim poudarkom: 15% zgornje meje I. stebra se prenese v II. Steber in se uporabi za druge cilje razen okoljske in podnebne politike (npr. kmetijska struktura ali cilji regionalne politike). KOPOP v II. stebru izpolnjuje le določen minimalni proračunski delež.
- c) Močni pogoji: pogoji, vključno z nacionalnim regulativnim pravom, se zaostrijo in kmetijska gospodarstva dobijo kompenzacijo z neposrednimi plačili.
- d) Močne Eko-sheme: uresničevanje kmetijsko-okoljskih in podnebnih ciljev pretežno temelji na močnih in dobro financiranih Eko-shemah v okviru I. stebra, medtem ko je obseg KOPOP omejen na minimum, ki ga je sprejela Evropska komisija.
- e) Močni usmerjeni dohodki v I. steber: manj ambiciozna kmetijsko-okoljska in podnebna politika.

Za Slovenijo bi veljalo razmisliti o kombinaciji modelov a in d z močnim II. stebrom z okoljskim in podnebnim poudarkom in močnimi ter dobro financiranimi Eko-shemami. V okviru slednjih se izvaja predvsem preprostejše in uveljavljene ukrepe, ki so tehnološke narave in sedaj predstavljajo večino KOPOP sredstev. S tem bi se sprostil večji delež sredstev v okviru KOPOP, namenjen predvsem za kompleksnejše ukrepe (tudi npr. rezultatske in mešane sheme), kjer je to smiselno.

Ob skupnem načrtovanju I. in II. stebra v okviru nacionalnih strateških načrtov se postavlja vprašanje, kako razlikovati med Eko-shemami in KOPOP. Pri tem je treba upoštevati načelo, da se prepreči prekrivanje vsebine posameznih ukrepov, ki se programirajo v obeh intervencijskih kategorijah.

Merila za uvrstitev ukrepov v Eko-shemo bi lahko temeljila na naslednjih kriterijih:

- kratkotrajni učinki na varovanje okolja in podnebja že ob enoletnem izvajanju, bolj ali manj neodvisno od posebnih in naravnih lokalnih razmer in se ga lahko izvaja po vsej državi (npr. površine obdelovalnih zemljišč v ekonomski prahi z namenom ustvarjanja ekoloških območij, diverzifikacija kmetijskih rastlin);
- alternativno prejšnji točki, ukrepi, ki trajajo več let in je zato kratkoročni vstop in izstop malo verjeten (npr. ekološko kmetovanje, podpora za ekstenzivno travinje v povezavi s obtežbo na kmetiji);
- izvajanje je možno za večino kmetov, verjetnost napak je majhna, ukrepi so enostavni za preverjanje s strani nadzornih organov;
- določiti datume inšpekcijskih pregledov za upravičenost prejemanja podpor v časovnem okviru dejanske rasti od začetka junija do začetka oktobra;
- razmeroma varno pričakovanje določenega obsega izvedbe, da se izogne večjim neskladjem med vrednostmi izhodiščnih ciljev v strateškem načrtu SKP in dejanskim vrednostim doseganja ciljev v letnih pregledih uspešnosti.

Pri ukrepih Eko-shem je bistveno, da je enoletno obdobje vezano na finančno izvajanje ukrepa in ne na dejansko trajanje predvidenih učinkov, ki bi morale biti večletne. Je pa dejstvo, da enoletna narava ukrepov I. stebra zahteva, da kmet vsako leto ponovno izbere določen ukrep in je zato pomembno, da so oblikovani ukrepi v svoji zasnovi večletni (večpoljni kolobar,

zasejavanje pasov večletnih cvetočih rastlin, ...). To seveda predstavlja oviro za načrtovanje izboljšanja stanja okolja na podlagi uvajanja Eko-shem, ker se kmet lahko kadarkoli odloči, da bo s takim ukrepom prenehal. Zato je za zasledovanje dolgoročnih okoljskih ciljev še vedno potrebno promovirati izvajanje KOPOP ukrepov, ki bi lahko v ustreznih kombinacijah z Eko-shemami postala za kmete še bolj zanimivi.

Ukrepe je treba programirati kot KOPOP (in ne kot Eko-shemo), če:

- je treba ukrep zaradi zagotavljanja zadostnega učinka izvajati več let na istem zemljišču;
- je uspešnost ukrepa odvisna od vključitve v lokalni kontekst;
- je želja, da bi bil ukrep odprt tudi za izvajalce, ki v smislu EU regulativ niso „pravi kmetje“ tj. nimajo aktivne kmetijske pridelave, vendar s svojimi aktivnostmi vzdržujejo kulturno krajino, in ga je treba izvajati tudi zunaj upravičenega območja (npr. podpora obsežne paše za ohranjanje krajine);
- učinkovit pregled ni izvedljiv ali primeren, kadar ukrep traja le eno leto (npr. kmetovanje na vodovarstvenih območjih);
- naj bi pozna registracija ukrepov (15. maja v letu izvajanja) z ekološkimi shemami povzročila majhen pozitiven vpliv na okolje ali otežila pregled (npr. neizvajanje spomladanskega valjanja in ravnanja travnikov).

Poleg ukrepov, ki izpolnjujejo vsaj enega od teh meril, bi bilo treba v okviru II. stebra načrtovati tudi vse ukrepe, ki jih ni mogoče učinkovito vezati na določeno prostorsko območje. To vključuje podporo naložbenim ukrepom, povezanim z okoljskimi in podnebnimi dejavnostmi, podporo ukrepom za izmenjavo znanja in informacij ter ukrepe v zvezi z živalmi (dobro počutje živali, zmanjšanje emisij). Poleg tega je treba v okviru II. stebra podpirati okoljske raziskave in sodelovanje med kmeti pri zagotavljanju okoljskih koristi.

V celotnem kontekstu oblikovanja nove kmetijske politike do okolja in narave predstavlja opredelitev nove Eko-sheme največji inovacijski potencial, ki lahko prinese več za okolje in ima tudi dohodkovne elemente, saj pri njih ni treba sloneti na načelu »izgube dohodka«, na katerih temelji sedanje in bo verjetno tudi v precejšnji meri temeljilo bodoče opredeljevanje kmetijsko-okoljskih in podnebnih ukrepov. Z Eko-shemo bi kazalo stimulirati tehnologije trajnostne pridelave na podlagi pripravljenosti kmetov za tovrstne ukrepe, ki bi imeli prostorsko širši domet in bi dejansko prispevali k okoljskim ciljem.

3 RAZPRAVA IN SKLEPI

Iz predlogov dosedanje razprave v okviru priprave Strateškega načrta (Šumrada in sod., 2020), lahko povzamemo, da je potrebno v naslednjem programskem obdobju pri oblikovanju ukrepov, ki naslavlajo naravo in okolje, sedanjo zasnovo izključno prostovoljnega pristopa nadgraditi. Izvajanje ukrepov se mora namreč vsaj na nekaterih območjih izvajati na več prostorskih enotah, za katere lahko pričakujemo, da bodo omogočile doseganje zastavljenih ciljev.

3.1 Sprememba zasnove kmetijsko-okoljskih ukrepov

Na podlagi ugotovljenih prednosti kmetijskih gospodarstev bi bilo na nekaterih območjih v Sloveniji verjetno smiselno pričeti s postopnim uvajanjem rezultatskih in mešanih shem za ohranjanja narave in ekstenzivne rabe travišč.

Načela rezultatsko usmerjene politike je smiselno dosledno vključiti tudi v proces načrtovanja kmetijsko-okoljskih ukrepov s predpisanimi praksami, saj se tako lahko izboljša kakovost

opredelitve ciljev in kazalnikov, vsebine predpisanih zahtev in rajonizacija upravičenih območij.

Za skupino neprofesionalnih in majhnih kmetij ter pri kmetih, ki močno zavračajo vstop v dodatne pogodbene obveznosti, bi bilo po drugi strani smiselno nadgraditi Shemo za male kmete z večjim poudarkom na okoljskih vsebinah ter okrepiti prenos znanja.

3.2 Posodobitev sistema prenosa znanja

Na podlagi rezultatov raziskave (Šumrada in sod., 2020) bi bilo v Sloveniji smiselno celovito prenoviti sistem obveznih usposabljanj v okviru ukrepa KOPOP in primerljivih instrumentov. Predlagamo uvedbo nabora različnih metod (individualno svetovanje na kmetiji, ogled dobrih praks, panožni krožki in predavanja), med katerimi si kmetje samostojno izberejo 4 ure usposabljanj letno. Prenova je še posebej pomembna pri rezultatskih in mešanih shemah.

3.3 Okrepitev delovanja podpornih institucij na lokalni ravni

Vzpostavitev uspešnega podpornega sistema na lokalnem nivoju je ključnega pomena za spodbujanje izvajanja kmetijsko-okoljskih ukrepov, pospeši pa lahko tudi spreminjanje socialnih norm in razumevanja smiselnosti izvajanja ukrepov pri kmetih.

Z ustreznimi ukrepi bi bilo zato smiselno usmeriti in spodbuditi delovanje organizacij, kot so svetovalna služba, uprave zavarovanih območij, naravovarstvene organizacije, LAS in organizacije kmetov, ki imajo interes za uresničitev kmetijsko-okoljskih ciljev in kapacitete za sodelovanje pri upravljanju ukrepa.

V ta namen je možno uporabiti nekatere obstoječe instrumente kmetijske politike (npr. ukrep Sodelovanje in ukrep LEADER), možni pa so tudi nekateri novi pristopi, kot je uvedba skupinskega bonusa ali nagrad in podobnih dogodkov, s katerimi se javno izpostavi primere dobrih praks.

3.4 Krepitev vloge biodiverzitete in okolja v kmetijstvu

Ključen izziv prihodnje kmetijsko-okoljske politike v Sloveniji predstavlja zbliževanje in spreminjanje socialnih norm, vrednot in prioritet na področju vloge biodiverzitete in okolja v pridelavi hrane in ohranjanju krajine.

3.5 Simbioza zahtevnih in manj zahtevnih kmetijsko-okoljskih shem

Seveda pa v slovenskem kmetijskem prostoru poleg zahtevnejših ciljno usmerjenih kmetijskih-okoljskih shem še vedno potrebujemo tudi manj zahtevne kmetijsko-okoljske sheme (tj. horizontalne sheme). Tudi te lahko s plačili uspešno naslavljaajo in spodbujajo kmete k izboljšanju svojega odnosa do okolja in k zagotavljanju neoskrbovalnih (regulatornih, kulturnih in podpornih) ekosistemskih storitev. Tako mora nov sistem ukrepov za varovanje okolja in ohranjanje narave oblikovati kompromis med izvajanjem manj zahtevnih kmetijsko-okoljskih shem in bolj ciljno usmerjenimi kmetijsko-okoljskimi shemami. To se pravi med kmetijsko-okoljskimi shemami, ki z nižjimi plačili naslavljaajo več upravičencev, in kmetijsko-okoljskimi shemami z višjimi plačili, dodeljenimi glede na rezultate varovanja okolja, ki so običajno manj razširjene.

3.5.1 Priprava strateškega načrta na področju »zelene« infrastrukture

Potrebno bo:

- določiti programske ukrepe, ki so v okviru Eko-shem v nacionalnem interes, in v katerih so opredeljeni ustrezni cilji (na primer v nacionalni strategiji za biotsko raznovrstnost);
- načrtovati in plačevati ukrepe različno glede na lokacijo (npr. z različnimi zneski premij), da se poveča njihova natančnost pri doseganju zastavljenih ciljev;
- opredeliti, ali se lahko na nekaterih območjih kmetijskega gospodarstva izvajajo samo ukrepi Eko-sheme, na drugih območjih samo ukrepi KOPOP in tretjih območjih kombinacija ukrepov iz Eko-shem in KOPOP;
- zagotoviti vsaj 30 % sredstev v I. in II. stebru za financiranje okoljskih in podnebnih ukrepov v okviru SKP od prvega leta novega obdobja financiranja. Ni zelo pomembno, ali so ta sredstva na voljo za financiranje ambicioznih Eko-shem ali KOPOP s prenosom v II. Steber;
- določiti zgornje meje za obseg posameznih ukrepov na kmetiji, da se prepreči prekomerno izvajanje posameznega ukrepa iz Eko-shem. V kolikor pride do prekomernega izvajanja ukrepa, je potrebno Eko-shemam dati prednost pri financiranju pred drugimi neposrednimi plačili;
- odpreti Eko-sheme za ukrepe za zaščito živali in razvoj financiranja dobrobiti živali;
- povečati poudarek na kmetijsko-okoljskih in podnebnih ukrepih z inovativnimi mehanizmi spodbud;

3.5.2 Povečanje učinkovitosti KOPOP

Učinkovitost prostovoljnega KOPOP je mogoče povečati z uporabo inovativnih spodbud za usmerjanje kmetijsko-okoljskih in podnebnih dejavnosti v smeri večjih zaokroženih območij, ali na mestih, ki jih je še posebej vredno varovati. Zato bo potrebno:

- vedno bolj uporabljati spodbujevalne instrumente za boljše prostorsko usmerjanje kmetijsko-okoljskih in podnebnih dejavnosti v praksi. Ustrezni usmerjevalni instrumenti so aglomeracijski bonus, bonus za favorizirano lokacijo, skupni bonus in posebni bonus zaščitnega območja.
- (naprej) razvijati programe, ki zagotavljajo nagrajevanje okoljske in podnebne učinkovitosti na podlagi rezultatov, t. j. plačilo neposredno povezujejo z doseženimi okoljskimi rezultati.
- ne preprečiti prehoda k bolj usmerjeni kmetijsko-okoljski in podnebni politiki z uporabo argumentov višjih upravnih stroškov in
- izboljšati institucionalne pogoje za kolektivno organizirano kmetijsko-okoljsko podnebno varstvo.

V primerjavi z individualnimi sporazumi lahko varstvo okoljskih dobrin z združevanjem več kmetij in s prostorskim usklajevanjem privede do jasnih aglomeracij in sinergijskih učinkov, povezanih z zastavljenimi okoljskimi cilji in hkrati poenostavi njihovo upravljanje. Enako bi lahko veljalo za ohranjanje vode in zaščito mokrišč. Glede na to bi morali:

- natančno spremljati razvoj uspešno izvedenih modelov kolektivnih naravovarstvenih sporazumov v drugih državah EU.
- izboljšati institucionalne pogoje za izvajanje kolektivnih modelov varstva okolja in podnebja na primer s podporo akterjem v nevladnih organizacijah (npr. združenja za vodo in tla, podeželska združenja, združenja za ohranjanje krajine, lokalne akcijske skupine ali prostovoljci), ki lahko zaradi lokalnega znanja in povezovanja prevzamejo osrednjo vlogo

pri načrtovanju, povezovanju, organizaciji, komunikaciji, upravljanju in inšpekcijskih pregledih.

- podpirati združitev lokalnih akterjev in kmetov v „skupnosti, ki ustvarja biotsko raznovrstnost“, na primer v pilotnih projektih. Te je potrebno hitro začeti, da bi se lahko pridobile izkušnje v novem obdobju financiranja;
- ponovno opredeliti upravičence do subvencije in upravičenih zemljišč. Zmanjšanje kroga upravičencev v I. stebri na „prave kmete“ iz več razlogov ni smiselno. Domnevamo lahko, da lahko podrobna pravila v zvezi z opredelitvijo upravičenih površin negativno vplivajo na podnebje ter na varstvo vrst in biotopov. Ob tem vidimo potrebo po spremembi na ravni EU zlasti v povezavi z novimi opredelitvenimi merili za „kmetijske dejavnosti“ in „trajno travinje“.

Zahvala. Raziskavo je omogočilo sofinanciranje Agencije republike Slovenije za raziskovalno dejavnost in Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano v okviru financiranja CRP projekta: Analitične podpore za večjo učinkovitost in ciljnost kmetijske politike do okolja in narave Slovenije

4 LITERATURA

- Evropska komisija. 2018. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing rules on support for strategic plans to be drawn up by Member States under the Common agricultural policy (CAP Strategic Plans) and financed by the European Agricultural Guarantee Fund (EAGF) and by the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD) and repealing Regulation (EU) No 1305/2013 of the European Parliament and of the Council and Regulation (EU) No 1307/2013 of the European Parliament and of the Council (COM/2018/392 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2018%3A392%3AFIN>
- Latacz-Lohmann, U., Balman, A., Birner, R., Christen, O., Gauly, M., Grethe, H., Grajewski, R., Martínez, J., Nieberg, H., Pischetsrieder, M., Renner, B., Röder, N., Schmid, J.C., Spiller, A., Taube, F., Voget-Kleschin, L., Weingarten, P. 2019. Designing an effective agri-environment-climate policy as part of the post-2020 EU Common Agricultural Policy. *Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft*, Hamburg, 100. DOI: 10.12767/buel.v0i0
- Šumrada, T., Novak, A., Udovč, A., Rac, I., Šilc, U., Čelik, T., Vreš, B., Slabe, R., Verbič, M. in Erjavec, E. 2020. Potenciali novih zasnov in sodelovanje kmetov v kmetijsko-okoljskih ukrepih. Poročilo v okviru CRP V4-1814 Analitične podpore za večjo učinkovitost in ciljnost kmetijske politike do okolja in narave v Sloveniji. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.

Mnenje deležnikov o prioritetah raziskav in razvoja zakonodaje za trajnostno gospodarjenje s kmetijskimi tlemi v Sloveniji

Sara MAVSAR¹⁸, Jurka LESJAK¹⁹, Borut VRŠČAJ²⁰, Klara REKIČ²¹, Denis STAJNKO²², Helena GRČMAN²³ in Rok MIHELIC²⁴

Izvleček

S trajnostnim ravnanjem s kmetijskimi tlemi ohranjamo oskrbo s hrano, zagotavljamo ekosistemske funkcije tal ter prispevamo k blažitvi podnebnih sprememb. V okviru EU programa EJP Soil skušamo pridobiti informacije za zasnovano trajnostnih rešitev upravljanja s kmetijskimi tlemi. Z anketo v štirih sklopih smo povprašali različne skupine deležnikov (predstavnike zakonodaje in javnih služb, izobraževalne ustanove, financerje raziskav, kmetijske svetovalce in druge kmetijske organizacije, prehransko industrijo, ustanove za preverjanje in preizkušanje, industrijo, dobavo in trgovino na drobno ter nevladne organizacije) o njihovih prioritetah trajnostnega upravljanja s tlemi. Odgovori kažejo, da so najpomembnejši izzivi v Sloveniji i) vzdrževanje/povečevanje talne organske snovi, ii) izogibanje pozidavi tal, iii) zadrževanje hranil v tleh ter njihov optimalen izkoristek, iv) zmanjševanje emisij N₂O, CH₄ ter v) preprečevanje zakisanja tal. Nakazane so potrebne zakonodaje spremembe za boljše varovanje/upravljanje tal in učinkovite raziskave tal, povezanost med skupinami deležnikov, pomanjkanje finančnih spodbud, usklajenih orodij ter demonstracij dobrih kmetijskih praks, ki so razumljive uporabnikom.

Glavne besede: trajnostno upravljanje tal, širjenje znanja, kmetijska politika, EJP Soil

Stakeholders' opinion on research and legislation development priorities for sustainable agricultural soil management in Slovenia

Abstract

Sustainable agricultural soil management enables us to maintain food supplies, ensure soil ecosystem functions and contribute to climate change mitigation. Within the framework of the EU EJP Soil program, we are working to develop sustainable solutions for agricultural soil management. In a four-part survey we asked different stakeholder groups (policy and public service representatives, education institutions, research funders, agricultural advisers and other agricultural organisations, food industry, verification and testing institutions, industry, supply and retail trade and non-governmental organisations) about their priorities for sustainable soil management. The results showed that the main challenges in Slovenia are i) to maintain/increase SOC, ii) retain nutrients in soil and optimise their use and iii) avoid soil sealing. The results also showed that Slovenia needs to focus on iv) N₂O, CH₄ emissions and v) prevention of soil acidification. Necessary legislative changes for better soil protection / soil management and effective soil research are highlighted. The link between stakeholder groups is also emphasized. Slovenia lacks financial incentives and demonstrations of good agricultural practices understandable to farmers.

Key words: sustainable agriculture, knowledge dissemination and use, agricultural soil; management, agricultural policy, EJP Soil

¹⁸ Mag. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: sara.mavsar@bf.uni-lj.si

¹⁹ Mag. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: jurka.lesjak@kis.si

²⁰ Izr. prof. dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: borut.vrscaj@kis.si

²¹ Mag. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: klara.rekic@kis.si

²² Red. prof. dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, e-pošta: denis.stajnko@um.si

²³ Red. prof. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: helena.grcman@bf.uni-lj.si

²⁴ Dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Kakovostna, rodovitna kmetijska tla so biotsko pester agro-ekosistem, ki omogoča pridelavo hrane in zagotavlja nujne ekosistemske storitve. Če želimo kmetijska tla ohraniti v ustrezni kondiciji, je treba z njimi upravljati trajnostno. Kmetijska tla, ki so bila v drugi polovici 20. stoletja intenzivno obdelovana in pogosto delno degradirana, je mogoče s strokovnim in trajnostnim gospodarjenjem ponovno izboljšati. Eden od pomembnih ciljev v Sloveniji je povečati vsebnost talne organske snovi oz. vezati del atmosferskega CO₂ v tla in tako poleg večje rodovitnosti pripomoči k blaženju podnebnih sprememb. Za uspešno trajnostno gospodarjenje s kmetijskimi tlemi potrebujemo nova znanja, pristope, orodja, opremo, stroje in integrirano raziskovalno-strokovno-politično-kmetijsko skupnost.

V evropskem skupnem programu EJP SOIL (glejte www.projects.au.dk/ejpsoil/) sodeluje 26 partnerjev iz 24 držav. Glavni cilj projekta je povečanje prispevka znanosti za doseganje trajnostne kmetijske obdelave tal, oskrbe s hrano, zagotavljanja ekosistemskih storitev tal, preprečevanje degradacij ter prilagajanje/blažitev podnebnih sprememb. Namen je tudi vzpostaviti evropsko integrirano raziskovalno skupnost na področju kmetijskih tal in razviti načrt o trajnostnem upravljanju s kmetijskimi tlemi s pomočjo raziskovalnih razpisov. Sredstva so namenjena tudi za mlade znanstvenike. Prenos znanja bo usmerjen v iskanje rešitev pri sprejemanju novih kmetijskih praks v evropskem okviru, sooblikovanje ustreznih orodij, usklajene prakse informiranja in poročanja o tleh ter zagotavljanje priporočil za politike EU na podlagi znanstvenih dokazov in strokovnih izkušenj. V sodelovanju z zainteresiranimi deležniki, državami članicami si bomo prizadevali izboljšati strokovno podporo kmetom pri gospodarjenju s tlemi ter podpirati razvoj in uvajanje trajnostne kmetijske politike.

EJP SOIL je usmerjen k reševanju 12 ključnih izzivov: zadrževanje/povečevanje vsebnosti talne organske snovi (TOS); izogibanje obsežnim emisijam N₂O in CH₄; izogibanje degradaciji šotnih tal; eroziji; pretirani pozidavi tal in onesnaževanju tal; preprečevanje zaslanjanja tal in zakisanja tal; izboljšanje strukture tal; biotske pestrosti tal; zadrževanje hranil v tleh in njihov optimalni izkoristek, ter izboljšati kapaciteto tal za zadrževanje vode.

Prvi korak projekta je preverjanje stanja v državah članicah EU, in sicer, da s pomočjo anket preveri usmeritve in stanje v partnerskih državah.

Namen prispevka je oceniti stanje ciljev, znanja, ovir in priložnosti kmetijskih tal in upravljanja z njimi.

2 MATERIAL IN METODE DELA

V okviru projekta smo sestavili spletno anketo v aplikaciji IKA, ki omogoča hitro zbiranje podatkov z možnostjo analize, z nekaterimi slabostmi, ki smo jih uspešno odpravili. Problem ne pokritja in vzorčenja smo odpravili tako, da smo k sodelovanju povabili le izbrane skupine deležnikov s področja kmetijstva. Z natančnimi opredelitvami vprašanj in odgovorov smo zmanjšali merski problem, do katerega prihaja zaradi subjektivnih razmišljanj.

V *prvem sklopu ankete* smo želeli ugotoviti, kako so cilji v zakonodajnih predpisih, ki vključujejo upravljanje s kmetijskimi tlemi, realizirani oziroma ali so trenutne zakonodajne ambicije blizu uresničitve.

V *drugem sklopu* so nas zanimala tri teme: 1) *Zaloga talne organske snovi (TOS)*, njeno spremljanje in modeliranje vezave ogljika na uravnavanje klime; 2) *degradacija in rodovitnost tal* – osredotočali smo se na raziskave v zvezi z zgoraj navedenimi cilji in 3) *strategije trajnostnega upravljanja s tlemi* – uporaba različnih strategij (sistemi kmetovanja, krajinski elementi, optimizacija pridelave, organska snov in upravljanje s hranili, obdelava tal in mehanizacija, varstvo pridelka, upravljanje z vodo).

Tretji sklop naslavlja znanje o trajnostnem upravljanju s kmetijskimi tlemi, njegovo uporabo ter razširjanje, ter kakšne so potrebe s strani vseh deležnikov. Cilj je ugotoviti glavne vrzeli v znanju o trajnostnem gospodarjenju s kmetijskimi tlemi in prenos najnovejših znanj in tehnoloških rešitev v prakso.

V zadnjem, *četrtem sklopu*, so nas poleg ovir zanimale tudi priložnosti pri razvoju, širjenju, zbiranju in uporabi znanja v praksi za doseganje zastavljenih ciljev.

Preglednica 3: Naslovi sklopov v opravljeni anketi

Sklop	Angleško	Slovensko
1	Validating current policy ambitions and defining aspirational goals on agricultural soils	Ocena trenutnih političnih ciljev in določitev pomembnih ciljev za kmetijska tla
2	Status of soil research receiving input from the scientific community	Stanje znanja raziskovalne skupnosti na področju trajnostnega upravljanja tal s strani kmetijskih tal raziskovalne skupine
3	Status and use of knowledge on sustainable soil management based on input from stakeholders	Stanje in uporaba znanja na področju trajnostnega upravljanja tal s strani deležnikov
4	Identification of barriers and opportunities for the enhancement of knowledge	Prepoznavanje ovir in priložnosti v za povečanje znanja na področju kmetijskih tal

Za izpolnjevanje ankete v štirih sklopih (preglednica 1) smo prosili deležnike s področja kmetijstva: predstavnike upravljanja in izvajanja zakonodajnih predpisov, predstavnike občinskih in državnih javnih služb, raziskovalce in visokošolske učitelje, financerje raziskav, kmetijske šole, kmetije, kmetijske svetovalce in druge kmetijske organizacije, prehransko industrijo, laboratorije in centre za preverjanje in preizkušanje, dobavo in trgovino na drobno ter nevladne organizacije.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

V nadaljevanju predstavljamo povzetek in interpretacijo odgovorov in mnenj anketirancev.

3.1 Sklop 1: Prepoznavanje trenutnih ciljev na področju kmetijskih tal

V prvem sklopu ankete je sodelovalo 46 anketirancev iz predstavljenih skupin deležnikov (preglednica 2).

Glede na rezultate ankete ugotavljamo, da je v Sloveniji največja vrzel v zmanjševanju pozidave kmetijskih zemljišč. Z zmanjšanjem pozidav kmetijskih zemljišč anketiranci z odgovori pritrujejo Resoluciji o nacionalnem programu varstva okolja. Nujno se je potrebno posvetiti zmanjševanju pozidave tal ter zmanjšanju neto letnega prirasta pozidanih zemljišč za 25 % do leta 2030 in doseči ničelno rast pozidanih površin od leta 2050 naprej (Resolucija o Nacionalnem..., 2020). Odgovori ankete nakazujejo, da je cilj ničelne rasti od leta 2050 uresničljiv.

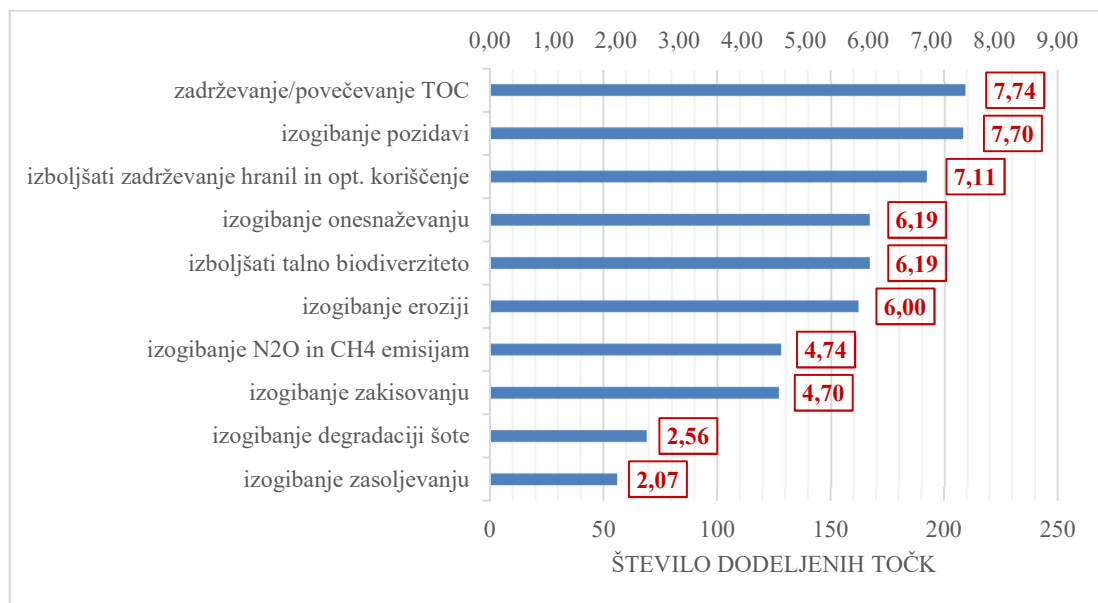
Zanimalo nas je mnenje anketirancev, kateri ukrepi in katere prakse upravljanja s tlemi menijo, da so najprimernejši za doseganje zastavljenih ciljev. Predlagajo naslednje: uporaba prekrivnih in privabilnih posevkov, sisteme brez- (*no-till*) ali z zmanjšano obdelavo tal, primerno uporabo hlevskega gnoja, ekološko kmetovanje in ohranitveno kmetijstvo. Slednje je kot možnost

rešitve predlagano za 10 ciljev. Večina omenjenih praks je že vključenih v zakonodajo, prakse, ki bi jih še lahko vključili v zakonodajo, pa so: večja uporaba stročnic, namakanje, podzemna drenaža, precizno kmetijstvo, apnjenje.

Preglednica 4: Udeleženci prvega sklopa ankete po skupinah deležnikov

Skupina deležnikov	Anketiranci	
	Število	Delež (%)
Deležniki s področja zakonodaje	3	6,5
Predstavniki občinskih in državnih javnih služb	4	8,7
Raziskovalci in učitelji visokošolskih izobraževalnih ustanov	18	39,1
Financerji raziskav	1	2,2
Visokošolske izobraževalne ustanove	3	6,5
Kmetije in demonstracijske kmetije	2	4,3
Kmetijski svetovalci	12	26,1
Druge kmetijske organizacije	1	2,2
Industrija, dobava in trgovina na drobno	1	2,2
Nevladne organizacije in skupnosti	1	2,2
Skupaj	46	100

Na koncu prvega sklopa ankete so anketiranci prednostno razvrstili cilje trajnostnega upravljanja tal glede na njihovo pomembnost za Slovenijo in nujnost takojšnje obravnave. Prednostno razvrstitev je opravilo 27 anketirancev, kjer so med 10 možnimi izzivi trajnostnega upravljanja s tlemi prednostno razdelili točke od 1 do 10. Več točk so dodelili po njihovem mnenju pomembnejšim ciljem (slika 1).



Slika 6: Prednostna dodelitev skupnih točk (stolpci) ter povprečje (n=27) dodeljenih točk od 1 do 10 (število točk v okvirčkih)

Rezultati ankete kažejo, da sta najpomembnejša izziva v Sloveniji vzdrževanje/povečevanje TOS (209 dodeljenih točk; 7,7 povprečno št. točk) in preprečevanje pozidave (208 dodeljenih točk; 7,7 povprečno št. točk). Kot tretji najpomembnejši cilj anketiranci navajajo izboljšanje zadrževanja hranil v tleh in njihov optimalen izkoristek (192 dodeljenih točk; 7,1 povprečno št. točk). Najmanj točk sta zbrali možnosti: izogibanje degradaciji šote (69 dodeljenih točk; 2,6 povprečno št. točk) in izogibanje zaslajevanja tal (56 dodeljenih točk; 2,1 povprečno št. točk) (slika 1). Pomembnih odstopanj mnenj glede prioritizacije ciljev med posameznimi skupinami deležnikov ni zaznati.

3.2 Sklop 2: Stanje znanja na področju trajnostnega upravljanja tal kot ga vidijo raziskovalci

Drugi sklop je bil namenjen raziskovalcem. Vprašalnik je izpolnilo 15 raziskovalcev in pedagogov. Glede na področje raziskovalnega dela, se jih 5 ukvarja z zalogo ogljika v tleh, 7 z degradacijo in rodovitnostjo tal ter 3 s strategijami upravljanja tal. Raziskave zajemajo prakse izboljšanja stanja na področju upravljanja s tlemi. Največ raziskav namenja strukturi tal, zadrževanju/povečevanju TOS, izboljšanju zadrževanja hranil v tleh in njihovem optimalnem koriščenju ter izogibanju onesnaževanja. Anketiranci menijo, da moramo v Sloveniji nameniti več pozornosti zadrževanju/povečevanju TOS in izboljšanju zadrževanja hranil v tleh. Raziskave potekajo tudi v smeri preprečevanja erozije in pozidave ter izboljšanja biotske pestrosti tal. Nekoliko manj je raziskav namenjenih izogibanjem emisij N_2O in CH_4 , izboljševanju zadrževalne kapacitete vode v tleh, izogibanju zakisanju tal. Nobena raziskava ne zajema področja degradacije šote.

Anketiranci so mnenja, da so na področju raziskav tal prisotne vrzeli v znanju. Izpostavili so področje obdelave tal (ohranitveni sistem obdelave tal ter prilagajanje kmetijskih praks na teksturno težjih tleh), mikrobiologije tal, talne biotske pestrosti, gnojenja, anorganskih (karbonati, bioogljje) in organskih (komposti) izboljševalcih/dodatkih v tleh, denitrifikacije, obstojnosti strukture tal in povečevanja organske snovi ter meritev erozijskih procesov na kmetijskih zemljiščih. Navajajo, da je potrebno več dolgoletnih poskusov ter temeljnih in aplikativnih raziskav, v katerih bi spremljali učinke različnih kmetijskih praks. Ovire se pojavljajo tudi zaradi nedostopnosti zbranih podatkov, rezultatov in analiz.

Prisotnost vrzeli v znanju o zalogi TOS, degradaciji, rodovitnosti tal ter strategij upravljanja s kmetijskimi tlemi je po mnenju anketirancev posledica pomanjkljive zakonodaje s področja tal ter v prenosu specifičnega znanja s področja tal v samo prakso oziroma v kmetovanje. Anketiranci zaznavajo tudi težave v pomanjkanju vedenja o tleh ter zanemarjanje tal kot naravnega vira na nivoju predstavnikov upravljanja in izvajanja zakonodajnih predpisov. Ker zakonodaja v Sloveniji ne zajema vseh pomembnih ciljev in potrebnih ukrepov za boljše upravljanje s tlemi, je potreben celovit pristop k uvajanju trajnostnega upravljanja s tlemi.

Pregled znanstvenih virov s področja zgoraj omenjenih tematik je bil dodaten sklop ankete, namenjen raziskovalcem. V Sloveniji je najbolj raziskano področje strategij za izboljšanje upravljanja tal, medtem ko menijo, da področje vezave ogljika v tla še ni dovolj raziskano. Raziskovalci se večinoma osredotočajo na razgradnjo organske snovi na kmetijskih tleh (vključno s travniki in pašniki) v odvisnosti od različnih mikro-meteoroloških razmer. Posvečajo se tudi kazalnikom, ki so pomembni za ohranjanje/povečanje rodovitnosti tal in zmanjševanje degradacije tal.

3.3 Sklop 3: Stanje in uporaba znanja na področju trajnostnega upravljanja tal s strani deležnikov

V tretjem sklopu je v anketi sodelovalo 26 anketirancev (preglednica 3).

Preglednica 5: Udeleženci tretjega sklopa ankete po skupinah deležnikov

Skupina deležnikov	Anketiranci	
	Število	Delež (%)
Deležniki s področja zakonodaje	1	3,8
Raziskovalci in pedagogi visokošolskih izobraževalnih ustanov	13	50,0
Visokošolske izobraževalne ustanove	2	7,7
Kmetijski svetovalci	9	34,6
Druge kmetijske organizacije	1	3,8
Skupaj	26	100

Nemoten pretok znanja je po mnenju anketirancev možno izboljšati. Izpostavili so pomembnost povezovanja raziskovalnih institucij, kmetijske svetovalne službe in kmetov. Prav tako bi bilo dobrodošlo več prikazov dobrih praks na kmetijah in vpeljevanj kratkih izobraževalnih video filmov. Izpostavljajo še posvete, tematska srečanja in izobraževanja na temo analiz tal, predstavitve znanstvene literature in tehničnih poročil. Pomembne so tudi kmetijske RTV oddaje z zanimivi prispevki ter uporabnimi informacijami in spodbudami.

Anketiranci menijo (48 %), da se v Sloveniji uporablja malo različnih medijev za širjenje znanja. Glede na rezultate povzamemo, da se največ znanja prenaša preko svetovalnih služb (58 %), tiska (42 %), družabnih omrežij (38 %) in spleta (31 %). Presenetljivo je, da menijo, da se znanje manj širi med združenji kmetov (27 %) in zelo malo med zadrugami (4 %).

Vrzeli se pojavljajo v pomanjkanju raziskav o trajnostnem upravljanju s kmetijskimi tlemi z ekonomskega vidika. Pri monitoringu kmetijskih tal opazajo pomanjkljivosti v nedostopnosti podatkov, ne-povezovanje podatkovnih zbirk; meritve/določitve le skupnih in ne mobilnih/dostopnih/rastlinam dosegljivih koncentracij (potencialno toksičnih) hranil; slaba primerljivost metod vzorčenja in analitskih postopkov ter dokončna vzpostavitev monitoringa spremljanja stanja kmetijskih (Pravilnik o monitoringu kakovosti tal).

3.4 Sklop 4: Prepoznavanje ovir in priložnosti v razvoju, širjenju, zbiranju in uporabi znanja v praksi

Ta del so tudi izpolnjevali udeleženci tretjega sklopa (preglednica 3). Zanimalo nas je mnenje o ovirah in priložnostih v razvoju znanja o trajnostnem upravljanju s kmetijskimi tlemi, o širjenju, zbiranju in uporabi tega znanja v praksi. Anketiranci opazajo pomanjkljivosti pri razvoju znanja v komunikaciji med raziskovalnimi institucijami in kmetijsko svetovalno službo ter med kmeti in kmetijsko svetovalno službo. Ovire se pojavljajo tudi v šolskem sistemu in v pomanjkanju raziskav na področju tal. Odgovori nakazujejo vrzeli v razvoju znanja o trajnostnem kmetijstvu kot posledice pomanjkanja znanj, kompetenc in sistemskih usmeritev vodilnih ljudi/institucij na tem področju, usmerjenosti kmetijske politike ter slabo povezanost deležnikov, ki se ukvarjajo s to problematiko. Priložnosti za izboljšave anketiranci vidijo v predavanjih in delavnicah za kmete in kmetijske svetovalce, spodbujanju projektov in raziskav na področju tal, ter dolgoletnih in večjih finančnih podporah raziskavam. Zelo pomembna je tudi povezanost med kmeti, raziskovalnimi institucijami in kmetijsko svetovalno službo.

Pri zbiranju in shranjevanju rezultatov raziskav, informacij in podatkov se po mnenju anketirancev ovire pojavljajo v uporabi različnih metod pri vzorčenju tal, analizah in kartiranju, v nedostopnosti podatkov (tudi med raziskovalci) in v pomanjkanju računalniških orodij za zbiranje podatkov na mednarodnem nivoju. Kot priložnosti navajajo povezovanja raziskovalnih institucij za namene zbiranja podatkov o tleh, vzpostavitev povezav v nacionalne podatkovne

infrastrukture ter uporabo različnih računalniških orodij. Potrebna bi bila predpisana standardna metodologija in uporaba enotnih virov podatkov tal. Zelo uporabna bi bila tudi mobilna aplikacija za pravilno in enotno vzorčenje tal.

Pri prenosu in uporabi znanja v prakso navajajo oviro pri pomanjkanju spodbud; povezanosti, komunikaciji in predajanju znanja med raziskovalnimi institucijami, kmeti in svetovalci; povezanosti med raziskovalnimi institucijami in oblikovalci zakonodaje ter pomanjkanju zakonodaje na tem področju.

4 SKLEPI

Rezultati ankete so pokazali na dva najpomembnejša izziva na področju tal v Sloveniji: a) vzdrževanje/povečevanje TOS in b) predvsem izogibanje pozidavi dobrih kmetijskih zemljišč. Sklepamo, da pozidavo tal usmerjajo/narekujejo interesi izven kmetijskega resorja. Prav tako ugotavljamo, da v kmetijskem resorju nismo dovolj uspešni pri zasnovi strategij za ohranjanje najboljših kmetijskih zemljišč. Slednje predstavlja ključni izziv za pedološko in kmetijsko stroko, saj so kmetijska zemljišča in prehranska varnost straškega nacionalnega pomena.

Pogosto omejene ekonomske zmožnosti pridelovalcev so težava, ki se je anketiranci dobro zavedajo. Menjava mehanizacije, uvajanje novih strojev in agrotehnik pogosto presegajo možnosti pretežno majhnih kmetij. Stanje bi se dalo izboljšati z demonstracijami na kmetijah in finančnimi spodbudami za skupni nakup npr. mehanizacije za ohranitveno obdelavo tal.

Za izboljšanje stanja tal v Sloveniji je smiselna uporaba prekrivnih in privabilnih posevkov, zmanjšano obdelavo tal in *no-till* (brez obdelave tal), primerno uporabo hlevskega gnoja, ekološko kmetovanje in ohranitveno kmetijstvo.

Širjenje in uporaba znanja o trajnostnem kmetovanju ter povezanost med pridobivanjem znanja na področju trajnostnega upravljanja s tlemi kot sama uporaba le-tega je pomembna in nujno potrebna. Tudi preko različnih spletnih medijev.

Učinkovita in v trajnostno upravljanje tal usmerjena zakonodaja je ključna za doseganje ciljev. Večina predlaganih praks je že vključenih v zakonodajo, vendar so izboljšave potrebne, kot na primer Uredba o gnojenju in nadzoru rodovitnosti tal. Obstaja le nekaj (prostovoljnih) spodbud za tiste kmete, ki sodelujejo v KOPOP programu, vendar so brez jasnih opredelitev standardnih postopkov nadzora rodovitnosti tal in uporabe gnojil. Pomembna cilja sta še izogibanje emisijam N_2O , CH_4 ter zakisanju tal, kjer nimamo konkretnih rešitev.

Ukrepi za izboljšavo stanja na raziskavah tal v Sloveniji niso potrebni le v zakonodaji, ampak tudi na samem raziskovalnem nivoju. Primanjkuje temeljnih in aplikativnih raziskav na več specifičnih področjih. Pomembni so sistematični, dobro raziskovalno opremljeni in dolgoletni poskusi, kjer bi spremljali učinke različnih kmetijskih praks in ostalih pomembnih parametrov, tj. rodovitnost tal, kakovost hrane in vpliv kmetijstva na okolje, vključno s prilagajanjem in blaženjem klimatskih sprememb.

Za povezovanje deležnikov s skupnim končnim ciljem je potrebno vzpostaviti mrežo med raziskovalnimi institucijami za namene zbiranja podatkov o tleh, krepiti povezovanje med raziskovalnimi institucijami, kmetijsko svetovalno službo in kmeti.

5 LITERATURA

Resolucija o Nacionalnem programu varstva okolja za obdobje 2020–2030 (ReNPVO20–30). 2020. Uradni list Republike Slovenije, 31, 20: 1785–1849

Analiza primernosti zemljišč za uvrstitev v trajno varovana kmetijska zemljišča v občini Novo mesto

Anja JAKŠE²⁵, Marina PINTAR²⁶ in Matjaž GLAVAN²⁷

Izvleček

Varovanje kmetijskih zemljišč je pomembno za ohranjanje najboljših kmetijskih zemljišč, saj so nenadomestljiva. Ker v Sloveniji v preteklosti nismo imeli vzpostavljenega sistema varovanja kmetijskih zemljišč, smo od leta 1991 izgubili 70.000 ha kmetijskih površin. Vlada Republike Slovenije je zato pripravila uredbo, ki določa strateška območja za kmetijstvo in pridelavo hrane, ter Pravilnik o podrobnejših pogojih za določitev predloga trajno varovanih kmetijskih zemljišč. Na podlagi modela primernosti, ki je sestavni del pravilnika o podrobnejših pogojih, smo z računalniškim programom ArcGIS območja točkovali glede na kriterije in tako določili trajno varovana kmetijska zemljišča (TVKZ), ostala kmetijska zemljišča (OKZ) in območja, potencialno primerna za kmetijstvo (PTVKZ) na območju Mestne občine Novo mesto.

Ključne besede: trajno varovana kmetijska zemljišča, varovanje kmetijskih zemljišč

Analysis of determination of agricultural land for permanent protection in a Municipality of Novo mesto

Abstract

Protection of agricultural land is important for conserving the most productive irreplaceable agricultural land. From 1991 Slovenia lost 70,000 ha of agricultural land due to non-existent agricultural land protection system. The Government of the Republic of Slovenia prepared the regulation for defining strategically important agricultural areas and the rules on detailed conditions for determining the proposal of areas of permanently protected farmland. Based on rules and by using the ArcGIS program, we graded areas according to criteria. We defined the permanently protected agricultural land (TVKZ), other agricultural lands (OKZ) and areas, which are potentially suitable for agriculture (PTVKZ) in the Municipality of Novo mesto.

Keywords: permanently protected agricultural land, protection of farmland

1 UVOD

Zagotavljanje trajnostne preskrbe s hrano v zadostnih količinah in po sprejemljivi ceni vsem ljudem je zelo pomembno. S tem je povezana tudi problematika zmanjševanja obsega kmetijskih zemljišč in izgubljanje najboljših kmetijskih zemljišč v Sloveniji, saj je osnovni pogoj za samooskrbo s hrano ravno zadosten obseg kmetijskih zemljišč v državi (RSRS, 2013). Pridelava hrane je možna na najbolj rodovitnih ravninskih kmetijskih zemljiščih do manj donosnih hribovskih območjih. Najboljša kmetijska zemljišča omogočajo največje donose, pridobljene z manjšimi vložki v primerjavi z ostalimi kmetijskimi zemljišči. Najboljša kmetijska zemljišča lahko označimo kot nenadomestljiv vir, saj je za njihov nastanek potrebno veliko časa, degradacija tal pa je hitra (RSRS, 2013). Varstvo kmetijskih zemljišč ni pomembno samo zaradi proizvodnje hrane in surovin, saj z varstvom le-teh prispevamo tudi k ohranitvi in razvoju naravnih in z delom pridobljenih vrednot človekovega okolja ter tako k oblikovanju in varstvu kulturne pokrajine. Tla in zemljišča so primarni proizvodni dejavnik, ki ni rezultat gospodarskega procesa, ampak je naravna danost.

²⁵ Mag. inž. agr., Razvojni center Novo mesto, e-pošta: jaksetova.anja@gmail.com

²⁶ Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

²⁷ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: matjaz.glavan@bf.uni-lj.si

Urejanje podeželskega prostora je povezano s kmetijstvom in kmetijskimi objekti pri načrtovanju katerega se uporablja metode in znanja iz splošnega prostorskega in urbanističnega načrtovanja (Strategija ..., 2006). Kmetijska zemljišča so zanimiva iz različnih vidikov in za različne rabe, na primer za gradnjo stanovanjskih objektov, prometne infrastrukture, industrijskih con, trgovskih centrov, odlagališča odpadkov in pridobivanje surovin. Zaradi usklajevanja različnih interesov je pomembno, da država poda strokovno in nepristransko podlago, s čimer se zagotovi najboljšo rabo prostora za celotno družbo (RSRS, 2013).

Ker sistem varstva kmetijskih zemljišč ni bil dovolj učinkovit, je Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (v nadaljnjem besedilu MKGP) pripravilo nov koncept trajnega varovanja kmetijskih zemljišč. Vlada Republike Slovenije je v skladu s 3.b členom zakona o kmetijskih zemljiščih iz leta 2011 (v nadaljnjem besedilu ZKZ) določila območja za kmetijstvo in pridelavo hrane, ki so strateškega pomena za Republiko Slovenijo zaradi pridelovalnega potenciala kmetijskih zemljišč, njihovega obsega, zaokroženosti, zagotavljanja pridelave hrane ali ohranjanja in razvoja podeželja ter ohranjanja krajine. Območja trajno varovanih kmetijskih zemljišč (v nadaljnjem besedilu TVKZ) se bodo natančneje določila v postopku prostorskega načrtovanja lokalnih skupnosti.

V tem prispevku smo, ob upoštevanju kriterijev Pravilnika o podrobnejših pogojih za določitev predloga območij trajno varovanih kmetijskih zemljišč ter o podrobnejši vsebini strokovnih podlag s področja kmetijstva iz leta 2017 (v nadaljnjem besedilu pravilnik o podrobnejših pogojih), analizirali tista kmetijska zemljišča, ki so v Mestni občini Novo mesto (v nadaljnjem besedilu MONM) primerna za trajno varovanje. Prispevati želimo k razreševanju problematike zmanjševanja obsega kmetijskih zemljišč v Sloveniji. Cilj prispevka je na izbrani občini Novo mesto uporabiti metodologijo, določeno po modelu primernosti za določitev posameznih območij TVKZ (v nadaljnjem besedilu model primernosti), ob upoštevanju uredbe, ki določa območja za kmetijstvo in pridelavo hrane, ki so strateškega pomena za Republiko Slovenijo (Uredba ..., 2016).

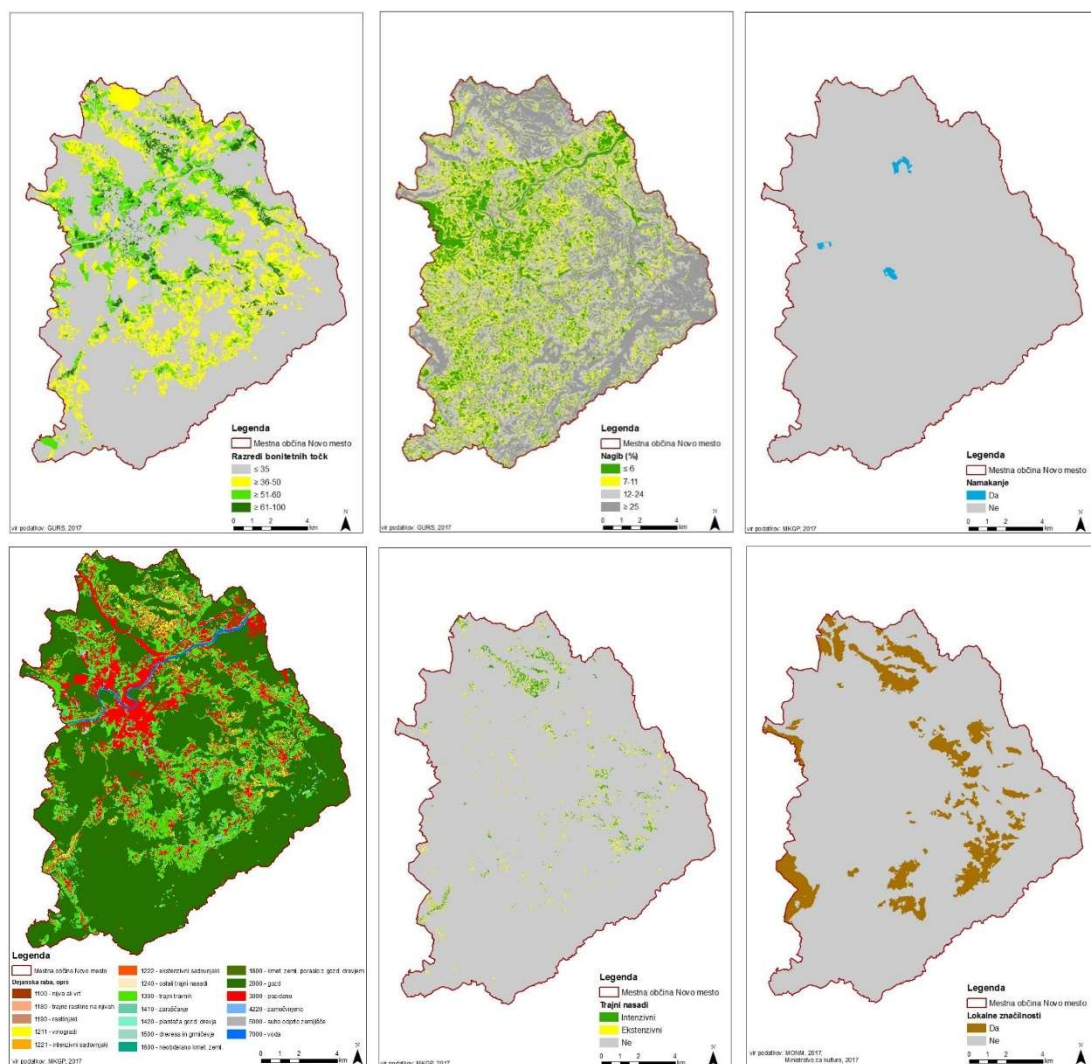
2 MATERIAL IN METODE DELA

Pravilnik o podrobnejših pogojih je sestavljen iz 16. členov, ter priloge 1 in priloge 2 (Pravilnik ..., 2017). Za namene magistrskega dela smo upoštevali dele pravilnika, v katerih so določeni kriteriji za analizo primernosti zemljišč za predlog območij TVKZ, ostalih kmetijskih zemljišč (OKZ) in potencialno trajno varovanih kmetijskih zemljišč (PTVKZ) ter upoštevali metodologijo, določeno po modelu primernosti, ki je prvi del priloge 1 pravilnika o podrobnejših pogojih. Priloge 2 iz pravilnika nismo upoštevali, saj je ta del kompleksnejši, zahteva javno razpravo in usklajevanje z občinskimi prostorskimi načrtovalci.

2.1 Območje raziskave

Območje raziskave je Mestna občina Novo mesto, ki leži na jugovzhodnem delu Slovenije in skupno zavzema 236 km² površine. Po številu prebivalcev se s 36.433 prebivalci (SURSTAT, 2019) med slovenskimi občinami uvršča na šesto mesto. Ugodno strateško lego MONM lahko pripišemo jugovzhodnemu kraku slovenskega avtocestnega križa in navezave načrtovane tretje razvojne osi na slovensko avtocestno omrežje, kar pripomore tudi k močnemu razvoju avtomobilske in farmacevtske industrije v regiji. Značilen je razgiban kraški relief s prevladujočo slemenitvijo v smeri sever–jug. Na območju Novega mesta se pojavljajo predvsem evtrična rjava tla na glinah in ilovicah, deloma tudi gleji in psevdogleji, koluvialna rjava pokarbonatna tla na apnencu ter antropogena tla. Njivske in travniške površine so na

nagnjenih terenih urejene na trakastih terasah, urejenih po plastnicah. Značilna je drobna parcelna struktura. Glavni tip kmetovanja v MONM je reja pašne živine, temu sledi mešano rastlinska pridelava in specializirana pridelava poljščin (slika 1).



Slika 1: Vhodni podatki (bonitetne točke, nagib, namakalni sistemi, dejanska raba-trajni nasadi, lokalne značilnosti) za območje mestne občine Novo mesto, ki smo jih uporabili za potrebe prostorske analize po Pravilniku o podrobnejših pogojih za določitev predloga območij trajno varovanih kmetijskih zemljišč ter o podrobnejši vsebini strokovnih podlag s področja kmetijstva iz leta 2017

Po zadnjih dostopnih podatkih iz leta 2010 je v občini 1.121 kmetijskih gospodarstev, ki so imela skupaj v uporabi 5.125 ha kmetijskih zemljišč, kar predstavlja 23 % zemljišč glede na celotno površino občine in 1,1 % kmetijskih zemljišč v uporabi v Sloveniji. Gozd obsega 4.208 ha površin občine, njive 1.604 ha, trajni pašniki in nasadi 3.378 ha ter trajni nasadi 233 ha. Največ kmetijskih gospodarstev ima v uporabi od 2 do 5 ha kmetijskih zemljišč.

2.2 Viri, analiza podatkov in model primernosti

Prostorske in tabelarične podatke, ki služijo kot podlaga za določitev predloga območij TVKZ po modelu primernosti (preglednica 1), smo pridobili iz različnih javnih virov. Na Geodetski upravi Republike Slovenije smo pridobili prostorske sloje digitalnega modela višin (priprava sloja nagiba), zemljiškega katastra, bonitete zemljišč, državne meje, občinskih meja, digitalne ortofoto posnetke. Na Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano smo pridobili sloje dejanske rabe, komasacijskih območij, namakalnih in osuševalnih sistemih. MKGP v času izdelave naloge v evidencah ni imelo zabeleženih komasacijskih območij in delujočih osuševalnih sistemov na območju MONM. Na Ministrstvu za kulturo smo pridobili sloj lokalnih značilnosti kmetijske pridelave in rabe kmetijskih zemljišč – podatek o površinah z oznako »kulturna krajina«. Na Mestni občini Novo mesto sloja namenska raba prostora in lokalnih značilnosti kmetijske pridelave in rabe kmetijskih zemljišč – podatki o površinah z oznako »VIN« in »IKR«. Na Zavodu za gozdove Slovenije pa sloj varovalnih gozdov. Za prostorsko analizo smo uporabili geografsko informacijski sistem ESRI ArcGIS 10.3, tabelarične podatke smo s pomočjo ArcMap orodij združili s prostorskimi sloji in s tem pridobili nove podatke, ki predstavljajo potencialna območja TVKZ v MONM. Zemljišča smo vrednotili po kriterijih pravilnika o podrobnejših pogojih (Pravilnik ..., 2017).

Preglednica 1: Opisni in točkovni kriteriji po posameznih pogojih za določanje območij TVKZ (Pravilnik ..., 2017)

Pogoji za določanje TVKZ	Opisni kriterij (OP)	Točkovni kriterij (TK)
Bonitetne točke (BT)	$\geq 61-100$	8
	$\geq 51-60$	6
	$\geq 36-50$	3
	≤ 35	1
Nagib (%) (NG)	≤ 6	3
	7–11	2
	12–24	0
	≥ 25	0
Komasacija (KO)	Da	1
	Ne	0
Osuševanje (OS)	Da	2
	Ne	0
Namakanje (NK)	Da	3
	Ne	0
Trajni nasadi (TN)	Intenzivni	2
	Ekstenzivni	1
	Ne	0
Lokalne značilnosti (LZ)	Da	1
	Ne	0

Na podlagi 12. člena pravilnika o podrobnejših pogojih (2017) smo, ob upoštevanju opisnih in točkovnih kriterijev, prikazali območja TVKZ kot georeferenciran vektorski podatkovni sloj v državnem koordinatnem sistemu z atributi v »shp« formatu kot topološko pravilen poligon. Atributna preglednica vektorskega podatkovnega sloja za posamezno območje TVKZ vsebuje

ustrezen enolični identifikator (ID), površino v m², opisne in točkovne kriterije modela primernosti za določitev posameznih območij TVKZ ter skupno število točk glede na točkovne kriterije (preglednica 1). Najnižje možno število skupnih točk je 1, pri čemer posamezno območje TVKZ s skupnim številom točk 1 ne izpolnjuje pogoja za določitev predloga območij TVKZ po 2. členu pravilnika o podrobnejših pogojih. Najvišje možno število skupnih točk je 20, kar pomeni, da območje pri vsakem sloju doseže najvišje število možnih točk.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Primernost zemljišč, ki ustrezajo pogojem iz pravilnika o podrobnejših pogojih

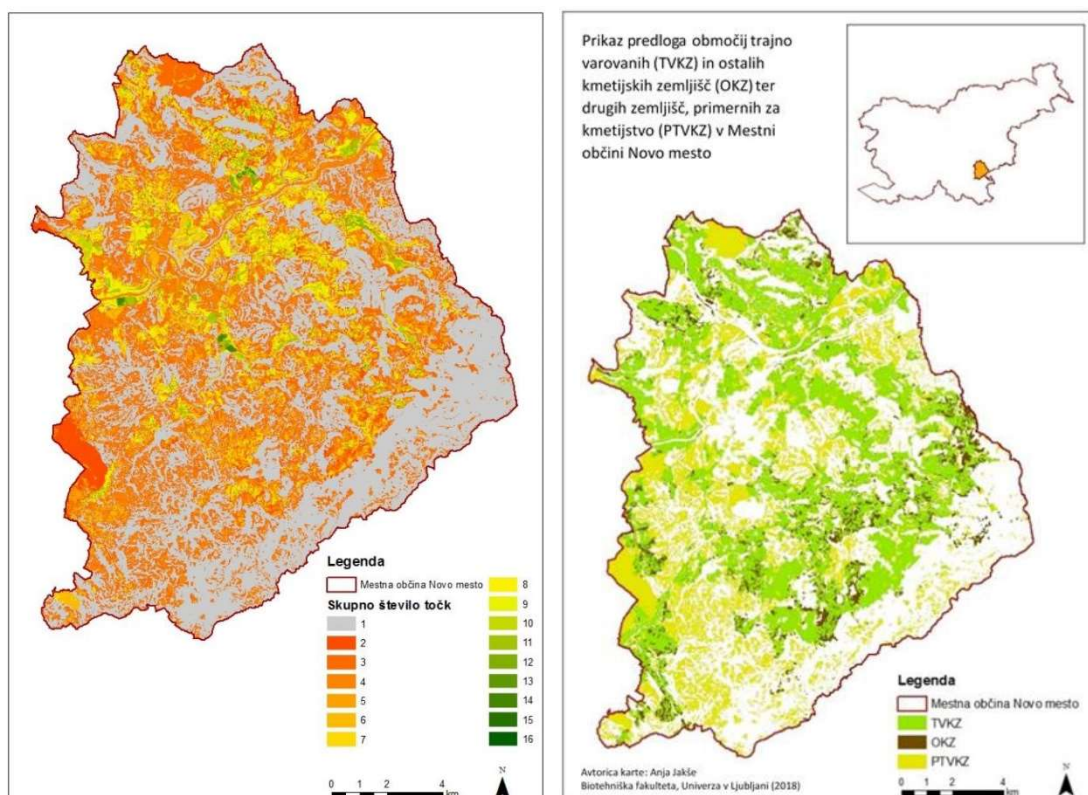
Na obravnavanem območju je 13.255 ha površin, ki ustrezajo vsaj enemu pogoju iz pravilnika, ne glede na rabo zemljišč, torej ta območja po namenski rabi niso nujno kmetijska zemljišča. Razpon točk je bil od 1 do 16, vendar območij, ki so dosegla le eno točko, nismo uvrstili med TVKZ, saj tako določa pravilnik. Tako najslabše ocenjeno zemljišče, ki ga lahko uvrstimo med TVKZ, prejme najmanj dve točki, od tega vsaj eno iz naslova bonitete. Območij, ki so dosegla eno točko, je slaba polovica vseh zemljišč v MONM. Rezultati kažejo, da se zemljišča, ki dosegajo višje število točk po modelu primernosti, nahajajo v bližini reke Krke, saj so v bližini reke nižji nagibi zemljišč in zemljišča z boljšo boniteto. Na območju hribovja Gorjanci, to je na J in JV delu MONM, je večina zemljišč po modelu primernosti dosega le 1 točko, predvsem zaradi velikega nagiba terena od vznožja do najvišjega slemena Gorjancev (slika 2).

3.2 Analiza primernosti zemljišč za TVKZ, OKZ in PTVKZ

Predlog območij TVKZ, OKZ in PTVKZ smo določili na zemljiščih, ki so po namenski rabi kmetijska zemljišča in izpolnjujejo vsaj en pogoj iz pravilnika o podrobnejših pogojih (slika 2). Rezultat analize primernosti zemljišč je 6.490 ha površin, ki bi jih lahko trajno varovali pred spreminjanjem namembnosti. To predstavlja 28 % celotne površine občine. V predlog OKZ smo uvrstili zemljišča, ki so po namenski rabi kmetijska in niso določena kot predlog območij TVKZ, kar predstavlja 1.020 ha takih zemljišč v MONM. Glede na pogoje iz pravilnika o podrobnejših pogojih za PTVKZ, je teh zemljišč v MONM 5.078 ha. Tako bi teoretično lahko v primeru pomanjkanja hrane v MONM na več kot polovici celotne površine MONM pridelovali hrano za samooskrbo (tj. 12.588 ha). To je seveda zgolj teoretično, saj spremembe kakršnekoli rabe v realnosti zahtevajo veliko finančnih sredstev. Naš predlog bi bil uvrstitev v PTVKZ za 385 ha, ob upoštevanju le določenih kriterijev iz pravilnika o podrobnejših pogojih. Da bi dosegli želeno stopnjo samooskrbe s hrano, bi po navedbah računskega sodišča (RSRS, 2013) države v našem podnebnem pasu morale zagotoviti približno 3.000 m² obdelovalnih kmetijskih zemljišč na prebivalca, kar za MONM pomeni 10.930 ha KZ.

Za primerjavo lahko vzamemo študijo, ki jo je izdelalo podjetje Acer Novo mesto d.o.o. z naslovom Določitev kvote ter predloga trajno varovanih kmetijskih zemljišč na primeru občin Novo mesto, Črenšovci in Šenčur (Določitev ..., 2013). Namen študije je bil prvo testiranje osnovnih meril iz zakona o kmetijskih zemljišč, po katerih naj bi se določala kvota in predlog območij TVKZ (še pred pripravo pravilnika o podrobnejših pogojih). V študiji je izračunana kvota TVKZ za MONM v letu 2013 predstavljala 60,47 % vseh KZ v občini, tj. 4.472,02 ha. V primerjavi z našimi rezultati je teh zemljišč za 2.018 ha manj. Do te razlike pride zaradi dveh razlogov. Prvi je, da so se za določitev kvote TVKZ upoštevala le KZ z boniteto večjo od 40, po pravilniku o podrobnejših pogojih pa se v predlog TVKZ uvrstijo KZ z boniteto višjo od 35. Drugi razlog je, da se predlog območij TVKZ določi ob upoštevanju kvote TVKZ ter glede na

obseg in zaokroženost kmetijskih zemljišč z upoštevanjem vsaj enega od naslednjih meril: boniteta, izvedene komasacije, osuševanje ali namakanje, bližina vodnih virov, primernih za namakanje, obstoj trajnih nasadov ter lokalne značilnosti kmetijske pridelave in rabe kmetijskih zemljišč. Nagib pri določitvi kvote TVKZ tako ni bil posebej upoštevan, so se pa upoštevali vodni viri, primerni za namakanje.



Slika 2: Karta doseženih točk po modelu primernosti za določitev območij TVKZ v MONM ne glede na rabo zemljišč. Območij, ki so dosegla le eno točko, ne uvrščamo med TVKZ, saj tako določa pravilnik o podrobnejših pogojih (2017)

Glede na analizo primernosti zemljišč, ki smo jo izvedli po pravilniku, rezultati kažejo, da bo TVKZ manj, kot je po namenski rabi K1 (najboljša kmetijska zemljišča) in K2 (druga kmetijska zemljišča) skupaj. To pomeni, da ne bodo trajno zaščitena vsa namenska kmetijska zemljišča občine. Z upoštevanjem celotnega pravilnika o podrobnejših pogojih, bi bil verjetno predlog območij TVKZ večji in posledično manjši OKZ, saj druga točka priloge 1 narekuje, da se posamezno območje TVKZ oblikuje na način, da predstavlja čim večje zaokroženo območje, v katerega se lahko uvrstijo tudi zemljišča z boniteto, manjšo od 36, zemljišča z nagibom nad 11 %, poljske poti, če so po namenski rabi kmetijska zemljišča in zemljišča, ki so po namenski rabi gozdna zemljišča. Z avtomatiziranim in ročnim spajanjem poligonov bi se tako lahko zapolnili tudi vmesni prazni prostori znotraj obstoječih poligonov, na račun katerih bi dodatno pridobili površine, namenjene trajnemu varovanju.

4 SKLEPI

Za končno določitev območij TVKZ bi bilo treba upoštevati še pogoj, da se TVKZ določi zunaj območja naselij, vendar bi se obseg predloga TVKZ na račun območja naselij lahko precej zmanjšal. Prav tako v predlog območij TVKZ ni smiselno uvrstiti vinogradniških območij s počitniškimi hišicami, saj na tem območju večinoma ne gre za intenzivne vinogradniške nasade. Za določitev PTVKZ je smiselno varovanje zemljišč, ki so po namenski rabi določena kot območja stavbnih, gozdnih ter drugih zemljišč, če so po dejanski rabi kmetijska zemljišča. Smiselnost določevanja PTVKZ na gozdnih zemljiščih, kot to določa pravilnik, je močno odvisno od daljnovidnosti odločevalcev. Po eni strani ima tak poseg v prostor visoke finančne in fizične vloške, a po drugi strani gre za varovanje potenciala v predvsem ravninskih gozdovih. Določitev območij TVKZ, ki so ključnega pomena za samooskrbo s hrano, ne sme biti rezultat avtomatiziranega procesa, vendar je potrebno računalniške rezultate uskladiti s stanjem na terenu in šele nato podati predlog območij TVKZ.

Varovanje kmetijskih zemljišč je pomembno zaradi vse pogostejših sprememb namembnosti v nekmetijsko rabo ter posledično z vidika samooskrbe države s hrano. Od države se pričakuje, da se kmetijska zemljišča načrtuje prav tako resno in sistematično, kot se načrtuje urbanistična in stanovanjska območja, območja prometnih površin ter območja namenjena industriji. Čas je, da se kategorizacija zemljišč iz leta 1982, ki je kmetijska zemljišča delila na najboljša in druga kmetijska zemljišča, čim prej posodobi oz. spremeni tudi pri rabi v praksi, saj se ta kategorizacija v občinah uporablja že več kot 35 let.

Zahvala. Za pomoč pri izdelavi naloge se zahvaljujemo Ministrstvu RS za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Mestni občini Novo mesto.

5 LITERATURA

- Določitev kvote ter predloga območij trajno varovanih kmetijskih zemljišč na primeru občin Novo mesto, Črenšovci in Šenčur. 2013. Acer Novo mesto d.o.o.
- Pravilnik o podrobnejših pogojih za določitev predloga območij trajno varovanih kmetijskih zemljišč ter o podrobnejši vsebini strokovnih podlag s področja kmetijstva. 2017. Uradni list Republike Slovenije, št. 55/17
- RSRS, 2013. Uspešnost varovanja kmetijskih zemljišč kot pogoj za samooskrbo. Revizijsko poročilo. Računsko sodišče Republike Slovenije.
- Strategija prostorskega razvoja in prostorski red Mestne občine Novo mesto, vključno s strokovnimi podlagami. Strokovne podlage za razvoj kmetijstva, končno poročilo. 2006. Mestna občina Novo mesto
- SURS, 2019. Statistični urad Republike Slovenije. Podatkovna baza SI-STAT. <http://www.stat.si> (4. nov. 2019)
- Uredba o območjih za kmetijstvo in pridelavo hrane, ki so strateškega pomena za Republiko Slovenijo. 2016. Uradni list Republike Slovenije, št. 71/16
- Zakon o kmetijskih zemljiščih (ZKZ). 2011. Uradni list RS, št. 71/11, 58/12, 27/16, 27/17, 79/17

Določanje območij trajno varovanih kmetijskih zemljišč na vodovarstvenih območjih

Andreja INTIHAR²⁸, Marina PINTAR²⁹ in Matjaž GLAVAN³⁰

Izvleček

V Sloveniji je 353.990 ha vodovarstvenih območij s strogimi režimi varovanja. Zato je najožje vodovarstveno območje (VVO 0) izločen iz določevanja TVKZ. Namen naloge je določiti kakovost zemljišč, ki so vključena v VVO. Za dokazovanje, da med različnimi stopnjami varovanja ni razlik v številu TVKZ točk, smo izbrali VVO za vodno telo vodonosnika Apaškega polja, Dravsko-Ptujskega polja, Selniške dobrave, Ljubljanskega barja in okolice Ljubljane, ki imajo 73.153 ha skupnih površin. Obravnavanim VVO smo po modelu primernosti določili skupne TVKZ točke, ki jih določa Pravilnik za določitev predloga trajno varovanih kmetijskih zemljišč. Od vseh štirih VVO ima največje število skupnih točk Dravsko-Ptujsko polje (15 točk).

Ključne besede: vodovarstvena območja, trajno varovana kmetijska zemljišča, model primernosti, strateško pomembna območja

Determination of areas of permanently protected agricultural lands on water protected areas

Abstract

In Slovenia, 353,990 ha of water protected areas (WPA) with strict protection regimes are registered. Because of these regimes, the narrowest water protection areas (WPA 0) are excluded from the determination of permanently protected agricultural land (TVKZ). This paper aims to determine the quality of land that is included in WPA. To prove that there are no differences in TVKZ points between water protection regimes, we selected WPA for the aquifers of Apaško polje, Dravsko – Ptujsko polje, Selniška Dobrava, Ljubljansko barje and Ljubljana surroundings, which have 73,153 ha together. According to the appropriateness model, we determined TVKZ points for the selected WPA, by the Rules on detailed conditions for determining the proposal of areas of permanently protected farmland and on the detailed content of the expert groundwork in the field of agriculture. The highest value of TVKZ points was observed in Dravsko – Ptujsko polje (15 points).

Keywords: water protected areas, permanently protected agricultural land, security regimes, common points, strategically important areas

1 UVOD

Voda in pridelava hrane (kmetijstvo) sta zelo pomembni za naše preživetje. Kmetijstvo ne more delovati brez vode, hkrati pa ima lahko zaradi gnojenja in uporabe sredstev za varstvo rastlin negativen vpliv na njeno kakovost. Zato je zelo pomembno, da se zavaruje vire pitne vode ter rodovitna kmetijska zemljišča. Razvoj gospodarstva močno spreminja vodno okolje v Evropi. To pomeni poslabšanje kakovosti površinskih in podzemnih voda, prav tako morja. Slabša kakovost pomeni tudi negativne posledice za naše zdravje (Bricelj, 2005).

Zaradi nevarnosti onesnaževanja površinskih voda se v Sloveniji za pitje uporablja večinoma podzemne vodne vire in kraške izvire (Plut, 2005). S podzemnimi vodnimi viri je pokritih 90 % potreb prebivalstva.

²⁸ Mag. inž. agr., Zavrh 4, 1385 Nova vas, e-pošta: intihar.andreja@gmail.com

²⁹ Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

³⁰ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: matjaz.glavan@bf.uni-lj.si

V več delih Slovenije sta za onesnaženje podzemne vode kriva nepravilno odvajanje odpadnih voda in neprimerne prakse v kmetijstvu. Na neprimerno rabo zemljišč kažejo prekomerne vsebnosti sredstev za varstvo rastlin in hranil v podzemni vodi (Plut, 2005). Da se ohrani kakovost in količina pitne vode, so v zakonu o vodah (2002; v nadaljevanju ZV-1) določili vodovarstvena območja (v nadaljevanju VVO) z namenom zavarovanja vodnih teles, ki so namenjena oskrbi s pitno vodo.

Večanje števila prebivalcev pomeni več objektov in cest ter intenzivnejšo kmetijsko pridelavo s povečano uporabo mineralnih gnojil in sredstev za varstvo rastlin, ki predstavljajo potencial za onesnaženje podzemnih voda. Več objektov na podeželju pomeni tudi izgubo rodovitnih tal, zato je bil v skladu z Zakonom o kmetijskih zemljiščih (2011) sprejet Pravilnik o pogojih in kriterijih za določitev predloga trajno varovanih kmetijskih zemljišč (2017; v nadaljevanju TVKZ) ter o vsebini strokovnih podlag s področja kmetijstva. V pravilniku TVKZ so tudi podrobno razložena navodila uporabe modela primernosti za določitev posameznih območij trajno varovanih kmetijskih zemljišč.

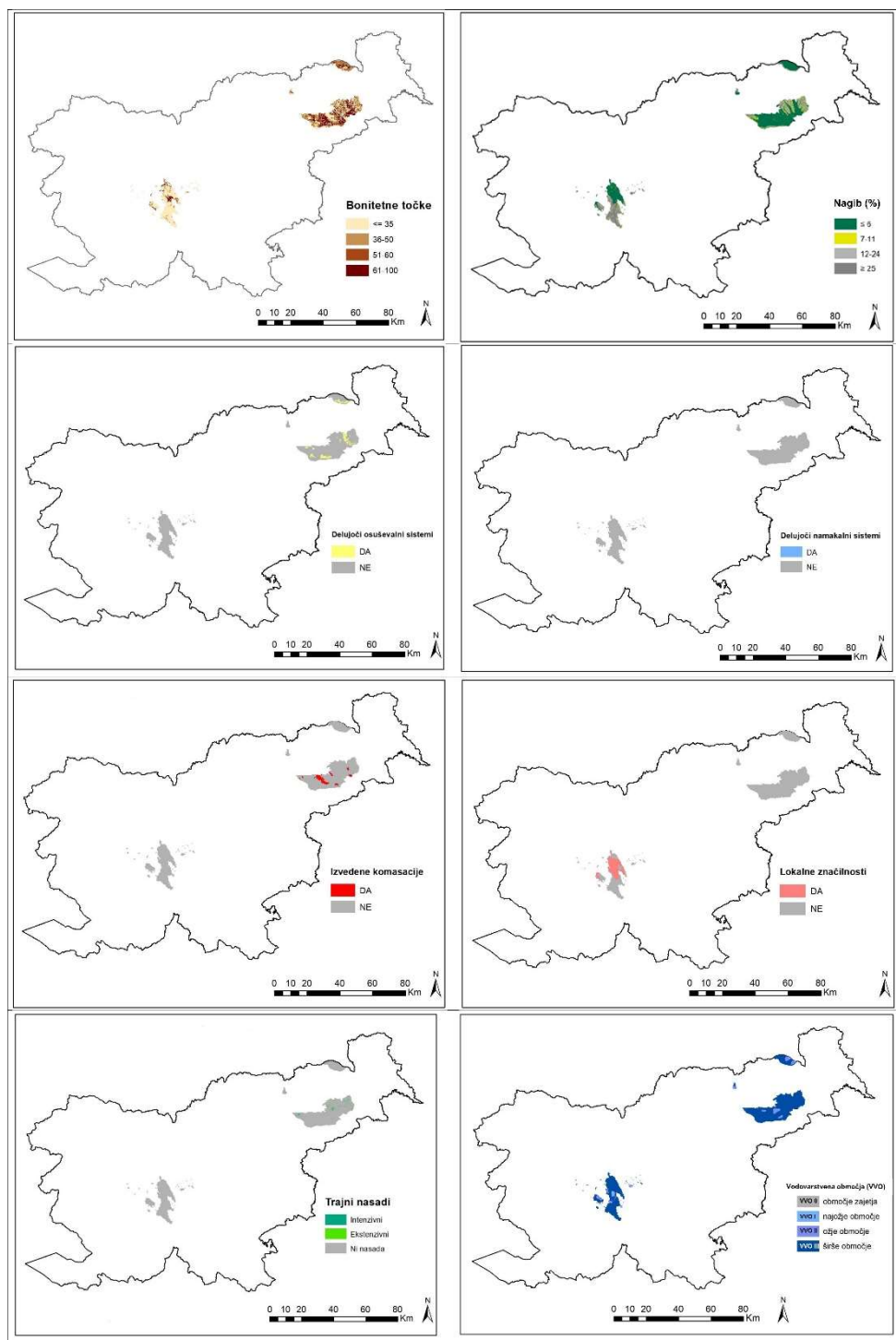
Razmere za kmetovanje na VVO območjih pomembno vplivajo na kmetijsko pridelavo, saj vplivajo na stroške pridelave in na količino pridelka. To lahko, ob dejstvu, da vsa VVO območja v Sloveniji obsegajo 31,5 % vseh kmetijskih zemljišč in okoli 21 % vseh njiv, vpliva tudi na vsaj dva ključna strateška cilja razvoja kmetijstva iz resolucije »Zagotovimo si hrano za jutri« (Strategija ..., 2014): »Zagotavljanje prehranske varnosti s stabilno pridelavo varne, kakovostne in potrošniku dostopne hrane« ter »Povečanje konkurenčne sposobnosti kmetijstva in živilstva«.

Z namenom, da preverimo stanje kakovosti zemljišč na VVO območjih smo na izbranih VVO območjih analizirali zemljišča glede na točkovne kriterije iz pravilnika TVKZ (Pravilnik ..., 2017). Opravili smo analizo kakovosti zemljišč glede na stopnje varovanja (najožje, ožje, širše) na VVO in analizo pojavljanja TVKZ, na izbranih VVO območjih. Rezultati bodo lahko služili kot pomoč zakonodajalcu pri pripravi bodočih dokumentov o razvoju kmetijstva na VVO območjih.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Območja vrednotenja

Apaško polje leži na nadmorski višini od 200 do 320 m. Povprečna letna količina padavin je od 900 do 1000 mm, povprečna temperatura pa od 8 do 10 °C. Prevladujejo obrečna tla na produ, najdemo tudi evtrična rjava tla in gleje (Atlas okolja, 2018). Obrečna tla imajo veliko boniteto, saj so tla zelo kakovostna (Pintar in sod., 2015). Na Apaškem polju prevladuje nagib ≤ 6 %, kar pomeni ravninsko območje. Boniteta tal je odvisna od lastnosti tal, klime, reliefa in posebnih vplivov se ugotavljajo po merilih za bonitiranje zemljišč. Na Apaškem polju prevladuje boniteta med 36 in 50 točkami na 36 % površin. Kar 27 % površin ima boniteto 51 - 60 točk (slika 1). Prevladuje kmetijska raba, saj predstavljajo kar 56,6 % površin Apaškega polja njive. Najmanjšo površino zavzemajo kmetijska zemljišča poraščena z drevjem.



Slika 1: Vhodni podatki (bonitetne točke, nagib, namakalni sistemi, osuševalni sistemi, komasacije, trajni nasadi, lokalne značilnosti), ki smo jih uporabili za potrebe prostorske analize po Pravilniku o podrobnejših pogojih za določitev predloga območij trajno varovanih kmetijskih zemljišč iz leta 2017 ter izbrana vodovarstvena območja.

Ljubljansko barje in okolica Ljubljane leži na nadmorski višini od 280 do 780 m. Povprečna letna količina padavin je od 1200 do 1800 mm, povprečne temperature dosežejo od 6 do 10 °C. Na območju Ljubljanskega barja prevladujejo šotna tla nizkega barja in molični gleji, v okolici prevladuje rendzina na apnencih in dolomitih kar pomeni plitva tla. Na območju Ljubljanskega barja z okolico prevladuje nagib ≤ 6 (55,6 %). Kljub temu je boniteta tal majhna, saj ima kar 79 % površine boniteto ≤ 35 . Vzrok so šotna-glejna tla. V kmetijstvu prevladuje raba njivskih površin (9,4%), najmanj je trajnih rastlin na njivskih površinah.

Dravsko-Ptujsko polje leži na nadmorski višini od 200 do 600 m, povprečna letna količina padavin je 800 - 1200 mm. Povprečna temperatura doseže od 8 do 12°C. Prevladujejo gleji, prisotna so tudi evtrično-distrična rjava tla in obrečna tla (Atlas okolja, 2018). Na Dravsko-Ptujskem polju prevladuje nagib ≤ 6 (69 %), kar v praksi pomeni prevladujoče ravninsko območje. Boniteta je zelo raznolika. Največji delež skupne površine ima boniteto ≤ 35 , vendar ima kar 24 % površine od 61 do 100 bonitetnih točk, 23 % površine ima boniteto med 36 in 50, 16 % pa med 51 in 60. V kmetijstvu prevladuje njivska raba površin in sicer kar 43,5 %. Najmanjšo površino zavzema gozd.

Selniška dobrava leži na nad nadmorski višini od 250 do 800 m. Povprečna letna količina padavin je od 1200 do 1300 mm, povprečne temperature pa dosežejo 8–10 °C. Glede na majhno površino, ima to območje zelo raznolika tla. Prevladujejo evtrično-distrična rjava tla, najdemo tudi obrečna tla in ranker (Atlas okolja, 2018). Prevladuje nagib ≤ 6 (50 %), vendar ima skoraj 31 % površine nagib ≥ 25 . Boniteta tal Selniške dobrove je nizka, saj ima kar 62 % površine boniteto ≤ 35 . V kmetijski rabi prevladujejo trajni travniki, ki predstavljajo 14,6 % površine, najmanj kmetijskih zemljišč pa je v kategoriji neobdelanih kmetijskih zemljišč (0,4 %).

2.2 Viri, analiza podatkov in določanje območij TVKZ

Podatke, potrebne za prostorsko analizo, smo pridobili na različnih institucijah. Na Geodetski upravi Republike Slovenije smo pridobili prostorske sloje digitalnega modela nadmorskih višin (priprava sloja nagiba), zemljiškega katastra, bonitete zemljišč, državne meje, občinskih meja, digitalne ortofoto posnetke. Na Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano smo pridobili sloje dejanske rabe, komasacijskih območij, namakalnih in osuševalnih sistemov. Na Ministrstvu za kulturo smo pridobili sloj lokalnih značilnosti kmetijske pridelave in rabe kmetijskih zemljišč – podatek o površinah z oznako »kulturna krajina«. Na Agenciji Republike Slovenije za okolje smo dobili sloj vodovarstvenih območij. Za prostorsko analizo je bil uporabljen geografsko informacijski sistem Esri ArcGis 10.5.1. Pridobljeni podatki so bili urejeni ter statistično obdelani s programom MS office Excel 2016. Za dokazovanje hipoteze smo uporabili program R (verzija 64 3.2.2), ki se uporablja za statistične analize.

Karta skupnih točk je izdelana iz združenih slojev bonitete, nagiba, osuševalnih sistemov, namakalnih sistemov, komasacij, lokalnih značilnosti ter trajnih nasadov. Tem slojem so bili določeni točkovni in opisni kriteriji (preglednica 1), iz katerih smo pridobili skupne točke za določitev območij TVKZ. Zemljišča smo vrednotili po kriterijih pravilnika o podrobnejših pogojih (Pravilnik ..., 2017). Zaradi obsežne podatkovne zbirke smo za nadaljnjo analizo izbrali štiri območja, na katerih se nahajajo vodovarstvena območja in so določena z uredbami. Ta območja so Apaško polje, Dravsko-Ptujsko polje, Ljubljana z okolico in Selniška dobrava. Vsa štiri območja predstavljajo 3,6 % površine celotne države.

Preglednica 1: Opisni in točkovni kriteriji po posameznih pogojih za določanje območij TVKZ (Pravilnik ..., 2017)

	Boniteta zemljišč	Nagib (%)	Koma- sacija	Osuše- vanje	Nama- kanje	Trajni nasadi	Lokalne značilnosti
Opisni kriteriji	$\geq 61-100$	≤ 6				Intenzivni	
	$\geq 51-60$	7-11	Da	Da	Da	Ekstenzivni	Da
	$\geq 36-50$	12-24				Ne	
	≤ 35	≥ 25	Ne	Ne	Ne		Ne
↓							
Točko vni kriteriji	8	3	1	2	3	2	1
	6	2				1	
	3	0	0	0	0	0	0
	1	0					

Prvi korak: V programu ArcGis je bilo najprej potrebno uvoziti podatke. Uporabljenim slojem je bilo potrebno urediti atributne tabele in določiti opisne ter točkovne kriterije, kot prikazuje preglednica 1. Zaradi razdrobljenosti podatkov pri komasacijah smo jih morali pred nadaljnjo uporabo najprej združiti z orodjem UNION.

Drugi korak: Iz sloja VVO na državni ravni smo z orodjem CLIP izrezali štiri izbrana območja. Iz slojev bonitetnih točk, osuševalnih in namakalnih sistemov, lokalnih značilnosti, komasacij ter trajnih nasadov smo izrezali podatke za obravnavana VVO. Vsakemu novemu sloju smo izračunali površino območij.

Tretji korak: Podatke za nagib smo pridobili iz sloja DMV (digitalni model višin). Najprej smo vhodni sloj z orodjem SLOPE spremenili v sloj Nagib, pri katerem je naklon izražen v odstotkih. Potem smo uporabili orodje INT, ki vsako vrednost celice zaokroži na celo število. Zaradi velikega obsega podatkov smo z orodjem EXTRACT BY MASK pridobili podatke samo za štiri izbrana območja. Posamezne raste smo v vektorski sloj spremenili z uporabo orodja RASTER TO POLYGON in z orodjem DISSOLVE združili enakovredne razdrobljene podatke. Končanemu sloju smo uredili tabelo, določili opisni ter točkovni kriterij in izračunali površino.

Četrti korak: Po rezanju ter urejanju slojev je sledilo združevanje. Vseh sedem izrezanih slojev in sloj VVO je bilo združenih v končni sloj. Vsako izbrano območje ima svoj sloj.

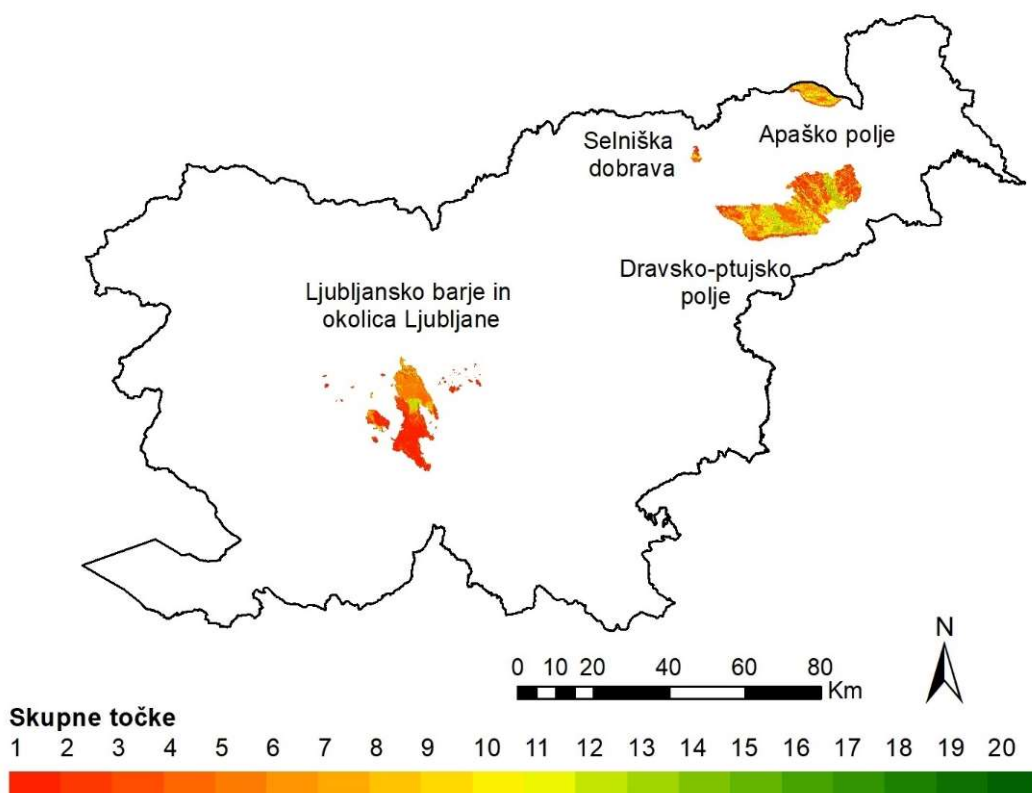
Peti korak: Končnim slojem je bilo potrebno urediti atributno tabelo. V tabeli je pri združevanju slojev prišlo do odstopanj. Pri boniteti in nagibu se je pojavljalo število -1. Najpogosteje je do tega prihajalo na meji države. Pri primerjavi bonitete ter meje Slovenije smo ugotovili, da je bila uporabljena drugačna podlaga za boniteto. Pojavile pa so se tudi nepravilnosti med posameznimi parcelami. Površine s številom -1 smo z uporabo orodja MERGE združili s parcelami, ki so imele podobne lastnosti. Vsakemu končnemu sloju smo izračunali skupne točke, ki so sestavljene iz posameznih točkovnih kriterijev združenih slojev (brez VVO) ter skupno površino.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Območja TVKZ so po modelu primernosti (Pravilnik TVKZ) točkovana s točkami od 1 do 20 (slika 2). V našem primeru je bil razpon točk od 1 do največ 15. Razlika med posameznimi območji ni velika a je ta ocena relativna. Največji razpon točk je doseglo Dravsko-Ptujsko polje (1-15), sledijo Apaško polje (1-14), Ljubljansko barje z okolico Ljubljane (1-14) ter Selniška dobava (1-13).

Preglednica 2: Tehtano povprečje števila točk po modelu primernosti za določitev območij TVKZ (Pravilnik ..., 2017) za izbrana vodovarstvena območja

Tehtano povprečje števila doseženi točk					
	Območje zajetja	Najožje območje	Ožje območje	Širše območje	Skupaj
Apaško polje	9	6	8	7	7
Ljubljansko barje in okolica Ljubljane	10	7	4	4	4
Dravsko- Ptujsko polje	10	9	7	7	7
Selniška dobava	3	4	6	2	4



Slika 2: Karta doseženih točk po modelu primernosti za določitev območij TVKZ na izbranih vodovarstvenih območjih

Med različnimi stopnjami varovanja so razlike med skupnimi točkami, kot jih določajo točkovni kriteriji iz pogojev za določanje območij trajno varovanih kmetijskih zemljišč. Zelo pomembna dejavnika večjega števila točk sta boniteta zemljišč in nagib, ki zaradi ravnega terena in za kmetijsko pridelavo dobrih lastnosti tal močno vplivata na visoko število točk po modelu primernosti za določitev območij TVKZ.

Na VVO so določene omejitve (npr. omejitve uporabe sredstev za varstvo rastlin, organskih in mineralnih gnojil) za kmetijsko dejavnost, zaradi česar imajo kmetovalci zdržke do kmetovanja na teh zemljiščih, oziroma za kmetovalce predstavlja omejitev pri uporabi zemljišč. Kmetijska zemljišča na VVO imajo glede na izračun iz te študije večje število skupnih točk pri določevanju TVKZ kot območja, ki niso vključena v VVO, prav tako izkazujejo večjo boniteto (preglednica 3), kar pomeni, da jih je smiselno vključiti med TVKZ ne glede na omejitve za kmetijstvo na VVO.

Preglednica 3: Tehtano povprečje bonitete in doseženih točk po modelu primernosti za določitev območij TVKZ za obravnavana VVO na izbranih občinah za, parcele občine, ki niso vključene v VVO in za parcele občine, ki so vključene v VVO

Tehtano povprečje bonitete				
VVO→	Apaško polje	Lj. barje in okolica Lj.	Dravsko-ptujsko polje	Selniška dobrava
	45	28	44	36
Občina →	Apače	Ljubljana	Videm	Selnica ob Dravi
Celotna površina	45	37	40	28
Zemljišča izven VVO	38	36	37	27
Zemljišča na VVO	45	37	49	36
Tehtano povprečje točk po modelu primernosti za določitev območij TVKZ				
Celotna občina	7	4	5	2
Izven VVO	3	4	4	2
Na VVO	7	5	8	4

4 SKLEPI

Varovanje voda in kmetijstvo sta tesno povezana. Z zavarovanjem vodovarstvenih območij se zavarujejo tudi okoliška kmetijska zemljišča. Če so zavarovana območja v okolici vodnih virov, so s tem zavarovana tudi kmetijska zemljišča, ki spadajo v vodovarstvena območja. Vendar je kmetovanje na VVO oteženo, saj je veliko omejitev, ki jih je potrebno upoštevati.

Prostorske analize za štiri izbrana VVO v Sloveniji so pokazale, da imajo zemljišča na VVO večjo boniteto (v skladu z metodologijo točk določeno v pravilniku o bonitiranju), manjši nagib in zato večje skupne točke po TVKZ, kot jih določa točkovni kriterij po modelu primernosti za določitev območij TVKZ.

Rezultati kažejo tudi na konflikt interesov med zaščito vodnih virov in pridelavo hrane. A bi lahko s trajnostnimi pristopi v kmetijstvu, vlaganjem v znanje s področja dobrih kmetijskih praks pri gnojenju in namakanju spodbujali kmetijska gospodarstva v prestrukturiranju iz

živinoreje, ki ustvarja presežke hrani, v do okolja bolj trajnostne kmetijske prakse, ki so ekonomsko bolj učinkovite in podprte z digitalnimi odločitveni sistemi.

5 LITERATURA

Atlas okolja. 2018. Geoportal.

http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (4. 4. 2018)

Bricelj, M. 2005. Slovenija – vodna učna pot Evrope. V: Slovenija – vodna učna pot Evrope. Plut D. (ur.). Ljubljana, Filozofska fakulteta: 21-26

Pintar, M., Mlakar, A., Grčman, H., Glavan, M., Zupan, M. 2015. Strokovna podlaga za pripravo uredbe, ki bo določala območja za kmetijstvo in pridelavo hrane, ki so strateškega pomena za Republiko Slovenijo. Naročnik: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 86 str.

Plut, D. 2005. Slovenija - evropski vodni mozaik. V: Slovenija – vodna učna pot Evrope. Plut D. (ur.). Ljubljana, Filozofska fakulteta: 27-34

Pravilnik o določanju in vodenju bonitete zemljišč. 2008. Ur. l. RS, št. 47/08

Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja. 2004. Ur. l. RS, št. 64/04

Pravilnik o podrobnejših pogojih za določitev predloga območij trajno varovanih kmetijskih zemljišč ter o podrobnejši vsebini strokovnih podlag s področja kmetijstva. 2017. Ur. l. RS, št. 55/17

Strategija za izvajanje resolucije o strateških usmeritvah razvoja slovenskega kmetijstva in živilstva do leta 2020. 2014. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje: 160 str.

Zakon o kmetijskih zemljiščih. 2011. Ur. l. RS, št. 71/11

Zakon o vodah. 2002. Ur. l. RS, št. 67/02

Izgube zrnja pri žetvi soje (*Glycine max* L.)

Filip VUČAJNK³¹, Igor ŠANTAVEC³², Rajko BERNIK³³, Stanislav TRDAN³⁴ in Matej VIDRIH³⁵

Izveček

Izgube pri žetvi soje lahko znašajo tudi 15 % ali več. V poskusu smo želeli ugotoviti vpliv višine žetve na izgube zrnja pri žetvi soje na razgibanem terenu z vzdolžnim naklonom 5 %. Poskus smo postavili v letu 2019 v Globodolu pri Mirni Peči na srednje težkih tleh. Višina žetve s kombajnom Claas Dominator 98 VX je znašala 8 cm, 13 cm in 18 cm. Kombajn je bil opremljen s klasičnim tangencialnim mlatilnim sistemom in prstno kosilnico za žetev žit. Določili smo izgube pred žetvijo in izgube zaradi kombajna med žetvijo. Pri najnižji višini žetve (8 cm) so skupne izgube znašale 6 % (264 kg/ha), medtem ko pri najvišji višini žetve (18 cm) celo 28 % (1.296 kg/ha). S povečanjem višine se povečajo izgube zaradi nepokošenih najnižje ležečih strokov. Sicer so poleg nepokošenih strokov glavni delež predstavljale izgube zaradi izpadlih zrn na kosilnem delu in zdrobljena zrna. Slednje izgube bi lahko znižali z zmanjšanjem vrtilne frekvence mlatilnega bobna in povečanjem razdalje med bobnom in košaro. Z optimalno nastavitvijo kombajna, nizko višino žetve in primerno vlažnostjo soje smo lahko na rahlo nagnjenem terenu zmanjšali izgube na okoli 5 %.

Ključne besede: kmetijski stroji, kombajn, izgube zrnja, soja, višina žetve

Soybean (*Glycine max* L.) grain losses at harvest

Abstract

Grain loss at soybeans harvest can reach 15 % or even more. In our trial we try to determine the effect of cutting height on grain losses at soybeans harvest on longitudinal sloping terrain with 5 % slope. In 2019 the field trial was set in Globodol by Mirna Peč on middle heavy soil. The cutting height of combine harvester Claas Dominator 98 VX amounted to 8 cm, 13 cm and 18 cm. It was equipped with classical tangential threshing system and finger cutterbar for cereals. Grain losses before harvest and losses due to combine harvester were determined. At the lowest cutting height the total losses amounted 6 % (264 kg/ha), while at the highest cutting height even 28% (1296 kg/ha). By increasing cutting height increased the losses due to uncutted lowest lying pods. Otherwise beside uncutted pods, the main share presented the header loss due to loose grain and broken grain. The latter loss could be lowered by decreasing the rotational frequency of threshing drum and by enlarging the distance between drum and concave. With optimal setting of combine harvester, low cutting height and suitable grain moisture the grain losses on the sloped terrain can be lowered to around 5%.

Key words: agricultural machinery, combine harvester, grain loss, soybeans, harvest height

1 UVOD

Žetev soje (*Glycine max* L.) je problematična zaradi relativno velikih izgub zrnja, ki lahko znašajo tudi do 20 % (Hahn in Miedaner, 2013). Povprečne izgube sicer znašajo okoli 10 %. Glavni razlog izgub zrnja je v neprimerni rabi kmetijske tehnike, še posebej, če je posevek poležan, zapleveljen ali je teren razgiban. Izgube nastanejo zaradi osipanja zrnja pred žetvijo, strojne izgube pa predvsem na kosilnem in mlatilnem delu (Brkić in sod., 2002). Izgube lahko

³¹ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: filip.vucajnk@bf.uni-lj.si

³² Dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: igor.santavec@bf.uni-lj.si

³³ Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: rajko.bernik@bf.uni-lj.si

³⁴ Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: stane.trdan@bf.uni-lj.si

³⁵ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: matej.vidrih@bf.uni-lj.si

zmanjšamo s kakovostno predsetveno pripravo tal, izbiro odpornih sort na poleganje in sort, ki imajo najnižje stroke postavljene višje od tal. Žetev naj bi se izvedla pri optimalni vlažnosti zrnja (13 in 14 %) in pri nižji višini košnje. Nizko višino košnje je mogoče doseči z uporabo fleksibilnega kosilnega dela (hedra). Kakovost žetve je odvisna od višine izgub zrnja in od deleža poškodovanih oz. zlomljenih zrn (Sumner in Williams, 2012). Izgube na kosilnem delu se pojavijo zaradi agresivnega delovanja motovila in kosilnega dela. Brkić in sod. (2002) so ugotovili značilno nižje izgube pri žetvi soje s fleksibilnim hedrom v primerjavi s standardnim žitnim hedrom. Izgube na pretresalih in čistilnem delu so pri žetvi soje majhne v primerjavi z izgubami na kosilnem delu. Izgube zrnja se delijo v dve skupini, in sicer izgube pred žetvijo in izgube med spravilom. Izgube pred žetvijo se zgodijo zaradi osipanja zrnja iz strokov zaradi ptičev, prehodov divjadi, vremenskih in ostalih dejavnikov. Huiting (2000) navaja, da pomenijo štiri zrna na površini tal 0,0929 m² izgubo zrnja 67 kg/ha pri absolutni masi 156,2 g. Če znaša absolutna masa 125 g, je za isto izgubo zrnja na hektar potrebno pet izgubljenih zrn na 0,0929 m².

Izgube na kosilnem delu pri spravilu soje predstavljajo 90 % celotnih izgub (Butzen, 2006). Te izgube zajemajo stroke, ležeče pod višino košnje, in osipana zrna zaradi tresenja rastlin ob košnji. V posevkih soje s široko medvrstno razdaljo (75 do 95 cm) je potrebno žetev izvesti nekoliko pod kotom glede na smer setve. Na ta način se zmanjšajo izgube na kosilnem delu. Pri soji, ki je sejana strnjeno (žitna sejalnica), je polnjenje kosilnega dela bolj enakomerno in so izgube manjše. Fleksibilni kosilni del z avtomatsko kontrolo višine košnje je najprimernejši za žetev soje (Huiting, 2000). V primerjavi s klasičnim kosilnim delom se izgube lahko zmanjšajo do 30 %. Na heder so lahko nameščene pred motovilom tudi šobe za zrak, tako da zračni tok potisne zrnje proti zbiralni mizi (Hahn in Miedaner, 2013). Ta sistem se imenuje Air Reel in se večinoma uporablja v ZDA. Podoben sistem vgrajujejo v hedre tudi nekateri evropski proizvajalci (Geringhoff, 2020).

S povečanjem hitrosti žetve se povečajo tudi izgube zrnja. Pri tem pride tudi do povečanja višine žetve. Nepravilna hitrost motovila lahko tudi doprinese k izgubam. Hitrost motovila mora biti od 10 do 25 % višja kot je vozna hitrost kombajna.

Večletne študije kažejo (Staton, 2020), da pri pozni žetvi nastanejo izgube zrnja v višini 0,2 % oz. 11 kg/ha na dan. Tudi poškodbe zrna so najmanjše pri 12 do 15 % vlažnosti. Isti avtor navaja, da so manjše izgube pri žetvi soje, če je vlažnost zrnja od 14 do 16 % kot pa pri vlažnosti zrnja 11 % in manj. Pri manjši vlažnosti zrna se poveča nevarnost osipanja zrnja.

Na splošno je soja nezahtevna za mlatenje. Obodna hitrost mlatilnega bobna naj znaša od 13 do 18 m/s, kar pomeni običajno vrtilno frekvenco bobna 400-600 min⁻¹. Skozi mlatilno košaro pade več kot 90 % zrn. Če je mlatilni del pravilno nastavljen so izgube minimalne. Soja z vlažnostjo med 8,5 in 13 % potrebuje majhno vrtilno frekvenco mlatilnega bobna. Če je vrtilna frekvenca bobna višja od 750 min⁻¹, lahko pride do drobljenja zrnja (Brkić in sod., 2002).

Izgube lahko zmanjšamo z nižanjem vozne hitrosti, pravilno razdaljo med mlatilnim bobnom in košaro, pravilno vrtilno frekvenco bobna, nastavitvijo sit in zračnega toka, vrtilno hitrostjo motovila in čim nižjo višino košnje. Hitrost žetve naj ne bi presegala 5 km/h, sicer se rastline nagnetejo v kosilnem delu in nastanejo izgube. Če je višina košnje prevelika in neenakomerna, lahko tudi nastanejo izgube. Pri zapleveljenem posevku hitrost žetve ne sme presegati 3 km/h. Obodna hitrost bobna mora biti najnižja mogoča, da se ne poškodujejo zrna. Bolj kot je suha soja, nižja mora biti vrtilna frekvenca bobna in večji razmak med bobnom in košaro. Pretok zraka na puhalu je potrebno povečati pri žetvi suhe soje. Zrnje soje zelo hitro odvaja vlago iz zrnja, lahko pa jo zopet pridobi (ISUE, 2008). Hahn in Miedaner (2013) navajata, da lahko vlažnost zrnja tekom dneva pade iz 15,3 % zjutraj na 9,9 % opoldne.

Namen poskusa je bil ugotoviti vpliv višine košnje na izgube pri žetvi soje s klasičnim žitnim hedrom na razgibanem terenu z vzdolžnim naklonom 5 %. Ovrednotili smo izgube zrnja, ki nastanejo pred žetvijo in izgube, ki nastanejo ob spravilu.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poskus smo izvedli v letu 2019 v Globodolu pri Mirni Peči. Njiva je bila jeseni 2018 preorana z obračalnim plugom. Spomladi pred predsetveno pripravo tal smo potrosili 500 kg PK 14-28. Predposevek je bila silažna koruza. Nato smo tla istočasno obdelali z vrtavkasto brano in sojo posejali s sejalnico Amazone D9 SUPER za strnjeno setev na medvrstno razdaljo 25 cm. Setev je bila opravljena dne 11. 5. 2019. Velikost parcele je bila 1 ha. Uporabili smo sorto Pioneer PR91M10, zrelostne skupine od 0 do 00. Gostota setve je znašala 400.000 zrn/ha. Pred vznikom smo izvedli škropljenje s talnim herbicidom DUAL GOLD 960 EC (a.s. S-metolaklor) v odmerku 1,3 l/ha. Po vzniku smo škropili s herbicidom BASAGRAN 480 (a.s. bentazon) v deljenem odmerku (2x 1 l/ha) v razmaku 14 dni.

Žetev soje smo opravili 4. 10. 2019 s kombajnom Claas Dominator 98 VX, ki ima klasični tangencialni mlatilni sistem s 5 pretresali. Imenska moč kombajna znaša 147 kW. Kombajn je bil opremljen s klasičnim fiksnim kosilnim delom z motovilom, ki se uporablja za žetev žit. Hitrost žetve je znašala 4 km/h. Obravnavali smo tri višine žetve. Prva višina žetve je znašala 8 cm, druga 13 cm in tretja 18 cm. Poskusno polje leži na rahlo nagnjenem terenu z vzdolžnim nagibom 5 %. Vrtilna frekvenca mlatilnega bobna je znašala 600 min⁻¹. Na kombajnu je bil nameščen kosilni del širok 4,5 m in sestavljen iz dveh polovic, ki se hidravlično zložijo v transportni položaj (Claas C 450). Pri žetvi je bilo vključena slamoreznica na zadnjem delu kombajna. Žetev je bila opravljena v popoldanskem času, ko je bila vlažnost soje med 12,5 in 14,7 %.

Tik pred žetvijo smo na površini 1 x 1 m z metrom izmerili višino od tal do najnižjega stroka in višino rastlin na 50 rastlinah. Prešteli smo stebela na površini 30 x 30 cm v 10 ponovitvah in izračunali gostoto stebel na m². Določili smo izgube pred žetvijo in izgube pri žetvi zaradi kombajna. Pred žetvijo smo s kovinskim okvirjem površine 30 x 30 cm prešteli izpadla zrna na tleh v 9 ponovitvah. Za izračun absolutne mase zrnja smo stekali v 10 ponovitvah maso 100 zrn. Na podlagi tega smo preračunali izgube pred žetvijo v kg/ha.

Med žetvijo smo pri vsaki višini košnje merili izgube zrnja na kosilnem delu, izgube na pretresalih in čistilnem delu ter izgube zaradi zdrobljenih zrn v zalogovniku. Pri meritvah izgub zrnja na kosilnem delu in izgub zaradi zdrobljenih zrn je bilo 9 ponovitev, medtem ko pri meritvah izgub na pretresalih in čistilnem delu pa 6 ponovitev.

Izgube na kosilnem delu smo merili tako, da je kombajn na koncu parcele zapeljal nazaj za približno 10 m. Nato smo na tem delu na 9 mestih prešteli število zrn, ki so se nahajala znotraj kovinskega okvirja na tleh površini 0,09 m² (30 x 30 cm). Poleg tega smo prešteli še zrna v strokih na površini 0,09 m², ki niso bila pokošena.

Izgube na pretresalih in čistilnem delu smo merili s pomočjo merilnih posod Feiffer, dimenzije 100 x 25 cm. Na koncu smo določili še izgube zaradi zdrobljenih zrn v zalogovniku, tako da smo prešteli zdrobljena zrna od 100 zrn v devetih ponovitvah. Na podlagi absolutne mase zrnja smo izračunali izgube zrnja v kg/ha po posameznih sklopih.

Za vsako višino košnje pri žetvi je bil narejen 1 prehod kombajna. Na koncu smo stekali maso iz tega prehoda z merilno tehtnico in izmerili vlažnost zrnja z merilnikom vlage zrnja Pfeuffer HE 50. Na podlagi tega smo izračunali pridelek pri 14 % vlažnosti zrnja.

Za statistično analizo smo izvedli enosmerno analizo variance. Uporabili smo Duncanov test mnogoterih primerjav ($\alpha=0,05$). Podatke smo predstavili grafično z vrtilnimi grafikoni z ročaji.

Ročaji predstavljajo standardno napako. Statistične razlike so prikazane z različnimi črkami. Za višino strokov od tal, višino rastlin in gostoto stebel smo izračunali mere absolutne in relativne variabilnosti.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Parametri posevka pred žetvijo

Povprečna višina rastlin v posevku je bila 87 cm ob povprečni gostoti 150 stebel na m². Povprečna višina spodnjih strokov je znašala dobrih 9 cm, kar pomeni, da bi morala biti višina žetve nižje od te višine. Povprečna absolutna masa zrnja je bila 194 g. To smo uporabili za preračun izgub zrnja v kg/ha (pregl. 1).

Preglednica 1: Povprečja in mere variabilnosti za višino strokov od tal, višino rastlin, gostoto stebel in absolutno maso zrnja

	Povprečje	Standardni odklon	Koeficient variacije (%)	Standardna napaka	Min.	Maks.	Razpon
Višina strokov od tal (cm)	9,4	3,5	37	0,5	2	17	15
Višina rastlin (cm)	87	7	8	1	67	103	36
Gostota stebel (stebel/m ²)	150	33	22	10	100	189	89
Absolutna masa (g)	194,1	6,8	3,5	2,0	181,5	207,3	25,8

3.2 Izgube

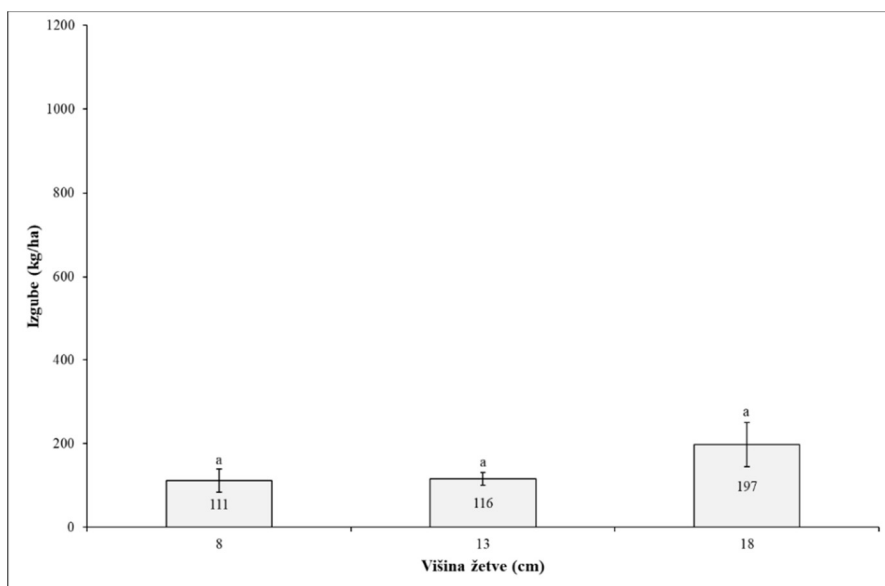
Ugotovljene izgube pred žetvijo so bile zelo majhne in statistično enake pri vseh treh obravnavanih višinah žetve (preglednica 2). Rezultati se skladajo z ugotovitvami drugih avtorjev, da predstavljajo izgube pred žetvijo majhen delež celotnih izgub. Le če je vlažnost zrnja pod 11 %, se delež teh izgub poveča zaradi osipanja zrnja (odpiranje strokov) (Hahn in Miedaner, 2013; Brkić in sod., 2002). V poskusu je bila vlažnost zrnja pri žetvi optimalna, med 12,5 in 14,7 %.

Preglednica 2: Izgube zrnja pred žetvijo

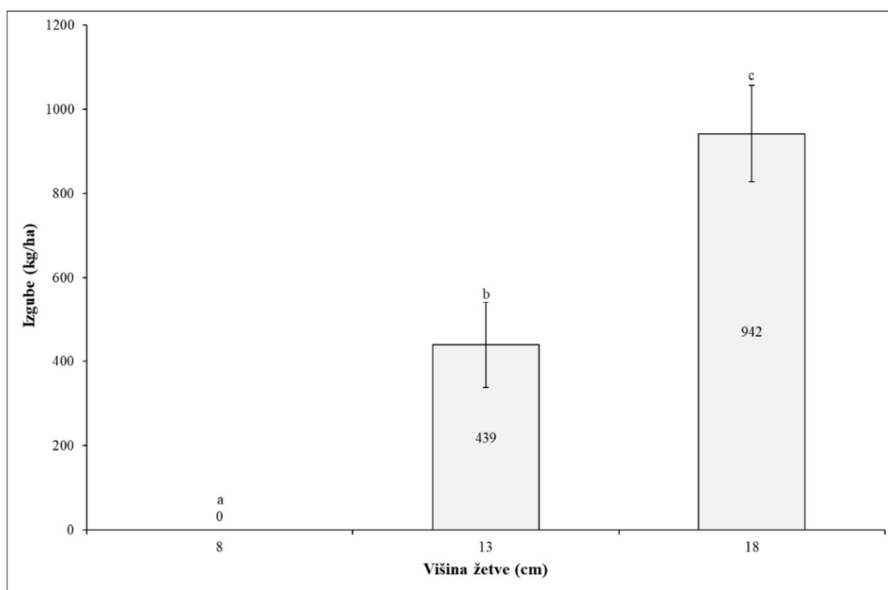
Višina žetve (cm)	Izgube (kg/ha)
8	0 ± 0 a
13	0 ± 0 a
18	12 ± 8 a

Izgube na kosilnem delu smo razdelili na izgube zaradi osutih zrn (slika 1) in izgube zaradi zrn v strokih, ki so ostali nepokošeni (slika 2). Med različnimi višinami žetve ni bilo razlik v izgubah zaradi izpadlih zrn na kosilnem delu. Te so znašale od 111 do 197 kg/ha. Izgube zaradi nepokošenih strokov so se statistično povečevale s povečevanjem višine žetve (slika 2).

Največje izgube so bile pri višini košnje 18 cm, medtem ko pri višini košnje 8 cm izgub ni bilo. Izkazalo se je, da je pri žetvi soje pomembno žeti čim nižje in dobro prilagajati kosilni del neravninam na tleh. S tem lahko zmanjšamo izgube na minimum. Ker v Sloveniji fleksibilnih kosilnih delov za žetev soje nimamo, je potrebno klasične kosilne dele čim bolj približati k tlom, tako da še ne zajemajo zemljine in da zajamejo vse stroke.



Slika 1: Izgube zaradi izpadlih zrn na kosilnem delu



Slika 2: Izgube zaradi nepokošenih strokov na kosilnem delu

Na splošno so bile dokaj visoke izgube zaradi zdrobljenih zrn v zalogovniku, ne glede na višino žetve (pregl. 3). Znašale so od 114 do 124 kg/ha. To pomeni, da je bila v našem primeru vrtilna

frekvenca mlatilnega bobna previsoka ali je bil premajhen razmik med bobnom in košaro. Feiffer in Münchhoff (2013) poleg teh omenjenih dveh parametrov priporočata povišanje vozne hitrosti in zmanjšanje povratnega voda zrnja na mlatilni boben. Na pretresalih in čistilnem delu so bile izgube zrnja majhne, kar nakazuje na pravilno nastavitvev puhala za zrak in odprtosti sit. Tako nizke izgube so bile pričakovane, kar poročajo tudi drugi avtorji (Brkić in sod., 2002; Hahn in Miedaner, 2013).

Preglednica 3: Izgube zaradi zdrobljenih zrn in izgube na pretresalih in čistilnem delu, skupne izgube ter pridelek in vlažnost zrnja pri žetvi soje

Višina žetve (cm)	Zdrobljena zrna (kg/ha)	Izgube na pretresalih in čistilnem delu (kg/ha)	Skupne izgube (kg/ha)	Odstotek izgub od pridelka 4600 kg/ha (%)	Pridelek pri 14 % vlažnosti zrnja (kg/ha)	Vlažnost zrnja ob žetvi (%)
8	114 ± 10 a	39 ± 12 a	264 ± 28 a	6	4333	13,7
13	124 ± 13 a	28 ± 7 a	707 ± 106 b	15	3810	14,7
18	121 ± 12 a	24 ± 4 a	1296 ± 120 c	28	3488	12,5

Skupne izgube so zbrane v preglednici 3. Z večanjem višine žetve se značilno večajo skupne izgube zrnja. Izračunali smo še odstotek izgub od teoretičnega pridelka, ki znaša 4.600 kg/ha pri 14 % vlažnosti. Pri najnižji višini žetve 8 cm smo dosegli pridelek 4.333 kg/ha in če prištejemo še 264 kg/ha izgub, to skupaj znaša okoli 4.600 kg/ha. Pri višini žetve 8 cm so bile skupne izgube torej 6 %. S povečanjem višine žetve na 13 cm oz. 18 cm so se izgube povečale na 15 % oz. 28 %. Največji delež pri teh dveh višinah žetve predstavljajo nepokošeni stroki. Rezultati se skladajo z ugotovitvami Hahna in Miedanerja (2013), da se lahko izgube pri spravi soje ob neprimerni višini košnje povečajo na 15 % ali več. Skladno z izgubami je bil tudi pridelek zrnja nižji pri višji višini žetve. Vlažnost zrnja je bila optimalna pri žetvi (pregl. 3).

V preglednici 4 so predstavljene izgube ob žetvi soje po posameznih sklopih v odstotkih. Pri višini žetve 13 in 18 cm je bil najvišji odstotek izgub zaradi nepokošenih strokov. Izgube zaradi izpadlih zrn na tleh in zaradi zdrobljenih zrn so bile dokaj podobne pri vseh proučevanih višinah žetve. Na pretresalih in čistilnem delu so bile izgube zrnja primerljive z navedbami iz literature (Brkić in sod., 2002).

Preglednica 4: Odstotek izgub po posameznih sklopih

Višina žetve (cm)	Pred žetvijo (%)	Izpadla zrna (%)	Nepokošeni stroki (%)	Pretresala, čistilni del (%)	Zdrobljena zrna (%)
8	0	2,4	0	0,8	2,4
13	0	2,5	9,5	0,6	2,7
18	0,3	4,3	20,4	0,5	2,6

V poskusu se je pokazalo, da bi lahko z bolj natančno nastavitvijo mlatilno čistilnega dela kombajna s klasičnim žitnim hedrom in s tem zmanjšanja izgub zaradi zdrobljenih zrn izgube znižali na skupne 4 % pri najnižji višini žetve (8 cm). Tako lahko tudi s klasičnim fiksnim kosilnim delom, ki prevladuje pri žetvi soje v Sloveniji, kakovostno požanjemo pridelek na razgibanem terenu. Pri tem je potrebno upoštevati nizko vozno hitrost žetve (5 km/h ali manj), nenehen nadzor nad višino žetve in delovanjem kosilnega dela, optimalno nastavitvev vseh

ostalnih sklopov na kombajnu ter žetev pri vlažnosti zrnja med 12 in 15 %. Najbolj je potrebno paziti na izgube na kosilnem delu, ker se lahko ob previsoki žetvi ali nepravilni nastavitvi hitro dvignejo nad 15 %, kar predstavlja veliko izgubo pridelka in v končni fazi tudi precejšnjo finančno izgubo (Hahn in Miedaner, 2013).

4 SKLEPI

S povečanjem višine žetve z 8 cm na 13 cm oziroma 18 cm so se povečale predvsem izgube zrnja na kosilnem delu zaradi nepokošenih spodnjih strokov.

Pri najnižji višini žetve 8 cm so skupne izgube zrnja dosegle 6 % in pri višini žetve 13 cm so se povečale na 15 %, pri višini 18 cm so se povečale na 28 %.

Ob skrbni nastavitvi višine žetve (8 cm) in mlatilno čistilnega dela kombajna ob primerni hitrosti žetve (4 km/h) se lahko tudi s klasičnim žitnim hedrom približamo sprejemljivim izgubam pri žetvi soje (4 %).

5 LITERATURA

Brkić, D., Vujčić, M., Šumanovac, L. 2002. Strojevi za žetvu in berbu zrnatih plodina. Osijek, Poljoprivredni fakultet u Osijeku: 238 str.

Butzen, S. 2006. Reducing Harvest Losses in Soybeans. Field Facts. Pioneer Du Pont. 1-2.

Feiffer, A., Münchhoff, K. 2013. Getreideernte. Technik optimal einsetzen. Frankfurt am Main, DLG Verlag: 120 str.

Geringhoff. 2020. Draper heads.

https://www.geringhoff.com/en/Products/Draper-Heads/TruFlex-TruFlex-Razor/p/gp_Truflex (november 2020)

Hahn, V., Miedaner, T. 2013. Sojaanbau in der EU. Frankfurt am Main, DLG Verlag: 120 str.

Huiting, G. 2000. Harvesting soybeans. In Arkansas soybean handbook. Arkansas, University of Arkansas: 131 str.

ISUE. 2008. Soybean Drying and Storage. Iowa, Iowa State University Extension: 2 str.

<https://www.extension.iastate.edu/grain/files/Migrated/soybeandryingandstorage.pdf> (december 2020)

Staton, M. 2020. Measuring soybean harvest losses. Michigan, Michigan State University Extension https://www.canr.msu.edu/news/measuring_soybean_harvest_losses (november 2020)

Sumner, P.E, Williams, E.J. 2012. Measuring field losses from grain combines. Georgia, The University of Georgia: 7 str.

Vpliv medvrstne razdalje, sorte in dodatne inokulacije semena pred setvijo na morfološke lastnosti rastlin, pridelek ter vsebnost beljakovin in maščob v zrnju soje

Miha SLAPNIK³⁶, Darja KOCJAN AČKO³⁷ in Marko FLAJŠMAN³⁸

Izvleček

V okviru EIP (Evropsko inovacijsko partnerstvo) projekta »Zrnate stročnice – pridelava, predelava in uporaba« smo izvedli več poljskih poskusov na kmetijskih gospodarstvih Kure (Bela krajina) in Grubič (Posavje), v katerih smo preučevali različne agrotehnične postopke in ukrepe pri pridelavi soje. Preizkusili smo vpliv različnih medvrstnih razdalj (12,5 cm, 25 cm in 37,5 cm), sort (ES Mentor, PR91M10 in Altona) in dodatne inokulacije semena pred setvijo (BiofixiN in Nitragin) na morfološke lastnosti, pridelek ter vsebnost beljakovin in maščob v zrnju soje. Še posebej nas je zanimal vpliv različnih inokulantov na oblikovanje in število bakterijskih nodulov na koreninah soje in vpliv vezave dušika na pridelek. Ugotovili smo, da je bil največji pridelek soje dosežen na kmetijskem gospodarstvu Grubič (4045 kg/ha) pri kombinaciji medvrstne razdalje 12,5 cm, sorte Altona in inokulanta Nitragin. Največjo vsebnost beljakovin je imelo zrnje sorte ES Mentor, in sicer (43,2 %) pri vključitvi dodatnega inokuliranja z Nitraginom. Največ nodulov je bilo zabeleženih v letu 2019 na kmetijskem gospodarstvu Grubič, v povprečju 125,5 na rastlino pri sorti ES Mentor, v kombinaciji z inokulantom Nitragin in medvrstno razdaljo 12,5 cm.

Ključne besede: soja, *Glycine max*, inokulacija semena, medvrstna razdalja, pridelek, beljakovine

Influence of sowing distance, variety and additional inoculation of seeds before sowing on plant morphological properties, yield and protein and fat content in soybean grain

Abstract

As part of the EIP project »Grain legumes - production, processing and use«, several field experiments were conducted, which examined various technological guidelines for soybean production in order to define the optimal approach. The influence of different sowing distances (12.5 cm, 25 cm and 37.5 cm), varieties (ES Mentor, PR91M1 and Altona) and inoculants (BiofixiN and Nitragin) on plant morphological properties, yield and content of biochemical substances in soybean grain were tested. We were particularly interested in the influence of different inoculants. In our study, the highest yields were achieved at the Grubič Farm (4045 kg/ha), where 12.5 cm inter-row distance, the variety ES Mentor and inoculant Nitragin was used. The highest protein (43.2%) and fat (21.5%) content was recorded in variety ES Mentor in combination with the Nitragin inoculant. The highest number of nodules was recorded in year 2019 on Grubič farm, averaging 125.5 nodules per plant, where ES Mentor variety, inoculant Nitragin and an inter-row distance of 12.5 cm were used.

Key words: Soybean, *Glycine max*, seed inoculation, sowing distances, yield, proteins

1 UVOD

Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) je vse od sredine sedemdesetih let najpomembnejši svetovni vir rastlinskih beljakovin. Zrela soja vsebuje približno 40 % beljakovin, 20 % olja, 17 % celuloze in hemiceluloze, 7 % sladkorja, 5 % vlaken in približno 6 % pepela (Popović in sod., 2012). V letu 2018 je sojino olje predstavljalo 60,9 % vsega rastlinskega olja v svetu (Abdelghany in sod., 2020).

³⁶ Mag. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: miha.slapnik@bf.uni-lj.si

³⁷ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: darja.kocjan@bf.uni-lj.si

³⁸ Dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: marko.flajsman@bf.uni-lj.si

Leta 2017 je bilo v Sloveniji s sojo posejanih največ njiv in sicer 2908 ha. V letih 2018 in 2019 so se površine njiv, posejanih s sojo, za polovico zmanjšale, leta 2020 pa ponovno povečale na 1642 ha (SURS, 2019). Pomembni dejavniki pri pridelavi soje so izbira ustrezne medvrstne razdalje v kombinaciji z izbiro sorte in uporabo inokuliranega semena s simbiotskimi bakterijami (Flajšman in sod., 2019). Samo z optimizacijo agrotehnike pridelave bo mogoče dosegati velike pridelke in ohranjati ali povečevati površine s sojo v Sloveniji.

Sposobnost, da bakterije na koreninskih gomoljčkih soje iz zraka vežejo dušik, ki se pozneje iz gomoljčkov sprošča v tla za naslednje posevke, uvršča sojo med pomembne člene kolobarja za različne pridelovalne sisteme. Pri setvi soje na območjih, kjer v tleh niso naravno prisotne simbiotske bakterije *Rhizobium japonicum* in *Bradyrhizobium japonicum*, je potrebno seme pred setvijo inokulirati. Na preživetje bakterij od nanosa do setve in na oblikovanje koreninskih gomoljčkov vplivajo različni dejavniki v tleh in okolju (Hungria in Vargas, 2000). Na simbiozo vplivajo pH tal, temperatura, vlažnost in slanost tal, vsebnost gline, organske snovi in različnih makro in mikro hranil (Thilakarathna in Raizada, 2017). Gnojenje z mineralnim dušikom lahko pozitivno vpliva na preživetje bakterij, saj poveča vsebnost ogljika in vlage v tleh (Zengeni in sod., 2006). Sočasno dodajanje mineralnega dušika lahko negativno vpliva na oblikovanje koreninskih gomoljčkov (Flajšman in sod., 2020). Ker pa zračno vezan dušik predstavlja do 60 % možne oskrbe rastlin z dušikom (Salvagiotti in sod., 2008), je zunanji vir dušika pomemben za doseganje nadpovprečnih pridelkov.

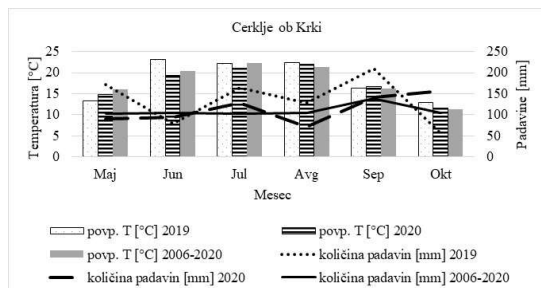
Pri soji razlikujemo tri oblike rasti: determinantno, poldeterminantno in nedeterminantno rast (Bernard, 1972). Lastnosti habitusa neke sorte so za normalen razvoj posevka zaradi tekmovanja med rastlinami ključnega pomena pri izbiri medvrstne razdalje. Medvrstna razdalja vpliva na pridelek, morfološke lastnosti rastlin in kemijske lastnosti semen zaradi sprememb pri prestrezanju svetlobe, evapotranspiraciji in prevzemanju vlage (Timlin in sod., 2001). Tekmovanje se lahko pokaže tudi na mikrobiološki ravni, še posebej pri ozki medvrstni razdalji, ko lahko pride do tekmovanja med sevi bakterij *Rhizobium japonicum*, česar posledica je manjše število oblikovanih gomoljčkov (Flajšman in sod., 2019).

V prispevku predstavljamo rezultate dvoletnih poljskih poskusov, ki smo jih izvedli v okviru projekta EIP »Zrnate stročnice - pridelava, predelava in uporaba«. Preučevali smo vpliv sorte, dodatne inokulacije semena pred setvijo in medvrstne razdalje pri setvi na pridelek, vsebnost beljakovin in maščob v pridelanem zrnju.

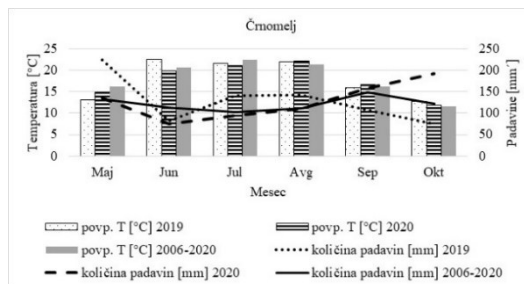
2 MATERIALI IN METODE

Makro poljske poskuse smo izvajali na kmetijskih gospodarstvih (KG) Grubič v občini Brežice in Kure v občini Gradac v letih 2019 in 2020. Na obeh KG smo obe leti sejali sorto ES Mentor, ki spada v zrelostni razred 00 in je poldeterminantne rasti. Na KG Grubič smo v letu 2019 sejali še sorto PR91M10, tudi iz zrelostnega razreda 00, ki je nedeterminantne rasti. V letu 2020 je bila na KG Grubič posejana še sorta Altona, ki spada v zrelostni razred 00 in ima poldeterminantno rast. Uporabili smo tri različne inokulacije semena: tovarniška inokulacija (kontrola), tovarniška inokulacija in dodatna sveža inokulacija semena pred setvijo s pripravkom NS-Nitratin (Inštitut za poljščine in zelenjavo, Novi Sad) ter tovarniška inokulacija in dodatna sveža inokulacija semena pred setvijo s pripravkom Biofixin (Agronomska fakulteta, Zagreb). Oba pripravka za dodatno inokulacijo sta vsebovala bakterije *Bradyrhizobium japonicum*. Za namene analiz nodulacije je bilo v fazi polnega cvetenja vzorčenih po trideset rastlin na obravnavanje. Rastline smo z lopato izruvali iz tal, nato pa zemljo s koreninske grude previdno raztopili v vodi, korenine z noduli osušili ter prešteli število nodulov. Določali smo različne morfološke in kemijske spremenljivke, in sicer povprečno

število nodulov na rastlino, višina do prvega stroka, pridelek z 9-odstotno vlažnostjo zrnja (kg/ha), vsebnost beljakovin (%) in maščob (%) v pridelanem zrnju. Pridelek smo vzorčili po obravnavanjih. Beljakovine in maščobe so bile analizirane samo v vzorcih poskusa iz leta 2019, in sicer po metodi NIR.



Slika 7: Povprečne mesečne temperature (°C) in količine padavin (mm) v Cerkljah ob Krki v letu 2019, 2020 in mesečno povprečje med letoma 2006 in 2020.



Slika 8: Povprečne mesečne temperature (°C) in količine padavin (mm) v Črnomlju v letu 2019, 2020 in mesečno povprečje med letoma 2006 in 2020.

Glede na lokacijo poskusa smo izbrali najbližjo merilno postajo za predstavitev vremenskih dejavnikov (sliki 1 in 2). V Cerkljah ob Krki je bilo v letu 2019 več padavin, kot so jih zabeležili v večletnem povprečju med letoma 2006 in 2020. V letu 2020 je bilo v primerjavi z večletnim povprečjem manj padavin v maju, juniju in avgustu. Temperature so bile v obeh letih višje od večletnega povprečja v avgustu, septembru in oktobru. V maju so bile temperature za obe leti nižje v primerjavi z večletnim povprečjem. V juniju in juliju pa so bile najnižje temperature v letu 2020. Jeseni je v obeh letih bilo več padavin v primerjavi z večletnim povprečjem.

V Črnomlju je bilo v letih 2019 in 2020 manj padavin v juniju, kot so jih zabeležili v večletnem povprečju med leti 2006 in 2020. Največ padavin je bilo izmerjenih julija in avgusta leta 2019. V maju so bile za obe leti izmerjene nižje temperature v primerjavi z večletnim povprečjem. Temperature so presegale večletno povprečje v obeh letih avgusta. V letu 2019 je bila jesen zelo suha v primerjavi z letom 2020, ko je bilo jeseni veliko padavin.

Pred izvedbo poskusov so bile na obeh kmetiji opravljene talne analize. Rezultati so predstavljeni v preglednici 1. Talni tip v letu 2020 so bila obrečna tla na karbonatih, v letu 2019 pa evtrični in distrični amfoglej. V obeh letih je bil predposevek koruza.

Poskus je bil zasnovan v šestih obravnavanjih z uporabo dveh različnih sort in treh načinov inokuliranja semena. V obeh letih je bila izvedena enaka obdelava tal: najprej oranje do globine 30 cm, sledila je obdelava s krožno brano in zatiranje plevelov s predsetvenikom. Izvedeno je bilo temeljno gnojenje s 167 kg/ha uree. Po setvi je sledilo valjanje posevka in oskrba s fitofarmaceutskimi pripravki: najprej škropljenje s herbicidom Stomp AQUA (1 l/ha) pred vznikom, pozneje pa dve škropljenji s pripravkoma Dual gold in Basagran s polovičnim odmerkom 1 l/ha v fazi razvoja prvega pravega lista in dvakrat s Harmony 7,5 g/ha v fazi razvoja četrtega pravega lista.

V letu 2019 je bila setev izvedena 9. maja in ponovna setev sorte ES Mentor 4. junija zaradi škode, ki so jo na njivi povzročile vrane. V letu 2020 je bila setev izvedena 5. maja, žetev posevka pa 20. 9. 2019 in 30. 9. 2020. Pridelek je bil preračunan na 9-odstotno vlažnost zrnja. V letu 2019 je bila dolžina njive enega obravnavanja 120 m, širina pa 12 m. V letu 2020 pa je imelo posamezno obravnavanje površino 100 m dolžine in 12 m širine. Za setev smo uporabili žitno sejalnico Gaspardo. Medvrstna razdalja je bila 12,5 cm.

Preglednica 6: Rezultati analize tal za leti 2019 in 2020 na kmetijskih gospodarstvih Grubič in Kure.

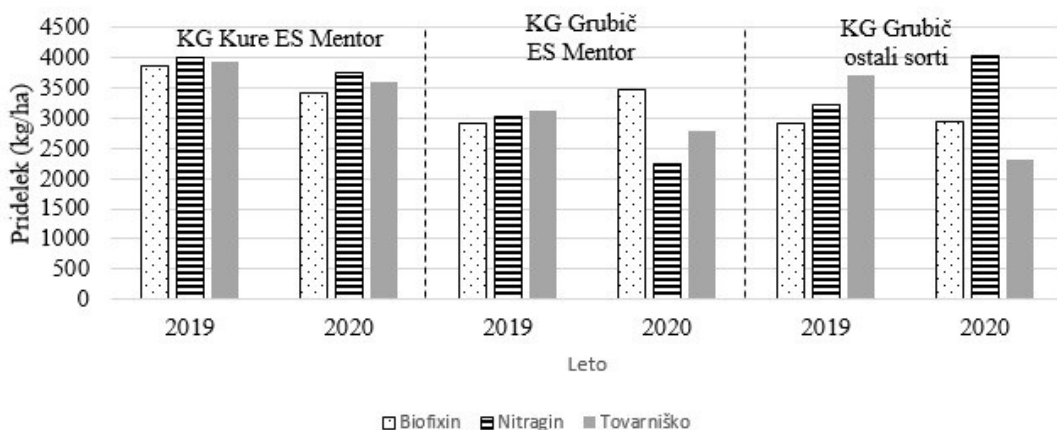
Kmetijsko gospodarstvo	Grubič		Kure	
Leto	2019	2020	2019	2020
pH	6,7	6,4	6,7	5,8
Organska snov (%)	2,9	3,2	5,2	3,6
P ₂ O ₅ (mg/100 g suhih tal)	28 D*	41 D	4,3 A	5,7 A
K ₂ O (mg/100 g suhih tal)	22 C	34 D	9,9 A	29,7 C

*A = siromašna preskrbljenost s hranilom, C = dobra preskrbljenost s hranilom, D = prekomerna preskrbljenost s hranilom.

Na kmetijskem gospodarstvu Kure so bila tla v letu 2019 siromašno založena s fosforjem in kalijem (A). V letu 2020 so bila siromašno založena s fosforjem (A) in dobro založena s kalijem (C). Na kmetijskem gospodarstvu Kure je v obeh letih bila pred sojo posejana koruza. Poskus je bil zasnovan v devetih obravnavanjih, sestavljenih s kombinacijo treh različnih medvrstnih razdalj (12,5 cm, 25 cm in 37,5 cm) in treh načinov inokuliranja semena (tovarniška inokulacija, tovarniška in dodatna inokulacija z pripravkom Biofixin in tovarniška in dodatna inokulacija z pripravkom Nitragin). V obeh letih je bila izvedena enaka obdelava tal z oranjem do globine 25 cm, temeljno gnojenje z gnojilom fosfactyl v količini 250 kg/ha, en mesec po setvi dognojevanje s 100 kg/ha KAN in škropljenje proti plevelom z Basagranom v odmerku 1 l/ha v fazi razvoja prvega pravega lista. Seme je bilo posejano na tri medvrstne razdalje. V letu 2019 je bila dolžina enega obravnavanja 180 m, širina pa 12 m, v letu 2020 pa dolžina 250 m in širina 9 m.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Rezultati povprečnih pridelkov sorte ES Mentor na kmetijskih gospodarstvih Kure in Grubič v letih 2019 in 2020 so prikazani na sliki 3. Razlike med pridelki so se pokazale med letoma, lokacijo pridelave in načinom inokulacije. Največji povprečni pridelek sorte ES Mentor je bil v letu 2019 na KG Kure pri dodatno inokuliranemu semenu s pripravkom Nitragin (4012 kg/ha). Sledilo je obravnavanje s tovarniško inokuliranim semenom (3941 kg/ha) in kot zadnje obravnavanje z dodatno inokulacijo semena s pripravkom Biofixin. Na KG Grubič se je v tem letu pokazal drugačen trend pri sorti ES Mentor, saj je bil najvišji pridelek zabeležen pri tovarniški inokulaciji (3119 kg/ha), sledila sta pripravka Nitragin (3016 kg/ha) in Biofixin (2922 kg/ha). V letu 2020 se je na KG Kure pokazal enak trend kot v preteklem letu. Flajšman in sod. (2019) so ugotovili, da med tovarniško inokuliranim semenom in dodatno sveže inokuliranim semenom ni bilo statistično značilnih razlik glede pridelka, razlika se je pokazala samo v primerjavi z neinokuliranim semenom. Podobni rezultati so bili pri pridelavi na KG Kure. Na KG Grubič je bil v letu 2020 ugotovljen največji pridelek pri sorti ES Mentor in setvi semena dodatno inokuliranega s pripravkom Biofixin (3461 kg/ha), po višini pridelka je sledila tovarniška inokulacija (2796 kg/ha) in uporaba inokulanta Nitragin (2251 kg/ha). Glede na posamezno leto smo dosegli največje pridelke v letu 2019 na KG Kure, v povprečju 3940 kg/ha, na KG Grubič pa v povprečju 3019 kg/ha. V obeh primerih je bil pridelek večji kot je slovensko povprečje 3 t/ha (SiSTAT, 2020). Na KG Grubič smo v letu 2019 pridelovali tudi sorto PR91M10, v letu 2020 pa sorto Altona. Pri sorti PR91M10 je bil največji pridelek (3706 kg/ha) pri tovarniški inokulaciji semena. Pri sorti Altona v kombinaciji z inokulantom Nitragin pa je bil ugotovljen največji pridelek vseh obravnavanj, to je 4045 kg/ha.



Slika 9: Pridelek sort ES Mentor, PR91M10 in Altona (kg/ha) po letih in kmetijskem gospodarstvu glede na način inokulacije. V letu 2019 sta bili v poskusih na KG Grubič uporabljeni sorti ES Mentor in PR91M10, v letu 2020 pa sorti ES Mentor in Altona.

Vzroke za različne pridelke glede na način inokulacije, lokacijo in leto lahko pripišemo kombinaciji več dejavnikov. Na pridelek soje ima vpliv struktura tal. Cox in sod. (2003) so dokazali, da soja bolje uspeva na tleh, ki imajo večjo vsebnost peska kot gline. Pomemben dejavnik je tudi zbitost tal. Soja bolje uspeva v manj zbitih tleh (Butcher in sod., 2018). Razlike med leti so posledica vremenskih razmer. V letu 2020 je bilo v Črnomlju skozi rastno dobo soje (od maja do septembra) 29,2 mm manj padavin kot v letu 2019, v Cerkljah pa 33,45 mm (ARSO, 2020). Na rast, razvoj in pridelek soje ugodno vplivajo višje količine padavin v razvojnih fazah od vznika do cvetenja (Zanon in sod., 2016).

V preglednici 2 so predstavljeni rezultati poskusov na KG Kure, kjer smo v obeh letih pridelovali le sorto ES Mentor. Poleg različnih inokulantov nas je zanimal tudi vpliv medvrstne razdalje na morfološke lastnosti rastlin, pridelek in vsebnost beljakovin in maščob v pridelanem zrnju. Največje povprečno število nodulov na rastlino smo zabeležili pri medvrstni razdalji 37,5 cm. Pomembnega vpliva medvrstna razdalja ni imela, kar potrjuje ugotovitev Flajšmana in sod. (2019). Največ nodulov je bilo zabeleženih v letu 2019 pri uporabi inokulanta Nitragin, v povprečju 60,5 na rastlino. V letu 2020 je bilo povprečno število nodulov na rastlino ne glede na inokulant za 33,7 nodulov manjše kot v letu prej. Sklepamo lahko, da imajo na to vpliv vremenske razmere in manjša uspešnost inokulacije. Glede na to, da je bil pH na lokaciji poskusa v drugem letu nižji (pH 5,8) kot v prvem (pH 6,7), je lahko razlog tudi v talnih razmerah. Močan vpliv talnih dejavnikov na nodulacijo, še posebej pH, so potrdili v raziskavi Meng-Han in sod. (2012). Največ nodulov se je v njihovem primeru razvilo pri pH 6,8, medtem ko so pri nižjih vrednostih zabeležili manjše število. Do statistično značilnih razlik je prihajalo med pH 6,8 in pH 6, v povprečju tudi za 70 nodulov na rastlino. Pomemben vpliv na oblikovanje nodulov in simbiozo ima tudi tekstura tal. Buttery in sod. (1998) so zabeležili veliko manjšo stopnjo nodulacije v tleh z več gline v primerjavi z bolj peščenimi tlemi. Višina do prvega stroka se znotraj posameznega leta ni statistično pomembno razlikovala. Med letoma pa je v povprečju prišlo do 2,5 cm razlike, na kar so najbrž vplivale rastne razmere. Vsebnost beljakovin in maščob se ni bistveno razlikovala glede na medvrstno razdaljo in inokulant. Največji odstotek beljakovin smo zabeležili pri kombinaciji medvrstne razdalje 37,5 cm in inokulanta Biofixin, in sicer 43,1 %. Vsebnost maščob pa je bila največja pri medvrstni razdalji 25 cm in inokulantu Nitragin 21,8 %.

Preglednica 7: Rezultati poljskega poskusa na KG Kure s sorto ES Mentor, tremi medvrstnimi razdaljami in tremi načini inokulacije.

Inokulacija	Medvrstna razdalja (cm)	Povprečno št. nodulov na rastlino		Višina do 1. stroka (cm)		Beljakovine (%)	Maščobe (%)
	Leto	2019	2020	2019	2020	2019	2019
BiofixiN	12,5	27,8	15,0	14,9	12,5	40,1	21,4
Nitragin	12,5	66,8	24,0	13	11,4	40,9	21
Tovarniško	12,5	51,3	8,5	21,2	14,2	40,3	21
Povprečje		48,6	15,8	16,4	12,7	40,4	21,1
BiofixiN	25	33,7	21,7	13,2	17,4	39,7	21,5
Nitragin	25	52,8	9,6	14,9	11,5	40	21,8
Tovarniško	25	12,7	5,7	17,7	14,2	40,5	21
Povprečje		33,1	12,4	15,2	14,4	40,1	21,4
Biofixin	37,5	65,9	18,5	17,5	13,3	43,1	19,4
Nitragin	37,5	62	6,7	15,72	11,6	40,7	20,4
Tovarniško	37,5	56,1	16,0	18,2	18,1	41,6	20,5
Povprečje		61,3	13,7	17,1	14,3	41,8	20,1

Preglednica 8: Rezultati poljskega poskusa na KG Grubič s tremi sortami in tremi načini inokulacije. V letu 2019 sta bili v poskusih uporabljeni sorti ES Mentor in PR91M10, v letu 2020 pa sorti ES Mentor in Altona.

Sorta	Inokulacija	Št. nodulov na rastlino		Višina do 1. stroka (cm)		Beljakovine (%)	Maščobe (%)
		2019	2020	2019	2020	2019	2019
ES Mentor	Nitragin	125,5	56,9	9,9	11,9	43,2	19,4
ES Mentor	Biofixin	39,9	41,6	10,1	12,2	43,1	19,4
ES Mentor	Tovarniško	37,6	37,3	8,3	11,4	40,7	20,4
Povprečje		67,7	45,3	9,4	11,8	42,3	19,7
PR91M10 ali Altona	Nitragin	78,5	27,1	8,1	9,9	40,6	20,4
	Biofixin	89	25,8	9,3	10,7	40,6	20,5
	Tovarniško	78,5	61,2	8,8	10,2	41,6	20,5
Povprečje		82,0	38,1	8,7	10,3	40,9	20,5

Na KG Grubič smo kljub manjšim pridelkom zabeležili veliko večje število nodulov kot na KG Kure. Največ se jih je tvorilo pri sorti ES Mentor in inokulantu Nitragin. V Letu 2019 je bilo v povprečju na rastlino 74,8 nodulov, v letu 2020 pa 41,7. Podoben trend se je pokazal tudi na KG Kure. V prvem letu je bilo na rastlinah več nodulov v povprečju 47,7 v letu 2020 pa 13,9. Slednje je lahko posledica ugodnejših vremenskih razmer za simbiozo in uspešnosti inokulacije v prvem letu. Največ nodulov je bilo prisotnih pri sorti ES Mentor, in sicer 125,5

pri uporabi Nitragina. Pridelek se z večanjem števila nodulov na rastlino ni povečeval. Sklepamo lahko, da za doseganje visokih pridelkov ni ključno visoko število nodulov ampak aktivnost bakterij. Višina do prvega stroka je bila v letu 2020 večja za 2 cm. Največji pridelek smo zabeležili pri kombinaciji sorte Altona in inokulanta Nitragin (4045,2 kg/ha). Vsebnost beljakovin in maščob se ni močno razlikovala glede na sorto in inokulant. Največjo vsebnost beljakovin smo zabeležili pri kombinaciji sorte ES Mentor in inokulanta Biofixin, in sicer 43,2 %, največjo vsebnost maščob (20,5 %) pa pri sorti Altona v primeru tovarniške in dodatne inokulacije semena z Biofixinom.

4 SKLEPI

Največji pridelki so bili doseženi na KG Kure v kombinaciji sorte ES Mentor in inokulanta Nitragin pri medvrstni razdalji 12,5 cm v letu 2019. Pri enakih gostotah setve se je na obeh gospodarstvih ne glede na uporabo inokulanta za najbolj ustrezno glede na velikost pridelka izkazala medvrstna razdalja 12,5 cm. V letu 2019 so bili pridelki večji na obeh kmetijskih gospodarstvih v primerjavi z letom 2020, kar lahko povežemo z večjo količino padavin v letu 2019. Največjo vsebnost beljakovin in maščob je imela sorta ES Mentor v kombinaciji z inokulantom Nitragin. Zelo očitnih razlik med dodatno svežo inokulacijo semena in pojavom nodulov nismo ugotovili. Vseeno pa je prišlo do povečanja pridelka zaradi dodatne inokulacije semena, pri uporabi inokulanta Nitragin od 2 do 43 % in inokulanta Biofixin od 2 do 21 %. Za doseganje dobrega pridelka in največjo vsebnost beljakovin in maščob priporočamo uporabo sorte ES Mentor ali sorte Altona pri strnjeni setvi na razmik 12,5 cm in dodatno svežo inokulacijo semena pred setvijo s pripravkom Nitragin.

Zahvala. Za financiranje se zahvaljujemo Evropskemu kmetijskemu skladu za razvoj podeželja in Evropskemu partnerstvu za inovacije na področju kmetijske produktivnosti in trajnosti, ter EIP projektu »Zrnate stročnice – pridelava, predelava in uporaba«. Zahvaljujemo se tudi kmetijskima gospodarstvom Kure in Grubič za prijazno sodelovanje.

5 LITERATURA

- ARSO. 2020. Agencija Republike Slovenije za okolje. 2020.
<https://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/#webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEGcw9ydlJWbIR3LwVnaz9SYtVmYh9iclFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5WahxXYyNGapZXZ8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZulWYnwCchJXYtVGdlJnOn0UQQdSf> (25. nov. 2020)
- Abdelghany, A. M., Zhang, S., Azam, M., Shaibu, A. S., Feng, Y., Qi, J., Sun, J. 2020. Natural variation in fatty acid composition of diverse world soybean germplasms grown in China. *Agronomy*: 10, 1
- Alves, B. J. R., Boddey, R. M., Urquiaga, S. 2003. The success of BNF in soybean in Brazil. *Plant and Soil*, 252 - 261
- Anthony, P., Malzer, G., Sparrow, S., Zhang, M. 2012. Soybean yield and quality in relation to soil properties. *Agronomy journal*, 104, 5: 1443-1458
- Bernard, R. L. 1972. Two genes affecting stem termination in soybeans. *Crop science*, 12: 235 – 239
- Butcher, K., Wick, F. A., DeSutter, T., Chatterjee, A., Harmon, J. 2018. Corn and soybean yield response to salinity influenced by soil texture. *Agronomy journal*, 110, 4: 1243-1253
- Buttery, B. R., Tan, C. S., Drury, C. F., Park, S. J., Armstrong, R. J., Park, K. Y. 1998. The effects of soil compaction, soil moisture and soil type on growth and nodulation of soybean and common bean. *Canadian Journal of Plant Science*, 78, 4: 571 - 576
- Cox, M. S., Gerard, P. D., Wardlaw, M. C., Abshire, M. J. 2003. Variability of selected soil properties and their relationships with soybean yield. *Soil science society of America Journal*, 67, 4: 1296 - 1302

- Denison, R.F., Kiers, E.T. 2011. Life histories of symbiotic rhizobia and mycorrhizal fungi. *Current Biology*, 21, 18: 775 - 785
- FKBV. 2019. EIP - Zrnate stročnice-pridelava, predelava in uporaba. Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede. 2020.
<http://www.fkbv.um.si/index.php/raziskovalna-dejavnost-fkbv/projekti/60-vsebinska/4263-eip-zrnate-strocnice-pridelava-predelava-in-uporaba> (3. december 2020)
- Flajšman, M., Šantavec, I., Kolmanič, A., Kocjan Ačko, D. 2019. Bacterial seed inoculation and row spacing affect the nutritional composition and agronomic performance of soybean. *International journal of plant production*, 13: 183–192
- Flajšman, M., Mihelič, R., Kolmanič, A., Kocjan Ačko, D. 2020. Influence of soil amended with zeolite and/or mineral N on agronomic performance and soil mineral N dynamics in a soybean–winter triticale crop rotation field experiment. *Cereal Research Communications* 48:239–246
- Gage, J. D. 2004. Infection and invasion of roots by symbiotic, nitrogen-fixing rhizobia during nodulation of temperate legumes. *Microbiology and molecular biology reviews*, 68: 280-300
- Hungria, M., Vargas, M. A. T. 2000. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. *Field crops research*, 65: 151-164
- Ji, Z. J., Yan, H., Cui, Q. G., Wang, E. T., Chen, W. F., Chen, W. X. 2017. Competition between rhizobia under different environmental conditions affects the nodulation of a legume. *Systematic and applied microbiology*, 40, 2: 114 - 119
- Kolmanič, A., Žerjav, M., Vončina, A., Leskovšek, R. 2018. Smernice integrirane pridelave soje. *Kmetijski inštitut Slovenije*, 1/18
- Meng-Han, L., Gresshoff, M. P., Brett, J. F. 2012. Systemic regulation of soybean nodulation by acidic growth conditions. *Plant physiology*, 160, 4: 2028 - 2039
- Popović, V., Tatić, M., Đekić, V., Kostić, M. 2012. Productivity and quality of the newly developed NS soybean varieties and lines in Pancevo region, Serbia. *Bilten za alternativne biljne vrste*, 44, 85: 21-27
- Salvagiotti, F., Cassman, K. G., Specht, J. E., Walters, D. T., Weiss, A., Dobermann, A. 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field Crops Research*, 108, 1: 1 -13
- Subramanian, S., Stacey, G., Yu, O. 2006. Endogenous isoflavones are essential for the establishment of symbiosis between soybean and *Bradyrhizobium japonicum*. *The plant journal*, 48: 261-273
- SURS. 2019. Pridelava poljščin (ha, t, t/ha), Slovenija, letno. Statistični urad RS.
<http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/DataSort.asp?Matrix=1502402S&timeid=201716384168&lang=2> (3. december 2020)
- Thies, J. E., Singleton, P. W., Bohlool, B. B. 1991. Influence of the size of indigenous rhizobial populations on establishment and symbiotic performance of introduced rhizobia on field-grown legumes. *Applied and environmental microbiology*, 57: 19-28
- Thilakarathna, M. S., Raizada, M. N. 2017. A meta-analysis of the effectiveness of diverse rhizobia inoculants on soybean traits under field conditions. *Soil biology and biochemistry*, 105: 177 - 196
- Timlin, D., Pachepsky, Y., Reddy, V. R. 2001. Soil water dynamics in row and interrow positions in soybean (*Glycine max* L.). *Plant and soil*, 237: 25 -35
- Zanon, J. A., Streck, A. N., Grassini, P. 2016. Climate and management factors influence soybean yield potential in a subtropical environment. *Agronomy journal*, 108, 4: 1447-1454
- Zengeni, R., Mpeperek, S., Gille, K. E., 2006. Manure and soil properties affect survival and persistence of soybean nodulating rhizobia in smallholder soils of Zimbabwe. *Applied soil ecology*, 32: 232-242

Vpliv različnih sistemov obdelave tal na nodulacijo in parametre pridelka soje (*Glycine max* (L.) Merr.)

Sergeja ADAMIČ³⁹ in Robert LESKOVŠEK⁴⁰

Izvleček

Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) je eden izmed najbogatejših virov rastlinskih beljakovin in zaradi sposobnosti vezave dušika pomemben sestavni del kolobarja. Svetovna pridelava soje nenehno narašča, v zadnjih letih pa se zaradi spodbud kmetijske politike zanimanje pridelovalcev za gojenje te stročnice povečuje tudi v Evropi. V letu 2020 je bil na Kmetijskem inštitutu Slovenije izveden poljski poskus, v katerem smo proučevali vpliv različnih sistemov obdelave tal (konvencionalna, brez obdelave tal in konzervirajoča) na morfološke parametre in parametre pridelka soje. Fiksacijska sposobnost soje za vezavo dušika v posameznem sistemu obdelave tal je bila ocenjena z določitvijo sveže mase nodulov, razvitih na koreninah soje. Poljski poskus je bil izveden na površinah Infrastrukturnega centra v Jابلjah na plitvih aluvialnih, srednje težkih, meljasto-ilovnatih tleh. Poskus je bil zasnovan v naključni bločni postavitvi s tremi obravnavanji (sistem obdelave tal) in štirimi ponovitvami. Prejšnji posevek je bila ozimna pšenica, ki ji je sledil strniščni dosevek aleksandrijske detelje. Tla v konvencionalni obdelavi so bila obdelana s plugom in vrtavkasto brano, medtem ko je bila v sistemu konzervirajoče obdelave uporabljena samo krožna brana. V sistemu brez obdelave tal je bila soja sejana neposredno, brez predhodne obdelave tal. Naša študija je pokazala, da so bili vsi preučevani parametri: višina rastline, gostota rastlin, število stranskih poganjkov, nadzemna in podzemna suha biomasa, sveža masa nodulov in število strokov značilno večji v sistemu konvencionalne obdelave v primerjavi s konzervirajočo obdelavo in sistemom brez obdelave tal. Pridelki v sistemu konvencionalne in konzervirajoče obdelave tal so si bili podobni (4,54 t/ha in 4,47 t/ha), medtem ko je bil v sistemu brez obdelave pridelek statistično značilno nižji (3,99 t/ha). Po žetvi soje so bila najmanj zbita tla v sistemu konvencionalne obdelave, sledita ji sistema konzervirajoče obdelave in sistem brez obdelave tal.

Ključne besede: soja, obdelava, konvencionalna, konzervirajoča, no-till, direktna setev, nodulacija, pridelek

Influence of different tillage systems on soybean nodulation and yield parameters (*Glycine max* (L.) Merr.)

Abstract

Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) is one of the richest sources of vegetable protein and due to its capability for nitrogen fixation also an important part of the crop rotation. Soybean global production is constantly rising, moreover in recent years, an increased interest in European and Slovenian farmers was observed in growing this legume crop. In 2020, a field study was conducted at Agricultural Institute of Slovenia, to study the influence of the tillage system (conventional, no-till and conservation tillage) on morphological parameters and yield components of soybean plants. Additionally, a nitrogen fixation potential within the different tillage systems was assessed with determination of fresh biomass of developed nodule on the soybean roots. Field experiment was conducted at Infrastructure center in Jابلje on shallow alluvial, medium to heavy, silty-loam soil type. The study was designed as a random block with three treatments (tillage systems) and four repetitions. Previous crop in the experimental field was winter wheat, with cover crop Berseem clover drilled into the wheat stubble. The soil in the conventional tillage systems was prepared with the plough and the rotary harrow, while in the conservation tillage system only disc harrow was implemented. In the no-till system, soybean crop was planted directly into the cover crop residues with no previous soil disturbance. Our study showed that all the studied parameters: plant height, plant density, branch number, above and belowground dry biomass, fresh

³⁹ Mag. inž. hort., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: sergeja.adamic@kis.si

⁴⁰ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: robert.leskovsek@kis.si

nodule biomass and pod number were significantly higher in the conventional system compared to the conservation and no-till system. The yields in the conventional tillage system and conservation system were similar (4.54 t/ha and 4.47 t/ha), while significantly lower yield was measured in the no-till system (3.99 t/ha). After the soybean harvest, the soil was least compacted in the conventional system, followed by conservation and no-till system.

Key words: soybean, tillage system, conventional, conservation, no-till, direct drilling, nodulation, yield

1 UVOD

Soja sodi med stročnice in predstavlja enega največjih virov rastlinskih beljakovin. Največji delež svetovne pridelave soje glede na površino imajo ZDA (32 %), sledijo Brazilija (28 %), Argentina (21 %), Kitajska (7 %) in Indija (4 %) (Shahbandeh, 2020). V Sloveniji je bilo v letu 2019 s sojo posejanih 1.433 ha njiv s povprečnim pridelkom suhega zrnja 3 tone /ha (SURS, 2020). Glede na povprečni svetovni pridelek zrnja, ki znaša približno 2,5 t/ha, je bil pridelek v Sloveniji nadpovprečen, glede na povprečne pridelke držav Evropske unije (1,5 do 4 t/ha) pa povprečen (Kocjan Ačko, 2015). V slovenskem kmetijstvu je prednostna naloga povečati delež metuljnic v kolobarju na 20 % ter posledično povečati delež soje v setveni strukturi. V letu 2016 so kmetje v okviru Skupne kmetijske politike za setev soje prejeli plačilo za beljakovinske rastline, zaradi česar se je površina pridelave povečala na 2400 ha (Bavec in sod., 2017).

Povprečna vsebnost surovih beljakovin v soji znaša približno 38 %, čeprav se med posameznimi območji pridelave pojavljajo precejšnje razlike v vsebnosti. Soja predstavlja bogat vir beljakovin tako za ljudi kot za živali. Soja ima ugodno razmerje visoko prebavljivih aminokislin, z izjemo metionina, katerega vsebnost je običajno nižja. Sojina moka je bogata z aminokislinami lizin, treonin, triptofan, valin in izolevcin. Sojo v kolobar vključujemo predvsem zaradi njenega vpliva na povečanje rodovitnosti tal, saj lahko s pomočjo bakterij iz rodu *Rhizobium* simbiotično fiksira atmosferski N_2 . V kmetijskih sistemih, ki vključujejo stročnice, znaša povprečna letna simbiotska fiksacija dušika 150-200 kg/ha in lahko doseže količine vse do 300 kg/ha (Lindemann in Glover, 2003). Poleg simbiotske fiksacije se del dušika v tla sprosti tudi z razpadom rastlinskih ostankov soje, kar ugodno vpliva na pridelek naslednje poljščine (Gentry in sod., 2001). Za gojenje soje so najprimernejša globoka, lahko tudi ilovnata tla na apnencih in dolomitih, ki so strukturna, dobro zračna, in odcedna, z optimalnim pH-jem med 6 in 7. Za tonno pridelka zrnja in zelene mase potrebuje soja med 60 in 100 kg N/ha, 11-25 kg P_2O_5 /ha, 30-60 kg K_2O /ha, 18-45 kg CaO/ha in 10-15 kg SO_4 /ha. Za setev soje morajo biti tla ogreta na vsaj 8 °C. Priporočena globina setve je od 2,5 do 4 cm na globokih tleh in 5 cm na plitvih tleh. V Sloveniji sojo običajno sejemo s sejalnico za presledno setev na medvrstno razdaljo od 45 do 75 cm ali pa s sejalnico za strnjeno setev na 12,5–37,5 cm medvrstne razdalje. Še posebej v strnjeni setvi soja hitro sklene vrste, kar vpliva na večjo konkurenčno sposobnost proti plevelom. V odvisnosti od sorte so pridelki pri setvi na manjše razdalje med 5 in 15 % višji kot pri širši medvrstni razdalji. (De Bruin in Pedersen, 2008). Začetna rast soje je počasna, zato je potrebno to upoštevati pri izbiri zemljišča, potrebna je tudi ustrezna osnovna in predsetvena obdelava tal ter pravočasna setev. Poleg tehnologije pridelave, lahko tudi pleveli pomembno vplivajo na zmanjšanje pridelka soje. Zaradi omejene izbire kemičnih pripravkov za zatiranje plevela po vzniku se pridelovalci pri nas večinoma poslužujejo uporabe herbicidov pred vznikom. Na zelo zapleveljenih površinah ob hkratnem pomanjkanju padavin po setvi soje je potrebno tak pristop kombinirati še z uporabo herbicidov po vzniku soje (Kolmanič in sod., 2018).

Namen naše raziskave je bil preučiti vpliv različnih sistemov obdelave tal na rastne in morfološke parametre, kot so gostota in višina rastlin soje, število stranskih poganjkov ter ovrednotiti dejavnike pridelka in donos suhega zrnja soje. Prav tako je bil cilj poljskega poskusa

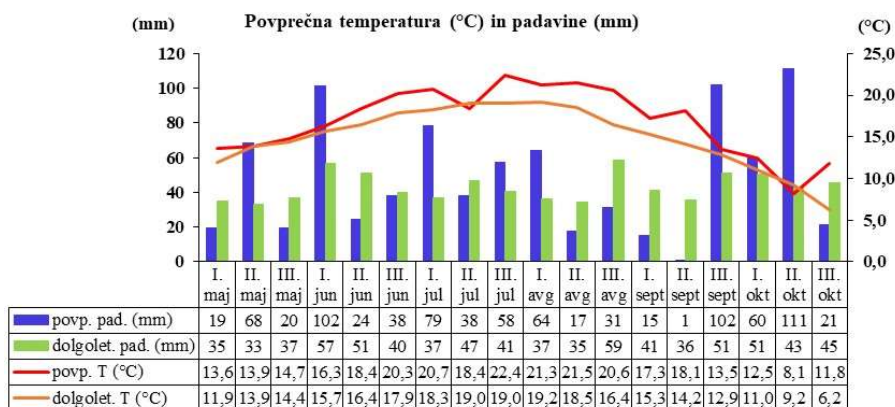
raziskati vpliv različnega načina obdelave tal na število bakterij *Rhizobium* in potencialno sposobnost soje za fiksacijo dušika. Po žetvi smo želeli tudi ugotoviti, kakšen je učinek posameznega sistema obdelave na zbitost tal.

2 MATERIALI IN METODE DELA

Poskus je bil izveden v letu 2020 na površinah Kmetijskega inštituta Slovenije (Infrastrukturni center Jablje pri Mengšu, 46°08'31.5"N 14°34'30.8"E, 309 m n.v.). Na območju izvajanja poskusa prevladujejo plitva do srednje globoka, evtrična rjava tla, meljasto-ilovnate teksture. Tla so dobro propustna, vendar vsebujejo veliko skeleta, zaradi česar imajo omejeno zadrževalno sposobnost vode v poletnem času. Rezultati kemične analize tal pred setvijo soje so pokazali, da so bila tla na območju poskusa nevtralne reakcije (pH 7,6) in čezmerno preskrbljena s fosforjem (38 mg/kg P_2O_5) in kalijem (36 mg/kg K_2O). Vsebnost organske snovi na poskusni lokaciji je bila izredno visoka (4,3 %). V poskus so bila vključena tri obravnavanja, ki so vsebovala tri različne sisteme obdelave tal: konvencionalno (CN), brez obdelave z direktno setvijo (NT) in pa konzervirajočo obdelavo (CS). Celotna poskusna površina je bila široka 90 m in dolga 80 m. Vsako obravnavanje je bilo razdeljeno na štiri bloke, širine 30 m in dolžine 20 m. Prejšnji posevek na poskusni površini je bila ozimna pšenica, ki ji je sledil strniščni dosevek aleksandrijske detelje (*Trifolium alexandrinum* L.). Obravnavanja z različnimi načini obdelave so bila vzpostavljena že v letu 2018, od takrat smo v postopkih konzervirajoče in sistemu brez obdelave izvedli samo en plitek prehod s krožno brano ob setvi strniščnega dosevka v avgustu leta 2019. V letu 2020 smo osnovno obdelavo tal v konvencionalni pridelavi izvedli z lemežnim plugom (17. april 2020; 22 cm globine), površino smo takoj za tem poravnali z njivsko vlačo. Predsetvena priprava je bila izvedena 7. maja 2020 z vrtavkasto brano. V konzervirajočem sistemu obdelave so bila tla 30. aprila 2020 obdelana s krožno brano do globine 8 cm. V postopku direktne setve je bil 10 dni pred setvijo soje za zatiranje trajnih in zgodnje spomladanskih plevelov ter samosevcev pšenice uporabljen glifosat v odmerku 2400 g aktivne snovi/ha in porabi škropilne brozge 230 L/ha. Soja sorte 'Altona' (zrelostni razred 00) je bila posejana na medvrstno razdaljo 18 cm ob porabi 600.000 zrn/ha, brez dodatne inokulacije z bakterijami *Rhizobium*. Setev soje v vseh obravnavanjih smo izvedli 22. maja 2020, v optimalnih razmerah, s sejalnico za direktno setev proizvajalca Maschio Gaspardo (Diretta planter).

Osnovno gnojenje z NPK gnojilom (6:12:24) smo opravili pred setvijo soje v odmerku 380 kg/ha, kasneje posevka soje nismo več gnojili. Da bi zagotovili enakomerne pogoje kalitve, je bila neposredno po setvi celotna površina vseh postopkov povaljana s Cambridge valjarjem. Dan po setvi (23. maj 2020) je bila uporabljena kombinacija aktivnih snovi pendimetalin (2500 g/ha) in S-metolaklor (1000 g/ha) pri porabi škropilne brozge 230 L/ha. Zaradi ugodnih vremenskih razmer z dovolj vlage so bili uporabljeni herbicidi zelo učinkoviti, zato dodatno zatiranje plevelov po vzniku ni bilo potrebno. Vzorčenje rastlin in meritve višine, števila stranskih poganjkov, števila nodijev in strokov smo opravili 20. avgusta 2020, ko so bile rastline soje v fenofazi 77-79. Pri tem smo znotraj posameznih blokov v vsakem obravnavanju naključno izbrali 5 rastlin soje, katerim smo ovrednotili tudi svežo maso nodulov ter izmerili suho maso podzemnega in nadzemnega dela. Rastline smo izkopali skupaj s celotno koreninsko grudo in ročno ločili nodule od koreninskega sistema ter določili njihovo svežo maso. Preostanek zemlje s korenin smo odstranili z namakanjem v vodi, nato pa posamezne dele rastlin sušili na 60 °C ter po treh dneh sušenja stehali njihovo suho maso. Vzorčenje pridelka soje smo izvedli 1. oktobra 2020, kjer smo na vsaki podparceli prav tako naključno izbrali 5 rastlin, ter jim določili število strokov in zrn na rastlino. Po sušenju zrnja smo pridelek soje na

enoto površine vsakega obravnavanja izračunali kot zmnožek suhe mase zrnja na rastlino in izmerjene gostote posevka na posameznem postopku. Takoj po žetvi soje (14. oktobra 2020) smo z ročnim penetrometrom v vsakem postopku izmerili specifično upornost tal v globini 10–15 cm z uporabo stožčaste palice premera 1,28 cm (in površine 1,286 cm²), namenjene za meritve gostote težjih tal. Specifično upornost tal (t.i. Cl-Cone index, ki je izražen v barih) manometer prikaže na podlagi upora tal ob prodiranju konice penetrometra v tla (Duiker, 2002). V času izvajanja poskusa smo izmerili veliko količino padavin in nadpovprečno visoke temperatur v primerjavi z dolgoletnim povprečjem. V obdobju od aprila do oktobra 2020 je skupno padlo kar 890 mm padavin, od tega največ v mesecu oktobru (192,2 mm) in najmanj v mesecu maju (107 mm). Povprečna temperatura je v obdobju izvedbe poskusa znašala 16,0 °C, kar je več kot znaša dolgoletno povprečje za isto obdobje (14 °C) (slika 1).



Slika 1: Povprečna temperatura (°C) in padavine (mm) na poskusni lokaciji v Jabljah, v letu 2020

Statistična analiza je bila opravljena s programom R (R Core Team, 2019), kjer je bila predpostavka o homogenosti varianc preverjena z Levenovim testom. Za testiranje značilnosti vpliva posameznih obravnavanj in njihovih ponovitev je bila uporabljena enosmerna analiza variance (ANOVA). Primerjava povprečij je bila izvedena z uporabo post-hoc Tukeyevega HSD testa pri stopnji tveganja $p \leq 0,05$.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Vpliv sistema obdelave na višino rastlin, število stranskih poganjkov in število nodijev

Sistem obdelave tal je imel statistično značilen vpliv na višino, število stranskih poganjkov in število nodijev rastlin soje ($p < 0,001$). Rastline soje so bile v povprečju najvišje pri konzervirajoči obdelavi (117,9 cm), pri konvencionalni obdelavi so v povprečju dosegle višino 106,5 cm, medtem ko so bile najnižje v sistemu brez obdelave (95,8 cm). Do podobnih rezultatov so prišli tudi Lasisi in Aluko (2009) ter Matsuo in sod. (2019), ki so poročali, da so bile rastline soje višje na obdelanih tleh, medtem ko so bile najnižje na neobdelanih tleh. Večja poroznost tal in lažje pronicanje vode in mineralov vplivata na boljši in hitrejši razvoj koreninskega sistema in absorpcijo hranil v tleh, kar posledično izboljša rast rastlin (Tardieu,

1994; Cook in sod., 1994). Tudi Lasisi (2008) je pri konvencionalni obdelavi ugotovil boljši vodno-zračni režim in mobilnost mineralov v globlje plasti tal.

Največ stranskih poganjkov smo našli na rastlinah v sistemu brez obdelave (povprečno 6,1 poganjkov), v konvencionalnem sistemu povprečno 5,8, najmanj stranskih poganjkov pa pri konzervirajoči obdelavi (povprečno le 2,2 stranska poganjka). Tudi Jug in sod. (2010) so ugotovili, da ima način obdelave tal statistično značilen vpliv na število stranskih poganjkov. Podobno kot mi, so jih največ našli na rastlinah soje sorte 'Tisa' iz neobdelanih tal in najmanj na tleh z minimalno obdelavo.

V povprečju smo največ nodijev na rastlino našli v sistemu konvencionalne obdelave (17,1 nodijev), medtem ko sta bili povprečni vrednosti nodijev na rastlino v sistemu brez obdelave in pri konzervirajoči obdelavi podobni (15,3 oziroma 15,8 nodijev/rastlino). O podobnih rezultatih števila nodijev pri različnih sistemih obdelave so poročali tudi Matsuo in sod. (2019), kjer so največ nodijev našli na rastlinah iz konvencionalno obdelanih tal in najmanj na rastlinah soje iz plitko obdelanih tal.

Preglednica 1: Analiza variance vpliva sistema obdelave na višino rastlin soje, število nodijev in število stranskih poganjkov

Dejavnik	Spremenljivka	F-statistika	p-vrednost	Koeficient variacije (%)
sistem obdelave	višina rastlin	1,0637	0,001 ***	11,74
sistem obdelave	število nodijev	0,5909	0,0007 ***	10,18
sistem obdelave	število stranskih poganjkov	5,3912	0,001 ***	52,16

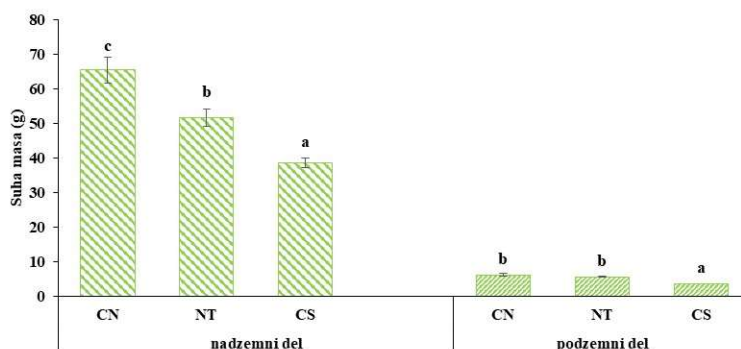
*** (p < 0,001), ** (p < 0,01), * (p < 0,05), . (p < 0,1)

3.2 Vpliv sistema obdelave na suho maso nadzemnega in podzemnega dela soje ter svežo maso nodulov

Sistem obdelave tal je imel statistično značilen vpliv na suho maso nadzemnega in podzemnega dela rastlin soje (p < 0,001), pri čemer se je suha masa nadzemnega dela pri vseh treh sistemih obdelave med seboj statistično značilno razlikovala (slika 3). Največja povprečna suha masa nadzemnega dela je bila stehtana pri rastlinah iz konvencionalnega sistema (65,5 g/rastlino), najmanjša pa v sistemu konzervirajoče obdelave (35,6 g/rastlino). V sistemu brez obdelave je masa nadzemnega dela rastlin znašala 51,63 g/rastlino (slika 3). Pri podzemnem delu rastlin soje je bila največja masa suhih korenin stehtana pri rastlinah soje iz konvencionalnega sistema (6,2 g/rastlino) in je bila statistično podobna suhi masi korenin soje v sistemu brez obdelave, kjer je znašala 5,5 g/rastlino. Pri konzervirajoči obdelavi je bila statistično značilno nižja z izmerjeno suho maso korenin 3,5 g/rastlino (slika 2).

Sistem obdelave je imel na svežo maso nodulov statistično značilen vpliv (p = 0,0423). Največja sveža masa nodulov je bila ugotovljena pri konvencionalni obdelavi (3,46 g/rastlino), najmanjša pa pri konzervirajoči obdelavi (1,78 g/rastlino). V sistemu brez obdelave je sveža masa nodulov znašala 2,86 g/rastlino (slika 3). Hanhur in sod. (2020) trdijo, da na število in maso simbiotskih nodulov vpliva več dejavnikov, med katerimi so najpomembnejši variabilnost vlage v tleh, intenzivnost izmenjave plinov med tlemi in okoljem ter temperatura tal. Veliko avtorjev (Dogan in sod., 2011; Panasiewicz in sod., 2020) navaja, da je sveža masa nodulov najvišja v sistemih brez obdelave, kar je v nasprotju z našimi rezultati. Povečano tvorbo nodulov raziskave povezujejo z občutljivostjo bakterij *Rhizobium* na izsušitev tal in svetlobo. Za NT sistem je namreč značilna večja zadrževalna sposobnost tal za vodo, saj je

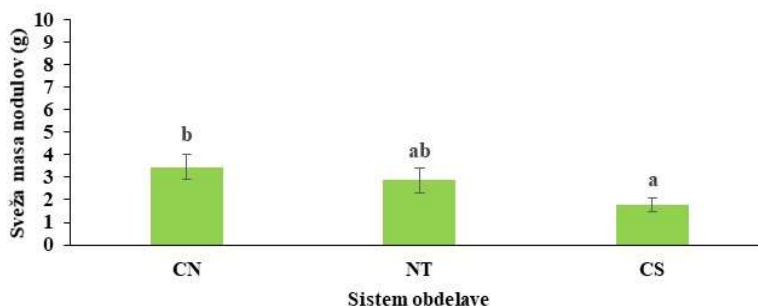
zaradi odsotnosti obdelave v tem sistemu prisotno manjše izhlapevanje vode iz tal (Flynn, 2015). Sistem NT vpliva tudi na večjo vsebnost organskega ogljika in makroelementov v tleh, ki predstavljajo vir hranil za mikroorganizme (Doran in sod., 1998; Franzluebbers, 2002). Razlog za večjo maso nodulov v konvencionalnem sistemu obdelave v našem poskusu je lahko predvsem ta, da je bilo v letu 2020 vse od setve konec maja pa do sredine septembra obilo padavin in rastline soje v konvencionalnem sistemu obdelave niso bile izpostavljene sušnemu stresu.



CN - konvencionalna obdelava, NT - brez obdelave, CS - konzervirajoča obdelava

* a, b - črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike med sistemi obdelave tal (Tukey-test, $p = 0,05$)

Slika 2: Suha masa nadzemnega in podzemnega dela (g/rastlino) pri različnih sistemih obdelave tal s standardno napako (SE)



CN - konvencionalna obdelava, NT - brez obdelave, CS - konzervirajoča obdelava

Slika 3: Sveža masa nodulov (g/rastlino) pri različnih sistemih obdelave tal s standardno napako (SE)

3.3 Vpliv sistema obdelave na število rastlin/m², število strokov in pridelek suhega zrnja soje

Statistična analiza je pokazala, da je sistem obdelave statistično značilno vplival na gostoto rastlin soje ($p < 0,001$). Največja gostota rastlin je bila v konvencionalnem sistemu (slika 4), kjer je bilo v povprečju 56 rastlin soje/m², v konzervirajočem sistemu je bilo 47,4 rastlin soje/m², najmanj pa v sistemu brez obdelave, in sicer 35,2 rastlin/m². V raziskavi Juga in sod. (2010) so podobno kot mi največ rastlin/m² našli na konvencionalno obdelanih tleh (49 rastlin/m²) in najmanj na neobdelanih tleh (36 rastlin/m²).

Preglednica 2: Analiza variance vpliva sistema obdelave tal na število rastlin/m² in strokov na rastlino ter pridelek zrnja soje (t/ha)

Dejavnik	Spremenljivka	F-statistika	p-vrednost	Koef. variacije (%)
sistem obdelave	št. rastlin/m ²	0,0189	0,001 ***	22,85
sistem obdelave	število strokov	7,7373	0,001 ***	43,95
sistem obdelave	pridelek zrnja soje	0,4572	0,07	11,91

*** (p < 0,001), ** (p < 0,01), * (p < 0,05), (p < 0,1)

Sistem obdelave tal je imel statistično značilen vpliv na število strokov na rastlino (p < 0,001). V povprečju smo največ strokov na rastlino našli na rastlinah soje v konvencionalnem sistemu (103,5 strokov/rastlino), v sistemu brez obdelave povprečno 72,4 strokov na rastlino, najmanj pa v konzervirajočem sistemu, le 46,5 strokov na rastlino. Tudi Lasisi in Aluko (2009) sta poročala, da je bilo največ strokov na rastlinah iz konvencionalne obdelave tal, medtem ko sta jih najmanj našli na rastlinah iz neobdelanih tal.

Način obdelave tal je mejno statistično značilno vplival na pridelek suhega zrnja soje (p=0,0692), kjer smo zelo visok povprečen pridelek 4,54 t/ha suhega zrnja soje (8,1 g/rastlino), izmerili tako v obravnavanju konvencionalne obdelave, kakor tudi v postopku konzervirajoče obdelave (4,47 t/ha; 9,5 g/rastlino). V obravnavanju brez obdelave pa smo izmerili le 3,99 t/ha suhega zrnja soje (11,4 g/rastlino).

V nasprotju z našimi rezultati so Thiagalingan in sod. (1991) ugotovili, da so bili pridelki soje v vrstenju kuruza-soja za 20 % višji na neobdelanih tleh v primerjavi s konvencionalno obdelanimi tlemi. Dibert in sod. (1979) takšen rezultat pripisujejo večji sposobnosti zadrževanja vlage v tleh na neobdelanih tleh. Tudi Lasisi in Aluko (2009) ter Jug in sod. (2010) so poročali o ugodnem vplivu strukture tal na konvencionalno obdelanih tleh in višjih pridelkih zrnja soje v primerjavi z neobdelanimi tlemi. K večjemu pridelku prispeva tudi kombinacija večje poroznosti tal in stopnje infiltracije in boljše absorpcije hranil v tleh (Lasisi in Aluko, 2009).

Povprečna vlaga v zrnju po sušenju zrnja je bila najvišja v konvencionalnem sistemu, kjer je dosegla 24 %, v konzervirajočem sistemu 20,3 % in najnižja v obravnavanju brez obdelave (19,2 %).

3.4 Vpliv obdelave tal na zbitost tal v različnih sistemih obdelave tal

Rezultati merjenja specifične upornosti tal z ročnim penetrometrom so pokazali, da je način obdelave tal statistično značilno vplival na zbitost tal (p < 0,001). Največjo specifično upornost tal smo izmerili v obravnavanju brez obdelave (21,7 N/cm²), najmanjšo v konvencionalnem sistemu (13,5 N/cm²), v sistemu konzervirajoče pridelave je bila povprečno izmerjena specifična upornost tal 17,6 N/cm². S konvencionalno obdelavo tal se spreminja struktura tal, predvsem pa se zmanjša odpornost tal na prodiranje, poveča stopnja mikropor in poroznost tal ter izboljša vodno-zadrževalna kapaciteta (Khan in sod., 2001; Pierce in sod., 1991). Naše ugotovitve, da so najvišje vrednosti zbitosti tal pri neobdelanih tleh, so skladne z ugotovitvami Ferrasa in sod. (2000), ki so poročali, da je v neobdelanih tleh večja zgoščenost tal v primerjavi z obdelanimi tlemi.

4 SKLEPI

Na podlagi rezultatov poljskega poskusa, izvedenega v letu 2020, kjer smo primerjali različne sisteme obdelave tal v pridelavi soje, lahko povzamemo, da smo pri konvencionalnem sistemu obdelave tal v povprečju izmerili največje vrednosti večine preučevanih parametrov. V primerjavi z konzervirajočo obdelavo in z direktno setvijo smo pri konvencionalni obdelavi v povprečju izmerili večje število rastlin/m², večjo suho maso nadzemnega in podzemnega dela rastlin, večjo svežo maso nodulov ter večje število strokov na rastlino. Pridelka pri konvencionalni obdelavi (4,54 t/ha) in konzervirajoči obdelavi sta si bila podobna (4,47 t/ha), medtem ko je bil pridelek suhega zrnja soje pri direktni setvi precej nižji (3,99 t/ha). Pričakovano so bila po žetvi tla najbolj zbita v sistemu direktne setve, najmanj zbita pa pri konvencionalnem sistemu obdelave.

Zahvala. Za finančno pomoč pri izvedbi raziskave se zahvaljujemo Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) in programski skupini Trajnostno kmetijstvo (P4-0133) v okviru financiranja programa usposabljanja mladih raziskovalcev in CRP projekta V4-1815. Zahvaljujemo se tudi sodelavcu Anžetu Rovanšku za pomoč pri izvedbi raziskave ter sodelavcem Kmetijskega inštituta Slovenije, na oddelku Infrastrukturnega centra Jable, za optimalno izvedene agrotehnične ukrepe.

5 LITERATURA

- Bavec, F. 2003. Od njive do mejice in kruha. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo: 212 str.
- Bavec, F., Grobelnik Mlakar, S., Jakop, M., Kocjan Ačko, D., Kolmanič, A., Romih, N., Ribarič Lasnik, C., Šantavec, I. 2017. Končno poročilo CRP »Soja« (V4-1407). Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Maribor: 124 str.
- Cook, A., Marriott, C. A., Seel, W., Mullins, C. E. 1996. Effects of soil mechanical impedance on root and shoot growth of *Lolium perenne* L., *Agrostis capillaris* and *Trifolium repens* L. Journal of Experimental Botany, 47: 1075-1084
- De Bruin, J. L., Pedersen, P. 2008. Effect of row spacing and seeding rate on soybean yield. Agronomy Journal, 100: 704-710
- Dibert, E. J., Bigercyo, M., Olson, R. A. 1979. Utilization of N15 fertilizer by nodulating and nonnodulating soybean isolines. Agronomy Journal, 71, 5: 715-723
- Dogan, K., Celik, I., Gok, M., Coskan, A. 2011. Effect of different soil tillage methods on rhizobial nodulation, biomass and nitrogen content of second crop soybean. African Journal of Microbiology Research, 5, 20: 3186-3194
- Doran, J. W.; Elliott, E. T., Paustian, K. 1998. Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes inorganic carbon pools as related to fallow tillage management. Soil and Tillage Research, 49: 3-18
- Duiker, S. W. 2002. Diagnosing soil compaction using a penetrometer (Soil compaction tester). Pennsylvania State University: 4 str. <https://extension.psu.edu/diagnosing-soil-compaction-using-a-penetrometer-soil-compaction-tester> (13.11.2020)
- Ferreras, L. A., Costa, J. L., Garciaand, F. O., Pecorari, C. 2000. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded petrocalcic paleudoll of the Southern "Pampa" of Argentina. Soil Tillage Research, 54: 31-39
- Flynn, R. 2015. Inoculation of Legumes. Guide A-130. College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, New Mexico State University: 1 str. https://aces.nmsu.edu/pubs/_a/A130.pdf (14.12.2020)
- Franzluebbers, A. J. 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. Soil and Tillage Research, 66: 95-106

- Gentry, L. E., Below, F. E., David, M. B., Bergerou, J. A. 2001. Source of the soybean N credit in corn production. *Plant and Soil*, 236:175-184
- Hanhur, V., Marenych, M., Yermenko, L., Yurchenko, S., Hordieieva, O., Korotkova, I. 2020. The effect of soil tillage on symbiotic activity of soybean crops. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26, 2: 365-374
- Jug, D., Sabo, M., Jug, I., Stipešević, B., Stošić, M. 2010. Effect of different tillage systems on the yield and yield components of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Acta Agronomica Hungarica*, 58, 1: 65-72
- Khan, F. U. H., Tahir, A. R., Yule, I. J. 2001. Intrinsic implication of different tillage practices on soil penetration resistance and crop growth. *International Journal of Agriculture and Biology*, 3: 23-26
- Kocjan Ačko, D. 2015. Poljščine. Ljubljana, Kmečki glas: 187 str.
- Kolmanič, A., Žerjav, M., Vončina, A., Leskovšek, R. 2018. Smernice integrirane pridelave soje. Integrirano varstvo rastlin, Kmetijski inštitut Slovenije: 19 str. <https://www.ivr.si/wp-content/uploads/2017/11/smernice-IVR-soja.pdf> (13.11.2020)
- Lasisi, D. 2008. Effects of tillage methods on soybean growth and soil properties. Ph.D. Thesis, Department of Agricultural Engineering, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria
- Lasisi, D., Aluko, O. B. 2009. Effects of tillage methods on soybean growth and yield in a tropical sandy loam soil. *International Agrophysics*, 23, 2: 147-153
- Lindemann, W. C., Glover, C. R. 2003. Nitrogen fixation by legumes. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State Uni. Electronic distribution. 4 str. <http://www.soilcropandmore.info/crops/alfalfa/Nitrogen-Fixation-by-Legumes-a-129.pdf>
- Matsuo, N., Tsuchiya, S., Nakano, K., Fukami, K. 2019. Design and evaluation of a one-operation shallow up-cut tillage sowing method for soybean production. *Plant Production Science*, 22, 4: 465-478
- Nenadić, N. 1985. Soja. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 63 str.
- Panasiewicz, K., Faligowska, A., Szymanska, G., Szukala, J. 2020. The effect of various tillage systems on productivity of narrow-leaved lupin-winter wheat-winter triticale-winter barley rotation. *Agronomy*, 10, 2: 11 str. doi:10.3390/agronomy10020304
- Pierce, F. J., Fortin, M. C., Staton, M. J. 1994. Periodic plowing effects on soil properties in a no-till farming system. *Soil Science Society of America Journal.*, 58: 1782-1787
- Shahbandeh, M. 2020. Soybean production worldwide 2012/13-2019/20, by country. Statista: 1 str. <https://www.statista.com/statistics/263926/soybean-production-in-selected-countries-since-1980/> (14. 12. 2020)
- SURS, Statistični urad RS. 2020. Pridelava poljščin (ha, t, t/ha), Slovenija, letno. <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1502402S.px/table/tableViewLayout2/> (26. 10. 2020)
- Tardieu, F. 1994. Growth and functioning of roots and of root systems subjected to soil compaction. Towards a system with multiple signalling? *Soil and Tillage Research*, 30: 217-243
- The R Project for statistical Computing. 2019. <https://www.r-project.org/> (27. 10. 2020)
- Thiagalingam, K., Gould, N., Watson, P. 1991. Effect of tillage on rainfed maize and soybean yield and the nitrogen fertilizer requirements for maize. *Soil and Tillage Research*, 19, 1: 47-54

Pridelek visokega fižola za zrnje v hmeljišču glede na odmerek dušika za dognojevanje in vrsto gnojila

Barbara ČEH⁴¹ in Bojan ČREMOŽNIK⁴²

Izvleček

V poskusu pridelave visokega fižola sorte Savinjski sivček (na sortni listi kot sorta Semenarna 22) v hmeljišču v letih 2019 in 2020 smo primerjali dognojevanje fižola pri višini rastlin 15 cm z običajno količino 40 kg/ha N z običajnim gnojilom (KAN) (kontrola) s: i) 40 kg/ha N v obliki počasi sproščajočega dušika, ii) 40 kg/ha N (KAN) + inokulacija semena tik red setvijo, iii) 50 % zmanjšanim odmerkom dušika (KAN; 20 kg N/ha) + inokulacija semena tik pred setvijo in iv) pridelavo brez dognojevanja z dušikom v kombinaciji z inokulacijo semena. Konec rastne dobe korenine v nobenem letu niso imele koreninskih gomoljčkov. To bo predmet nadaljnjih raziskav. Dosežen pridelek je bil v vseh primerih večji (2,7 do 3,0 t/ha suhe snovi) v primerjavi s slovenskim povprečjem, kar dokazuje smiselnost pridelave visokega fižola za zrnje v žičnicah v premeni. Pridelek se med obravnavanji in letoma ni značilno razlikoval. Pri obravnavanjih s polovičnim odmerkom dušika oziroma brez dušika je bil pridelek sicer manjši v primerjavi z obravnavanji s polnim odmerkom dušika, vendar razlika med njimi ni bila statistično značilna. Odmerek 20 kg/ha N ob setvi je torej zadoščal za ustrezen pridelek fižola, dognojevanje z dušikom pri višini rastlin 15 cm ni bilo potrebno. Gnojilo z dušikom s podaljšanim sproščanjem se ni pokazalo kot boljše za dognojevanje v primerjavi z gnojilom KAN pri istem odmerku dušika.

Ključne besede: fižol za zrnje, pridelek, inokulacija, dognojevanje z dušikom

Yield of high beans in hop field trellis related to the nitrogen side dressing and the type of fertilizer

Abstract

In 2019 and 2020, a field trial with high beans for grain ('Savinjski sivček' variety, listed as 'Semenarna 22' variety on the Slovenian variety list) was conducted in a hop field. We compared the yield of beans at different treatments: side-dressing at bean plants height of about 15 cm with the usual amount of 40 kg N/ha (with KAN fertilizer - as in current practice / control) with: i) 40 kg N/ha with the N fertilizer with slow release; ii) 40 kg N/ha (KAN) + seed inoculation just before sowing; iii) 20 kg N/ha (KAN) + seed inoculation just before sowing; iv) without nitrogen in combination with seed inoculation. In both years, the inoculation failed at all treatments; this will be the subject of further investigation. The yield was above Slovenian average in all combinations in both years (2.7 to 3.0 t/ha of dry matter), which proves the reasonableness of growing high beans for grain in hop trellis. The yield did not differ significantly between treatments and years. Treatments with half a dose of nitrogen or without nitrogen for side-dressing indicated with lower yields, but not significantly different compared to control. The nitrogen dose of 20 kg/ha at sowing was therefore sufficient for an adequate bean yield, no nitrogen top-dressing at height of 15 cm was required. The extended-release nitrogen fertilizer for side-dressing did not appear to be better compared to the KAN fertilizer at the same dose of nitrogen.

Key words: grain beans, yield, inoculation, nitrogen fertilization

1 UVOD

Po podatkih SURS (2020) je površina pod fižolom za zrnje v Sloveniji v zadnjih štirih letih enaka, 634 ha. V večjem obsegu fižol za zrnje pridelujejo v žičnicah za hmelj v Savinjski dolini v času premene (med izkrčitvijo starega in zasaditvijo novega nasada hmelja) (Sinkovič in sod.,

⁴¹ Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, e-pošta: barbara.cek@ihps.si

⁴² Inž. agr. in hort., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, e-pošta: bojan.cremozik@ihps.si

2020). V žičnicah sejejo fižol na medvrstno razdaljo 2,4 m, kot je običajno pri hmelju, v vrsti pa v kupčke na razdaljo 50–70 cm. V vsak kupček posejejo 8–10 semen. Od vrha žičnice do vsakega sadilnega mesta napeljejo vrvico (Jesenko in sod., 2018).

Na vseh stročnicah se na koreninah v času rasti lahko oblikujejo majhni gomoljški (noduli), v katerih so nitrifikacijske bakterije iz rodu *Rhizobium spp.*, ki so sposobne vezati dušik iz zraka, le-tega pa lahko izkoriščajo stročnice (Sinkovič in sod., 2020). Simbioze s posamezno vrsto metuljnice so navadno sposobne specifične vrste bakterij. V simbiotski odnos s fižolom vstopajo navadno naslednje vrste: *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, *R. tropici*, *R. mongolense*, *R. gallicum* in *R. etli*. V večini evropskih tal je naravno najštevilnejše zastopana *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* (Jesenko in sod., 2018). Fižol ugodno vpliva na naslednje posevke, saj tla obogati z dušikom, ki ga za fižolom ostane od 75 do 120 kg dušika na hektar. Poleg ustrezne reakcije tal (pH) na uspešno delovanje nitrifikacijskih bakterij vplivata še temperatura tal in vlaga v tleh. Optimalna temperatura tal za vzpostavitev in potek simbiotske fiksacije pri fižolu je 25–30 °C, zaustavi se pri 30–33 °C. Pomembno vlogo pri vzpostavitvi simbiotskega odnosa ima tudi vsebnost mikro (Mo, Fe, Co) in makro elementov (Ca, P) v tleh. Preveč dušika v talni raztopini, posebej mineralnega izvora, zavira ali celo onemogoča razvoj simbioze med fižolom in nitrifikacijskimi bakterijami. Previsoki odmerki dušika lahko povzročijo tudi veliko listne mase in manjši nastavek cvetov. Primerna reakcija tal je pri pH med 5,5 in 6,7 (Jesenko in sod., 2018). Nikakor ga ne sejemo v tla s pH pod 5,5, ker bo onemogočen normalen razvoj nitrifikacijskih bakterij (Sinkovič in sod., 2020). Zaradi simbioze z bakterijami morajo biti tla vso rastno dobo zračna. Fižol ne prenaša zastajanja vode in zbitih tal, zato je potrebno tla pred pridelovanjem fižola dobro pripraviti in globoko obdelati in pred setvijo prerahljati.

S pričakovanim pridelkom 2,5 t/ha visokega fižola za zrnje odvezamemo iz tal: 90 kg/ha N, 40 kg/ha P₂O₅, 150 kg/ha K₂O, 20 kg/ha MgO in 200 kg/ha CaO (Tehnološka ..., 2020). Pred setvijo v tla zadelfamo od 1/2 do 3/4 celotnega odmerka dušika, medtem ko ostalo dodamo v enem ali dveh dognojevanjih, pri čemer se priporoča merjenje rastlinam dostopnega nitratnega dušika v tleh (N_{min} ali hitri talni nitratni test) (Sinkovič in sod., 2020).

Seme metuljnic lahko že kupimo inokulirano, lahko pa pripravke sami nanesemo na seme tik pred setvijo ali jih vnesemo pred setvijo v tla, s čimer se izognemo morebitnemu propadu inokulata pri neprimernih razmerah med manipulacijo od nanosa pri proizvajalcu do kmetije.

Namen dvoletnega poskusa z visokim fižolom v hmeljišču je bil ugotoviti, ali lahko zmanjšamo odmerke dušika za dognojevanje oziroma ali se le temu celo izognemo z vključitvijo inokulacije semen pred setvijo oziroma uporabimo gnojilo s počasnejšim sproščanjem dušika. V demonstracijskem prikazu/poskusu pridelave visokega fižola v hmeljišču smo primerjali dognojevanje s standardno količino dušika 40 kg/ha N, kot se le to izvaja v sedanji praksi z običajnim gnojilom (KAN) (kontrola) s: i) 40 kg/ha N v obliki gnojila s podaljšanim sproščanjem, ii) 40 kg/ha N v obliki gnojila KAN + inokulacija semen tik red setvijo, iii) zmanjšanim odmerkom dušika (20 kg/ha N; KAN) + inokulacija semen tik pred setvijo in iv) pridelavo brez dognojevanja z dušikom + inokulacija semen ob setvi.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Postavitev poskusa

Lokacija poskusa je bila v hmeljišču v Migojnicah pri Žalcu na kmetiji Leskoškovih (Spodnja Savinjska dolina), kjer se že več kot 50 let prideluje hmelj. Analiza tal, opravljena po metodi

Al pred pričetkom poskusa, je prikazana v preglednici 1. V letu 2019 je bil poskus na enem delu hmeljišča in leta 2020 na drugem delu istega hmeljišča.

Preglednica 1: Osnovna analiza tal, narejena po metodi Al, pred postavitvijo poskusa

Ime vzorca	pH v KCl	pH v Ca acetatu	P ₂ O ₅ (dostopni) mg/100g	K ₂ O (dostopni) mg/100g	Organska snov (%)
Žičnica	4,2	6,6	31 D*	22 C*	3,0

* D = pretirana preskrbljenost s hranilom; C = dobra preskrbljenost s hranilom

Površino poskusa v izmeri 0,5 ha smo razdelili na 20 parcelic površine okrog 250 m². Za analize smo vrednotili parcele brez zunanjih robov, površine okrog 75 m². Obravnavanja v poskusu so predstavljena v preglednici 2.

Preglednica 2: Obravnavanja v poskusu – uporabljeno gnojilo in odmerek dušika za dognojevanje ter izvedba/ne izvedba inokulacije

Obravnavanje	Odmerek dušika in vrsta gnojila za dognojevanje	Inokulacija semena pred setvijo
A	40 kg N/ha (KAN 27)	NE
B	40 kg N/ha (Rhizovit 31 N- Process)	NE
C	40 kg/ha N (KAN 27)	DA
D	20 kg N/ha (KAN 27)	DA
E	0 kg N/ha	DA

Inokulacijo semena sorte Savinjski sivček (na sortni listi kot sorta Semenarna 22) smo izvedli tik pred setvijo (8. maj 2019 in 6. maj 2020) z inokulantom NS-Nitrugin za fižol (*Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*; proizvajalca Inštitut za poljedelstvo in vrtnarstvo Novi Sad iz Srbije. Glede na količino semena smo natehtali ustrezno količino inokulanta po navodilih proizvajalca. Pripravek smo počasi polivali po semenu in ga potem v vrečki dobro premešali s semenom. Nato smo vrečko za nekaj minut pustili odprto, da se je inokulant posušil na semenu. Ker inokulant ne sme biti na svetlobi, smo pripravljeno seme takoj postavili v vedro ter ga pokrili s temnim pokrovom.

Dognojevanje z dušikovimi (N) gnojili smo izvedli ročno, ko je bil fižol visok okrog 15 cm, tik pred prvim okopavanjem (26. junija v letu 2019 in 12. junija v letu 2020). Granulirano gojilo KAN vsebuje 27 % dušika, pol v amonijski obliki in drugo polovico v obliki nitrata. Gnojilo Rhizovit 31 N-Process je sečninsko-amonijski sulfat (MgO-SO₃) z mikroelementi (31 % N, 2 % MgO, 25 % SO₃) v granulirani obliki. S posebno ovojnico MeTA (95 % prekritost) povečuje biološko razpoložljivost in izkoristek dušika (Timacagro ..., 2020). Takoj po gnojenju smo tla na celotnem poskusu plitvo obdelali, da se je gnojilo zadelalo v tla.

2.2 Oskrba poskusa

Priprava tal pred setvijo je v obeh letih potekala po ustaljeni agrotehnik. Jeseni smo tla preorali do globine 25 cm in jih spomladi poravnali z vlačo, da smo zaprli zimsko brazdo. Pred setvijo smo v obeh letih pognojili na podlagi gnojilnega načrta z 200 kg/ha organsko mineralnega gnojila Timasprint (10-5-12 + 8 CaO + 2 MgO + 24 SO₃ + B + 6,5 organskega C; Timacagro

..., 2020), torej z 20 kg/ha N, 10 kg/ha P₂O₅ in 24 kg/ha K₂O. Spomladi 2019 smo tudi apnili z apnencem IGM v količini 8 t/ha, saj je bil izmerjen pH za pridelavo fižola prenizek. Sledila je predsetvena priprava tal z vrtavkasto brano.

Setev je potekala 8. maja 2019 in 6. maja 2020. Pred setvijo smo naredili jarke vzdolž njive na medvrstni razdalji 2,4 m. 2x6 semen fižola smo sejali ročno v jarek na vsaki strani že vnaprej fiksirane vrvice na razdalji v vrsti 50 cm. Potem smo seme zagrnili z motiko.

Agrotehnični ukrepi med rastno sezono so zajemali: plitva obdelava tal štirikrat v sezoni za uničevanje plevela in razbijanje zaskorjenosti tal, osipavanje in enkrat škropljenje. Namakali nismo. Škropljenje je potekalo v obeh letih v mesecu avgustu s sistemskim fungicidom širokega spektra Ortiva v odmerku 1 l/ha. Vzorce tal za analizo Nmin smo v obeh letih vzeli v mesecu juniju (pred dognojevanjem).

2.3 Meritve

Tla smo za analizo na vsebnost mineraliziranega dušika vzorčili v juniju tik pred dognojevanjem po obravnavanjih, globina vzorčenja je bila 0–25 cm.

V času zrelosti fižola (25. 10. 2019 in 30. 10. 2020) smo z vsake parcelice ročno potrgali rastline sredinskih vrst fižola z vsake parcele posebej na traktorsko prikolico, jih omlatili, stekali pridelek fižola in vzeli vzorec zrnja za analizo na vsebnost vlage in preračun v pridelek suhe snovi na enoto površine. Vzeli smo tudi vzorce za analizo vsebnosti beljakovin po metodi Kjeldahl; slednje po obravnavanjih (1 vzorec na obravnavanje). Podatke smo obdelali z računalniškima programoma Excel in Statgraphics Centurium.

Uspešnost inokulacije smo preverjali po končanem obiranju fižola. Na posameznih obravnavanjih smo izkopali koreninski sistem 10 sadilnih mest ter jih označili glede na obravnavanje. Izkopane korenine smo nato na IHPS oprali pod tekočo vodo, da smo s koreninskega sistema odstranili vsa tla. Korenine smo nato osušili in pripravili za pregled pod mikroskopom.

2.4 Vremenske razmere

V aprilu 2019 je padlo 94 mm dežja (23 mm nad dolgoletnim povprečjem), povprečne dnevne temperature so bile višje od dolgoletnega povprečja. Moker in zelo hladen je bil cel mesec maj. Predvsem v drugi dekadi junija smo beležili pogosta neurja s točo. V prvih dveh dekadah junija je skupaj padlo 55 mm dežja (30 mm pod dolgoletnim povprečjem). Od 10. do 16. junija je bil prvi vročinski val (maksimalne dnevne temperature vse dni zapored višje od 30 °C). V obdobju od 25. junija do 2. julija pa so se maksimalne dnevne temperature kar petkrat povzpele nad 30 °C. Obdobje vročih dni je trajalo od 19. do 27. julija. V juliju je padlo 124 mm dežja, največ (66 mm) v zadnji dekadi julija. Tudi v avgustu in septembru smo zabeležili višjo povprečno temperaturo zraka od dolgoletnega povprečja. V avgustu smo zabeležili 102 mm padavin, 23 mm manj od dolgoletnega povprečja. V septembru je bilo 139 mm dežja. V obdobju junij do september smo zabeležili 527 mm padavin, kar je 30 mm več kot znaša dolgoletno povprečje. V letu 2020 so pomlad so zaznamovala izrazita nihanja temperature zraka in nadaljevanje pomankanja padavin. Topli zimi je sledil hladen začetek pomladi. Sledilo je zelo toplo obdobje, ki je trajalo od druge dekade aprila do prve dekade maja. Od druge dekade maja do prve dekade junija je bilo spet obdobje hladnejšega vremena. Druga dekada junija je bila ponovno toplejša in se je zelo približala vrednosti dolgoletnega povprečja. Pomanjkanje padavin, ki smo ga beležili v januarju in februarju, se je nadaljevalo tudi v marcu in aprilu. V spomladanskem obdobju (21. marec – 20. junij) smo na referenčni postaji zabeležili le 191 mm padavin.

Meteorološko poletje (junij-avgust) v letu 2020 pa je bilo ekstremno deževno, s pogostimi nalivi in neurji. Od zadnje deкаде junija do konca septembra smo zabeležili 601 mm padavin. Poleti je toplo vreme. V rastni dobi 2020 je bilo 779 mm padavin in povprečna temperatura 17,3 °C, za 0,8 °C višja od vrednosti dolgoletnega povprečja.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Konec rastne dobe korenine v nobenem letu niso imele prisotnih koreninskih gomoljčkov oziroma nodulov pri nobenem obravnavanju. Pripravek smo kupili vsako leto svež in z njim pravilno ravnali, torej je manj verjetno, da je bil pripravek uničen. Morebiti so bakterije propadle po aplikaciji, ker je bilo v tleh že preveč mineralnega dušika ali pa pripravek ni kompatibilen za naša tla in fižol uporabljene sorte. Morebiti je bil pH tal kljub apnjenju pred postavitvijo poskusa še vedno prenizek. V nadaljevanju projekta bo to predmet nadaljnjih raziskav. Poskušali bomo najti problem oziroma ustrezen pripravek, ki pa jih je sicer za inokulacijo fižola na trgu zelo malo; v Sloveniji trenutno ni na razpolago nobenega. V poskusih Kmetijskega inštituta Slovenije (Ugrinović in sod., 2019), ki so jih izvajali v letih 2016 in 2017, se je izkazalo, da inokulacija fižola s simbiotskimi bakterijami pripravek NS-Nitratin tudi ni imela statistično značilnega vpliva na povečanje pridelka in na kakovost strokov. V njihovem poskusu je prišlo do formacije nodulov, vendar bistvenih razlik med obravnavanji ni bilo.

Kot je razvidno iz preglednice 3, se pridelek med obravnavanji in letoma ni značilno razlikoval. Obravnavanji, pri katerih smo pognojili s polovičnim odmerkom dušika (20 kg N/ha) oziroma z dušikom nismo dognojevali, sta imeli manjši pridelek kot obravnavanja s polnim odmerkom dušika (40 kg N/ha), vendar razlike med njimi niso bile značilne. Tehtan pridelek je bil v vseh obravnavanjih nadpovprečen. Po podatkih SURS je povprečen slovenski pridelek namreč od 1,4 t/ha do 2,4 t/ha glede na leto (v letu 2019 2,4 t/ha), v Evropi pa v zadnjih letih od 1,8 t/ha do 2,6 t/ha v odvisnosti od leta, v svetu 0,9 t/ha. Največji pridelek sicer dosegajo v Belgiji, 4,3 t/ha (FAOSTAT, 2020). Tudi v številu vodil z zelenimi rastlinami v času spravila ni bilo značilnih razlik. Slednje smo zabeležili zaradi tega, ker bi lahko morebiti gnojilo s podaljšanim sproščanjem dušika delovalo na kasnejše dozorevanje. Gnojilo s podaljšanim sproščanjem dušika je v primerjavi s KAN-om pri istem odmerku dušika (40 kg/ha) enako vplivalo na pridelek.

Preglednica 3: Pridelek zrnja fižola in število vodil z zelenimi rastlinami v poskusu v letih 2019 in 2020 v Žalcu

Obravnavanje	Pridelek zrnja (t/ha suhe snovi)	Število vodil z zelenimi rastlinami na 75 m ²
A	2,8 a*	1,9 a
B	2,8 a	1,1 a
C	2,9 a	0,4 a
D	2,7 a	0,5 a
E	2,7 a	1,0 a
2019	2,8 a	1,0 a
2020	2,7 a	1,0 a

*Enaka črka v stolpcu pomeni, da med obravnavanjema ni značilne razlike (Duncanov test, $p=0,05$).

Leto 2019 je bilo za rast fižola zelo ugodno razen v začetku rastne dobe, ko je bilo maja zelo hladno vreme in veliko padavin in je bila rast fižola zelo počasna. Najnižje rastline pri pregledu

v juliju so bile pri obravnavanjih D in E, rastline pri teh dveh obravnavanjih so bile tudi svetlejše barve kot pri ostalih obravnavanjih. Najvišje rastline so bile pri obravnavanju C, prav tako so bili pri tem vidni že nekateri cvetovi, pri ostalih obravnavanjih pa so bili vidni še samo popki. Kot je razvidno iz preglednice 4, smo pri obravnavanju A (kontrola) v letu 2019 stehali največji, ki je bil za 400 kg večji kot v letu 2020, ko se je pri tem obravnavanju nakazal kot najmanjši. Obravnavanje C (KAN v količini 40 kg N/ha in inokulacija semena pred setvijo) je dalo v obeh letih dober in primerljiv pridelek.

Preglednica 4: Pridelek zrnja fižola po obravnavanjih v poskusu glede na leto poskusa (2019 in 2020) v Žalcu

Obravnavanje	Pridelek zrnja (t/ha suhe snovi)		Vsebnost beljakovin (% v suhi snovi)	
	2019	2020	2019	2020
A	3,0 a*	2,6 a	27,0	27,3
B	2,7 a	2,8 a	27,0	27,6
C	2,9 a	2,9 a	25,4	25,8
D	2,7 a	2,7 a	24,8	26,8
E	2,7 a	2,7 a	26,1	28,1

*Enaka črka v stolpcu pomeni, da med obravnavanjema ni značilne razlike (Duncanov test, $p=0,05$).

Pri analizi rezultatov Nmin v tleh pred dognojevanjem (preglednica 5) smo ugotovili, da je bilo junija leta 2020 v tleh več dostopnega dušika kot junija leta 2019, torej je bila v tleh večja mineralizacija v toplem maju/juniju 2020 kot v zelo hladnem maju 2019, obenem smo v letu 2020 vzorčili 14 dni prej. Tudi pri obravnavanju E, kjer nismo dognojevali z dušikovimi gnojili, je bilo v tleh v letu 2020 že 168 kg/ha dostopnega dušika, v letu 2019 pa 66 kg/ha.

Preglednica 5: Rezultati analize tal na Nmin v tleh (0–25 cm) v juniju 2019 in 2020 po obravnavanjih v poskusu (v kg N/ha)

Oznaka vzorca	26. 6. 2019			12. 6. 2020		
	NO ₃ -N (kg/ha)	NH ₄ -N (kg/ha)	Skupni miner. N (kg/ha)	NO ₃ -N (kg/ha)	NH ₄ -N (kg/ha)	Skupni miner. N (kg/ha)
A	-*	95	-	162	26	188
B	83	61	144	194	26	220
C	75	45	120	119	25	144
D	55	29	84	154	23	177
E	43	23	66	146	22	168

*Poškodovan vzorec.

Če pogledamo analizo podatkov za vsako leto posebej, vidimo (preglednica 4), da med obravnavanji v pridelku ni bilo značilnih razlik, kar pomeni, da dognojevanje z dušikovimi gnojili v fazi, ko je fižol visok okrog 15 cm, ni bilo smiselno. Ker nodulov nismo našli pri nobenem obravnavanju, pomeni, da rastlina ni imela potrebe po vzpostavitvi simbioze, saj je bilo očitno v tleh že dovolj mineraliziranega dušika (preglednica 5) ali pa je bil kakšen problem pri vzpostavljanju te simbioze. Kljub temu da so bile rastline pri obravnavanjih D in E (odmerek dušika 20 kg/ha v obliki gnojila KAN oziroma brez dognojevanja z N) med letom nekoliko

nižje in so imele svetlejšje liste, se to ni poznalo na velikosti doseženega pridelka, saj je bil le ta statistično primerljiv s pridelkom pri kontroli, kjer smo pognojili s celotnim odmerkom dušika (40 kg/ha v obliki gnojila KAN).

Podatek o vsebnosti beljakovin (preglednica 4) je zgolj v informacijo, saj je bila narejena le po ena analiza na vsakem obravnavanju in ne po ponovitvah. Vidimo, da so bile vrednosti leta 2020 višje v primerjavi z letom 2019 pri obravnavanjih D in E, a trenda med obravnavanji ni opaziti.

4 SKLEPI

Inokulacija v poskusu ni uspela. V nadaljevanju projekta bo to predmet nadaljnjih raziskav.

Dosežen pridelek je bil v vseh primerih višji (2,7–3,0 t/ha suhe snovi glede na obravnavanje in leto) večji od slovenskega povprečja, kar dokazuje smiselnost pridelave visokega fižola za zrnje v žižnicah v premeni, saj ima fižol kot metuljnica poleg tega še dober vpliv na rodovitnost tal. Pridelek se med obravnavanji (različna količina dušika za dognojevanje v času višine fižola okrog 15 cm ter (ne)inokulacija semena tik pred setvijo) in letoma ni značilno razlikoval. Pri obravnavanjih, pri katerih smo dognojevali s polovičnim odmerkom dušika (20 kg/ha) oziroma z dušikom nismo dognojevali, smo sicer izmerili manjši pridelek kot pri obravnavanju s polnim odmerkom dušika (40 kg/ha), vendar razlike med njimi niso bile značilne. Odmerek dušika 20 kg/ha ob setvi je bil očitno v razmerah poskusa dovolj za ustrezen pridelek fižola in dognojevanje z dušikom pri višini fižola 15 cm ni bilo potrebno.

Gnojilo z dušikom s podaljšanim sproščanjem za dognojevanje se ni nakazalo kot boljše v primerjavi z gnojilom KAN pri istem odmerku dušika.

Zahvala. Članek je nastal v sklopu EIP projekta Zrnate stročnice-pridelava, predelava in uporaba, ki poteka v okviru ukrepa Sodelovanje iz Programa razvoja podeželja Republike Slovenije za obdobje 2014–2020, podukrep 16.2: Podpora za pilotne projekte ter razvoj novih proizvodov, praks, procesov in tehnologij, ki ga financirata Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja in Republika Slovenija. Zahvaljujemo se hmeljarju Bojanu Leskošku za sodelovanje.

5 LITERATURA

FAOSTAT, 2020. Dostopno na: <http://www.fao.org/faostat/en/>

Jesenko, T., Bolčič, J., Golc, R., Majcen, B., Ogorelec, A., Pelko, N., Pušenjak, M., Škerbot, I., Škerbot, I., Vičar, B. 2018. Tehnološka navodila za pridelavo fižola. Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Ljubljana. Dostopno na: https://www.kgzs.si/uploads/dokumenti/strokovna_gradiva/tehnoloska_navodila_za_pridelavo_fizola.pdf

Sinkovič, L., Marolt, N., Vončina, A. 2020. Stročnice. Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana. Dostopno na: <https://www.ivr.si/rastlina/strocnice/>

SURS. Statistični urad republike Slovenije. Dostopno na: <https://pxweb.stat.si/>

Tehnološka navodila za integrirano pridelavo zelenjave za leto 2020. MKGP. Dostopno na: <https://www.kgzs.si/novica/tehnoloska-navodila-za-integrirano-pridelavo-2020-2020-04-02>

Timacagro, Adriatik d.o.o. 2020. Dostopno na: <http://www.timacagro.si/izdelki/granulirana-gnojila/rhizovit-n-process.html>

Ugrinović, K., Škof, M., Vičar, B. Rezultati uporabe *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* pri dveh sortah visokega fižola za stročje. Novi izzivi v agronomiji 2019 : zbornik simpozija, Laško, 2019.

Vpliv konvencionalne in konzervirajoče obdelave ter direktne setve na zapleveljenost in pridelek ozimne pšenice (*Triticum aestivum* L.)

Anže ROVANŠEK⁴³ in Robert LESKOVŠEK⁴⁴

Izvleček

V konvencionalni pridelavi ozimne pšenice v Sloveniji prevladuje osnovna obdelava tal z oranjem in dopolnilna predsetvena obdelava. Eden od načinov za ohranjanje kakovosti tal in zmanjšanja stroškov pridelave je predvsem zmanjšanje intenzivnosti obdelave tal in uvajanja sistema konzervirajoče obdelave tal ali uporabe direktne setve. V rastni sezoni 2019/2020 smo v poljskem poskusu na površinah Kmetijskega inštituta Slovenije primerjali sisteme konvencionalne obdelave (KN), plitve konzervirajoče obdelave (CS1), globoke konzervirajoče obdelave (CS2) ter direktne setve (DS) v pridelavi ozimne pšenice. Poskus je bil zasnovan v naključnih blokih, s štirimi ponovitvami. Ugotovili smo precejšnjo razliko v pokrovnosti tal s plevi pri različnih sistemih obdelave, v jesenskem vzorčenju. Spomladanski vznik plevelov je bil najštevilčnejši v sistemih KN in CS2. Poleti je bilo najmanjše število plevelov (20/m²) v sistemu KN in največje (71/m²) v CS1. Pidelki suhega zrnja v sistemu DS (7,3 t/ha) in CS2 (7,0 t/ha), so bili primerljivi s konvencionalno obdelavo (KN; 7,4 t/ha), pridelek pri postopku obdelave tal CS1 (6,6 t/ha) pa je bil statistično značilno nižji. Enoletni rezultati poljskega poskusa nakazujejo, da je mogoče z alternativnimi pristopi obdelave tal in setve doseči primerljivo produktivnost v primerjavi s konvencionalno pridelavo. Rezultati zapleveljenosti nakazujejo, da bo potrebno načine obdelave tal dolgoročno ovrednotiti v različnih agro-pedo-klimatskih pogojih in ukrepe uravnavanja plevelne vegetacije ustrezno prilagoditi specifičnim razmeram v posameznem sistemu obdelave tal.

Ključne besede: ozimna pšenica, sistem obdelave, konzervirajoča obdelava, direktna setev, plevel

Effect of conventional, conservation and no-till tillage systems on weed dynamics and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)

Abstract

Conventional tillage practice in the winter wheat production in Slovenia involves ploughing and additional seedbed preparation. One of the measures for preserving soil fertility and decrease production costs is to reduce the tillage intensity with implementation of conservation tillage and no-till production systems. A field trial was conducted in the 2019/2020 growing season at Agricultural Institute of Slovenia where shallow (CS1), deep conservation tillage (CS2) and no-tillage (DS) system were compared with conventional system (KN) in the winter wheat production. A significant difference was found in the weed soil cover in the tested tillage systems during autumn sampling. Spring weed emergence was the greatest in the KN system and the lowest in the DS system. In summer, the lowest weed density (20 pl/m²) was observed in the CN system and the greatest (71 pl/m²) in the CS1 system. Dry grain yields in the DS (7.3 t/ha) in CS2 (7.0 t/ha) system were comparable to the KN system (7.4 t/ha), while significant lower yield was observed in the CS1 system (6.6 t/ha). Results of the field study showed that tested tillage systems could represent a viable alternative to the established tillage practice and yields comparable to the conventional system can be achieved. Weed density and dynamics results suggest that long term assessment of tillage systems in various agro-pedo-climatic conditions will be needed to develop specific weed management strategies adapted to different tillage systems.

Key words: winter wheat, tillage system, conservation tillage, no-till, weed control

⁴³ Mag. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: anze.rovansek@kis.si

⁴⁴ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: robert.leskovsek@kis.si

1 UVOD

Ozimna pšenica (*Triticum aestivum* L.) je za koruzo po površini pridelave naša najpomembnejša poljščina. Povprečna površina posejana z ozimno pšenico v Sloveniji v zadnjih 10 letih znaša dobrih 30.000 ha. Na tej površini se je v poprečju pridelalo 150.000 t zrnja, pri povprečnih pridelkih 5 t/ha. V letu 2019 je bilo z ozimno pšenico posejanih 26.332 ha, pridelek s te površine je znašal 138.863 t, kar predstavlja povprečen pridelek 5,3 t/ha (SURS, 2020).

V konvencionalni pridelavi pšenice je v Sloveniji ustaljena praksa osnovne obdelave tal z oranjem in dopolnilno plitko predsetveno pripravo. Tovrstna obdelava omogoča dobro mešanje, rahljanje in zračenje talnih plasti in s tem pripravo ustrezne setvene površine. Zelo izrazit je tudi učinek zmanjšanja zapleveljenosti, vendar so hkrati gola, preorana tla izpostavljena vetrni in vodni eroziji ter bolj podvržena izgubi organske snovi in izpiranju hranil (Cerdan in sod., 2010), kar omejuje rast vegetacije in ima negativen vpliv na biodiverzitetu (Scherr, 2000). Erozijska spreminja zlasti fizikalne, kemijske in biološke lastnosti tal, kar vodi do zmanjšanja potencialne kmetijske produktivnosti in vzbuja zaskrbljenost glede preskrbe s hrano, zlasti v okviru naraščajočega svetovnega prebivalstva in posledično vse večjih potreb po hrani (FAO, 2015; Graves in sod., 2015). V kmetijstvu se zaradi naštetih razlogov vse bolj uveljavlja sistem konzervirajoče obdelave tal, kjer se tla obdeluje minimalno, do manjše globine, s čim manj obračanja in mešanja talnih slojev. Pri tem se uporabljajo orodja za plitvo obdelavo kot so razni rahljalniki, krožne brane, ipd.. Skrajna oblika poenostavljene obdelave je direktna setev brez obdelave (ang. no till). Poleg pozitivnih ekoloških vplivov konzervirajoče obdelave, se kmetje za tovrsten sistem odločajo predvsem zaradi nižjih stroškov mehanizacije in dela, ki sta potrebna za predsetveno pripravo v primerjavi s konvencionalno obdelavo tal (Uri, 2000). Za dobro izvedeno setev v pogojih konzervirajoče in v sistemu brez obdelave tal je potrebna ustrezna sejalnica za direktno setev.

Zapleveljenost posevka ozimne pšenice lahko negativno vpliva na pridelek zrnja. Ocenjuje se, da pleveli okvirno povzročijo 13,1 % svetovne izgube pridelkov (Oerke in sod. 1994). Izgube v pridelavi pšenice so lahko tudi višje in znašajo 25-50 % in v primerih ekstremne zapleveljenosti celo do 80 % (Bhan in Sushil, 1998). Tudi Siddiqui in sod. (2010) so pri proučevanju vpliva različne stopnje zapleveljenosti opazili povprečne izgube 60–70 %. Zaradi tega je poleg ostalih ustrezno izvedenih agrotehničnih ukrepov učinkovito in uspešno uravnavanje plevelne populacije v pridelavi ozimne pšenice ključno za doseganje ustrezne velikosti pridelka.

V sistemih konzervirajoče obdelave tal in direktne setve (ang. no till) večina plevelnih semen ostane v zgornjem sloju tal, pri oranju pa se plevelna semena podorje v globlji sloj, kjer nimajo pogojev za vznik. Istočasno se iz globine na površino prinese semena plevelnih vrst iz prejšnjih sezon, ki ob ugodnih pogojih hitro kalijo. Woźniak (2018) je v raziskavi poročal o 44 % večjemu številu plevelnih semen na površini strnišča pri direktno sejani ozimni pšenici v primerjavi s konvencionalno obdelanimi tlemi. Čeprav je semenska banka v zgornjem sloju tal pri konzervirajoči obdelavi večja, pa v pregledu raziskav najdemo nasprotujoče si podatke o gostoti in biomasii plevela, ki dejansko vznikne. Tako določene študije navajajo večji pritisk plevela na tleh, ki so bila obdelana konzervirajoče v primerjavi s konvencionalno obdelanimi (Knežević in sod., 2008; Mishra in Singh, 2012; Santín Montanyá in sod., 2020), nasprotno pa nekateri ugotavljajo večji pritisk plevelov v konvencionalno obdelanih (oranih) tleh (Calado in sod, 2013; Khan, 2009). Ker so agro-pedo-klimatski pogoji eden poglavitnih dejavnikov pri uspešni implementaciji drugačnih pridelovalnih sistemov so še posebej pomembne lastne raziskovalne izkušnje in izsledki v lokalnih razmerah.

Namen raziskave je bil preučiti vpliv različnih sistemov obdelave (konvencionalna, konzervirajoča in brez obdelave) na velikost pridelka. Dodatno je bil cilj poljskega poskusa ovrednotiti številčnost in dinamiko razvoja plevelne populacije ter njen vpliv na razvoj in pridelek suhega zrnja ozimne pšenice.

2 MATERIALI IN METODE DELA

Poskus je potekal v sezoni 2019/2020 na površini infrastrukturnega centra Jablje, Kmetijskega inštituta Slovenije (46°08'14.1"N 14°34'14.6"E, 299 m n. m.). Prejšnji posevek v je bila koruza za zrnje. Po opravljeni žetvi so bili vsi rastlinski ostanki pušчени na površini, koruznice pa pred obdelavo nismo mulčili.

Poskus je potekal na aluvialnih, plitvih, prodnatih tleh s slabimi vodno zadrževalnim sposobnostmi. Gre za tipično obliko rendzine na karbonatnemrodu ($\text{pH} > 7$), ki je zaradi intenzivne pridelave in gnojenja v globini ornice (0–25 cm) večinoma dobro založena s P_2O_5 in K_2O . Zgornji del tal kljub precejšnjemu deležu skeleta (20–25 % v/v) odlikuje velika vsebnost organske snovi (3,5–4 %). Rezultati opravljene analize tal po setvi ozimne pšenice (5. 12. 2019) so pokazali, da so tla bazična (pH 7,5) in dobro preskrbljena s fosforjem (22 mg/kg P_2O_5) in kalijem (21 mg/kg K_2O). Tudi vsebnost organske snovi ob začetku izvajanja poskusa je bila precej visoka (3,9 %).

Poskus z ozimno pšenico sorte Falado (220 kg/ha) je bil zasnovan v naključnem bločnem sistemu s 4 ponovitvami. Glavna obravnavanja predstavljajo štirje načini osnovne obdelave in zasnove posevka: konvencionalna obdelava (CN), dva postopka konzervirajoče obdelave (plitva konzervirajoča obdelava - CS1 in globoka konzervirajoča obdelava - CS2) ter direktna setev brez obdelave (DS).

V konvencionalnem sistemu (CN) smo površino preorali do globine 20 cm in čez dva dni uporabili še predsetvenik. Pri konzervirajočem pristopu smo pri postopku plitve obdelave tal uporabili krožno brano do globine 8 cm (CS1), pri postopku globoke konzervirajoče priprave tal pa površino prerahljali s čelnim rahljalnikom do globine 20 cm in naslednji dan izvedli še fino predsetveno pripravo z vrtavkasto brano (CS2). Tehnološka opravila pri posameznem sistemu obdelave tal so navedena v preglednici 1.

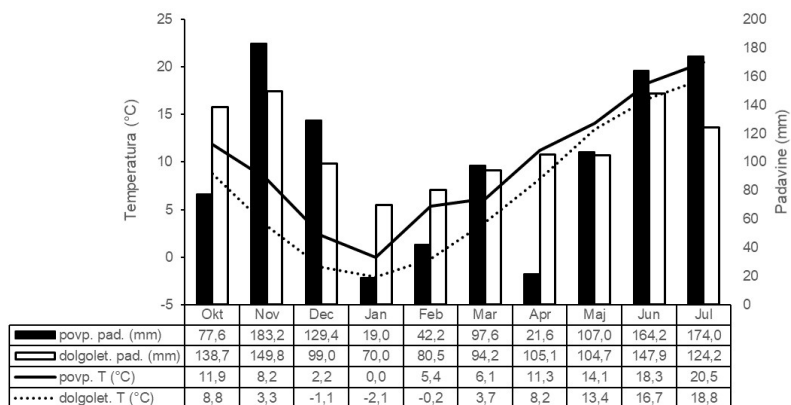
Vremenske in talne razmere v času obdelave tal in setve so bile ugodne, nato pa je v novembru in decembru padlo nadpovprečno veliko padavin, ki so zelo razmočile posejano površino. Kljub relativno suhemu začetku leta 2020 (januar in februar) je sledila mokra pomlad, ki so jo spremljale povprečne temperature za to obdobje. Tudi maj, junij in julij leta 2020 so bili nadpovprečno mokri, skupaj smo v teh treh mesecih zabeležili kar 445 mm padavin (slika 1). Prvo (jesensko) vzorčenje številčnosti plevelne vegetacije smo opravili mesec dni po setvi (26. 11. 2019), ko je bila pšenica v fenofazi enega lista (BBCH 11). Vzorčenje številčnosti plevelov smo opravili v treh naključnih ponovitvah na površini 0,11 m² s pomočjo kvadrata 33 x 33 cm. Pokrovnost plevelov smo ocenili vizualno s pomočjo aplikacije Canopeo, na podlagi odstotka površine tal, ki ga prekrivajo plevelne rastline. Drugo (spomladansko) vzorčenje smo opravili 3.4.2020, ko so bile rastline pšenice v fenofazi začetka razraščanja (BBCH 21-22) in zadnje vzorčenje (poletno) smo opravili 4. 6. 2020, ko je bila ozimna pšenica v fenofazi konec cvetenja (69). Pri zadnjem vzorčenju smo poleg popisa številčnosti plevelne vegetacije odvzeli vzorce biomase plevela in pšenice ter prešteli število oblikovanih klasov na izbrani površini. Plevelno in pšenično nadzemno biomaso smo sušili v perforiranih vrečkah 72 ur pri temperaturi 60 °C in po zaključku sušenja stehali suho nadzemno biomaso ozimne pšenice in plevela. Žetev smo izvedli v ugodnih pogojih 20.7.2020 s parcelnim kombajnom Wintersteiger. Pridelek vsakega

obravnavanja smo ugotavljali v dveh ponovitvah na površini 30 m². Zrnju smo izmerili povprečno vlago in pridelke preračunali na standardno vsebnost vlage v zrnju 14 %.

Preglednica 1: Tehnološka opravila pri posameznem sistemu obdelave tal in setve

Tehnološko opravilo	Datum	Konvencionalna (CN)	Konzervirajoča - plitka (CS1)	Konzervir ajoča	Direktna setev
Osnovna obdelava	21. 10 2019	oranje (20 cm)	krožna brana (8 cm)	rahljanje (20 cm)	/
Predsetvena priprava	23. 10. 2019	predsetvenik	/	vrtavkasta brana	/
Setev	24.10. 2019	mehanska sejalnica za direktno setev Great Plains 3P1006NT širine 3 m in 18 cm medvrstne razdalje			
Gnojenje	11. 03. 2020	osnovno gnojenje	400 kg/ha NPK 6:12:24 (24 kg N; 48 kg P ₂ O ₅ ; 96 kg K ₂ O na ha)		
	18. 02. 2020	1. obrok N	185 kg/ha KAN 27 % N (50 kg N na ha)		
	18. 04. 2020	2. obrok N	247 kg/ha Unico (25,5 N + SO ₃) (63 kg N/ha)		
	14. 05. 2020	3. obrok N	110 kg/ha KAN (27 % N) (30 kg N/ha)		
Varstvo pred plevli in škodljivci	06. 04. 2020	herbicid	23,4 g/ha diflufenikan + 2,3 g/ha metsulfuron-metil + 0,27 g/ha pinoksaden + 3 g/ha florasulam ¹		
	07. 05. 2020	insekticid	5 g/ha lambda-cihalotrin ²		
	07. 05. 2020	fungicid	72 g/ha benzovindiflupir + 144 g/ha protiokonazol ³		
	25. 05. 2020	fungicid	114 g/ha protiokonazol in 114 g/L tebukonazol ⁴		

¹ Alliance + Axial one (39 g/ha + 0,6 L/ha); ² Karis 10 SC (50 mL/ha); ³ Elatus era (0,96 L/ha); ⁴ Prosaro (0,91 L/ha)



Slika 1: Povprečna temperatura (°C) in padavine (mm) v rastni sezoni (oktober 2019 – julij 2020) v Jabljah v primerjavi z dolgoletnimi povprečji za to območje (letališče Jožeta Pučnika v obdobju 1951–1994)

Statistična analiza je bila opravljena s programskim orodjem STATGRAPHICS Centurion XVI (2011, Statpoint Technologies, Warrenton, VA). Predpostavke ANOVE za enakost in normalno porazdelitvijo varianc so bile preverjene z Levenovim testom. Za testiranje značilnosti vpliva sistema obdelave je bila uporabljena enosmerna ANOVA, povprečja pa so bila primerjana s post-hoc Tukeyevim HSD testom pri $p < 0,05$.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Vpliv sistema obdelave na številčnost in pokrovnost plevelne populacije

Sistem obdelave tal je imel mejni statistično značilen vpliv na številčnost plevelne populacije poleti ($p < 0,05$) in mejni vpliv na število plevelov spomladi ($p \leq 0,05$). Število plevelov se v jesenskem vzorčenju ni statistično razlikovalo, smo pa ugotovili precejšnje razlike v pokrovnosti plevelov pri različnih sistemih obdelave (preglednica 2).

Preglednica 2: Analiza variance vpliva sistema obdelave na številčnost plevelov pri jesenskem, spomladanskem in poletnem vzorčenju

Dejavnik	Spremenljivka	F statistika	p-vrednost	SE
sistem obdelave	število plevelov jeseni	3,19	0,084 ns	16,3
sistem obdelave	pokrovnost plevelov v jeseni	26,75	0,0002 ***	0,3
sistem obdelave	število plevelov spomladi	4,00	0,052 *	19,1
sistem obdelave	število plevelov poleti	5,24	0,027 *	49,2

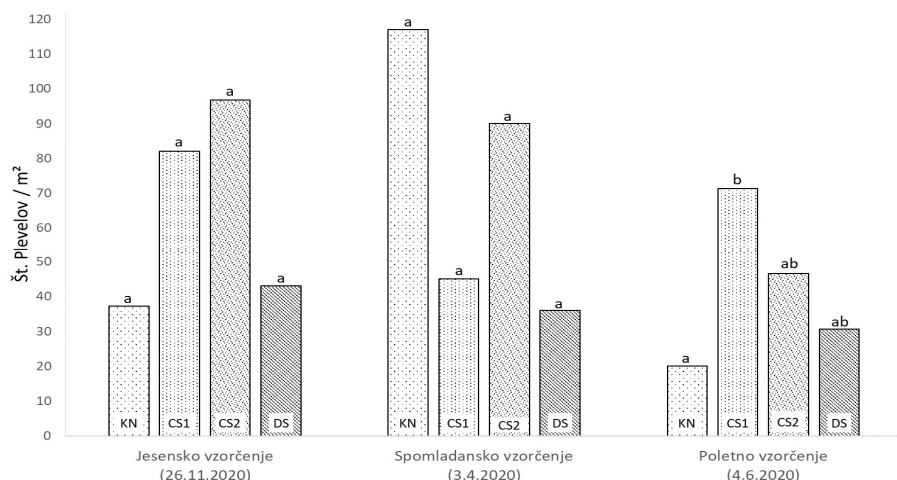
*** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), ($p < 0,1$)

Pri spomladanskem vzorčenju smo največje število plevelov na kvadratni meter zabeležili pri konvencionalni obdelavi (KN) in sicer v povprečju 117 plevelnih rastlin/m², v sistemu globoke konzervirajoče obdelave (CS2) 90, v sistemu plitve konzervirajoče obdelave (CS1) 45 in najmanj v sistemu direktne setve (DS) 36. Kmalu po vzorčenju je bilo v posevku ozimne pšenice izvedeno škropljenje s herbicidom. Pred žetvijo smo opravili še zadnje vzorčenje, kjer smo našli najmanj plevelov (20 plevelov/m²) v sistemu KN, nekaj več (30,6) v sistemu DS, v sistemu CS2 46,6 in največ (71,3) CS1. Herbicid je najbolj zmanjšal populacijo prisotnih plevelov v sistemih KN in CS2 (Slika 2).

Zaradi relativno neugodnih vremenskih razmer je bil vznik plevela v obdobju po setvi zelo majhen. Podatki pokrovnosti plevelov v jeseni so obratno sorazmerni z intenzivnostjo obdelave. Največjo pokrovnost v jesenskem vzorčenju smo tako ugotovili pri plevelih v sistemu direktne setve (DS; 3 %) in najmanj v konvencionalnem sistemu obdelave (KN; 0,008 %). V sistemu globoke konzervirajoče obdelave (CS1) je bila povprečna pokrovnost plevelov 0,02 % in v sistemu plitve konzervirajoče obdelave (CS2) 0,013 %.

Po spravilu koroze je bilo na poskusni površini prisotno precejšnje število dobro razvitih jesenskih plevelov (navadni plešec, škrlatnoredča mrtva kopriva, navadni jetičnik). Pri vseh postopkih obdelave (CN, CS1 in CS2) smo te plevelce uspešno zatrli, saj je obdelavi sledilo toplo in suho vreme. Pri direktni setvi (DS) pa razen sejalnega lemeža ob setvi, v tla nismo posegali, zato so se lahko pleveli nemoteno razvijali tudi po setvi ozimne pšenice.

Podatki o številčnosti plevelne populacije nam pri vseh postopkih obdelave (CN, CS1 in CS2) prikazujejo število novo vzniklih plevelov. Nasprotno pa smo v jesenskem vzorčenju pri direktni setvi (DS) ugotovili manjše število že prisotnih, dobro razvitih plevelov (z večjo pokrovnostjo), medtem ko novega jesenskega vznika po setvi ozimne pšenice praktično ni bilo.



Slika 2: Vpliv sistema obdelave tal na zapleveljenost ozimne pšenice (št./m²) v različnih terminih vzorčenja; KN - konvencionalna obdelava, CS1 - plitka konzervirajoča obdelava, CS2 - globoka konzervirajoča obdelava, DS - direktna setev brez obdelave.

* male črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike med sistemi obdelave tal znotraj posameznega termina (Tukey-test, $p \leq 0,05$)

3.2 Vpliv sistema obdelave na suho biomaso plevela in ozimne pšenice

Na nadzemno biomaso ozimne pšenice in plevela, odvzetih pri zadnjem vzorčenju, sistem obdelave tal ni imel statistično značilnega vpliva (Preglednica 3). Suhe biomase pšenice je znašala 896,4 g/m²; 832,1 g/m²; 821,5 g/m² in 724,3 g/m² v sistemih CN, CS2, DS in CS1. Plevelne biomase so bile v vseh sistemih relativno nizke. Največ suhe plevelne biomase je bilo v sistemu CS1 (12,9 g/m²) in najmanj v sistemu DS (1,9 g/m²). V sistemu CN je bilo izmerjeno 5,6 g/m² suhe plevelne biomase in v sistemu CS2 4,1 g/m². Podatki deloma sovpadajo s podatki o številu plevelov (slika 3) le pri sistemu DS je bilo prisotnih veliko število plevelov v nižjih razvojnih fazah. To je posledica številčnega vznika navadnega prosa (*Panicum miliaceum*) zgodaj poleti, kot posledica izpadlega semena strniščnega posevka prosa v prejšnji sezoni.

Preglednica 3: Analiza variance vpliva sistema obdelave na suho biomaso plevela in ozimne pšenice pri poletnem vzorčenju

Dejavnik	Spremenljivka	F statistika	p-vrednost	SE
sistem obdelave	suha biomasa oz. pšenice	2,09	0,1803 ns	49,2
sistem obdelave	suha biomasa plevela	3,41	0,0735 ns	2,6

*** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), ($p < 0,1$)

3.2 Vpliv sistema obdelave na število klasov in pridelek ozimne pšenice

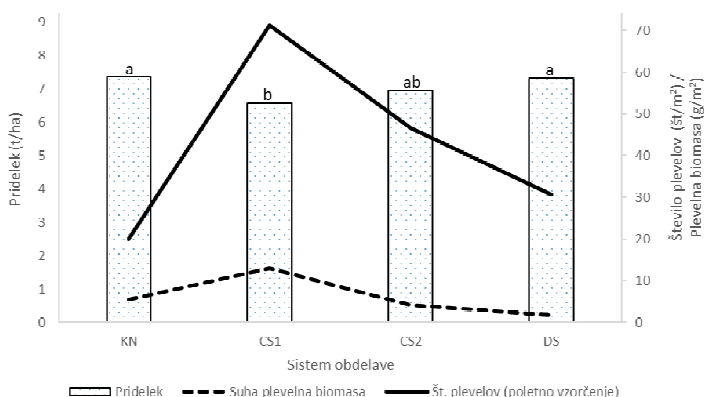
Sistem obdelave ni imel statistično značilnega vpliva na število klasov ozimne pšenice (preglednica 4). V sistemu CS2 smo tako našli 472 klasov/m², pri DS 483 klasov/m² ter 497 klasov/m² v KN in 544 klasov/m² v sistemu CS1.

V vseh sistemih obdelave tal so bili izmerjeni nadpovprečni pridelki suhega zrnja glede na dolgoletna povprečja na tem pridelovalnem območju. Na pridelek suhega zrnja ozimne pšenice je imel sistem obdelave mejni statistično značilen vpliv ($p < 0,05$) (preglednica 4).

Preglednica 4: Analiza variance vpliva sistema obdelave na povprečno število klasov ter pridelok suhega zrnja ozimnega ječmena

Dejavnik	Spremenljivka	F statistika	p-vrednost	SE
sistem obdelave	število klasov na m ²	0,72	0,5693 ns	37,5
sistem obdelave	pridelek suhega zrnja oz. pšenice	4,23	0,0155*	0,18

*** (p < 0,001), ** (p < 0,01), * (p < 0,05), (p < 0,1)



Slika 3: Pridelok suhega zrnja ozimne pšenice (t/ha) ter številčnost plevelne populacije (št. plev/m²) in suha biomasa plevela (g/m²) pri poletnem vzorčenju opravljenem v ozimni pšenici v fenofazi konec cvetenja (BBCH 69)- KN - konvencionalna obdelava, CS1 - plitka konzervirajoča obdelava, CS2 - globoka konzervirajoča obdelava, DS - direktna setev brez obdelave.

* male črke nad stolpci označujejo statistično značilne razlike med sistemi obdelave tal (Tukey-test, $p \leq 0,05$)

Pridelki suhega zrnja ozimne pšenice pri sistemu DS (7,3 t/ha) in CS2 (7,0 t/ha), so bili primerljivi s konvencionalno pridelavo (KN; 7,4 t/ha), medtem ko je bil pridelek pri postopku obdelave tal CS1 (6,6 t/ha) statistično značilno nižji. Postopek plitke konzervirajoče obdelave je bil ob najnižjem povprečnem pridelku hkrati tudi najbolj zapleveljen (Slika 8). Nižji pridelek v postopku obdelave CS1 je najverjetneje posledica slabšega otekanja vode v nižje plasti, saj smo bili posebej jeseni priča obilnim padavinam in kratkotrajnemu zastajanju vode v zgornji plasti tal. V sistemu DS je višina pridelka skoraj enakovredna pridelku iz sistema konvencionalne obdelave.

4 SKLEPI

Na podlagi rezultatov enoletnega poljskega poskusa v sezoni 2019/2020 in primerjave različnih sistemov obdelave tal lahko zaključimo, da lahko s sistemom direktne setve na lahkah do srednje težkih tleh, uspešno nadomestimo konvencionalno globoko obdelavo z oranjem in dosežemo primerljive pridelke ozimne pšenice. Pridelki suhega zrnja pri direktni setvi (7,3 t/ha) so bili primerljivi s konvencionalno pridelavo (7,4 t/ha). Plitva konzervirajoča obdelava (6,6 t/ha) se je v letu 2020 izkazala kot manj primerna v primerjavi z globoko konzervirajočo obdelavo (7,0 t/ha), kar je verjetno posledica obilnih padavin in bolj dreniranih tal pri globoki konzervirajoči obdelavi. Čeprav smo ugotovili precejšnje razlike v številčnosti plevelne populacije, se suha biomasa plevela ob žetvi ni bistveno razlikovala med različnimi načini

obdelave. Precejšnje razlike v dinamiki in številčnosti plevelne populacije nakazujejo na potrebe po ustrezni prilagoditvi ukrepov uravnavanja plevela pri različnih sistemih obdelave.

Zahvala. Za finančno pomoč pri izvedbi raziskave se zahvaljujemo Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) in programski skupini Trajnostno kmetijstvo (P4-0133). Zahvaljujemo se tudi sodelavki Sergeji Adamič za pomoč pri izvedbi raziskave, sodelavcem Kmetijskega inštituta Slovenije, IC-Jablje pa za optimalno izvedene agrotehnične ukrepe. UL-BF gre zahvala za posojeno opremo in Branku Majeriču za pomoč pri setvi z direktno sejalnico.

5 LITERATURA

- Bhan, V. M., Sushil, K. 1998. Integrated management of Phalaris minor in rice-wheat ecosystems in India. *Ecological Agriculture and Sustainable Development*. Indian Ecological Society. 2: 399-414
- Calado, José & Basch, Gottlieb & Barros, José & Carvalho, M. 2013. Weed management in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) influenced by different soil tillage systems. *African journal of agricultural research*. 8. 2551-2558. 10.5897/AJAR12.1291.
- Cerdan, O., Govers, G., Le Bissonnais, Y., Van Oost, K., Poesen, J., Saby, N., Gobin, A., Vacca, A., Quinton, J., Auerswald, K., Klik, A., Kwaad, F. J. P. M., Raclot, D., Ionita, I., Rejman, J., Rousseva, S., Muxart, T., Roxo, M. J., Dostal, T. 2010. Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. *Geomorphology*, 122, 1-2: 167–177
- FAO 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR)—Main report. ISBN 978-92-5-109004-6. Natural Resources and Environment Department, Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils (ITPS), Rim, Italija. <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf> (12. 11. 2020).
- Grave, A. R., Morris, J., Deeks, L. K., Rickson, R. J., Kibblewhite, M. G., Harris, J. A., Truckle, I. 2015. The total costs of soil degradation in England and Wales. *Ecological Economics*, 119: 399–413
- Khan, A. Z. 2009. Weed Management in Wheat as Affected by Tillage and Herbicides. *Pakistan Journal of Weed Science Research*. 15: 155-169
- Knezevic, M., Ranogajec, L., Samota, D. 2008. Effects of soil tillage and herbicides on weeds and winter wheat yields. V: *Cereal Research Communications*. 7th ALPS-ADRIA Scientific Workshop 36: 1403-1406
- Oerke, E.C., Dehne, H.W., Schönbeck, F., Weber, A. 1994. *Crop Production and Crop Protection: Estimated Losses in Major Food and Cash Crops*. Elsevier, Amsterdam
- Santín Montanyá, M. I., Gandía, M. L., Zambrana, E., Tenorio, J. L. 2020. Effects of tillage systems on wheat and weed water relationships over time when growing together, in semi-arid conditions. *Annals of Applied Biology* 177, 2: 256–265
- Scherr, S. J. 2000. A downward spiral? Research evidence on the relationship between poverty and natural resource degradation. *Food Policy*, 25, 4: 479–498
- Siddiqui, I., Bajwa, R., Huma, Z. E., Javaid, A. 2010. Effect of six problematic weeds on growth and yield of wheat. *Pakistan Journal of Botany*, 4: 2461–2471
- SURS, Statistični urad RS. 2020. Pridelava poljščin (ha, t, t/ha), Slovenija, letno. <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1502402S.px/table/tableViewLayout2/> (11.11.2020)
- Uri, N. 2000. An evaluation of the economic benefits and costs of conservation tillage. *Environmental Geology* 39: 238–248
- Woźniak, A. 2018. Effect of tillage on the structure of weed infestation of winter wheat. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 16, 4: doi: 10.5424/sjar/2018164-12531

Učinek uporabe zeolitov na pridelek koruze za zrnje (*Zea mays* L.) v različnih pedoklimatskih razmerah

Aleš KOLMANIČ⁴⁵

Izvleček

Zeoliti so aluminosilikati, katerih specifične lastnosti reverzibilne vezave ionov so zanimive za kmetijstvo. Da bi preučili učinek zeolita klinoptilolita na pridelek treh hibridov koruze za zrnje smo v letih 2018, 2019 in 2020 zasnovali poljske poskuse na lahkih tleh v Rakičanu, na težkih tleh v Jabljah ter na srednje težkih tleh v Ajdovščini (poskusa samo v letih 2019 in 2020). Učinek smo preverjali na zgodnjem (FAO 200), srednje zgodnjem (FAO 300) in srednje poznem hibridu koruze (FAO 400). Zeolit smo dodali v odmerkih 0, 150, 300 in 500 kg/ha. V Jabljah zeolit ni značilno vplival na pridelek zrnja. V Ajdovščini smo pri srednje poznem hibridu opazili 18,8 % povečanje pridelkov pri 500 kg/ha zeolita ter zmerno močno linearno povezavo, ki nakazuje povečanje pridelka za 2,5 kg na kg zeolita. V Rakičanu so bili pridelki pri 500 kg/ha zeolita značilno večji kot pri kontroli brez zeolita. V povprečju je bilo povečanje pridelka pri vseh hibridih za 9,7 %. Šibki linearni povezavi pri zgodnjem in srednje poznem hibridu nakazujeta povečanje pridelka zrnja za 2,1 oz. 2,3 kg na kg zeolita. Kljub razlikam v vremenskih razmerah med leti je bilo povečanje pridelka v Rakičanu in v Ajdovščini (pri srednje poznem hibridu) v vseh letih preizkušanja.

Ključne besede: koruza, zeolit, pridelek zrnja, suša

Effect of zeolites on the yield of maize for grain (*Zea mays* L.) in different pedoclimatic conditions

Abstract

Zeolites are aluminosilicates of interest to agriculture because of their ion-exchange and reversible hydration capabilities. The effect of clinoptilolite zeolite on yield of three grain maize hybrids was studied in 2018, 2019 and 2020. Field trials were established on light soils in Rakičan, on heavy soils in Jablje and on medium-heavy soils in Ajdovščina (2019 and 2020). Selected hybrids were early maturing (FAO group 200), medium early maturing (FAO group 300) and medium late maturing (FAO group 400). Zeolite was added at rates of 0, 150, 300 and 500 kg/ha. In Jablje, zeolite showed no significant effect on grain yield. In Ajdovščina, yield of medium-late hybrids increased by 18.8% with the addition of 500 kg/ha of zeolite; a moderately strong linear relationship between zeolite and grain yield showed an increase of 2.5 kg per kg of zeolite. In Rakičan, grain yields at 500 kg/ha zeolite were significantly different from the control. Yield improvement at 500 kg/ha zeolite was observed for all hybrids and averaged 9.7%, with weak linear correlations for early and mid-late hybrids with grain increase of 2.1 and 2.3 kg per kg zeolite, respectively. Yield improvement in Rakičan and in Ajdovščina (for the medium-late hybrid) was observed in all years, regardless of differences in weather between years.

Key words: maize, zeolite, grain yield, drought

1 UVOD

Z raziskavo učinka uporabe zeolitov na pridelek koruze v različnih pedoklimatskih razmerah smo pričeli pred tremi leti. Zeoliti imajo nekatere specifične lastnosti, kot sta npr. reverzibilna izmenjava ionov in vode brez večjih sprememb v strukturi. Nakhli in sod. (2017) navajajo, da zeoliti zadržujejo vodo in hranila, kar izboljša učinkovitost porabe vode in učinkovitost uporabe hranil ter posledično zmanjša potencial onesnaženja površinskih in podzemnih voda. O

⁴⁵ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: ales.kolmanic@kis.si

strukturi zeolitov, iz katere izhaja sposobnost reverzibilne izmenjave smo že poročali (Kolmanič in Dolničar, 2019).

Ponudba zeolitov za kmetijstvo je v zadnjih letih prisotna tudi pri nas. Zeoliti se oglašujejo kot dodatki za izboljšanje fizikalnih in kemijskih lastnosti tal, dodatki za izboljšanje sposobnosti tal za infiltracijo vode ali dodatki za izboljšanje zadrževanja vode v tleh in povečanje sposobnosti izmenjave kationov. Lastnih raziskav, ki bi preverjale te trditve je v naših pedoklimatskih razmerah še malo. Več je tujih raziskav, pri čemer so najpogostejše raziskave iz aridnih območij. Raziskave najpogostejše obravnavajo možnosti povečanja pridelka z izboljšanjem zadrževalne sposobnosti tal za vodo ter izboljšanje izkoristka dodanih hranil, najdemo pa tudi številne raziskave, kjer proučujejo uporabo zeolita kot nosilca specifičnih feromonov (Ramesh in Reddy, 2011). Ozbahce in sod. (2018) ter Latifah in sod. (2017) poročajo o povečanju pridelkov krompirja in koruze za zrnje z zeolitom. Alfi in Azizi (2015) prikazujeta 9,4 odstotno povečanje pridelkov silažne koruze z zeoliti. Prvi rezultati naše raziskave prav tako nakazujejo ugodne učinke zeolita na pridelek koruze z 11 odstotnim povečanjem pridelka v Rakičanu (Kolmanič in Dolničar, 2019). Nasprotno pa Ahmed in sod. (2010) ne poročajo o razlikah v vsebnosti suhe snovi v rastlinah koruze ob uporabi zeolita, so pa opazili razlike večje vsebnosti hranil v suhi snovi če so uporabili zeolite. Latifah in sod. (2015) in He in sod., (2002) so dokazali adsorbcijo amonijevega kationa (NH_4^+) iz organskih gnojil, komposta ali mineralnih gnojil in s tem vplivali na dinamiko dostopnosti in nitrifikacije ter zmanjšali izgube dušika. V obširnem pregledu literature Ramesh in Reddy (2011) navajata, da je v večini raziskav dodajanje zeolita povečajo pridelke številnih poljščin in učinkovitost izrabe dodanih hranil in vode.

Koruzi je pri nas najbolj razširjena poljščina in se zaradi potreb živinoreje ter enostavnosti pridelave pogosto prideluje tudi na manj primernih tleh. Posledično so ob suši tu največje izgube pridelkov. Pogostejše kot propadanje rastlin zaradi suše je zmanjšanje velikosti pridelkov zaradi slabe zadrževalne sposobnosti tal za vodo in hranila, ker tla niso sposobna zadržati dovolj velikih količin vode, ki bi bila v potrebnih količinah rastlinam na voljo v najbolj občutljivejših razvojnih fazah.

Namen naše raziskave je preučiti ali lahko z dodajanjem zeolitov povečamo pridelke pri pridelavi koruze v različnih pedoklimatskih razmerah. Ker namenskega poligona za sušo nimamo, smo za poljske poskuse izbrali lokaciji, kjer se pomanjkanje rastlinam dostopne vode pojavlja pogostejše (Rakičan in Ajdovščina) ter kot kontrolno lokacijo Jablje, kjer običajno ni pomanjkanja vode. Predpostavili smo, da bomo največji učinek dodajanja zeolita opazili v Rakičanu in Ajdovščini ter, da bo učinek zeolita naraščal z zrelostnim razredom hibrida. V prispevku prikazujemo odziv pridelka treh hibridov koruze za zrnje iz zrelostnih skupin FAO 200, 300 in 400 pri različnih odmerkih (0, 150, 300 in 500 kg/ha) dodanega zeolita iz skupine klinoptilolitov v treh (dveh) sezonah preizkušanja.

2 MATERIAL IN METODE DELA

V Rakičanu (SV Slovenija) in Jabljah (osrednja Slovenija) smo poljske poskuse izvedli v treh zaporednih rastnih sezonah v letih 2018–2020. V Ajdovščini (zahodna Slovenija) smo poskuse izvedli v letih 2019 in 2020. Tla v Jabljah spadajo po klasifikaciji v tip psevdoglejnih tal s prevladujočo teksturo ilovnati melj, v Rakičanu med izprana rjava tla s prevladujočo teksturo ilovnati pesek, v Ajdovščini pa so hipoglejna tla s prevladujočo teksturo meljasto-glinasta ilovica. Mesečne padavine in povprečno mesečno temperaturo prikazujemo v preglednici 1.

Preglednica 1: Osnovni vremenski parametri glede na lokacijo in leto poljskih poskusov

Lokacija:	Ajdoščina		Jablje			Rakičan		
Leto:	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Povprečne mesečne temperature (° C)								
Januar	2,0	3,7	2,8	-1,5	-0,6	3,4	-0,1	0
Februar	5,9	6,8	-2,0	2,6	4,3	-0,8	3,7	6,0
Marec	9,2	8,5	2,6	6,0	4,9	3,8	7,8	6,9
April	12,7	13,3	12,7	9,7	10,6	15,3	11,5	11,7
Maj	14,2	17,1	16,4	11,4	13,6	18,1	13,0	14,7
Junij	24,3	20,3	19,1	21,2	18,0	20,1	22,7	19,2
Julij	24,0	23,0	20,2	21,0	19,7	21,5	21,6	20,5
Avgust	24,3	23,2	20,3	20,5	20,2	22,3	21,8	21,6
September	18,4	19,0	15,5	15,0	15,3	16,4	16,1	16,0
Oktober	14,1	12,6	11,1	10,9	10,1	12,3	12,1	11,1
November	10,7	8,1	7,0	7,5	3,5	7,0	8,4	5,0
December	6,3	6,2	0,4	2,0	1,5	1,0	3,5	2,3
Povprečje:	13,8	13,5	10,5	10,5	10,1	11,7	11,8	11,3
Skupne mesečne padavine (mm)								
Januar	48,2	24,4	55,7	58,4	16,5	23,8	19,5	6,4
Februar	109,9	27,1	140,1	108,8	37,0	74,3	22,5	33,7
Marec	23,8	112,5	135,0	26,7	103,2	85,4	42,0	34,6
April	88,5	15,2	82,1	109,5	14,2	30,6	67,3	28,0
Maj	201,4	75,0	189,2	165,0	108,5	134,2	152,1	62,5
Junij	19,7	199,2	98,8	46,4	167,3	151,9	98,9	78,8
Julij	65,9	97,1	100,0	121,2	177,7	62,7	112,4	121,6
Avgust	56,9	199,8	175,8	116,2	92,1	62,3	93,0	154,9
September	117,2	294,4	159,6	160,3	201,7	79,2	43,0	83,8
Oktober	40,5	209,0	150,3	58,3	161,9	19,1	32,7	126,6
November	400,7	36,8	109,0	222,6	38,8	53,8	131,6	23,5
December	152,0	255,0	8,0	121,6	186,4	9,4	80,0	93,3
Vsota:	1324,7	1545,5	1403,6	1315,0	1305,3	786,7	895,0	847,7

V Rakičanu smo zmerna znamenja pomanjkanja rastlinam dostopne vode v času cvetenja koruze opazili v letu 2018, v ostalih letih suša ni bila zaznavna. V Ajdoščini je bila leta 2019 močnejša suša med rastno dobo koruze, v letu 2020 pa blažja v sredi avgusta. V Jabljah suše nismo imeli, so pa zasičena tla z vodo ovirala in zamikala setve proti koncu maja. Pojavljali pa so se tudi problemi s spravilom zaradi jesenskega deževja. Skupna količina padavin med rastno dobo koruze (1. april - 31. oktober) se je med leti precej razlikovala. V Rakičanu je bilo 540 mm, 600 mm in 656 mm v letih 2018, 2019 in 2020, v Ajdoščini 590 mm in 1090 mm v letih 2019 in 2020, v Jabljah 956 mm, 777 mm in 923 mm v letih 2018, 2019 in 2020. Povprečna mesečna temperatura se je prav tako med leti razlikovala in je bila v Ajdoščini 18,9 °C in 18,4 °C v letih 2019 in 2020, v Jabljah 16,5 °C, 15,7 °C in 15,4 °C v letih 2018, 2019 in 2020 ter v Rakičanu 18,0 °C, 17,0 °C in 16,4 °C v letih 2018, 2019 in 2020. V nobenem letu ni bilo ekstremnih vročinskih valov.

Poskusi so bili zasnovani kot popolni bločni dvo-faktorski poskusi s štirimi ponovitvami. Prvi preučevan dejavnik je bila zrelostna skupina hibrida, kjer smo izbrali zgodnji hibrid, srednje zgodnji hibrid ter srednje pozni hibrid. Drugi dejavnik je bil zeolit, ki smo ga dodali v odmerkih 0, 150, 300 in 500 kg/ha. Izbrani hibridi se razlikujejo po tipu zrnja in dolžini rastne dobe. Zgodnji hibrid je predstavljala poltrdinka 'Stabil' (FAO 240). Zaradi prenehanja prodaje

hibrida smo ga v letih 2019 in 2020 zamenjali s poltrdinko 'Danubio' (FAO 270). Srednje zgodnjo zobanko je predstavljal hibrid 'P9400' (FAO 340), srednje pozen hibrid pa zobanka 'P9911' (FAO 410). Velikost parcelice posameznega obravnavanja je bila 19,6 m² (7 × 2,8 m) na vseh lokacijah. V vsakem obravnavanju smo posejali štiri vrste koruze, pridelke pa smo vrednotili samo na notranjih dveh vrstah (9,8 m²).

Obdelava tla je bila konvencionalna na vseh lokacijah, varstvo rastlin je bilo po smernicah integriranega varstva z uporabo herbicidov in okopavanja. Gnojenje in dognovanje z N smo izvedli glede na dobro kmetijsko prakso in enako pri vseh obravnavanjih na posamezni lokaciji. V Rakičanu je bila skupna dodana količina N 200 kg/ha v letu 2018 (108 kg/ha pred setvijo), 208 kg/ha (128 kg/ha ob setvi) v letu 2019 in 202 kg/ha v letu 2020 (108 kg/ha pred setvijo). V Jabljah je bila skupna dodana količina N 196 kg/ha v letu 2018 (46 kg/ha pred setvijo), 181 kg/ha v letu 2019 (21 kg/ha pred setvijo) in 202 kg/ha v letu 2020 (52 kg/ha pred setvijo). V Ajdovščini je bila skupna količina N 195 kg/ha v letu 2019 (95 kg/ha pred setvijo) in 235 kg/ha v letu 2020 (110 kg/ha pred setvijo). Zeolit smo rastlinam dodali v fenofazah EC 13–14. Da bi posnemali dodajanje z uporabo okopalnika smo približno 30 cm od rastlin naredili 5 cm globoke jarke, v njih nasuli natehtano količino zeolita in nato jarke zadelali. Naslednji dan smo z uporabo okopalnika obdelali medvrstni prostor in dognovali z mineralnim dušikom. V fazi EC 15–17 smo rastline ročno redčili na gostoto 90000 rastlin/ha (zgodnji hibrid), 85000 rastlin/ha (srednje zgodnji hibrid) in 80000 rastlin/ha (srednje pozni hibrid). Preučevani zeolit spada v skupino klinoptilolitov, kopljejo ga v Zaloški Gorici pri Žalcu. Kemijska sestava uporabljenega zeolita prikazujejo Flajšman *is sod.* (2020)

Pred spravilom smo pri vseh obravnavanjih prešteli število rastlin ter s parcelnim kombajnom Wintersteiger ovrednotili pridelek in vlago. Zbrane podatke smo statistično obdelali s programom Statgraphics Centurion XVI. Za analizo učinka zeolita smo uporabili več-faktorsko analizo variance z uporabo splošnega linearnega modela. Pri postavitvi modela smo izbrali pristop kot ga navajajo Zimmer *in sod.* (2016) in upoštevali dejavnika blok in leto kot naključni spremenljivki. Upoštevanje leta kot naključno spremenljivko nam omogoča obdelavo podatkov preko vseh let preizkušanja na posamezni lokaciji. Za tak način smo se odločili, ker je ovrednotenje večletnega učinka zeolita z naključnimi vremenskimi razmerami po našem mnenju bolj realen prikaz učinka zeolita na pridelek v praksi. Dejavnika zrelostna skupina hibrida ter zeolit smo v modelu upoštevali kot fiksni spremenljivki. V modelu smo upoštevali tudi interakcije med naključnimi in fiksnimi dejavniki. Kjer je analiza variance pokazala statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$), smo razlike med obravnavanji ovrednotili z Duncanovim testom ($\alpha = 0,05$). Povezavo med odmerkom zeolita in pridelkom pri posameznih hibridih smo za vsako lokacijo preverjali z uporabo linearne regresijske analize.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

V Rakičanu sta imela značilna vpliva na pridelek hibrid ($p < 0,001$) in zeolit ($p = 0,018$), interakcija med obema pa ni bila značilna ($p = 0,586$) (preglednica 2). Razlike med hibridi so povezane z njihovo genetsko predispozicijo oz. dolžino rastne dobe in s tem potencialom pridelka. Pričakovano so z naraščanjem dolžine rastne dobe naraščali tudi pridelki z značilno največjim pridelkom pri najpoznejšem hibridu v raziskavi. Ker nas te razlike v tem prispevku ne zanimajo, jih ne bomo podrobneje prikazovali. Pri zeolitu se je v Rakičanu pridelek med kontrolo in 500 kg/ha zeolita značilno razlikoval. V povprečju smo s 500 kg/ha zeolita povečali pridelke suhega zrnja za 9,7 odstotkov ali za 1050 kg/ha na leto. Odsotnost značilne interakcije med zrelostno skupino in zeolitom nakazuje, da je bil učinek dodanega zeolita na pridelek podoben pri vseh zrelostnih skupinah oz. hibridih. Vseeno pa smo zaradi razlik v pridelkih

hibridov preverili njihov odziv. Analiza odziva posameznih hibridov potrjuje povečanje pridelka pri vseh hibridih a z razlikami med zrelostnimi skupinami (slika 1). Pri hibridu 'P9911' je pridelek linearno naraščal s količino dodanega zeolita. Razlika v pridelkih suhega zrnja med kontrolo in 500 kg/ha zeolita pri hibridu 'P9911' je bila 9,9 odstotke ali 1152 kg/ha. Šibka linearna povezava med pridelkom in odmerkom zeolita kaže povečanje pridelka suhega zrnja za 2,3 kg s kilogramom dodanega zeolita. Šibko linearno povezavo opazimo tudi pri zgodnjem hibridu z povečanjem pridelka suhega zrnja za 2,1 kg s kilogramom zeolita. Razlika med pridelkom pri kontroli in 500 kg/ha zeolita je bila pri tem hibridu 13,0 odstotkov ali 1280 kg/ha suhega zrnja.

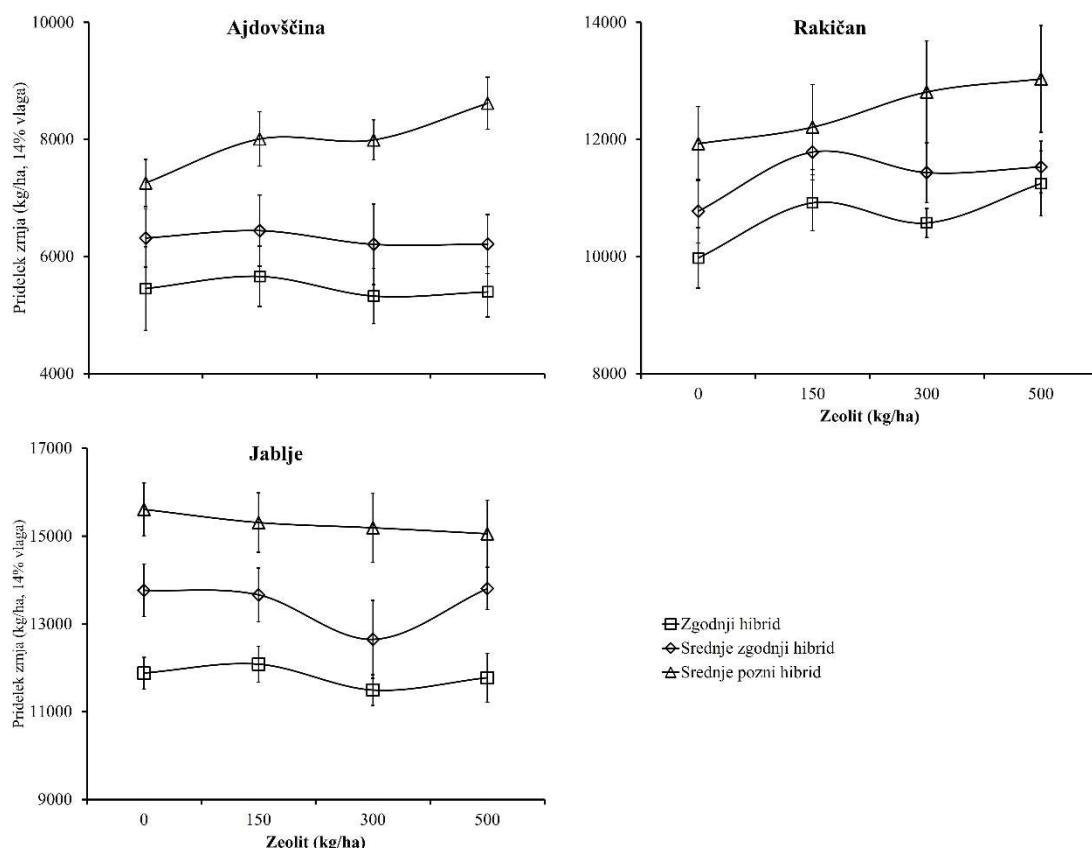
Preglednica 2: Povprečen pridelek suhega zrnja koruze glede na lokacijo in količino dodanega zeolita v poljskih preizkušanjih v letih (2018–2020)

Lokacija	Zeolit (kg/ha)	Pridelek (t/ha)	Relativno na kontrolo	Značilnost
Rakičan	0 (kontrola)	10,84		
	150	11,61	107,0 %	ns
	300	11,54	106,5 %	ns
	500	11,89	109,7 %	*
Ajdovščina	0 (kontrola)	6,32		
	150	6,67	105,5 %	ns
	300	6,46	102,2 %	ns
	500	6,68	105,6 %	ns
Jablje	0 (kontrola)	13,80		
	150	13,72	99,4 %	ns
	300	13,16	95,4 %	ns
	500	13,58	98,4 %	ns

*, značilna razlika glede na kontrolo ($p < 0,05$); ns, brez značilnih razlik. Primerjave smo opravili z uporabo Duncanovega testa ($\alpha = 0,05$)

V Ajdovščini smo opazili značilen vpliv sorte na pridelek zrnja ($p < 0,001$), zeolit in interakcija med obema pa niso značilno vplivali na pridelke ($p = 0,673$ in $p = 0,621$). Podobno kot v Rakičanu so se z dolžino rastne dobe hibrida povečevali. Največji pridelek smo dosegli z najpoznejšim hibridom v poskusih. Dodajanje zeolita ni značilno povečalo pridelke, vseeno pa lahko opazimo, da so bili pridelki z dodanim zeolitom v povprečju večji za 4,4 odstotka od kontrole. Največji razliki sta bili pri 500 kg/ha in 150 kg/ha zeolita. Pri pregledu odziva pridelka posameznih hibridov na dodani zeolit pa smo opazili razlike v odzivu med zrelostnimi skupinami razlikuje (slika 1). Povečanje pridelka z zeolitom smo opazili samo pri hibridu 'P9911', pri zgodnejših hibridih pa dodajanje zeolita ni imelo učinka na pridelek. Pri 'P9911' je pridelek naraščal s količino dodanega zeolita in dosegel maksimum pri največjem odmerku zeolita. Razlika med pridelkom hibrida 'P9911' brez dodanega zeolita in pri 500 kg/ha zeolita je bila 18,8 % ali 1361 kg/ha. Med odmerkom zeolita in pridelkom obstaja zmerno močna povezava, ki nakazuje povečanje pridelkov za 2,5 kg na kilogram zeolita. Pri ostalih hibridih ni bilo linearnih povezav. Opaženo lahko izhaja iz okoljskih razmer v Ajdovščini, ki bolj ustrezajo poznejšim hibridom. Zgodnejša hibrida sta dozorela bistveno hitreje kot srednje pozen hibrid in posledično manj časa izpostavljena manj ugodnim vremenskim pogojem med rastno dobo. Setev zgodnejših hibridov je tudi en od mogočih ukrepov prilagajanja pridelave koruze za zmanjšanje izgub zaradi suše ali vročine. Mogoče zaradi tega dodajanje zeolita v

Ajdovščini pri teh hibridih ne kaže učinka kot npr. v Rakičanu. A je glede na razmeroma nizke pridelke pri teh hibridih ta domneva vprašljiva.



Slika 1: Generalizirani odziv pridelka suhega zrnja na dodani zeolit. Na sliki so prikazana povprečja pridelka s standardno napako po lokaciji in zrelostni skupini hibrida v poljskih poskusih v letih 2018–2020.

V Jabljah smo opazili značilni vpliv hibrida ($p < 0,001$), zeolit in interakcija med obema pa nista imela značilna vpliva ($p = 0,364$, $p = 0,885$). Pri hibridu smo opazili podobno kot v Ajdovščini in Rakičanu, ko se pridelek suhega zrnja povečuje z dolžino rastne dobe. Tudi tukaj smo imeli značilno največji pridelek s srednje poznim hibridom 'P9911'. Dodajanje zeolita ni povečalo pridelkov. Tudi v odzivu posameznih hibridov na zeolit nismo opazili razlik. Prav tako regresijska analiza ni pokazala prisotnih povezav med pridelkom in zeolitom.

Na podlagi rezultatov iz poljskih poskusov smo delovne hipoteze le deloma potrdili. Z dodajanjem zeolita smo povečali pridelke kornice v Rakičanu in Ajdovščini, a statistično značilno povečanje smo dokazali samo v Rakičanu pri uporabi 500 kg/ha zeolita. V Jabljah v treh letih nismo opazili učinkov zeolita na povečanje pridelka, zato sklepamo, da dodajanje zeolita do 500 kg/ha pri pridelavi kornice v podobnih pedoklimatskih razmerah kot je v Jabljah ni smiselno. O zmanjšanje učinka zeolita na težjih tleh v primerjavi z lažjimi tlemi poročajo Hsu in sod. (1967). Kljub temu pa so z večjimi odmerki zeolita opazili določene učinke tudi na tleh z večjim deležem gline, kar namiguje, da so bili uporabljeni odmerki v naših poskusih verjetno premajhni, da bi opazili delovanje zeolita na težjih tleh. V naši raziskavi smo na podlagi konzultacij s prodajalcem zeolita uporabili največji odmerek zeolita 500 kg/ha, ki pa je

v primerjavi s tujimi raziskavami 10 in večkrat manjši (Ahmed in sod., 2010). A v Ajdovščini, kjer tla tudi vsebujejo glino smo tudi s tem odmerkom zeolita opazili povečanje pridelka pri srednje poznem hibridu. Da bi vsaj pri nekaterih hibridih verjetno še povečali pridelke zrnja, če bi uporabili večje količine zeolita, bi lahko sklepali iz linearne povezave med zeolitom in pridelkom. A brez izvedenega preučevanja ostaja to samo domneva.

V Rakičanu je dodatek zeolita povečal pridelke zrnja pri vseh zrelostnih skupinah hibridov, v Ajdovščini pa samo pri srednje poznem hibridu 'P9911'. Največje povečanje pridelka z z zeolitom v Rakičanu smo opazili pri zgodnjem hibridu. Opaženo tako le deloma potrjuje našo hipotezo večjega učinka na pridelek pri hibridih z daljšo rastno dobo. Ker je z daljšo rastno dobo večja možnost pojava neugodnih okoljskih razmer, obenem pa z večjim potencialom pridelka poznejših hibridov naraščajo tudi potrebe po vodi in hranilih ter dolžini njihove dostopnosti, smo sklepali, da bo učinek zeolita tu večji. Pri interpretaciji imamo tudi težave, ker so se rastne razmere med leti precej razlikovale, poskuse pa smo vzpostavili z namenom spremljanja učinka zeolita pri pojavu pomanjkanja rastlinam dostopne vode. Bolj kot odziv v lončnih poskusih nas je zanimal odziv v poljskih razmerah. A suša še ni vsakoletno dejstvo v pridelavi koruze in tudi v poskusih se nam je močnejša pojavila samo eno leto v Ajdovščini. Kljub temu pa so se pridelki v Rakičanu in Ajdovščini z dodajanjem zeolita povečali v vseh letih. To nakazuje, da je povečanje pridelka z zeolitom pričakovati v različnih vremenskih razmerah, kar je dobro za prakso, kjer zeolit dodajamo ob predvidevanju nepredvidljive suše. Zaradi specifične raziskave tudi ni jasno, na kaki način je zeolit povečal pridelke zrnja v naši raziskavi in kako bi lahko ta učinek najbolj učinkovito uporabili. Za te odgovore bo potrebno z raziskavami nadaljevati in jih ustrezno nadgraditi.

4 SKLEPI

Dodajanje zeolita je povečalo pridelke koruznega zrnja v Rakičanu in Ajdovščini, medtem ko v Jabljah nismo dokazali pozitivnega učinka zeolita na velikost pridelkov. V Rakičanu smo pri 500 kg/ha zeolita opazili statistično značilno povečanje pridelkov za 9,7 odstotkov. V Ajdovščini pa ni bilo značilno, so se pa pridelki z dodanim zeolitom v povprečju povečali za 4,4 odstotke, največ za 5,6 odstotkov pri 500 kg/ha zeolita. Med hibridi smo opazili razlike pri odzivu velikosti pridelkov na dodajanje zeolita. V Ajdovščini je pri srednje poznem hibridu zeolit povečal povprečni pridelek za 18,8 odstotkov. V Rakičanu je bilo pri istem hibridu povečanje pridelka za 9,9 %, pri zgodnjem pa za 13 odstotkov. Kljub razlikam v vremenskih razmerah je bilo povečanje pridelka v Rakičanu in v Ajdovščini (pri srednje poznem hibridu) v vseh letih preizkušanja. Rezultati raziskave nakazujejo koristi uporabe zeolitov pri pridelavi koruze v nekaterih pedoklimatskih razmerah. A ker ne poznamo mehanizma, s katerim smo dosegali povečanje pridelkov zrnja tudi v za koruzo ugodnih letih, bomo z raziskavami nadaljevali in jih analitsko nadgradili. Prav tako je smiselno preveriti učinke z večjimi odmerki zeolita.

Zahvala. Raziskava je sofinancirana v okviru programa Javnih služb v poljedelstvu, ki ga financira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Avtor prispevka se zahvaljujeta Anki Poženel in Francu Jakiču za oskrbo poskusov in izvedbo meritev in ocenjevanj v Ajdovščini in Rakičanu. Podjetju Montana se zahvaljujemo za donirani zeolit za izvedbo raziskave.

5 LITERATURA

- Ahmed, O. H., Sumalatha, G., Muhamed A.M. 2010. Use of zeolite in maize (*Zea mays*) cultivation on nitrogen, potassium and phosphorus uptake and use efficiency. *International Journal of the Physical Sciences*, 5: 2393–2401.
- Alfi, S., Azizi, F. 2015. Effect of Drought Stress and Using Zeolite on Some Quantitative and Qualitative Traits of Three Maize Varieties. *Research Journal of Recent Sciences*, 4, 3: 1–7.
- Flajšman, M., Mihelič, R., Kolmanič, A., Kocjan Ačko, D. 2020. Influence of soil amended with zeolite and/or mineral N on agronomic performance and soil mineral N dynamics in a soybean–winter triticale crop rotation field experiment. *Cereal Research Communications*, 48: 239–246.
- He, Z. L., Calvert, D. V., Alva, A. K., Li, Y. C., Banks, D.J. 2002. Clinoptilolite zeolite and cellulose amendments to reduce ammonia volatilization in a calcareous sandy soil. *Plant and Soil*, 247: 253–260.
- Hsu, S. C., Wang, S. T., Lin, T. H. 1967. Effect of Soil Conditioner on Taiwan Soils. I. Effects of Zeolite on Physio-Chemical Properties of Soils. *Journal of Taiwan Agriculture Research*, 16: 50–57.
- Kolmanič, A., Dolničar, P. 2019. Preučevanje učinkov uporabe zeolitov na razvoj in pridelke koruze za zrnje (*Zea mays* L.) – rezultati prvega leta raziskav. V: Barbara Č (ur.). *Novi izzivi v agronomiji 2019: Zbornik simpozija, Laško 2019*: 29–35.
- Latifah, O., Ahmed, O. H., Ab. Majid, N. M. 2015. Improving Ammonium and Nitrate Release from Urea Using Clinoptilolite Zeolite and Compost Produced from Agricultural Wastes. *The Scientific World Journal*, 574201.
- Latifah, O., Ahmed, O. H., Ab. Majid, N. M. 2017. Enhancing nutrients use efficiency and grain yield of *Zea Mays* L. cultivated on a tropical acid soil using paddy husk compost and clinoptilolite zeolite. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 23, 3: 418–428.
- Nakhli, S. A. A., Delkash, M., Bakhshayesh, B. E., Kazemian, H. 2017. Application of Zeolites for Sustainable Agriculture: a Review on Water and Nutrient Retention. *Water Air and Soil Pollution* 228: 464.
- Ozbahce, A., Tari, A. F., Gonulal, E., Simsekli, N. 2018. Zeolite for Enhancing Yield and Quality of Potatoes Cultivated Under Water-Deficit Conditions. *Potato Research*, 61, 3: 247–259.
- Ramesh, K., Reddy, D. D. 2011. Chapter Four - Zeolites and Their Potential Uses in Agriculture. *Advances in Agronomy*, 113: 218–241.
- Zimmer, S., Messmer, M., Haase, T., Piepho, H. P., Mindermann, A., Schulz, H., Habekuß, A., Ordon, F., Wilbois, K. P., Heß, J. 2016. Effects of soybean variety and *Bradyrhizobium* strains on yield, protein content and biological nitrogen fixation under cool growing conditions in Germany. *European Journal of Agronomy*, 72: 38–46.

Uporaba stabilizatorja nitrifikacije N-Lock™ in tehnologije Optynite™ pri gnojenju koruze

Alojz SREŠ⁴⁶, Rok MIHELIC⁴⁷, Vid ŽITKO⁴⁸, Robert MATJASEC⁴⁹ in Darko KEREČ⁵⁰

Izvleček

Gnojenje z dušikom je eden najpomembnejših in najdražjih ukrepov za dober razvoj in doseganje velikih pridelkov. Določene oblike dušika se lahko hitro izgubljajo iz tal. Posledica izpiranja nitratov je onesnaževanje podtalnice in površinskih voda, izhlapevanja didušikovega oksida pa onesnaževanje ozračja. Zaradi tega je obenem rastlinam dostopnega manj dušika, kar privede do zmanjšanja količine in/ali kakovosti pridelkov. Stabilizatorji dušika s pomočjo tehnologije Optynite™ (stabilizatorja dušika N-Lock™ in N-Lock™ Super) upočasnjujejo postopek nitrifikacije v tleh, tako da zavirajo encim amonijak monooksigenazo, ki katalizira pretvorbo amonija v nitrat. Posledično se zmanjša hitrost rasti bakterij Nitrosomonas in s tem povezana presnova amonija. Tako se dušik v tleh stabilizira; ostane v zaščiteni amonijevi obliki v koreninskem območju dlje časa, kar omogoča boljši izkoristek dušika. Na podlagi mednarodnih rezultatov ugotavljamo, da se v primerjavi s standardno tehnologijo z uporabo tehnologije Optynite™ pridelki koruze v povprečju povečajo za 7 %, lahko tudi do 15 %. Prav tako je bilo ugotovljeno 16 % zmanjšano izpiranje in 7 % zmanjšano izhlapevanje dušika. Na podlagi 14 poljskih poskusov na različnih lokacijah, opravljenih v Sloveniji leta 2019, smo potrdili mednarodne ugotovitve. Z N-Lock™, primešanim v gnojevko, smo povečali pridelke koruznega zrnja za 811 kg/ha (5,6 %) glede na kontrolo brez N-Lock™ stabilizatorja.

Ključne besede: N-Lock™, pridelek koruze, dušik, stabilizator nitrifikacije, gnojevka, okolje

Use of N-Lock™ Nitrification Stabilizer and Optynite™ Technology in Maize Fertilization

Abstract

Nitrogen fertilization is one of the most important and expensive measures for good development and obtaining high yields. Certain forms of nitrogen (nitrates, nitrites) can be lost from the soil. Nitrate leaching pollutes groundwater and surface waters, while nitrous oxide evaporation pollutes the atmosphere. As a result, less nitrogen is available to crops, leading to a reduction in the quantity and/or quality of harvests. Nitrogen stabilizers with Optynite) technology (N-Lock™ and N-Lock™ super) slow down the nitrification process in the soil by inhibiting ammonia monooxygenase, an enzyme that catalyzes the conversion of ammonium to nitrate. This reduces the growth rate of Nitrosomonas bacteria and the associated metabolism of ammonium. As a result, nitrogen is stabilized in the soil, remains longer in a protected ammonium form in the root zone, and allows for better nitrogen utilization. Based on international results, we find that the use of Optynite™ technology increases maize yields by an average of 7%, up to 15% compared to standard technology. In addition, a 16% reduction in leaching and a 7% reduction in nitrogen evaporation were found. Based on 14 field trials at different locations in Slovenia in 2019, we were able to confirm the international results. With N-Lock™ mixed with slurry, we increased maize grain yields by 811 kg/ha (5.6%) compared to the control without N-Lock™ stabilizer.

Key words: N-Lock™, maize yield, nitrogen, nitrification stabilizer, slurry, environment

⁴⁶ Dr., Corteva Agriscience SLO d.o.o., Murska Sobota e-pošta: alozj.sres@corteva.com

⁴⁷ Dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

⁴⁸ Mag. inž. hort., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: vid.zitko@bf.uni-lj.si

⁴⁹ Univ. dipl. inž. agr., Corteva Agriscience SLO d.o.o., e-pošta: robert.matjasec@corteva.com

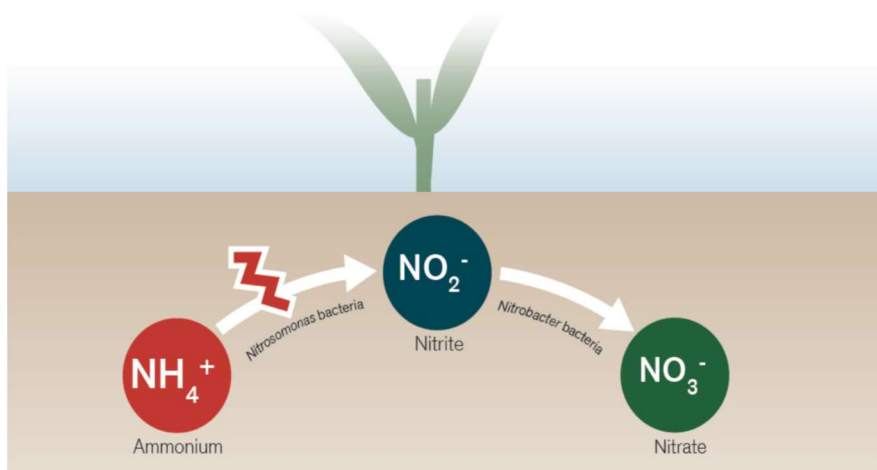
⁵⁰ Univ. dipl. inž. agr., Corteva Agriscience SLO d.o.o., e-pošta: darko.kerec@corteva.com

1 UVOD

Na kakovost pitne vode poleg mnogih drugih dejavnikov vpliva tudi način kmetovanja. Vsekakor je naša prihodnost trajnostno kmetijstvo, kar pa ne pomeni, da bomo to dosegli samo s prepovedmi uporabe določenih tehnologij kmetovanja. Uvedli smo integrirano varstvo rastlin, ki je z leti postalo že standard, omejili uporabo določenih sredstev za varstvo rastlin na vodovarstvenih območjih in omejili uporabo dušičnih gnojil. Vsekakor so izboljšave tehnologij rastlinske pridelave in prireje živine s ciljem varovanja okolja še zmeraj možne. Zato moramo namesto omejevanja in prepovedi uvajati tehnologije, ki bodo hkrati omogočale varovanje okolja in doseganje večjih oziroma vsaj primerljivih pridelkov. Ena od takih je tehnologija Optynite™, s pomočjo katere v tleh upočasnimo nitrifikacijo, zmanjšamo izgube dušika iz tal zaradi izpiranja in izhlapevanja ter s tem močno zmanjšamo onesnaževanje podtalnice in zraka z dušikom (Lawrence in Benning 2019). O zmanjšanem izhlapevanju in izpiranju dušika lahko sklepamo na podlagi mnogih mednarodnih raziskav (Burger in Horwath, 2013; Lawrence in Benning, 2019; Omonode in Vyn, 2013; Wolt, 2000; Wolt, 2004). Zmanjšane izgube omogočajo večjo dostopnost dušika rastlinam in doseganje večjih ter kakovostnejših pridelkov (Corteva™ Agriscience, 2020, Lawrence in Benning, 2019; Wolt, 2004).

S tehnologijo Optynite™ se zmanjša negativni vpliv dušičnih gnojil na okolje (Lawrence in Benning, 2019; Corteva™ Agriscience, 2020). Z omenjeno tehnologijo zadržimo dušik v območju korenin, omogočamo boljše časovno razporeditev sprejema dušika v rastlino in posledično večji pridelek poljščin.

S pomočjo omenjene tehnologije se upočasni razvoj bakterij *Nitrosomonas* in delovanje encima monooksigenaza, ki ga sintetizira omenjena bakterija. Zmanjša se hitrost metabolizma dušika in s tem hitra pretvorba amonijaka do nitrita. Dušik ostaja dalj časa v stabilni amonijski obliki, ki se ne izpira in ne izhlapeva. Ostaja v območju korenin in je s tem dalj časa na razpolago rastlinam (Lawrence in Benning, 2019; Omonode, 2013).



Slika 1: Proces nitrifikacije in mesto upočasnjenega delovanja bakterij *Nitrosomonas* (Corteva™ Agriscience, 2020; Lawrence in Benning, 2019)

Obdobje upočasnjene nitrifikacije je odvisno predvsem od vremenskih razmer. Pri višjih temperaturah je krajše, pri nižjih pa daljše. Tako se npr. pri temperaturah pod 10 °C dostopnost z gnojenjem dodanega dušika podaljša tudi do 16 tednov, pri temperaturah nad 20 °C pa do 8

tednov. V obeh primerih je omogočena primerna razpoložljivost dušika v času, ko ga rastline najbolj potrebujejo (Lawrence in Benning, 2019).

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Demonstracijski poljski poskusi s pridelovalci koruze

Da bi ugotovili učinkovitost tehnologije Optynite™, smo v letu 2019 izvedli 14 poskusov na različnih lokacijah v Sloveniji. Koruzna polja smo razdelili na dva dela, od katerih je vsak predstavljal eno obravnavanje. Prvo obravnavanje je bila kontrola oziroma del polja, kjer pri pridelavi koruze ob gnojenju z gnojevko nismo uporabili pripravka N-Lock™, drugi del polja pa je predstavljal obravnavanje z uporabljenim pripravkom N-Lock™, primešanim v gnojevko. Preostali tehnološki ukrepi pridelave koruze so bili na obeh obravnavanjih enaki.

Pripravek N-Lock™ smo uporabili v odmerku 2,5 L/ha. N-Lock™ vsebuje aktivno snov nitrapirin (250 g/ha) v obliki kapsulirane suspenzije (CS). Med razvozom gnojevke pred setvijo koruze smo N-Lock™ dodali v gnojevko, ga v cisterni z gnojevko dobro premešali in gnojevko enakomerno aplicirali na njivo. Druge polovice njiv so bile gnojene z gnojevko v enaki količini, vendar brez dodanega pripravka N-Lock™. Gnojevko smo razpršili po površini in jo nato isti dan z brano plitvo zadeli v tla. Lokacije poskusnih polj in količino dodanega dušika so predstavljene v preglednici 2.

Žetev smo izvedli s kombajni za žetev koruznega zrnja. Pridelek zrnja smo stehtali, izmerili požeto površino, vzeli vzorce za vlago in jo izmerili s pomočjo merilnika vlage DICKEY-john (<http://www.dickey-john.com/products/agriculture/moisture-testing/>). Izračunani pridelek koruznega zrnja smo podali s 14-odstotno vlažnostjo v kg/ha.

2.2 Poljski poskusi

V letih 2018 in 2019 smo s pripravkom N-Lock™ izvedli skupno štiri znanstveno zasnovane poskuse. V obeh leti smo izvedli poskus na poskusnem polju v bližini vasi Golnik na Gorenjskem na kmetiji Bajd in na Ljubljanskem barju v Vnanjih gorica na kmetiji Medvešček (pregl. 1).

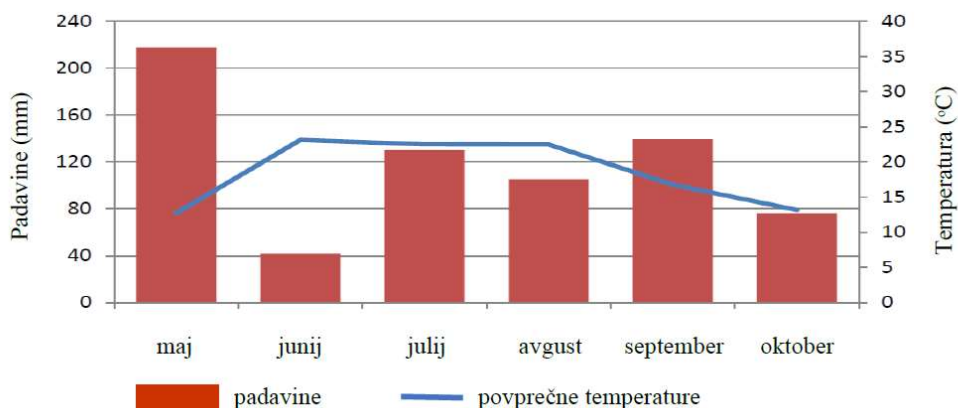
Poskusi so obsegali dve obravnavanji v štirih ponovitvah. Eno obravnavanje je vključevalo tehnologijo Optynite™, drugo pa ne. Vsi ostali tehnološki ukrepi pridelave koruze so bili pri obeh obravnavanjih enaki. N-Lock™ v odmerku 2,5 L/ha smo aplicirali na njivo s traktorsko škropilnico pred razvozom gnojevke pred sejanjem koruze 7. 5. 2019. Ugotavljali smo vpliv pripravka N-Lock™ na količino pridelka, višino rastlin, absolutno in hektolitrsko maso zrnja, količino dušika v zrnju in celi rastlini, indeks intenzitete klorofila, efekt "stay green" in količino mineralnega dušika v tleh pred aplikacijo pripravka N-Lock™ ter po žetvi koruze. Da bomo lažje primerjali s preostalimi poskusi, bomo v tej predstavitvi samo na kratko predstavili poskusa iz leta 2019 in vpliv različnih obravnavanj na količino pridelka. V preglednici 1 so predstavljeni agrotehnični ukrepi na posevkih koruze v letu 2019 glede na obravnavanje.

Preglednica 1: Lastnosti tal in agrotehnični ukrepi na poskusnih posevkih koruze v letu 2019 pri Bajdu na Gorenjskem in Medveščku na Ljubljanskem barju

	Lokacija Bajd Gorenjska - kontrola	Lokacija Bajd Gorenjska - N-Lock™	Lokacija Medvešček Lj. barje - kontrola	Lokacija Medvešček barje - N- Lock™
Tla	meljasto ilovnata	meljasto ilovnata	ilovnata	ilovnata
Vsebnost organske sovi v tleh (%)	4,3	4,3	7,5	7,5
Založenost tal s P ₂ O ₅ (mg/100 g tal)	8,9	8,9	14,4	14,4
Založenost tal s K ₂ O (mg/100 g tal)	15,4	15,4	22,8	22,8
pH	6,5	6,5	7,1	7,1
Tehnološki podatki / Ukrepi in datum izvedbe				
Čas setve	8. 5. 2019	8. 5. 2019	29. 5. 2019	29. 5. 2019
Hibrid koruze	P9234	P9234	P9234	P9234
Gnojenje s prašičjo gnojevko (L/ha)	40.000	40.000	30.000	30.000
Dodanega N s prašičjo gnojevko /kg/ha)	272	272	276	276
Aplikacija N-Lock™	7. 5. 2019	7. 5. 2019	28. 5. 2019	28. 5. 2019
Čas žetve	2. 10. 2019	2. 10. 2019	24. 10. 2019	24. 10. 2019

2.3 Vremenske razmere v letu 2019

Vremenske razmere v letu 2019 so bile za rast in razvoj koruze skoraj idealne. Skozi celo rastno sezono koruze je bilo dovolj padavin, prav tako so bile dovolj visoke tudi temperature. Večjih sušnih obdobij ali vročinskih stresov ni bilo. Natančnejše podatke za vremenske razmere po Sloveniji najdemo na Portalu ARSO (ARSO, 2019). Primer razporeditve padavin in povprečnih temperatur na poskusnem polju Medvešček je prikazan na sliki 2.



Slika 2: Količina padavin in povprečne dnevne temperature od maja do oktobra v letu 2019; vremenska postaja Ljubljana blizu kmetije Medvešček

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

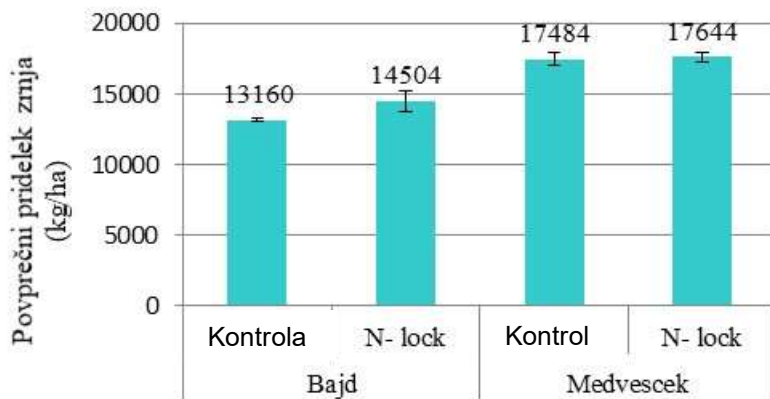
3.1 Pridelek koruze na poljih v različnih krajih Slovenije

Na pridelek koruze vpliva več dejavnikov. Z našimi poskusi smo ugotavljali predvsem vpliv vključitve pripravka N-Lock™ na količino pridelanega zrnja. V rastnem obdobju koruze v letu 2019 je padlo več padavin od dolgoletnega povprečja in tudi temperature so bile dovolj visoke, kar je imelo zelo ugoden vpliv na rast in razvoj koruze. Temu primerno so bili veliki tudi pridelki koruznega zrnja. Natančnejši podatki o pridelkih na posamezni lokaciji so predstavljeni v preglednici 2.

Preglednica 2: Lokacije njiv, dosežen pridelek s 14 % vlažnostjo zrnja in razlika v pridelku med obravnavanji pri pridelovalcih

Lokacija njive	Gnojenje z dušikom (kg/ha)	Kontrola - pridelek s 14 % vlage (kg/ha)	N-LOCK - pridelek s 14 % vlage	Razlika (kg/ha)
Kutinci (njiva 1)	211	15.290	16.988	1.698
Predanovci	216	15.236	16.822	1.586
Kutinci (njiva 2)	210	15.092	16.654	1.562
Kutinci (njiva 3)	210	15.158	16.686	1.528
Ormož	141	14.856	15.742	886
Krapje	178	14.770	15.562	792
Ratkovci	117	13.799	14.420	621
Beznovci	173	15.377	15.991	614
Lastomerci	158	14.725	15.252	527
Šratovci	131	14.357	14.849	492
Rakovci	131	16.549	16.947	398
Hotemaže	112	12.568	12.883	315
Grm	106	12.028	12.246	218
Obrež	113	12.972	13.083	111
Povprečje	158	14.484	15.295	811

Ugotavljamo, da smo v povprečju 14-ih poskusov dosegli 811 kg večji pridelek koruznega zrnja s 14 % vlago pri obravnavanjih, kjer smo uporabili pripravek N-Lock™ v odmerku 2,5 L/ha. V tem primeru je to 5,6 % povečanje pridelka v primerjavi s kontrolo. Največjo razliko v pridelku smo dosegli v Kutincih na Njivi 1 (1.698 kg/ha), najmanjšo pa na njivi v Obrežu (111 kg/ha). Do podobnih rezultatov smo prišli tudi v okviru poskusov na Biotehniški fakulteti. Na poskusnem polju Bajd pri Golniku smo z uporabo pripravka N-Lock™ dosegli povečanje pridelka suhega zrnja od 13.160 kg na 14.504 kg/ha (10,2 % povečanje), na poskusnem polju Medvešček na Ljubljanskem barju pa od 17.484 kg/ha na 17.644 kg/ha (0,9 %). V povprečju obeh lokacij smo v primerjavi s kontrolo dosegli 5 % povečanje pridelka.



Slika 2: Pridelek zrnja koruze s 14 % vlago na lokacijah Bajd na Gorenjskem in Medvešček na Lj. Barju v letu 2019

Razporeditev padavin na obeh poskusnih lokacijah je bila zelo podobna. Bistvena razlika med poskusoma so bila tla z različno vsebnostjo organske snovi (humusa). Na poskusnem polju Bajd, kjer je bil učinek pripravka N-Lock značilen, je bila preskrbljenost tal z organsko snovjo 4,3 %, na poskusnem polju Medvešček, kjer značilne razlike med obravnavanji ni bilo, pa so bila tla močno humozna, s kar 7,5 % organske snovi. Povečana organska snov v tleh je verjetno zmanjšala učinkovitost nitrapirina v pripravku N-Lock™ (Fisk in sod., 2015). Sklepamo lahko, da s tehnologijo Optinyte™ dosežemo najboljše rezultate na njivah, ki so slabše preskrbljene z organsko snovjo. Večino slovenskih njiv vsebuje manj kot 4 % organske snovi, zato menimo, da bi bila omenjena tehnologija primerna za večino slovenskih njiv.

4 SKLEPI

Uvajanje tehnologije Optinyte™ s pripravkom N-Lock™ pri gnojenju poljščin z dušikom je po navedbah iz literature priporočljivo, ker rastlinam omogočimo doseganje večjih pridelkov, poleg tega pa varujemo okolje pred onesnaženjem z dušikom (Wolt, 2004; Lawrence in Benning, 2019). Da lahko dosežemo večje pridelke koruze, smo ugotovili tudi na podlagi lastnih rezultatov. Priderek koruze za zrnje na poskusnih poljih slovenskih kmetovalcev, ki sodelujejo s Corteva Agriscience, je bil v povprečju 14-ih poskusov večji za 811 kg (5,6 %). Na poskusih, ki smo jih izvedli na Biotehniški fakulteti, je bil na njivi z običajnimi, mineralnimi tlemi pridelek večji celo za 1.344 kg/ha (10,2 %), medtem ko na močno humozni njivi N-Lock ni značilno vplival na pridelek (160 kg/ha več zrnja oziroma 0,9 % več).

Vsekakor bi morali razmišljati, da namesto prepovedi v kmetijstvu uvedemo pozitiven pristop, to je nagrajevanje kmetovalcev za uvajanje novih, sodobnih tehnologij. Varovanje voda in zraka pred onesnaževanjem z dušikom je področje, kjer je uporaba sodobnih tehnologij rastlinske pridelave nujna. Rezultati naše raziskave kažejo, da je stabilizacija nitrifikacije dušika iz gnojevke z Optinyte™ tehnologijo smiselna in jo lahko priporočamo.

5 LITERATURA

ARSO. Arhiv meritev. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor. Agencija republike Slovenije za okolje. <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (25. nov. 2019)

- Burger, M. and W.R. Horwath. 2013. Determining NO_x Emissions from Soil in California Cropping Systems to Improve Ozone Modeling. Draft Final Report. California Air Resources Board, Contract No. 09-329. May 17, 2013. 42 s.
- Corteva™ Agriscience: Optynite™ Technology, Global Environmental Guide: 14. p. <https://www.corteva.ca/content/dam/dpagco/corteva/na/ca/en/files/guide/DF-Article-Optynite-Global-Environment-Guide.pdf> (25. nov. 2020)
- European Commission, In-depth analysis in support of the commission communication COM. 2018.773, A Clean Planet for all, November 2018. 393 s.
- Mihelič, R., Žitko V. N-Lock – 2019. Report: 25. s. (neobjavljen vir)
- Lawrence J., Benning J. 2019. Iowa State University: Extension and outreach. 2019. Reducing Nutrient Loss: Science Shows What Works: 4 s.
- Fisk L.M., Maccarone L.D, Barton L., Murphy D.V. 2015. Nitrapyrin decreased nitrification of nitrogen released from soil organic matter but not amoA gene abundance at high soil temperature. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 88, 214-223
- Omonode, R.A. and T.J. Vyn. 2013. Nitrification Kinetics and Nitrous Oxide Emissions when Nitrapyrin is Coapplied with Urea-Ammonium Nitrate. *Agronomy J.* 105(6): 1475-1486.
- Wolt, J.D. 2000. Nitrapyrin behaviour in soils and environmental considerations. *J. Environ. Qual.* 29(2): 367-397.
- Wolt, J.D. 2004. A meta-evaluation of nitrapyrin agronomic and environmental effectiveness with emphasis on corn production in the Midwestern USA. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 69:23-41.

Prostorska in časovna variabilnost vsebnosti vode v tleh na izbrani njivi glede na intenzivnost obdelave tal

Urša PEČAN⁵¹, Marina PINTAR⁵², Rok MIHELIC⁵³ in Damijana KASTELEC⁵⁴

Izvleček

Kontinuirane meritve vsebnosti vode v tleh postajajo pomembno orodje pri učinkovitejši rabi vodnih virov za namakanje. Vsebnost vode na kmetijskih površinah je lahko prostorsko zelo različna, odvisna od množice dejavnikov, kot so topografija, talne lastnosti in upravljanje z zemljišči. V letu 2020 smo na dolgoletnem poljskem poskusu, ki poteka od leta 1999 na Biotehniški fakulteti v Ljubljani, z merilniki, ki merijo dielektričnost tal, izvajali kontinuirane meritve vsebnosti vode v tleh. Meritve so bile izvedene na obravnavanjih z različno obdelavo tal, in sicer na sistemu setve brez predhodne obdelave tal (NT) in na konvencionalno obdelanih tleh z oranjem (CT). Analizirali smo talne lastnosti, ki pomembno vplivajo na vodno zadrževalne lastnosti tal z meljasto-glinasto-ilovnato teksturo na dveh različnih globinah, 10 cm in 20 cm. Ugotovili smo, da prihaja pri sistemu NT do kopičenja organske snovi v zgornji plasti (10 cm) ter do zadrževanja večje količine vode pri poljski kapaciteti. Časovne vrste meritev vsebnosti vode v tleh so potrdile rezultate talnih analiz, in sicer povprečne dnevne vsebnosti vode v tleh na 10 cm so bile tekom celotne rastne dobe višje pri sistemu NT. Na globini 20 cm razlike v sposobnosti tal za zadrževanje vode, glede na obdelavo tal, niso bile več očitne. Prostorska variabilnost meritev je bila večja v primeru CT, kar bi lahko bila posledica slabše strukture tal, manjše nosilnosti tal in posledičnih deformacij in zbitij, povzročenih s prevozom težke mehanizacije.

Glavne besede: tla, vsebnost vode, merilniki, obdelava tal, prostorska variabilnost

Spatial and temporal variability of soil water content in the selected field, according to the intensity of tillage

Abstract

Continuous measurement of soil water content is becoming an important tool for the efficient use of water used for irrigation. The soil water content of agricultural land can vary considerably over an area and its variability depends on a number of factors such as topography, soil characteristics and land management. In 2020, we conducted continuous measurement of soil water content in a long-term, 20-year-old, field experiment at Biotechnical Faculty in Ljubljana, Slovenia, using different tillage practises, a system of no-tillage (NT) and a conventional tillage with a mouldboard ploughing (CT). We analysed soil properties that influence water retention properties of the silty-clay-loam textured soil. We found that NT leads to an accumulation of organic matter in the top layer (10 cm) and to improved water retention at field capacity. The time series of the soil water content measurement confirmed the results of the soil analyses. The daily mean values of water content measured at a depth of 10 cm during the entire vegetation period are consistently higher in the NT system. At a depth of 20 cm, differences in water retention in relation to tillage are no longer detectable. The spatial variability of the measurements is greater in CT, which could be due to the poorer soil structure with the resulting deformations and compaction caused by the transport of heavy machinery.

Key words: soil, water contents, sensors, tillage, spatial variability

⁵¹ Mag. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: ursa.pecan@bf.uni-lj.si

⁵² Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

⁵³ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

⁵⁴ Izr. prof. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: damijana.kastelec@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Zmanjševanje zalog vode, večja pojavnost suš in negotovost, povezana s spremenljivim podnebjem, kaže na potrebo po učinkovitejši rabi vode za namakanje kmetijskih površin v Evropi (Monaghan in sod., 2013). Na kmetijskih zemljiščih je razporeditev vsebnosti vode v tleh lahko zelo spremenljiva, odvisna od množice dejavnikov, kot so topografija, talne lastnosti in upravljanje z zemljišči (Vereecken in sod., 2014). Med pomembnejše načine upravljanja z zemljišči uvrščamo različne sisteme obdelave tal, kot so konvencionalna obdelava, sistemi minimalne obdelave in sistemi setve brez predhodne obdelave tal. Različni načini obdelave tal lahko povzročijo spremembe v fizikalnih lastnostih, kot so struktura, poroznost (Miller in sod., 1998), vsebnost organske snovi (Stockfisch in sod., 1999), gostota in hidravlična prevodnost (Kahlon in sod., 2013), ki posledično vplivajo na vodno zadrževalne lastnosti tal.

Vsebnost vode v tleh običajno merimo z merilniki, ki merijo relativno dielektričnost tal in omogočajo le točkovne meritve, zaradi česar se soočamo z vprašanjem ustrezne ocene povprečne vsebnosti vode na njivi (Van Pelt in Wierenga, 2001). Za ustrezno oceno prostorske variabilnosti vsebnosti vode v tleh je potrebna visoka prostorska ločljivost meritev. Glavni problem pri načrtovanju goste mreže merilnih mest so stroški, povzročeni z nakupom merilne opreme, nameščanjem in vzdrževanjem sistema (Vereecken in sod., 2014).

Namen prispevka je predstavitev pridobivanja uporabnih podatkov kontinuiranih meritev vsebnosti vode v tleh, z merilniki, ki temeljijo na meritvah relativne dielektričnosti tal. Poleg tega želimo predstaviti prostorsko variabilnost vodno zadrževalnih lastnosti tal in časovne vrste meritev vsebnosti vode v tleh, odvisne od načina obdelave tal.

2 MATERIALI IN METODE DELA

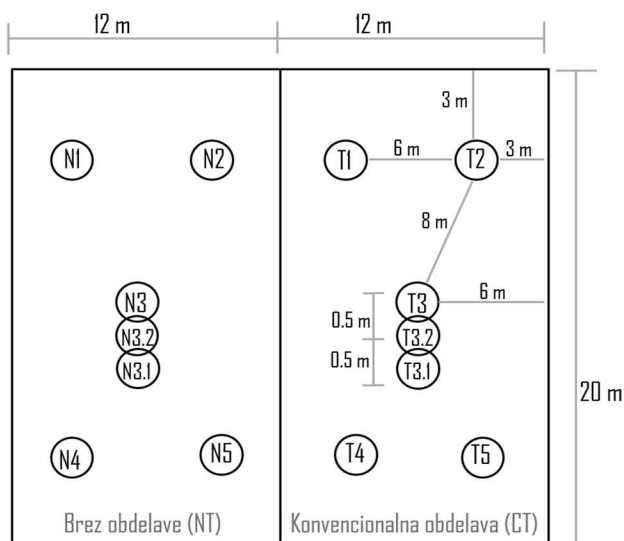
2.1 Lokacija in zasnova poskusa

Meritve vsebnosti vode v tleh so bile izvedene na dolgoletnem poskusnem polju Biotehniške fakultete, v rastni sezoni 2020. Poskus je potekal na njivski površini (24 m × 20 m) z dvema različnima načinoma obdelave tal, t. j. sistem setve brez predhodne obdelave tal (NT) in sistem konvencionalne obdelave s plugom (CT). Poskusna površina s sistemom NT je na tak način obdelovana od leta 2015. Med letoma 1999 in 2015 je bila ta površina v sistemu plitve ohranitvene obdelave tal do globine 10 cm. Konvencionalno obdelana poskusna površina se orje do globine 25–28 cm in pred setvijo se tla obdelata še z vrtavkasto brano.

Na vsakemu izmed obravnavanj smo prostorsko uravnoteženo določili pet merilnih mest, kot je prikazano na sliki 1. Meritve vsebnosti vode v tleh smo spremljali na globinah 10 cm in 20 cm. Na merilnem mestu 3 smo na globini 20 cm na obeh površinah namestili še dva merilnika, 3.1 in 3.2, za oceno mikro prostorske variabilnosti meritev. Merilnike smo vgradili po setvi soje (*Glycine max* (L.) Merr.), 9. maja, in jih s poskusne površine odstranili pred žetvijo, 8. oktobra. Pred sojo smo 4. septembra posejali oljno ogrščico, vendar je bil vznik slab, zato smo jo 23. oktobra na oranem delu uničili z vrtavkasto brano, NT površine nismo nič obdelali, in še isti dan, smo sejali ozimno rž. Spomladi smo njivo poškopili z glifosatom, na oranem delu orali in branali in nato na obeh delih (CT in NT) 8. maja sejali sojo z žitno NT sejalnico na medvrstno razdaljo 40 cm.

Kontinuirane meritve vsebnosti vode v tleh so bile izvedene z merilniki SM150T (Delta-T Devices Ltd., Cambridge, Velika Britanija), ki delujejo po principu kapacitivnosti, metoda je podrobneje opisana v Muñoz-Carpena (2004). Meritve so se v polurnih časovnih intervalih samodejno beležile na shranjevalnik podatkov IoTm mFORest device (GIS, Ljubljana,

Slovenija) in se samodejno prenašale na spletni vmesnik, ki omogoča pregledovanje podatkov v realnem času.



Slika 10: Shematski prikaz poskusne zasnove

2.2 Talno specifična kalibracija in določitev lastnosti tal

Kljub temu da so merilniki, ki merijo dielektričnost tal, že opremljeni s tovarniškimi kalibracijskimi funkcijami, ki pokrivajo širok nabor mineralnih in organskih tal, številne študije poudarjajo pomen talno specifične kalibracije, ki lahko izboljša natančnost meritev (Vaz in sod., 2013; Visconti in sod., 2014). Kalibracijo merilnikov smo izvedli v laboratoriju. Iz vsakega merilnega mesta smo vzeli neporušen vzorec tal ustreznega volumna in ga nasitili z vodo. V vzorec smo vstavili merilnik in v določenih časovnih intervalih sočasno odčitavali izhodne podatke merilnika ter tehtali njegovo maso za kasnejšo gravimetrično določitev vsebnosti vode v tleh. Na podatkih petih ponovitev smo oblikovali kalibracijske funkcije, odvisne od načina obdelave tal ter globine.

Teksturo tal in organsko snov smo določili na obeh globinah, na vsaki lokaciji meritev. Teksturo tal oziroma deleže peska, melja in glin smo določili z metodo sedimentacije (SIST ISO 11277, 2011). Organski ogljik smo določili kot razliko med skupnim ogljikom po suhem sežigu (SIST ISO 10694, 1996) in določitvi vsebnosti karbonatnega ogljika po Scheiblerju (SIST ISO 10693, 1996). Za določitev organske snovi smo vsebnost organskega ogljika pomnožili z 1,724.

Poljsko kapaciteto, ki predstavlja največjo količino vode, ki jo tla lahko zadržijo, smo določili na podlagi vodno zadrževalnih krivulj, izdelanih z merilno napravo Hyprop® (UMS GmbH, München, Nemčija), ki temelji na Schindlerjevi metodi evaporacije (Schindler in sod., 2010). Za vsako merilno mesto smo poljsko kapaciteto izračunali kot povprečje vsebnosti vode pri vrednostih logaritma višine vodnega stolpca (pF) med 1,8 in 2,5.

2.3 Obdelava podatkov

Časovne vrste meritev smo najprej pridobili v obliki surovih izhodnih podatkov, izraženih v voltih. Za pretvorbo v vsebnost vode v tleh (θ) smo surovim podatkom priredili talno specifično kalibracijsko funkcijo. Pri samodejnih meritvah visoke časovne ločljivosti prihaja tudi do

napačnih meritev, ki so lahko posledica motenj delovanja elektronike, zato je potrebno pred analizo podatke ustrezno prečistiti. Najprej smo odstranili vse meritve z negativnimi vrednostmi. Vizualno smo pregledali časovne vrste meritev in odstranili posamezne napačne meritve, ki so se kazale kot nelogične diskontinuitete v časovni vrsti. Nadalje smo meritve, ki so imele vrednosti vsebnosti vode večje od največje vrednosti nasičenih vzorcev, ki smo jih pridobili ob izdelavi vodno zadrževalnih krivulj z merilno napravo Hyprop®, ustrezno zmanjšali. Največja vrednost nasičenega vzorca pri tenziji 0 kPa je pri CT znašala $0,58 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ter pri NT $0,52 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Lastnosti tal

Tla na poskusni površini so težka, s prevladujočim teksturnim razredom meljasto-glinasta ilovica (MGI). V preglednici 1 so prikazana povprečja talnih lastnosti s standardno napako, v odvisnosti od globine vzorčenja in načina obdelave tal. Vsebnost gline je, ne glede na globino, statistično značilno večja pri CT ($p=0,001$). Razvidno je, da je povprečna vsebnost organske snovi pri CT, na obeh globinah, 0 do 10 cm in 10 do 20 cm, zelo podobna, t. j. 3,4 % in 3,5 %. Pri sistemu NT pa prihaja do kopičenja organske snovi na globini 10 cm; povprečna vsebnost je 4,0 %, z globino vsebnost organske snovi pade. Na 20 cm je povprečna vsebnost 3,1 %. Razlika v vsebnosti organske snovi je med globinama statistično značilna ($p<0,001$). V povprečju pade za 0,9 % ter pri 95 % zaupanju na intervalu med 0,4 in 1,4 %. Statistično značilno različna vsebnost organske snovi na 10 cm je tudi med različnima načinoma obdelave tal ($p=0,007$). V povprečju je za 0,7 % večja pri NT ter je pri 95 % zaupanju na intervalu med 0,2 in 1,2 %. Tudi povprečna poljska kapaciteta je pri CT med globinama bolj izenačena, $0,37 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ in je statistično značilno manjša od poljske kapacitete pri NT ($p=0,017$), kjer je povprečna vrednost največja na globini 10 cm, in sicer $0,41 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ter $0,39 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na globini 20 cm.

Preglednica 9: Prikaz talnih lastnosti glede na način obdelave tal ter globino, izraženo kot povprečje meritev v prostoru s standardno napako ($n=5$) z izjemo poljske kapacitete pri NT 10 cm ($n=4$) in NT 20 cm ($n=3$).

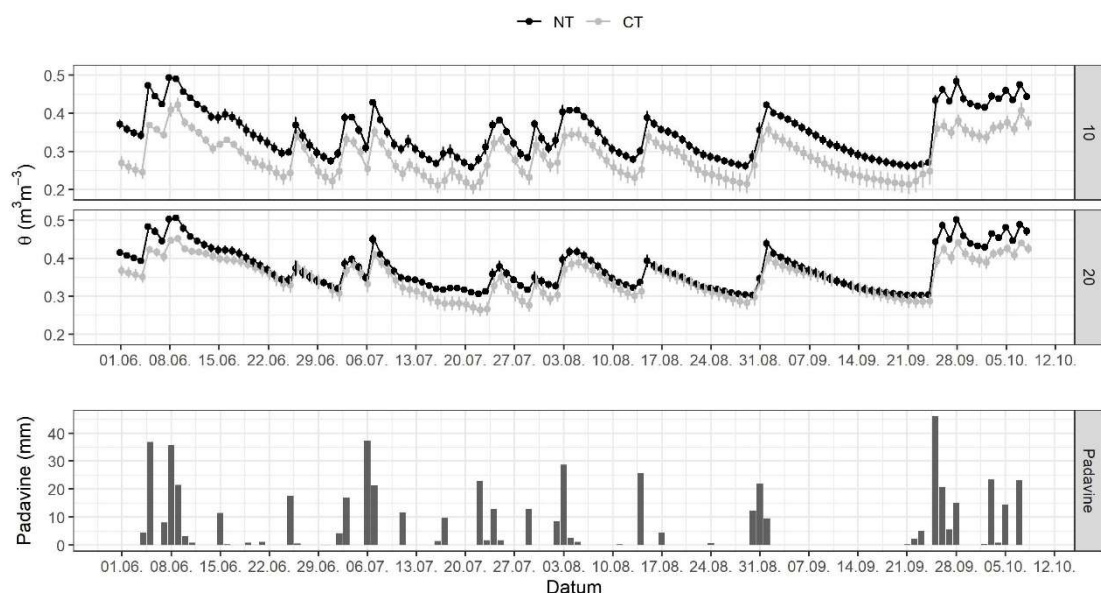
Obdelava	Globina (cm)	Pesek (%)	Melj (%)	Glina (%)	Organska snov (%)	Poljska kapaciteta ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)
NT	10	$19,5 \pm 0,5$	$52,7 \pm 0,9$	$27,8 \pm 0,8$	$4,0 \pm 0,2$	$0,41 \pm 0,01$
CT	10	$18,1 \pm 1,5$	$50,4 \pm 1,4$	$31,5 \pm 0,3$	$3,4 \pm 0,1$	$0,37 \pm 0,01$
NT	20	$20,3 \pm 0,9$	$49,9 \pm 0,8$	$29,7 \pm 1,2$	$3,1 \pm 0,2$	$0,39 \pm 0,02$
CT	20	$17,9 \pm 0,8$	$50,8 \pm 1,3$	$31,3 \pm 0,6$	$3,5 \pm 0,1$	$0,37 \pm 0,01$

3.2 Vsebnost vode v tleh glede na način obdelave tal

Po namestitvi merilnikov je za relevantne podatke meritev vsebnosti vode v tleh potrebno počakati vsaj nekaj večjih padavinskih dogodkov, da se talni delci ustrezno posedejo okoli merilnih elektrod, zato smo meritve v mesecu maju izključili iz nadaljnje analize.

Na sliki 2 je prikazana časovna vrsta dnevni povprečij meritev vsebnosti vode v tleh s standardno napako na NT in na CT, na globini 10 cm in 20 cm. Na globini 10 cm je povprečna dnevna vsebnost vode tekom cele rastne dobe višja pri NT. Glede na celotno obdobje izvajanja

meritev (130 dni) je število dni s povprečno vsebnostjo vode v tleh pod poljsko kapaciteto na globini 10 cm pri NT 105 dni in 129 dni pri CT. Na globini 20 cm pa razlike v vsebnosti vode med različnima načinoma obdelave tal niso več očitne, število dni z vsebnostjo vode pod poljsko kapaciteto je v obeh primerih 83 dni. Pri NT je bila najnižja vsebnost vode v tleh na globini 10 cm za $0,15 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ nižja od PK in za $0,09 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ na globini 20 cm, pri CT sta bili pripadajoči vrednosti podobni ($0,16$ in $0,11 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$). Višjo vsebnost vode na površini brez obdelave, lahko pripišemo višji vsebnosti organske snovi v zgornji plasti tal, kar je skladno z dognanji Stockfisch in sod. (1999). Kopičenje organske snovi v sloju tal lahko izboljša strukturo (Kaurin in sod., 2015) in vodno zadrževalne lastnosti tal, kar potrjujejo tudi rezultati povprečij poljske kapacitete glede na obdelavo. Poleg tega, je tudi pokritosti površine tal z rastlinskimi ostanki, kar izrazito poveča infiltracijo padavinske vode ter zmanjša evaporacijo vode s površine (Al-Kaisi in Lal, 2017), verjeten razlog za višjo vsebnost vode na NT.

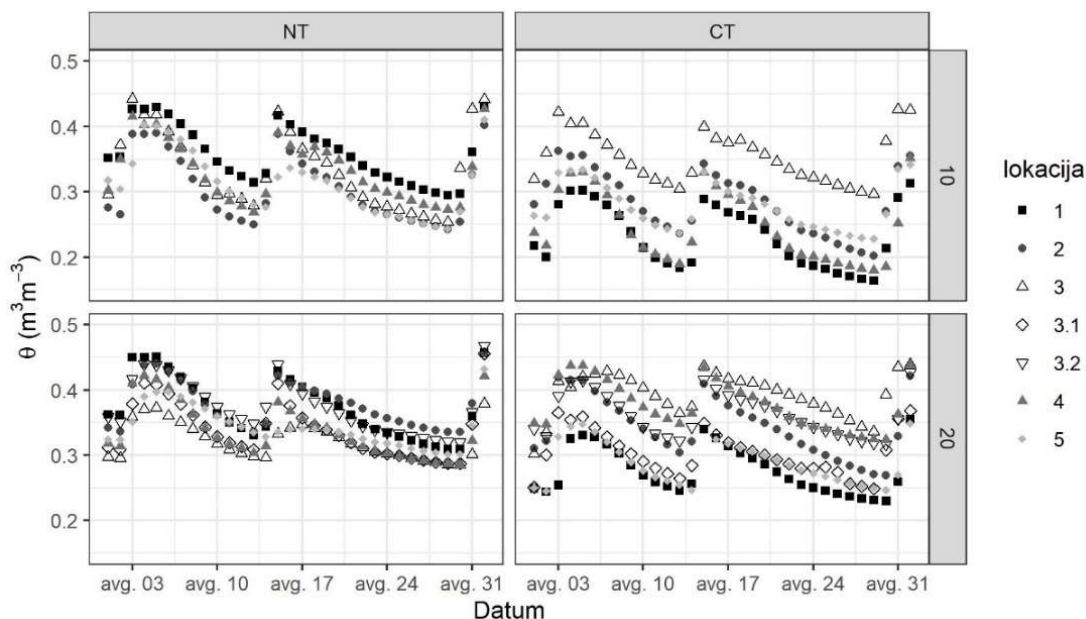


Slika 11: Časovna vrsta dnevnih povprečji meritev vsebnosti vode v tleh (m^3m^{-3}) s standardno napako na sistemu setve brez predhodne obdelave tal (NT) in na konvencionalno obdelani površini (CT), na globinah 10 cm in 20 cm; z dnevno količino padavin (mm) za meteorološko postajo Ljubljana Bežigrad (vir podatkov padavin: ARSO, 2020)

3.3 Prostorska variabilnost meritev

Za nazornejši prikaz prostorske variabilnosti meritev smo na sliki 3 podrobneje prikazali časovno vrsto dnevnih povprečnih meritev vsebnosti vode v tleh za mesec avgust. S slike 3 je razvidno, da so podatki iz obeh globin prostorsko manj variabilni pri NT v primerjavi s CT. Tudi mikro variabilnost na merilnih mestih 3, 3.1 in 3.2, ki so med seboj oddaljeni po pol metra, je pri CT izjemno velika. Po dežju, 4. avgusta, je maksimalna razlika v vsebnosti vode pri NT na 10 cm globine okoli $0,05 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$, medtem ko je na enaki globini pri CT razlika okoli $0,12 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$. V sušnejših razmerah, 29. avgusta, je bila na globini 10 cm maksimalna razlika v vsebnosti vode pri NT $0,06 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ ter pri CT $0,14 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$. Večja variabilnost meritev vsebnosti vode v tleh pri CT bi lahko bila posledica manjše vsebnosti organske snovi in posledično slabše obstojnosti strukturnih agregatov (Janušauskaite in sod., 2013; Kaurin in

sod., 2015), ki v kombinaciji pogoste vožnje težke mehanizacije preko njivske površine lahko povzroči lokalno zbitje tal (Wiermann in sod., 2000) in površinsko zaskorjenost (Pagliai in sod., 2004), kar se lahko izrazi v večji variabilnosti točkovnih meritev vsebnosti vode v tleh.



Slika 12: Po lokacijah prikazana časovna vrsta dnevnih povprečij meritev vsebnosti vode v tleh (m^3m^{-3}) na sistemu setve brez obdelave tal (NT) in na konvencionalno obdelani površini (CT) na globinah 10 cm in 20 cm

4 SKLEPI

V prispevku smo izpostavili ključne točke pri pridobivanju uporabnih podatkov samodejnih meritev vsebnosti vode v tleh. S talnimi analizami in meritvami vsebnosti vode v tleh na poskusnih površinah z različnima načinoma obdelave tal (sistem setve brez predhodne obdelave tal (NT) in sistem konvencionalne obdelave s plugom (CT)), smo ugotovili razlike v talnih lastnostih, in sicer v vsebnosti organske snovi, deležu gline in vsebnosti vode pri poljski kapaciteti. V zgornji plasti tal površine NT je prišlo do kopičenja organske snovi. Tla v sistemu NT pri poljski kapaciteti zadržijo več vode od tal sistema CT. S časovnimi vrstami meritev vsebnosti vode v tleh smo rezultat laboratorijskih analiz potrdili. Zgornja plast tal 10 cm pri NT je tekom rastne dobe zadrževala več vode, razlike pa so na globini 20 cm postale manj očitne. Prostorska variabilnost meritev je bila na obeh globinah večja v primeru CT, kar bi lahko bila posledica šibkejšje strukture in posledičnega lokalnega zbitja tal, povzročenega s prevozi mehanizacije preko površine.

Zahvala. Avtorji se zahvaljujemo Javni agenciji za raziskovalno dejavnosti Republike Slovenije (ARRS) za financiranje Programa usposabljanja mladih raziskovalcev.

5 LITERATURA

- Al-Kaisi, M.M., Lal, R. 2017. Chapter 4 - Conservation Agriculture Systems to Mitigate Climate Variability Effects on Soil Health. V: *Soil Health and Intensification of Agroecosystems 2017*, str. 79-107. Academic Press, ISBN 9780128053171
- ARSO. Agencija RS za okolje. Opazovani in merjeni meteorološki podatki po Sloveniji. <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/> (12. 10. 2020)
- Janušauskaite, D., Kadžienė, G., Auškalnienė, O. 2013. The effect of tillage system on soil microbiota in relation to soil structure. *Polish Journal of Environmental Studies* 22: 1387–1391
- Kahlon, M.S., Lal, R., Ann-Varughese, M. 2013. Twenty two years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio. *Soil and Tillage Research* 126: 151–158
- Kaurin, A., Mihelič, R., Kastelec, D., Schloter, M., Suhadolc, M., Grčman, H. 2015. Consequences of minimum soil tillage on abiotic soil properties and composition of microbial communities in a shallow Cambisol originated from fluvioglacial deposits. *Biol Fertil Soils* 51: 923–933
- Miller, J.J., Kokko, E.G., Kozub, G.C. 1998. Comparison of porosity in a Chernozemic clay loam soil under long-term conventional tillage and no-till. *Can. J. Soil. Sci.* 78: 619–629
- Monaghan, J.M., Daccache, A., Vickers, L.H., Hess, T.M., Weatherhead, E.K., Grove, I.G., Knox, J.W., 2013. More 'crop per drop': constraints and opportunities for precision irrigation in European agriculture. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93: 977–980
- Muñoz-Carpena, R. 2004. Field devices for monitoring soil water content. Agricultural and Biological Engineering Department, University of Florida. BUL343 (<https://edis.ifas.ufl.edu/ae266>) 15. 11. 2020
- Pagliai, M., Vignozzi, N., Pellegrini, S. 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil and Tillage Research, Soil Physical Quality* 79: 131–143
- Schindler, U., Durner, W., Unold, G. von, Mueller, L., Wieland, R. 2010. The evaporation method: Extending the measurement range of soil hydraulic properties using the air-entry pressure of the ceramic cup. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 173: 563–572
- SIST ISO 10693. Kakovost tal – ugotavljanje vsebnosti karbonatov – volumetrijska metoda. 1996: 7 str.
- SIST ISO 10694. Kakovost tal – ugotavljanje organskega in skupnega dušika po suhem sežigu (elementna analiza). 1996: 7 str.
- SIST ISO 11277. Kakovost tal – Ugotavljanje velikostne porazdelitve delcev v mineralnih tleh - sedimentacijska metoda. 2011: 34 str.
- Stockfisch, N., Forstreuter, T., Ehlers, W. 1999. Ploughing effects on soil organic matter after twenty years of conservation tillage in Lower Saxony, Germany. *Soil and Tillage Research* 52: 91–101
- Van Pelt, R.S., Wierenga, P.J., 2001. Temporal stability of spatially measured soil matric potential probability density function. *Soil Science Society of America Journal* 65: 668
- Vaz, C., Jones, S., Meding, S., Tuller, M. 2013. Evaluation of standard calibration functions for eight electromagnetic soil moisture sensors. *Vadose Zone Journal* 12. <https://doi.org/10.2136/vzj2012.0160>
- Vereecken, H., Huisman, J.A., Pachepsky, Y., Montzka, C., van der Kruk, J., Bogaen, H., Weihermüller, L., Herbst, M., Martinez, G., Vanderborght, J. 2014. On the spatio-temporal dynamics of soil moisture at the field scale. *Journal of Hydrology* 516: 76–96
- Visconti, F., de Paz, J.M., Martínez, D., Molina, M.J. 2014. Laboratory and field assessment of the capacitance sensors Decagon 10HS and 5TE for estimating the water content of irrigated soils. *Agricultural Water Management* 132: 111–119
- Wiermann, C., Werner, D., Horn, R., Rostek, J., Werner, B. 2000. Stress/strain processes in a structured unsaturated silty loam Luvisol under different tillage treatments in Germany. *Soil and Tillage Research* 53: 117–128

Vsebnost kanabinoidov in eteričnih olj različnih fenotipov konoplje (*Cannabis sativa* L.) sorte Tiborszallasi

Marjeta ERŽEN⁵⁵, Iztok Jože KOŠIR⁵⁶, Miha OCVIRK⁵⁷, Samo KREFT⁵⁸ in Andreja ČERENAK⁵⁹

Izvleček

Konoplja (*Cannabis sativa* L.) je pomembna rastlina, znana po svojih pozitivnih učinkih na zdravje. Kanabinoidi in terpeni so najpomembnejše fitokemikalije v konoplji. V poskusu je bilo preučevanih pet različnih fenotipov sorte Tiborszallasi. Za določanje sestave eteričnega olja (EO) smo vzorce destilirali in s plinsko kromatografijo (GC-FID) določili vsebnost 29 komponent EO. Za določanje vsebnosti kanabinoidov smo vzorce posameznih fenotipov ekstrahirali in analizirali s tekočinsko kromatografijo (HPLC). Pri vseh petih fenotipih je bila najvišja vsebnost mircena (26,68–21,35 %), β -kariofilena (16,25–11,92 %), α -pinena (11,94–7,42 %) in α -humulena (5,69–4,10 %). S PCA analizo glede na EO posameznih vzorcev ni mogoče ločiti po fenotipu, medtem ko se glede na povprečne vrednosti komponent fenotipi dobro razlikujejo. Vsebnost kanabinoida CBD-A je bila pri vseh fenotipih najvišja (2,65–3,78 %). Fenotip TIV je imel najvišjo celokupno vsebnost CBD (3,39 %), najvišja vsebnost Δ -9-THC pa je bila pri TV (1,28 %). Tudi PCA analiza na osnovi kanabinoidov ne loči zadovoljivo različnih fenotipov. Kljub težkemu razločevanju fenotipov lahko glede na posamezne vrednosti izpostavimo fenotipe, ki imajo razmerje med kanabinoidi in/ali terpeni zanimivo za nadaljnje žlahtnjenje in farmacevtske namene.

Ključne besede: *Cannabis sativa* L., eterična olja, kanabinoidi, konoplja, terpeni, Tiborszallasi

Cannabinoid and essential oil content in different hemp (*Cannabis sativa* L.) phenotypes of variety Tiborszallasi

Abstract

Hemp (*Cannabis sativa* L.) is an important herbaceous species known for its beneficial effects. Cannabinoids and terpenoids are one of the most important phytochemicals in hemp. In this study five different phenotypes of the variety Tiborszallasi were investigated. The dry inflorescences were distilled and 29 components of essential oil (EO) were determined by gas chromatography (GC-FID) in samples of all phenotypes. To determine the cannabinoid composition dry samples were extracted, and determined by liquid chromatography (HPLC). In all five phenotypes, myrcene (26,68 % - 21,35 %), β -caryophyllene (16,25 % - 11,92 %), α -pinene (11,94 % - 7,42 %) and α -humulene (5,69 % - 4,10 %) showed the highest content. According to the PCA, no differentiation was observed between the individual samples of the phenotypes according to EO, while the average values of the phenotypes differed. For all five phenotypes CBD-A had the highest content (2,65 % - 3,78 %). The highest total CBD content was in phenotype TIV (3,39 %) and the highest content of Δ -9-THC in TV (1,28 %). Even PCA analysis based on cannabinoids not separated sufficiently different phenotypes. Despite hard differentiation between phenotypes, individual phenotypes with interesting cannabinoid and/or terpene ratios may be interesting for breeding and for the pharmaceutical industry.

Key words: *Cannabis sativa* L., essential oil, cannabinoids, hemp, terpenes, Tiborszallasi

⁵⁵ Mag. inž. agr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, e-pošta: marjeta.erzen@ihps.si

⁵⁶ Doc. dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, e-pošta: iztok.kosir@ihps.si

⁵⁷ Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, e-pošta: miha.ovcirk@ihps.si

⁵⁸ Prof. dr., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, e-pošta: samo.kreft@ffa.uni-lj.si

⁵⁹ Izr. prof. dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, e-pošta: andreja.cerenak@ihps.si

1 UVOD

Konoplja (*Cannabis sativa* L.), ki pripada družini Cannabaceae, je pomembna kmetijska in zdravilna rastlina z veliko uporabno vrednostjo. Večinoma je dvodomna, poznamo pa tudi enodomne sorte. Zraste lahko od 0,2 m do 6 m visoko, kar je odvisno od genotipa in rastnih razmer. Moške rastline se tipično razlikujejo od ženskih in nimajo gospodarske vrednosti za farmacevtsko in prehrabno industrijo. Za pridobivanje semena in za pridobivanje kanabinoidov in terpenov se uporabljajo samo ženske rastline (Hesami in sod., 2020).

Kanabinoidi so ena izmed najpomembnejših fitokemikalij v konoplji. Med najpogostejše in najbolj preučevane kanabinoide spadajo Δ -9-tetrahidrokanabinol (Δ -9-THC), kanabidiol (CBD), kanabikromen (CBC) in kanabigerol (CBG) ter njihove karboksilirane oblike (Namdar in sod., 2018). Druga najbolj preučevana skupina fitokemikalij pa so terpenoidi v eteričnem olju konoplje. Ti dajejo rastlini vonj in deloma tudi okus ter imajo tako kot kanabinoidi terapevtske lastnosti pri zdravljenju bolezni. Delijo se na dve glavni skupini, in sicer na monoterpeno in seskviterpeno (Bertoli in sod., 2010). Najvišja vsebnost tako kanabinoidov kot terpenov se nahaja v žlezni trihomih na braktejah, kjer je lahko do 60 % kanabinoidov in do 8 % terpenov (Russo in Marcu, 2017). Kanabinoidi in terpeni delujejo sinergistično pri zdravljenju ljudi in živali (Lewis in sod., 2018).

Ker so sorte konoplje populacijsko zelo ne izenačene v primerjavi s katerimi drugimi kmetijskimi rastlinami, se zato znotraj sorte pogosto pojavijo različni fenotipi. Namen te raziskave je bil določiti vsebnost in sestavo kanabinoidov in eteričnega olja v različnih fenotipih sorte Tiboszallasi ter ugotoviti, če so med njimi razlike.

2 MATERIALI IN METODE DELA

Za preučevanje je bila izbrana dvodomna sorta Tiborszallasi, ki je bila v letu 2019 posejana na lokaciji Ljubno ob Savinji, na površini veliki 1000 m² in z medvrstno razdaljo 0,75 m. Gostota setve je bila 1,2 kg/ha. Semena so bila posejana s poskusno sejnalnico Wintersteiger. V začetku rasti se je plevela zatiralo dvakrat; ročno in drugič s kultivatorjem. Vzorčenje rastlin je potekalo konec septembra, ko so bile rastline v fazi zrelosti za vzorčenje socvetij. Vzorčilo se je socvetja dolžine prb. 30 cm, skupaj z listi in stebli, ki pa smo jih pri pripravi na sušenje odstranili. Vsaka vzorčena rastlina je imela svojo oznako. Določili smo 5 različnih fenotipov TI, TII, TIII, TIV in TV, vzorčili smo 10 rastlin na fenotip, od tega smo za kemijske analize izbrali 5 rastlin na fenotip. Fenotipi so bili izbrani glede na vizualne lastnosti kot so: habitus, velikost listov, število lističev, kompaktnost in dolžina socvetij, barva listnega peclja, dolžina internodijev. Da smo preprečili oprašitev ženskih rastlin, so bile moške rastline iz posevka odstranjene. Kljub odstranjevanju moških rastlin je bilo v socvetjih mogoče opaziti nekaj semen, kar kaže na to, da so nekatere moške rastline uspele tvoriti pelod še preden smo jih odstranili. Vzorčena socvetja, sušena pri temperaturi 30 °C, smo zmleli in hranili pri temperaturi -20 °C do začetka analiz.

2.1 Vremenske razmere

Temperature so bile od junija do septembra 2019 višje kot po navadi. V maju je bilo nekoliko več padavin, temperature pa so bile nižje kot v povprečju. Vročinski val je nastopil v mesecu juniju, juliju in avgustu. V vseh opazovanih mesecih je bilo več padavin kot prejšnja leta.

2.2 Določanje sestave eteričnih olj in kanabinoidov

Sestava eteričnega olja (EO) je bila analizirana s plinsko kromatografijo s plamensko ionizacijskim detektorjem (GC-FID). V posameznem vzorcu vseh 5 fenotipov smo določevali 29 komponent, in sicer: α -pinen, kamfen, β -pinen, mircen, 3-karen, α -terpinen, p-cimen, limonen, γ -terpinen, fenhon, terpinolen, linalol, kamfor, isoborneol, borneol, mentol, α -terpineol, β -citronelol, neril acetat, geranil acetat, α -cedren, β -kariofilen, α -humulen, cis-nerolidol, geranil isobutirat, kariofilen oksid, β -eudesmol, α -bisabolol in fitol (Supelco).

S tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti (HPLC) pa smo določevali sestavo kanabinoidov v vzorcih 5 fenotipov sorte Tiborszallasi. Pri vsakem fenotipu smo analizirali po 5 vzorcev. Za določevanje smo uporabili 10 kanabinoidnih standardov (1mg/mL) (Sigma-Aldrich): kanabidiolna kislina (CBD-A), kanabigerolna kislina (CBG-A), kanabigerol (CBG), kanabidiol (CBD), kanabinol (CBN), Δ -9-tetrahidrokanabinol (Δ -9-THC), Δ -8-tetrahidrokanabinol (Δ -8-THC), kanabikromen (CBC), Δ -9-tetrahidrokanabinolna kislina (Δ -9-THC-A) in kanabikromenska kislina (CBC-A).

Določili smo tudi vsebnosti celokupnih kanabinoidov, ki smo jih izračunali po sledečih enačbah glede na HPLC rezultate (Glivar in sod., 2020):

- 1) % celokupnega Δ -9-THC = % Δ -9-THC + (% Δ -9-THC-A x 0.877)
- 2) % celokupnega CBD = % CBD + (% CBD-A x 0.877)
- 3) % celokupnega CBG = % CBG + (% CBG-A x 0.878).

2.3 Statistična analiza

Za PCA statistično obdelavo podatkov smo uporabili program Origin, vsa enovariatna statistična obdelava podatkov je bila narejena v programu Microsoft Excel.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1 Razlike med fenotipi glede na vizualne lastnosti

Rastline fenotipa TI so bile višje in bolj razvejane v primerjavi z ostalimi fenotipi, imele so manjša socvetja. Rastline fenotipa TII so bile temno zelene barve, tako na primarnih kot sekundarnih vejah so bili listni peclji antociansko obarvani. Rastline TIII so bile prav tako temno zelene barve, vendar manjše kot ostali fenotipi ter z manj stranskimi vejami. Prav tako so imele antociansko obarvane listne peclje in roza obarvane trihome na socvetjih. Rastline fenotipa TIV so bile temno zelene barve, z velikimi kompaktnimi socvetji in majhnimi lističi okrog socvetja. Vse rastline fenotipa TV so imele močno antociansko obarvane liste, trihome na socvetjih in listne peclje.

3.2 Analiza komponent eteričnih olj

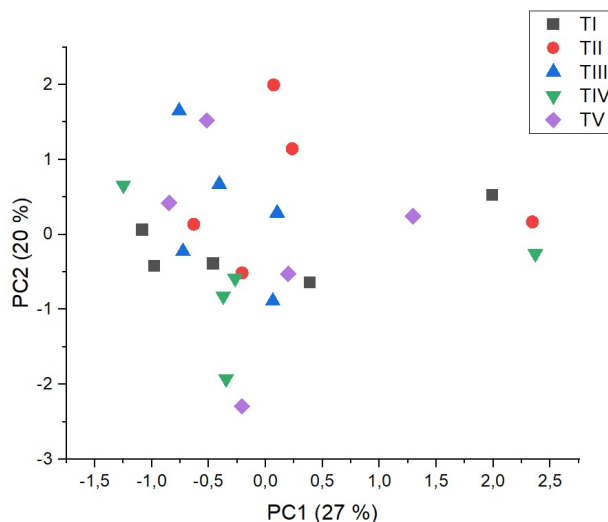
Povprečna vsebnost EO glede na sorto je bila 0,54 mL/100 g zračno suhega vzorca. Najvišja vsebnost EO je bila pri fenotipu TIV, in sicer 0,64 mL/100 g zračno suhega vzorca.

Kot navaja že literatura (Bertoli in sod., 2010; Namdar in sod., 2018; Nissen in sod., 2010) je bila v vseh 5 fenotipih najvišja vsebnost mircena, β -kariofilena, α -pinena in α -humulena. Medtem ko so Laznik in sod. (2020) v vzorcih sort Tiborszallasi in Futura 75 ugotovili zelo visoke vsebnosti komponent trans kariofilena, nerolidola in α -pinena. V našem primeru so bile

vsebnosti mircena in α -humulena zelo nizke (pod 4%). Fenotip TI je imel najvišjo vsebnost mircena (29,94 %), najvišja vsebnost β -kariofilena (16,25 %) je bila pri fenotipu TIII, prav tako je bila pri fenotipu TIII najvišja vsebnost α -humulena (5,69 %), fenotip TIV je imel najvišjo vsebnost α -pinena (11,94 %). Vsebnosti neril acetata ni bilo mogoče zaznati v nobenem od fenotipov. Ko smo primerjali vsebnost monoterpenov in seskviterpenov, je bila vsebnost monoterpenov pri vseh 5 fenotipih višja kot vsebnost seskviterpenov. Najvišja vsebnost monoterpenov je bila pri fenotipu TIV (50,23 %), najnižja pa pri TII (38,28 %). Najvišja vsebnost seskviterpenov je bila pri fenotipu TIII (26,68 %), najnižja pa pri TI (18,32 %).

Z analizo glavnih osi (PCA) smo želeli ugotoviti, ali lahko na podlagi različnih vsebnosti komponent eteričnega olja fenotipe med sabo razlikujemo.

Iz slike 1 je razvidno, da pri PCA analizi posameznih vzorcev, fenotipov ne moremo ločiti med sabo. Skupna varianca za PC1 in PC2 za vse vzorce glede na sestavo EO je 47 %. PC1 pojasni 27 % variance, medtem ko PC2 pojasni 20 % variance. Ko pogledamo posamezne vzorce, je iz rezultatov razvidno, da so fenotipi znotraj sorte Tiborszallasi kljub nekaj razlikam med vsebnostmi EO kemijsko precej izenačeni, vendar pa lahko na podlagi povprečja med fenotipi te še vedno razlikujemo.



Slika 13: PCA analiza na podlagi prvih dveh komponent vseh vzorcev 5 fenotipov sorte Tiborszallasi glede na sestavo eteričnega olja

3.3 Analiza kanabinoidov

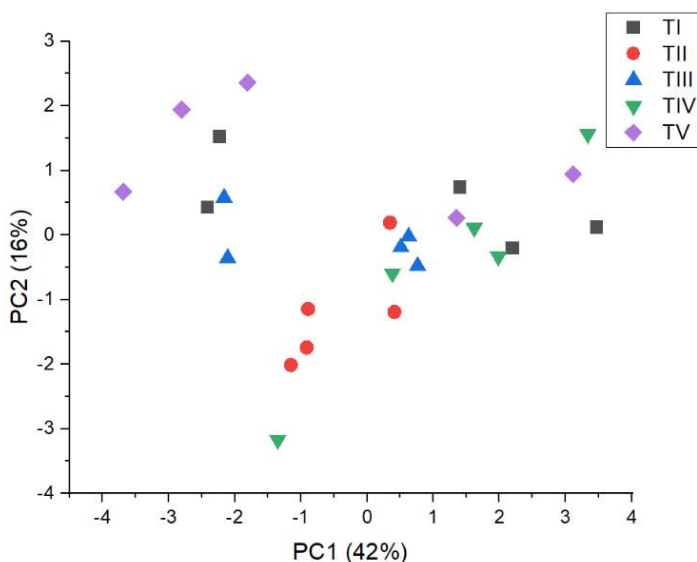
Glede na HPLC analizo posameznih vzorcev fenotipov smo ugotovili, da je daleč najvišja vsebnost pri vseh fenotipih vsebnost kanabinoida CBD-A, sledi vsebnost Δ -9-THC-A in vsebnost CBC-A. Najvišja vsebnost CBD-A je bila pri fenotipu TIV (3,78 %), najnižja pa pri TIII (2,65 %), medtem ko je bila pri fenotipu TV (1,39 %) najvišja vsebnost Δ -9-THC-A, najnižja vsebnost Δ -9-THC-A pa je bila pri TII (0,14 %).

Karboksilna oblika kanabinoidov lahko pri visoki temperaturi, npr. pri kajenju in pri staranju dekarboksilira v ne kislinsko obliko (Stiasna in sod., 2015). Na primer, Δ -9-THC-A dekarboksilira v Δ -9-THC. Pri predstavitvi forenzičnih rezultatov in rezultatov vzorčenja inšpektorjev so ti večinoma podani kot vsota kislinske in ne kislinske oblike (Wang in sod., 2016). V preglednici 1 so predstavljeni rezultati celokupne vsebnosti Δ -9-THC, CBD in CBG.

Preglednica 10: Celokupna vsebnost (%) Δ -9-THC, CBD, in CBG pri vseh petih fenotipih sorte Tiborszallasi

Vzorec	Celokupni CBG	SD	Celokupni CBD	SD	Celokupni THC	SD
TI	0,23	0,08	2,90	1,00	0,66	0,66
TII	0,15	0,04	2,77	0,50	0,13	0,02
TIII	0,17	0,06	2,37	0,95	0,48	0,50
TIV	0,21	0,07	3,39	0,58	0,16	0,04
TV	0,17	0,05	2,63	1,23	1,28	1,11

Najvišja vsebnost celokupne vsebnosti CBD je bila pri fenotipu TIV (3,39 %), najvišja celokupna vsebnost Δ -9-THC je bila pri fenotipu TV (1,28 %), fenotipa TI in TIV pa sta imela najvišjo celokupno vsebnost CBG (0,23 % in 0,21 %). Če pogledamo celokupne vsebnosti Δ -9-THC, skoraj vse, razen pri fenotipih TII in TIV, presegajo vrednost 0,2 %, kar je po pravilniku Evropske unije najvišja dovoljena vrednost Δ -9-THC v vzorcih konoplje, ki so na Evropski sortni listi. EU standard pa se nanaša na zgornjo tretjino rastline, to pomeni, da so vključeni tudi listi in stebila, kar pomeni precejšnjo verjetnost, da pri takšnem vzorčenju naših fenotipov ne bi noben presegel dovoljene vrednosti. Iz podatkov o razmerju med THC in CBD je razvidno, da bi lahko fenotipe TI, TII, TIII in TIV uvrstili med kemotip III (Small in Beckstead, 1973), saj imajo vsebnost celokupnega CBD višjo od 0,3 %. Za fenotipa TII in TIV lahko glede na razmerje rečemo, da sta močno CBD tipa. Fenotip TIV, ki ima vsebnost Δ -9-THC pod 0,2 % bi lahko bil še posebej zanimiv za farmacevtsko industrijo za pridobivanje CBD, saj Δ -9-THC ne presega dovoljene vrednosti in bi takšno konopljo lahko gojili tudi kmetje. Fenotip TV pa lahko uvrstimo v kemotip II oz. mešani kemotip, ker je razmerje med THC in CBD skoraj enako oz. v razponu 0,5 do 2 (Aizpurua-Olaizola in sod., 2016). Rastline fenotipa TV so se že na videz močno razlikovale od ostalih rastlin. Imele so manjšo rast, bile so manj razvejane ter so bile rdeče do vijolično obarvane v času zorenja.

**Slika 2:** PCA analiza na podlagi prvih dveh komponent vseh vzorcev 5 fenotipov sorte Tiborszallasi glede na vsebnost kanabinoidov

Slika 2 prikazuje PCA analizo posameznih vzorcev fenotipov sorte Tiborszallasi in povprečne vrednosti kanabinoidov posameznih fenotipov. Tudi pri analizi kanabinoidov je razvidno, da posameznih vzorcev ni mogoče ločiti glede na fenotip. Za TII bi lahko rekli, da so vzorci še najbolj primerljivi in jih lahko ločimo od ostalih fenotipov. Kljub temu, da obstajajo razlike med posameznimi fenotipi glede na določene vrednosti kanabinoidov, te razlike niso dovolj signifikantne, da bi jih bilo mogoče ločiti s PCA analizo. Iz tega lahko zaključimo, da se razlika v kemijski sestavi fenotipov ne odraža toliko kot vizualne lastnosti. Za ugotavljanje razlik med posameznimi fenotipi bi bilo potrebno narediti še genetske analize, ki bi pokazale morebitne razlike na genetskem nivoju.

Skupna varianca za PC1 in PC2 komponenti za analizo vseh vzorcev fenotipov je 58 %, pri čemer PC1 pojasni 42 % skupne variance, PC2 pa 16 % skupne variance.

4 SKLEPI

Raziskava je pokazala, da se fenotipi glede na PCA analizo sestave kanabinoidov in eteričnih olj posameznih vzorcev težko ločijo med sabo. Glede na vsebnost in sestavo EO se fenotipi težje razlikujejo med sabo kot pa glede na vsebnost in sestavo kanabinoidov, kjer se sestava fenotipa TV močno razlikuje od ostalih fenotipov, prav tako je mogoče opaziti razliko med kanabinoidi pri fenotipu TIV, ki ima zelo ugodno razmerje med kanabinoidi CBD-A in CBD ter Δ -9-THC-A in Δ -9-THC. Ima namreč visoko vsebnost kanabinoidov CBD-A in CBD ter nizko vsebnost Δ -9-THC-A in Δ -9-THC. Dejstvo je, da lahko na podlagi pridobljenih rezultatov in vedenja o sinergističnih učinkih med EO in kanabinoidi izberemo fenotipe, ki bi ustrezali za nadaljnje žlahtnjenje in raziskave pri določenih boleznih.

5 LITERATURA

- Aizpurua-Olaizola, O., Soydaner, U., Öztürk, E., Schibano, D., Simsir, Y., Navarro, P., Etxebarria, N., Usobiga, A. 2016. Evolution of the cannabinoid and terpene content during the growth of *Cannabis sativa* plants from different chemotypes. *Journal of Natural Production*, 79: 324-331
- Bertoli, A., Tozzi, S., Pistelli, L., Angelini, L. G. 2010. Fibre hemp inflorescences: From crop-residues to essential oil production. *Industrial Crops and Products*, 32(3), 329-337.
- Glivar, T., Eržen, J., Kreft, S., Zagožen, M., Čerenak, A., Čeh, B., Tavčar Benković, E. 2020. Cannabinoid content in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties grown in Slovenia. *Industrial Crops and Products*, 145, 112082. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112082>
- Hesami, M., Pepe, M., Alizadeh, M., Rakei, A., Baiton, A., Phineas Jones, A. M. 2020. Recent advances in cannabis biotechnology. *Industrial Crops and Products*, 158, 113026. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113026>
- Laznik, Ž., Košir, I. J., Košmelj, K., Murovec, J., Jagodič, A., Trdan, S., Kocjan Ačko, D., Flajšman, M. 2020. Effect of Cannabis sativa L. root, leaf and inflorescence ethanol extracts on the chemotrophic response of entomopathogenic nematodes. *Plant and Soil*, 455(1), 367-379
- Lewis, M. A., Russo, E. B., Smith, K. M. 2018. Pharmacological Foundations of Cannabis Chemovars. *Planta Medica*, 84(4), 225-233
- Mudge, E. M., Murch, S. J., Brown, P. N. 2017. Leaner and greener analysis of cannabinoids. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 409(12), 3153-3163.
- Namdar, D., Mazuz, M., Ion, A., Koltai, H. 2018. Variation in the compositions of cannabinoid and terpenoids in Cannabis sativa derived from inflorescence position along the stem and extraction methods. *Industrial Crops and Products*, 113, 376-382.
- Nissen, L., Zatta, A., Stefanini, I., Grandi, S., Sgorbati, B., Biavati, B., Monti, A. 2010. Characterization and antimicrobial activity of essential oils of industrial hemp varieties (*Cannabis sativa* L.). *Fitoterapia*, 81(5), 413-419.

-
- Russo, E. B. 2011. Taming THC: Potential cannabis synergy and phytocannabinoid-terpenoid entourage effects. *British Journal of Pharmacology*, 163(7), 1344–1364.
- Russo, E. B., Marcu, J. 2017. Cannabis Pharmacology: The Usual Suspects and a Few Promising Leads. In *Advances in Pharmacology* (1st ed., Vol. 80, Issue August). Elsevier Inc.
- Small, E. in Beckstead, H. D. 1973. Common cannabinoid phenotypes in 350 stocks of Cannabis. *Lloydia*, 36(2), 144–165.
- Stiasna, K., Presinszka, M., Vyhnanek, T., Trojan, V., Mrkvicova, E., Hrivna, L., Havel, L. 2015. Analysis of Genes From Cannabinoid Biosynthetic Pathway. International Ph.D. Students Conference on MendelNet. 2015, 6.
- Wang, M., Wang, Y. H., Avula, B., Radwan, M. M., Wanas, A. S., Van Antwerp, J., Parcher, J. F., Elsohly, M. A., Khan, I. A. 2016. Decarboxylation Study of Acidic Cannabinoids: A Novel Approach Using Ultra-High-Performance Supercritical Fluid Chromatography/Photodiode Array-Mass Spectrometry. *Cannabis and Cannabinoid Research*, 1(1), 262–271.

Pridelek socvetja konoplje glede na agrotehniko pridelave in lokacijo ter vsebnost kanabinoidov glede na čas vzorčenja

Barbara ČEH⁶⁰, Bojan ČREMOŽNIK⁶¹ in Alenka BERLOŽNIK⁶²

Izveček

Namen pilotnega poskusa v letu 2020 je bil primerjati pridelek socvetja sorte konoplje USO 31 in njegovo kakovost na treh kmetijah v dveh različnih regijah (Jugovzhodna Slovenija in Koroška) pri običajni agrotehniko, ki jo izvajajo na kmetijah. Na nizke vrednosti CBD in drugih kanabinoidov, ki bi jih sicer želeli pridelati čim več, je v poskusu vplivalo najbrž več dejavnikov, in sicer tako genotip oziroma sorta konoplje kot rastne razmere. Ker je USO 31 enodomna rastlina, tvori v socvetju več oreškov (semen), hkrati pa se zmanjša število trihomov in manjša skupna količina tvorjenih kanabinoidov. Razlog je lahko deževno poletje v letu 2020 in kot posledica tega tudi nižja temperatura. Poleg tega najbrž ni bila primerna za namen pridelave kanabinoidov tudi agrotehnika, saj je bila v dveh primerih količina za setev velika (50 kg/ha). Boljši pridelek (1,2 t/ha suhe snovi v primerjavi z okrog 1 t/ha) in večjo vsebnost kanabinoidov je dosegel posevek na njivi, kjer je bila količina za setev 20 kg/ha in setev opravljena v vrste. Zaključimo lahko, da v razmerah poskusa sorta USO 31 ni bila primerna za pridelavo socvetja za pridobivanje kanabinoidov, prav tako dosežen pridelek vršičkov ni bil zadovoljiv.

Ključne besede: konoplja, pridelek socvetja, vsebnost kanabinoidov, CBD

Yield of hemp inflorescence related to agrotechnics and production location and content of cannabinoids related to sampling time

Abstract

The purpose of the pilot experiment was to compare the response of the same hemp variety (USO 31) on three farms in two different regions (SE Slovenia and Koroška) at conventional farm agrotechnics with the yield of the inflorescence and its quality. Low contents of CBD and other cannabinoids, which we would otherwise like to produce as much as possible, were probably influenced by several factors in the experiment in 2020, namely the genotype / variety as well as the growing conditions. Because USO 31 is a monoecious plant, it forms seeds in the inflorescence, thereby reducing the number of trichomes and consequently reducing the amount of cannabinoids produced. At the same time, the reason may be a rainy summer of 2020 and, as a result, lower temperatures. In addition, agrotechnics was probably not suitable for the purpose of cannabinoid production, as in two cases the amount for sowing rate was high (50 kg/ha). Higher yield (1.2 t/ha of dry matter compared to about 1 t/ha) and higher cannabinoid content was achieved by the crop in the field, where the sowing rate was 20 kg/ha and sowing was carried out in rows. It can be concluded that in the experimental conditions the variety USO 31 was not suitable for the production of inflorescences for the production of cannabinoids, and the achieved yield of tops was not satisfactory.

Key words: hemp, inflorescences yield, cannabinoids content, CBD

1 UVOD

Pridelave navadne (industrijske) konoplje je bila v preteklosti namenjena za pridelavo semena (oreškov) za pridobivanje olja in stebel za pridobivanje preje. V današnjem času se konoplja prideluje za pridelavo socvetij, ki se uporabljajo za čaj ali nadaljnjo predelavo v različne za trg zanimive izdelke. Socvetja se uporabljajo tudi za pridobivanje kanabinoidov. Tudi na prostem

⁶⁰ Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, e-pošta: barbara.cek@ihps.si

⁶¹ Dipl. inž. kmet. in hort., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, e-pošta: bojan.cremoznik@ihps.si

⁶² Dipl. org. mang., Zavod Slokva so. p., e-pošta: alenka.berloznik@slokva.si

lahko konoplja ob ugodnih vremenskih in rastnih razmerah doseže svoj potencial kopičenja sekundarnih metabolitov. Za pridelavo socvetja so zanimive sorte industrijske konoplje z visoko vsebnostjo kanabinoidov (razen delta-9-THC, katerega vsebnost mora ostati pod 0,2 % v suhi snovi), predvsem CBD (kanabidiol), pa tudi CBG (kanabigerol) in CBC (kanabikromen). Slednji je običajno prisoten bolj v zgodnji fazi cvetenja (Small in Cronquist, 1976; Fike, 2016). Različni genotipi imajo različno razmerje med THC in CBD (Vanhove in sod., 2012; Janatova in sod., 2018).

Kanabinoidi, terpenofenolne snovi, spadajo med sekundarne metabolite (Janatova in sod., 2018). Največ jih je v neoplojenih socvetjih (do 30 %) in žleznihih trihomih (do 60 %). Največji delež kanabinoidov se nahaja v socvetjih, ki ležijo najvišje, najmanjši delež pa v najnižje ležečih socvetjih (Namdar in sod., 2018). Na količino nastalih kanabinoidov vplivajo biotski in abiotski dejavniki (genotip, zrelost rastline, dolžina dneva, temperatura, dostopnost hranil, svetloba) (Hillig in Mahlberg, 2004; Grassi in McPartland, 2017). Najvišjo vsebnost dosežata kanabinoida THC in CBD (Hillig in Mahlberg, 2004). THC in THCV sta psihoaktivni snovi, ostali kanabinoidi pa ne. Količina in stopnja izraženosti posameznih sekundarnih spojin sta genetsko in okoljsko pogojeni, pri čemer večji stresni signali povečajo njihovo tvorbo (Siegler, 2012). Rastline, ki doživljajo stres, so običajno bogatejše s snovmi, pomembnimi za prehranske potrebe posameznika (Brandt, 2001). Če je konoplja rastla v suhem in vetrovnem okolju, je lahko vsebnost kanabinoidov večja (Bocsa in sod., 1997; Pacifico in sod., 2008).

Namen poskusa, izvedenega v okviru pilotnega projekta *Optimizacija tehnologije pridelave konoplje za pridelavo socvetja na slovenskih kmetijah*, je bil primerjati odziv iste sorte konoplje (USO 31) na treh kmetijah v dveh različnih regijah (Jugovzhodna Slovenija in Koroška) pri običajni agrotehniki, ki jo izvajajo na kmetijah, s pridelkom socvetja in kakovostjo pridelanega socvetja konoplje.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poskus smo zastavili v letu 2020 na treh kmetijah (pri treh različnih pridelovalcih), ki spadajo v dve različni regiji. Podatki o izbranih lokacijah so predstavljeni v preglednici 1. Marca 2020 smo vzeli vzorce tal na vseh njivah in po metodi Al izvedli osnovno kemijsko analizo. Podatki so v preglednici 1. Na vseh treh kmetijah smo posejali konopljo sorte USO 31; to je enodomna sorta navadne konoplje, zgodnja (rastna doba 125 dni), atlantski tip, v višino zraste 200 do 250 cm, pridelek stebel (suha masa) ima med 8 in 10 t/ha, pridelek semena 800 do 1000 kg/ha, vsebnost olja 28 do 30%. Sorta je primerna za pridelavo za semen in vlakna (Characteristics of ..., 2020).

Osnovno obdelavo tal so na vseh treh kmetijah opravili jeseni z oranjem, gnojenje smo izvedli na podlagi analize tal pred setvijo z gnojili NPK 15-15-15 (na vseh treh njivah) in kalijevim kloridom (Podgorje 1) ter gnojevko (Podgorje 2). Sledila je obdelava z vrtavkasto brano. Setev je bila 10. oziroma 12. junija 2020. Količina semena za setev je bila 15 kg/ha oziroma 50 kg/ha (preglednica 1). Sejali smo ročno (Podgorje 1 in Podgorje 2 povprek, v Trebči vasi v vrste pri medvrstni razdalji 80 cm). Po setvi je sledila obdelava s klinasto brano (zagrnitev semen z zemljo). Plevelov na dveh kmetijah (Podgorje 1 in Podgorje 2) nismo zatirali, konoplja je plevel prerasla, v Trebči vasi pa je bilo potrebna medvrstna obdelava s prekopalnikom in dvakrat košnja (preglednica 1).

V času dozorevanja socvetja smo trikrat v razmaku dve tednov vzorčili socvetja konoplje na vseh vključenih njivah, s ciljem ugotoviti in primerjati, kdaj je najbolj smiselno izvesti spravilo socvetij različnih sort navadne konoplje, da se bo to pokazalo z največjim pridelkom socvetja in obenem dobri kvaliteti. Vzorčenje za kanabinoide smo izvajali tako, da smo po njivi

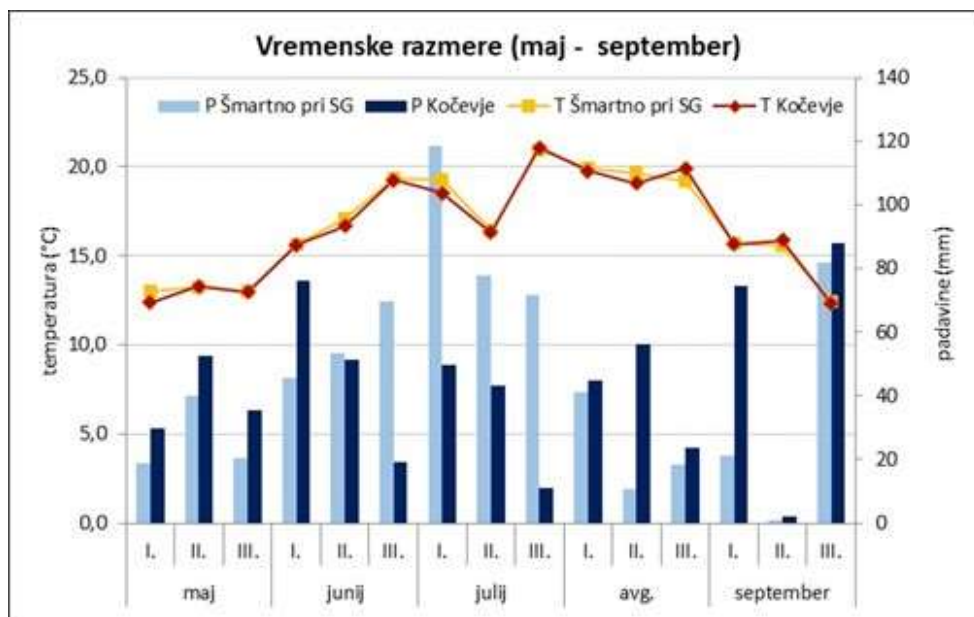
diagonalno vzorčili naključne rastline in v vzorec nabrali 10 do 15 socvetij konoplje. Vsak vzorec smo previdno sušili pri 20 stopinjah 10 dni do vlage 15–20%. Po enakem postopku smo nabrali in posušili še vzorce v razvojni fazi začetek cvetenja (2. teden cvetenja) in dva tedna pred spravilom (konoplja v razvojni fazi sredina cvetenja; 4. teden cvetenja) (preglednica 1). Vzorce socvetja z drobnimi lističi (socvetja so bila prej odstranjena s stebel) so analizirali v laboratoriju Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije na vsebnost kanabinoidov po metodi povzeti po Mudge in sod. (2017).

Preglednica 1: Podatki o vključenih poskusnih njivah

	Podgorje 1	Trebča vas	Podgorje 2
Lokacija	Podgorje pri Slovenj Gradcu	Trebča vas, Dvor	Podgorje pri Slovenj Gradcu
Površina njive	0,1 ha	0,1 ha	0,1 ha
Regija	Koroška	Jugovzhodna Slovenija	Koroška
Tla	srednje težka	srednje težka	srednje težka
pH tal	5,7	6,7	4,9
Vsebnost P ₂ O ₅ (mg/100 g tal)	5,5	2,0	7,9
Vsebnost K ₂ O (mg/100 g tal)	9,4	11,3	15,8
Setev	12. junij	10. junij	12. junij
Količina semena za setev (kg)	50	15	50
Zatiranje plevelov	/	Medvrstna obdelava s prekopalnikom 11. 7. 2020. Košnja med vrstami z ročno motorno kosilnico z nitko 1. 8. 2020 in 16. 8. 2020.	/
Vzorčenje socvetja za analizo	21. 8. 2020 5. 9. 2020 21. 9. 2020	19. 8. 2020 4. 9. 2020 19. 9. 2020	21. 8. 2020 5. 9. 2020 21. 9. 2020
Spravilo	24. 9. 2020	19. 9. 2020	24. 9. 2020

Spravilo socvetij je potekala 19. oziroma 24. septembra, ko je bila konoplja v razvojni fazi konec cvetenja. Ročno smo s škarjami porezali vsa socvetja na vseh treh lokacijah in pridelek stehtali ter mu določili vlago za preračun v pridelek suhe snovi na hektar. Pridelek smo previdno posušili, socvetja osmukali s stebel ter stehtali. Podatke iz poskusa smo obdelali s programom Excel.

Vremenske razmere v letu 2020 na dveh meteoroloških postajah, ki zajemata območje treh poskusnih njiv, so predstavljene na sliki 1. Temperatura je bila skozi celotno rastno dobo višja v Novem mestu, razlike pa so bile tudi v razporeditvi padavin. V zadnji dekadki junija in skozi ves julij je bilo v Šmartnem bistveno več padavin kot v Novem mestu, v ostalih dekadah rastne dobe pa je bila količina padavin večja v Novem mestu. Od setve do prvega vzorčenja socvetja je bilo v Šmartnem 442 mm padavin, v Novem mestu 268 mm. Do drugega vzorčenja je bilo padavin 482 mm oziroma 347 mm. Do tretjega vzorčenja / žetve pa 483 mm oziroma 352 mm.



Slika 1: Količina padavin in povprečna temperatura po dekadah v rastni dobi konoplje v letu 2020 na meteoroloških postajah v Šmartnem pri Slovenj Gradcu in v Novem mestu (po podatkih ARSO)

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

V preglednici 2 so predstavljeni rezultati analize socvetja konoplje na kanabinoide. Vsebnost THC ni bila presežena v nobenem primeru, torej se je sorta v danih razmerah (vreme in lokacije) vidika pokazala kot ustrezna. Vsebnost CBD se je v Trebči vasi povečevala z zorenjem konoplje, Na njivi Podgorje 1 je bil podoben trend, na njivi Podgorje 2 pa zorenje na ta parameter ni imelo vpliva. Vsebnost CBD-A se je na Njivi 2 povečevala z zorenjem konoplje, na Njivi 3 padala, na Njivi 1 pa je bila največja pri drugem vzorčenju. Vsebnost CBG je bila največja pri drugem vzorčenju na Njivi 2, na drugih dveh njivah je bila vsebnost zelo majhna. Vsebnost CBN je bila v vseh primerih pod mejo detekcije, vsebnost CBC pa zelo majhna. Vsebnost CBC-A je bila na Njivi 2 nekoliko večja v začetku cvetenja, na Njivi 3 se je pokazal podoben trend, na Njivi 1 pa je bila vsebnost pri vseh treh meritvah enaka. Po podatkih Ihempfarm (Characteristics of ..., 2020) dosega sorta USO 31 od 0,5 do 1,0 % CBD in manj kot 0,06 % THC. V našem poskusu je bil THC pod mejo detekcije, CBD pa ni dosegel teh vrednosti v nobenem primeru. Vsebnost CBD, trenutno najbolj klinično obetajočega kanabinoida pri konoplji, je odvisna od količine in razporeditve padavin v rastni dobi. Calzolari in sod. (2017) so ugotovili, da se je, v nasprotju z drugimi raziskavami, po zrelosti semena povečala vsebnost CBD in povečalo razmerje med CBD in THC. Vsota padavin od setve do polnega cvetenja je bila v njihovem poskusu s sorto Ermes v negativni povezavi z vsebnostjo CBD ob polnem cvetenju, dolžina rastne dobe pa ni bila v povezavi z vsebnostjo kanabinoidov. CBD vsebnost pri sorti Ermes je dosegla koncentracije, primerljive s tistimi, ki so opisane v literaturi za dvodomne sorte. Glede na čas vzorčenja je bila med 1,1 % do 2,9 %. Ugotovili so, da na primer sorta Santhica 27 ne kopiči CBD in THC, med tem ko je bila koncentracija CBG od 0,3 % do 1,1 %.

Preglednica 2: Vsebnost kanabinoidov v socvetju konoplje glede na čas vzorčenja in glede na poskusno lokacijo

Njiva		% na suho snov									
		CBD-A	CBG-A	CBG	CBD	CBN	delta-9-THC	d-8-THC	CBC	d-9-THC-A	CBC-A
2	Vzorčenje 1	0,02	0,01	0,03	0,04	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,01	0,01	0,04
2	Vzorčenje 2	0,07	0,1	0,05	0,05	< LOQ	0,01	< LOQ	0,01	0,01	0,03
2	Vzorčenje 3	0,12	0,03	0,02	0,11	< LOQ	0,02	< LOQ	0,01	0,01	0,03
3	Vzorčenje 1	0,05	0,01	0,02	0,04	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0	0,01	0,03
3	Vzorčenje 2	0,03	0,01	< LOQ	0,04	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0	0,01	0,03
3	Vzorčenje 3	0,02	0,01	< LOQ	0,03	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
1	Vzorčenje 1	0	0,02	< LOQ	0,04	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,01	0,01	0,03
1	Vzorčenje 2	0,07	0,02	< LOQ	0,06	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0	0,01	0,03
1	Vzorčenje 3	0,04	0,02	< LOQ	0,06	< LOQ	0,01	< LOQ	0,01	0,01	0,03

Legenda:

CBD-A = kanabidiolna kislina

CBG-A = kanabigerolna kislina

CBG = kanabigerol

CBD = kanabidiol

CBN = kanabinol

Delta-9-THC = delta-9-tetrahidrokanabinol

d-8-THC = delta-8-tetrahidrokanabinol

CBC = kanabikromen

d-9-THC-A = delta-9-tetrahidrokanabinolna kislina

CBC-A = kanabikromenska kislina

LOQ = limit of quantitation oz. meja kvantifikacije

Pridelek socvetja (osmukano, brez stebila) na njivi Podgorje 1 je bil 124 kg (1054 kg/ha suhe snovi), na Njivi 2 136 kg (1156 kg/ha suhe snovi), na Njivi 3 pa 109 kg (927 kg/ha suhe snovi), vsi pri 15 % vlagi na površini 0,1 ha. Za enodomne sorte konoplje v severni Italiji poročajo o pridelku listja in socvetja 2,5 oziroma 2,3 t/ha pri polnem cvetenju oziroma pri zrelosti semena (Tang in sod., 2016). V poskusu Čeh in sod. (2016) je bil pridelek vršičkov sorte USO 31 med 2,0 in 3,0 t/ha glede na obravnavanje (gostota setve).

4 SKLEPI

Na nizke vrednosti CBD in drugih kanabinoidov, ki bi jih želeli pridelati čim več, je v poskusu v letu 2020 vplivalo najbrž več dejavnikov, in sicer tako genotip oziroma sorta konoplje in rastne razmere. Ker je USO 31 enodomna rastlina, tvori v socvetju veliko količino oreškov (semen), s tem pa se zmanjša število trihomov in posledično je bila količina tvorjenih kanabinoidov manjša. Kljub temu pa bi sorta po svojih karakteristikah morala doseči višjo vsebnost CBD – v nobenem primeru v našem poskusu (njiva, čas vzorčenja) namreč ni dosegla niti spodnje meje predvidene. Razlog je lahko deževno poletje v letu 2020 in kot posledica tega tudi nižja temperatura. Pri višjih temperaturah in malo padavinah rastline namreč sintetizirajo več sekundarnih metabolitov, med katere spadajo tudi kanabinoidi. Rastline ob veliki količini padavin posledično dobijo tudi manj svetlobe, kar vpliva na zmanjšanje sinteze kanabinoidov. Poleg tega najbrž za namen pridelave kanabinoidov ni bila primerna tudi agrotehnika, saj je bila v dveh primerih količina za setev velika (50 kg/ha). Boljši pridelek in večji vsebnost kanabinoidov je dosegel posevek na njivi, kjer je bila količina za setev 20 kg/ha in setev izvedena v vrste ter se je med vrstami plevel mehansko zatiral. Zaključimo lahko, da v danih

razmerah sorta USO 31 ni bila primerna za pridelavo socvetja za pridobivanje kanabinoidov, prav tako dosežen pridelek vršičkov ni bil zadovoljiv.

Zahvala. Članek je nastal v sklopu pilotnega projekta *Optimizacija tehnologije pridelave konoplje za pridelavo socvetja na slovenskih kmetijah*, ki poteka v okviru ukrepa Sodelovanje iz Programa razvoja podeželja Republike Slovenije za obdobje 2014-2020, podukrep 16.2: Podpora za pilotne projekte ter razvoj novih proizvodov, praks, procesov in tehnologij, ki ga financirata Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja in Republika Slovenija.

5 LITERATURA

- Bocsa, I. Kraus, M. The Cultivation of Hemp: Botany, Varieties, Cultivation and Harvesting. Hemptech Publishing. 1998.
- Brandt, K., & Mølgaard, J. P. Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods?. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2001; 81(9), 924-931.
- Calzolari, D., Magagnini, G., Lucini, L., Grassi, G., Appendino, G.B., Amaducci, S. High added-value compounds from Cannabis threshing residues. *Industrial Crops & Products* 108 (2017) 558–563.
- Characteristics of adaptation, morphology and yields. Dostopno na: https://www.ihempfarms.com/DS_Us031. 2. 12. 2020
- Čeh, B., Čremožnik, B. 2016. Vpliv sorte in količine semena za setev na pridelek vršičkov in stebel konoplje (*Cannabis sativa* L.). *Hmeljarski bilten*, 23(2016), s:
- Fike, J. Industrial hemp: renewed opportunities for an ancient crop. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2016; 35(5-6): 406-424.
- Grassi, G., McPartland, J.M. 2017. Chemical and morphological phenotypes in breeding of *Cannabis sativa* L. V: S. Chandra in sod. (ur.). *Cannabis sativa L. - Botany and Biotechnology*. Springer International Publishing, Cham., 137-160.
- Hillig, K. W., Mahlberg, P. G. 2004. A chemotaxonomic analysis of cannabinoid variation in Cannabis (Cannabaceae). *American Journal of Botany*. 91(6): 966-975.
- Janatova, A., Frankova, A., Tlustoš, P., Hamouz, K., Božik, M., Klouček, P. 2018. Yield and cannabinoids contents in different cannabis (*Cannabis sativa* L.) genotypes for medical use. *Industrial Crops and Production*. 112: 363-367.
- Mudge, M.E. Murch, S.J., Brown, P.N. 2017. Leaner and greener analysis of cannabinoids. *Anal Bioanal Chem*, 409:3153–3163.
- Namdar, D., Mazuz, M., Ion, A., Koltai, H. 2018. Variation in the compositions of cannabinoid and terpenoids in Cannabis sativa derived from inflorescence position along the stem and extraction methods. *Industrial Crops and Products*, 113: 376-382.
- Pacifico, D., Miselli, F., Carboni, A., Moschella, A., Mandolino, G. 2008. Time course of cannabinoid accumulation and chemotype development during the growth of *Cannabis sativa* L. *Euphytica*, 160; 231-240.
- Seigler, D. S. Plant secondary metabolism. Springer Science & Business Media, 2012; 759p.
- Small, E., Cronquist, 1976. A. Practical and natural taxonomy for Cannabis. *Taxon*. 25, 4: 405-435.
- Vanhove, W., Surmont, T., Van Damme, P., De Ruyver, B. 2012. Yield and turnover of illicit indoor cannabis (*Cannabis* spp.) production. *Forensic Science International*. 212: 158-163.
- Tang, K., Struik, P.C., Yin, X., Thouminot, C., Bjelková, M., Stramkale, V., Amaducci, S., 2016. Comparing hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars for dual-purpose production under contrasting environments. *Ind. Crops Prod.* 87, 33–44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.026>.

Laboratorijski test kalivosti in poljski vznik semena navadne ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench) pri različni gostoti setve

Lovro SINKOVIČ⁶³, Romana RUTAR⁶⁴, Drago ŽITEK⁶⁵ in Uroš BENEČ⁶⁶

Izveček

Gostota setve je pomemben dejavnik pri vzniku navadne ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench). Skupaj z uporabo sodobnih mehanskih sejalic za strnjene setve ponovno stopa v ospredje pomen izbire pravilne setvene gostote in izračun potrebne količine semena/ha za posamezno poljščino. Cilj poskusa je bil preveriti ali je razlika med laboratorijsko kalivostjo in poljskim vznikom semena pri različni gostoti setve navadne ajde ter ali je pri tem upoštevanje faktorja izgube semena v višini 5 % ustrezno. Laboratorijski test kalivosti, analizo absolutne mase in čistoče semena dveh slovenskih sort navadne ajde, 'Eva' in 'Čebelica', smo izvedli v semenskem laboratoriju na Kmetijskem Inštitutu Slovenije. Za preverjanje poljskega vznika smo izvedli poljski poskus v treh ponovitvah po metodi naključnega bloka, v katerem je bil cilj doseči 250, 350 in 450 rastlin/m² za vsako sorto. Rezultati so pokazali, da so se poljske izgube večale z večjo gostoto setve. Upoštevanje 5 % deleža semen, ki zaradi slabih poljskih razmer praviloma propade, se je za navadno ajdo pri glavni setvi pokazalo kot ustrezno.

Ključne besede: ajda, *Fagopyrum esculentum*, kalivost, gostota setve, parcelna sejavnica, vznik.

Laboratory test of germination and field emergence of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) seeds at different sowing densities

Abstract

Sowing density is an important factor for common buckwheat field emergence. With the use of modern mechanical seed drills for compacted sowing, the importance of choosing the correct sowing norm and calculating the required amount of seeds/ha for an individual crop is coming into focus. The aim of this study was to compare the laboratory germination test and the field seed emergence at different sowing densities of buckwheat and whether the 5% factor loss is an appropriate value for accounting losses due to specific field conditions in case of buckwheat. Laboratory test of germination, 1000-seed weight and seed purity of two Slovenian common buckwheat varieties, 'Eva' and 'Čebelica', were analyzed in the seed laboratory at the Agricultural Institute of Slovenia. To verify the field emergence, field experiment in three replications by the random block method with target values 250, 350 and 450 plants/m² for each variety was performed. The results showed that field losses increased with increasing sowing norm. Taking into account 5% of seeds that normally fails due to poor field conditions has proved to be appropriate for the common buckwheat when sown as main crop.

Key words: buckwheat, *Fagopyrum esculentum*, germination, plant density, plot seed drill, emergence.

1 UVOD

Po svetu se za prehrano uporabljata dve vrsti ajde, navadna (*Fagopyrum esculentum* Moench) in tatarska ajda (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) (Ahmed in sod., 2014). Obe vrsti ajde lahko sejemo kot glavni posevek ali pa po spravi drugih žit kot strniščni posevek. Pridelava ajde ima številne prednosti, saj velja za nezahtevno poljščino, ki dobro uspeva tudi v siromašnih tleh in ob manj ugodnih vremenskih razmerah. Vključevanje ajde v kolobar predstavlja številne prednosti za naslednje posevke, saj preprečuje razrast plevelov in zmanjšuje populacijo talnih

⁶³ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: lovro.sinkovic@kis.si

⁶⁴ Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: romana.rutar@kis.si

⁶⁵ Univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: drago.zitek@kis.si

⁶⁶ Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: uros.benec@kis.si

škodljivcev. Zaradi skromnih potreb po hranilih, učinkovitega delovanja proti zapleveljenosti in manjši občutljivosti na bolezni ter škodljivce, je primerna tudi za ekološko pridelavo (Jesenko in sod., 2017).

V Sloveniji ima ajda več sto letno tradicijo pridelave in uporabe v prehrani. Na Slovenski sortni listi so v letu 2020 vpisane štiri slovenske sorte navadne in dve sorti tatarske ajde (Sortna lista [...], 2020). Po podatkih statističnega urada Republike Slovenije je ajda v letu 2019 rastle na 3.187 ha pridelovalnih površin, od tega večina (2.723 ha) kot strniščni posevek (SI-STAT, 2020). Pridelek je bil pri glavni setvi okoli 1 t/ha, pri strniščni pa 0,7 t/ha.

Ajda je hitro rastoča poljščina, ki v Sloveniji pogosto predstavlja drugi pridelek v letu na isti površini, na primer po ječmenu ali zgodnjem krompirju, njena vključitev v kolobar pa je navadno ekonomsko upravičena. V zadnjem času je vedno več povpraševanja po ajdi in izdelkih iz nje, vendar je ne pridelamo dovolj in jo še vedno skoraj polovico uvozimo.

Okvirna priporočena gostota setve ajde je po dostopnih podatkih precej različna: 200–400 kalivih semen/m² (Jesenko in sod., 2017), 400–500 kalivih semen/m² (Kolák, 1994) in okoli 400 kalivih semen/m² (Kocjan Ačko in sod., 2013). V primerjavi s strniščno setvijo je za setev glavnega posevka ustrenejša nekoliko manjša gostota setve od priporočene. Če ajdo sejemo kot strniščni posevek, se nekoliko slabše razveji, zato jo moramo sejati gosteje. Za setev porabimo 40–100 kg semena/ha (Jesenko in sod., 2017; Kocjan Ačko, 2015; Kreft, 1995; Kolák, 1994), odvisno od velikosti semena, kalivosti, priprave tal, termina setve, itd.

Sodobne mehanske sejalnice za strnjene setve imajo veliko hidravličnih, električnih in elektronskih sklopov, ki ob optimalni nastavitvi omogočijo natančne setve brez izgub. Z njimi lahko sejemo semena različnih velikosti v količini 1–400 kg/ha, zato lahko seme sejemo natančno in z ustrezno gostoto setve za posamezno vrsto/sorto (Bernik, 2005).

Kot pri ostalih poljščinah je tudi pri ajdi ključna ustrezna gostota setve, ki pomembno vpliva na morfološke lastnosti rastlin, količino pridelka in kakovost semena. Pregosti posevki so bolj občutljivi na pojav bolezni in pogostejše poležaje, preredki pa se hitreje zaplevelijo, zaradi česar je pridelek manjši. Optimalna gostota setve je odvisna od več dejavnikov: priprave tal, kalivosti semena, globine setve, termina setve, absolutne mase in čistoče semen (Tanjšek, 1988; Rantaša, 2004). Gostota setve je tudi pomemben parameter, ki se uporablja pri modelnih kalkulacijah na Kmetijskem inštitutu Slovenije (KIS).

Potrebno količino semena/ha za posamezno poljščino izračunamo na podlagi parametrov, ki jih pridobimo s predhodno laboratorijsko analizo semena po formuli, kjer $f_{(s)}$ predstavlja faktor specifičnih poljskih razmer (Tajnshek, 1988):

$$K \text{ (kg/ha)} = \frac{\text{absolutna masa semena} \times \text{norma setve ali št. semen na m}^2 \times 100}{\% \text{ kalivosti} \times \% \text{ čistote}} \times f_{(s)}$$

Faktor $f_{(s)}$ je 1+ delež semen, ki bodo zaradi slabih poljskih razmer propadla. Slabe poljske razmere v tem primeru predstavljajo skupek ocene izgub zaradi vremenskih razmer in roka setve, slabo obdelani tal, poškodb semena pri setvi, izgub semena na sejalnici, itd. V poskusu smo želeli preveriti vznik dveh sort navadne ajde na polju pri treh različnih gostotah setve ob upoštevanju poljskih izgub v višini 5 % in ga primerjati z laboratorijskimi rezultati kalivosti.

2 MATERIAL IN METODE DELA

V poskus sta bili vključeni dve sorti navadne ajde 'Eva' in 'Čebelica', ki sta vpisani na slovensko sortno listo (Sortna lista [...], 2020) in se bosta lahko tržili različno dolgo: 'Čebelica' do leta 2025, novejša ohranjevalna sorta 'Eva' pa do leta 2033. Sorta 'Čebelica' je na sortni listi z reg.

oznako FAE007 vpisana že od leta 2005, 15 let mlajša sorta 'Eva' z reg. oznako FAE014 pa od leta 2020.

Pred poljskim poskusom smo želeli ugotoviti, kakšna je kakovost semena, zato smo seme najprej analizirali v laboratoriju. Pravilnik o trženju semena žit (2005) ima glede kakovosti semena navadne ajde zahteve, ki so predstavljene v preglednici 1.

Preglednica 1: Zahteve za kakovost semena navadne ajde po Pravilniku o trženju semena žit

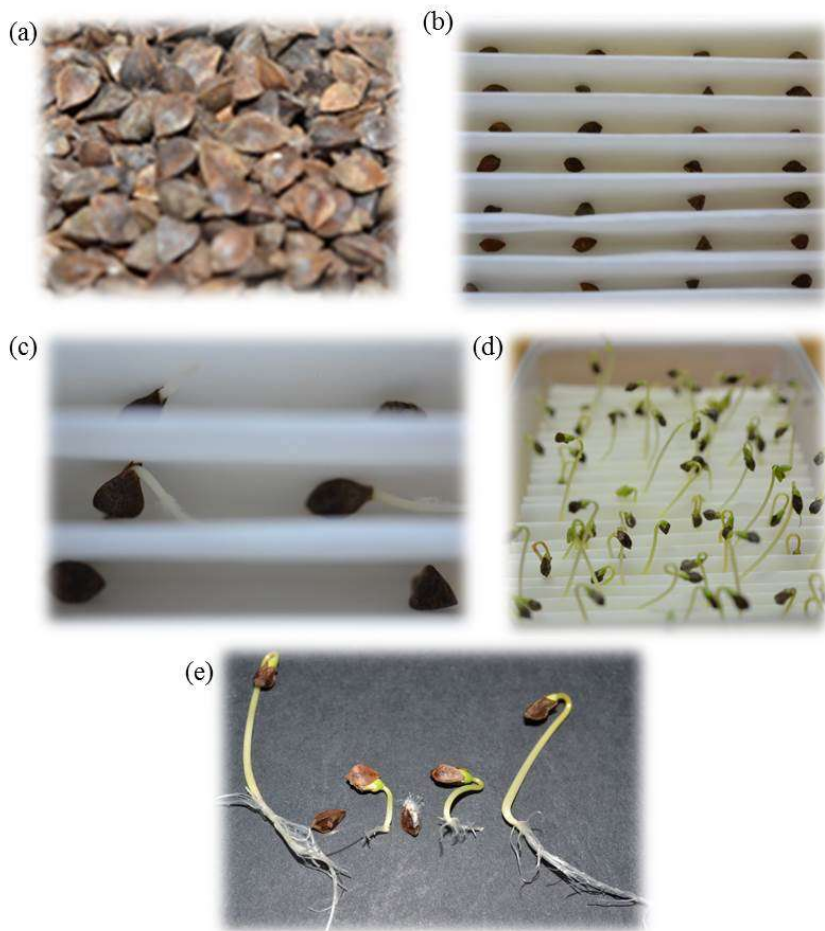
Parametri kakovosti / Kategorija	Kalivost najmanj (%)	Čisto seme najmanjši delež (%)	Največje dovoljeno št. semen drugih vrst rastlin	Največje dovoljeno št. semen tatarske ajde
O	80	98	5	1
C1, C2	80	97	15	2
T	80	97	20	3

O, osnovno seme; C1, certificirano seme 1. množitve; C2, certificirano seme 2. Množitve; t, trgovsko seme.

Kalivost semena obeh sort ajde smo preverili po standardiziranem postopku, ki ga predpisujejo pravila ISTA. Na podlagi omenjenih pravil smo kalivost ugotavljali na skupini "čisto seme" navadne ajde (slika 1a). Iz skupine čisto seme smo za vsako sorto našli 4 ponovitve (A, B, C, D) po 100 semen. Seme posamezne ponovitve smo razporedili v posodo med 25 gub filter papirja, ki smo jih napojili s predpisano količino vode (slika 1b), in vsako posodo označili z analizo številko vzorca, ponovitvijo (A, B, C, D) ter datumom nastavitve testa. Tako pripravljene posode s semenom smo postavili v kalilno omaro s predpisano izmenično temperaturo $20 \leq 30^{\circ}\text{C}$ in fotoperiodo 16 ur teme ter 8 ur svetlobe. V fazi brez svetlobe je bilo seme izpostavljeno nižji temperaturi (20°C), v svetlobni fazi pa višji temperaturi (30°C).

Trajanje testa kalivosti predpisujejo ISTA pravila, a se po oceni analitika glede na stanje klic ta čas lahko podaljša za različno število dni (slika 1c). V primeru semena navadne ajde se prvo štetje izvede po priporočenih 4 dneh, končno po 7 dneh, test pa lahko končamo tudi predčasno, če kalivost vzorca doseže maksimum pred iztekom predpisanega časa. Ta čas nastopi, ko vidimo, da po preštetih normalno razvitih klicah v posodi ostane le še mrtvo seme in nenormalne klice. Pri prvem štetju namreč preštejemo in iz posode odstranimo samo vse normalno razvite klice: nepoškodovane klice, klice z rahlimi poškodbami (celoten izgled primerljiv z nepoškodovanimi klicami) in klice s sekundarno okužbo (evidentno, da je okužba prišla z druge klice ali semena). Podatek, ki ga dobimo, je odstotek normalno razvitih klic in pomeni energijo kalitve semena, njegovo moč in sposobnost, da seme kali in da se klice do normalno razvite rastlinice razvijejo v zelo kratkem času (slika 1d).

Končno ocenjevanje smo izvedli po 7 dneh. Pri tem ocenjevanju smo vse klice in seme, ki je ostalo po prvem štetju, razvrstili v eno od naslednjih skupin: normalno razvite klice (glej opis zgoraj), nenormalno razvite klice (poškodovane klice; deformirane ali nerazvite klice; okužene klice) in nekalivo seme (sveže seme; mrtvo seme; drugo seme: prazno, brez embria, poškodovano od insektov) (slika 1e).



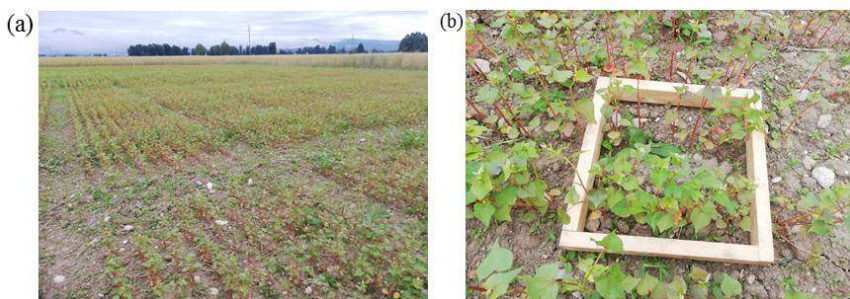
Slika 1: Čisto seme navadne ajde (a); seme navadne ajde na kalilni podlagi (b); razvojna stopnja klic po 2 dneh kalivosti (c); klice v času štetja energije kalitve (d); normalno razvite klice, nenormalno razvite klice ter nekalivo seme ob zaključku testa kalivosti (e).

Za uporabnika je zagotovo najpomembnejši podatek o kalivosti semena, ki ga predstavlja odstotek normalno razvitih klic in služi za oceno poljskega vznika. Normalno razvite klice so male rastlinice, ki imajo morfološko in fiziološko dobro razvite strukture in iz katerih se najprej razvije ter nato raste nova rastlina. Za marsikoga je pomemben tudi podatek o energiji kalitve, ki pomeni vitalno energijo semena in se pokaže z vznikom semena v stresnih rastnih razmerah, v katerih seme s slabšo vitalnostjo propade. Če sta odstotek energije kalitve in odstotek kalivosti visoka in je med njima zelo majhna razlika, to pomeni, da imamo opravka s svežim ali pa odlično hranjenim vitalnim semenom.

Poljski poskus, v katerem smo primerjali vznik pri treh gostotah setve (250, 350, 450 kalivih semen/m²) pri dveh sortah navadne ajde ('Eva', 'Čebelica') je potekal v juniju 2020 na poskusnem polju KIS-a v Jabljah. Vremenske razmere so bile v času izvajanja poskusa dokaj ugodne: povprečna mesečna temperatura zraka v juniju je bila 18,0 °C, temperaturni odklon od povprečja 0,6 °C, količina padavin pa je bila malo nad povprečjem, saj je padlo 115 % običajne količine za junij, to je 167 mm (Agencija RS za okolje, 2020).

Poskus je bil zasnovan v treh ponovitvah po metodi naključnega bloka (skupno 18 obravnavanj, vsaka ponovitev na površini 15 m²). Setev z mehansko sejalnico za strnjeno setev na medvrstno

razdaljo 12,5 cm je bila izvedena 2. junija, štetje vzniklih rastlin pa smo opravili 30. junija, ko so rastline dosegle višino okoli 10 cm. Kot pripomoček pri štetju vzniklih rastlin smo uporabili lesen okvir velikosti 25×25 cm oz. 625 cm^2 . V vsakem obravnavanju je bilo štetje opravljeno šestkrat ($n = 6$). Štetje smo opravljali na naključnih mestih znotraj posameznega obravnavanja, nismo pa upoštevali robnih vrst, zaradi morebitnega vpliva robnega vpliva. Poljski poskus in pripomoček za štetje sta prikazana na sliki 2.



Slika 2: Poljski poskus na poskusnih poljih KIS v Jabljah (a) in pripomoček za štetje vzniklih rastlin (b).

3 REZULTATI Z RAPRAVO

V preglednici 2 so prikazani rezultati laboratorijske analize kakovosti semena navadne ajde za sorti 'Čebelica' in 'Eva'. Oba analizirana vzorca ajde sta imela visok delež čistega semena in zelo visok odstotek kalivosti, tako da bi brez težav ustrezala pogojem za trženje, ki jih navaja Pravilnik o trženju semena žit (2005). Omenjeni pravilnik predpisuje, da mora imeti seme navadne ajde vseh kategorij namenjene trženju, minimalno kalivost 80 %. Kalivost navadne ajde sorte 'Čebelica' je bila v naših analizah 92 %, njena energija kalitve pa 91 %. Iz omenjenega lahko sklepamo, da je bilo seme vitalno in dobre kalivosti. Tudi seme sorte 'Eva' je bilo vitalno in dobre kalivosti, saj je v laboratorijskih testih doseglo kalivost 91 % in energijo kalitve 90 %. Vsako seme, ki ima slabo energijo kalitve, je bolj občutljivo na vremenske razmere, konkurenčnost ostalih rastlin in pripravljenost setvene površine. Zaradi laboratorijsko preverjene visoke energije kalitve smo sklepali, da bo imelo seme obeh sort navadne ajde v »realnih pogojih« na polju lahko dober vznik, zaradi česar bo delež poljskih izgub nizek. Zato smo se odločili, da zaradi specifičnih poljskih razmer pri izračunih potrebne količine semena/ha v poljskih poskusih upoštevamo faktor izgube v višini 5 %. Omenjenih izgub za poljščino, kot je ajda, v literaturi nismo zasledili, so pa te pri pšenici zaradi pozne setve in slabo pripravljenih tal lahko tudi 20 % (Tajnšek, 1988).

V preglednici 3 so prikazani rezultati poljskega vznika semena navadne ajde sort 'Čebelica' in 'Eva' pri treh gostotah setve, kar je pomenilo ciljne vrednosti 250, 350, 450 rastlin/ m^2 . Na parcelah s ciljno vrednostjo 250 rastlin/ m^2 smo pri sorti 'Čebelica' in pri sorti 'Eva' ugotovili, da smo z upoštevanjem faktorja izgube v višini 5 % pri poljskem vzniku dosegli želeno gostoto vzniklih rastlin/ m^2 . Na parcelah s ciljno vrednostjo 350 rastlin/ m^2 pri nobeni sorti nismo dosegli zelene gostote vzniklih rastlin/ m^2 . Pri sorti 'Čebelica' je bil sicer delež vzniklih rastlin glede na pričakovano število nekoliko manjši (94,9 %), medtem ko je ta pri sorti 'Eva' znašal 97,7 %. Na parcelah s ciljno vrednostjo 450 rastlin/ m^2 prav tako pri nobeni sorti nismo dosegli zelenega sklopa vzniklih rastlin/ m^2 . Pri sorti 'Čebelica' je bil delež vzniklih rastlin glede na pričakovano število 89,9 %, medtem ko je bil ta pri sorti 'Eva' 91,8 %.

Preglednica 2: Rezultati laboratorijske analize kakovosti semena navadne ajde 'Čebelica' in 'Eva'.

Rezultati kakovosti/Sorta	Energija kalitve (%)	Kalivost (%)	Čisto seme delež (%)	Absolutna masa (g)	Število semen tatarske ajde
'Čebelica'	91	92	99,8	19,86	0
'Eva'	90	91	99,9	21,65	0

Preglednica 3: Rezultati poljskega vznika semen navadne ajde 'Čebelica' in 'Eva' pri treh gostotah setve (250, 350, 450 kalivih semen/m²)

Sorta	Blok	Pričakovano št. rastlin/m ² pri 5% poljskih izgubah	Dejansko št. vzniklih rastlin/625 cm ²	Dejansko št. vzniklih rastlin/m ²	Delež vzniklih rastlin glede na pričakovano št. (%)
'Čebelica'	1	250	15 ±3	236	94,4
	2		17 ±2	268	107,2
	3		16 ±2	248	99,2
Povprečje SORTA			16	251	100,3
'Čebelica'	1	350	19 ±1	308	88,0
	2		23 ±2	372	106,3
	3		20 ±2	316	90,3
Povprečje SORTA			21	332	94,9
'Čebelica'	1	450	25 ±3	392	87,1
	2		29 ±6	460	102,2
	3		23 ±2	360	80,0
Povprečje SORTA			25	404	89,8
'Eva'	1	250	17 ±1	276	110,4
	2		14 ±1	220	88,0
	2		16 ±3	256	102,4
Povprečje SORTA			16	251	100,3
'Eva'	1	350	25 ±2	404	115,4
	2		19 ±3	309	88,4
	3		20 ±3	312	89,1
Povprečje SORTA			21	342	97,7
'Eva'	1	450	28 ±6	448	99,6
	2		23 ±5	362	80,4
	3		27 ±7	430	95,5
Povprečje SORTA			26	413	91,8
Povprečje		250	16	251	100,3
PRIČAKOVANO ŠT.		350	21	337	96,3
RASTLIN/M2 PRI 5% POLJSKIH IZGUBAH		450	26	409	90,8

V preglednici 4 je prikazana primerjava poljskega vznika in laboratorijske kalivosti semena navadne ajde sort 'Čebelica' in 'Eva' pri treh gostotah setve. Pri obeh sortah lahko opazimo trend, da se delež vzniklih rastlin glede na pričakovano število oz. poljski vznik manjša z večjo gostoto setve. Ob dejstvu, da so bili ostali parametri pri obeh sortah in obravnavanjih podobni, lahko sklepamo, da tudi gostota setve predstavlja pomemben parameter, ki vpliva na faktor poljskih izgub. Poljski vznik pri sorti 'Eva' je bil pri ciljni vrednosti 250 rastlin/m² za 1 % slabši kot pri sorti 'Čebelica', pri ciljni vrednosti 350 rastlin/m² pa za 2 % boljši. Pri ciljni vrednosti 450 rastlin/m² je bili poljski vznik obeh sort ajde enak. V vseh obravnavanjih je bil poljski vznik manjši od laboratorijske kalivosti.

Preglednica 4: Rezultati primerjave laboratorijske kalivosti semena in poljskega vznika navadne ajde 'Čebelica' in 'Eva' pri treh gostotah setve (250, 350, 450 rastlin/m²)

Parameter/sorta	'Čebelica'	'Eva'
Laboratorijska kalivost (%)	92	91
Laboratorijska energija kalitve (%)	91	90
Ciljna vrednost 250 rastlin/m²		
Delež vzniklih rastlin glede na pričakovano število (%)	100	100
Poljska kalivost (%)	88	87
Ciljna vrednost 350 rastlin/m²		
Delež vzniklih rastlin glede na pričakovano število (%)	95	98
Poljska kalivost (%)	83	85
Ciljna vrednost 450 rastlin/m²		
Delež vzniklih rastlin glede na pričakovano število (%)	90	92
Poljska kalivost (%)	79	79

4 SKLEPI

Setev ajde kot glavnega posevka je lahko kljub spremenljivim vremenskim razmeram v pomladanskem času primerna alternativa setvi jarih žit. Ajda takrat dobro kali in poljske izgube ob setvi so minimalne. V našem primeru se je gostota setve 250 rastlin/m² izkazala kot ustrezna, obenem jo je ob primerni obdelavi tal in z uporabo sodobnih mehanskih sejalic enostavno doseči.

Povečana gostota setve ob upoštevanju faktorja izgub v višini 5 %, se je pri gostoti 250 rastlin/m² pokazala kot ustrezna. Pri večji gostoti setve s ciljno vrednostjo 350 in 450 rastlin/m² pa se je faktor izgub povečal, zato se 5 % povišanje količine semena za setev ni pokazalo kot ustrezno. To lahko pripisujemo dejstvu, da je seme navadne ajde z visoko energijo kalitve pomemben dejavnik, ki vpliva na vznik ter rast in razvoj rastlin. Ob večji gostoti setve so že posamezne rastline močan konkurent drugi rastlini, zato ima uspešen vznik le seme z večjo energijo kalitve. Glede na to, da se večje gostote setve uporabljajo pri poznejših setvah ajde, kjer so tudi vremenski vplivi močnejše izraženi in še dodatno vplivajo na slabšo kalivost na polju, je potrebno v teh primerih upoštevati večji faktor izgube. Na tem področju ni raziskav, zato bi jih bilo smiselno narediti in preučiti vpliv gostote setve na sam poljski vznik tako pri strniščni setvi navadne ajde, pa tudi pri setvi tatarske ajde, ki ima v primerjavi z navadno ajdo drobnejše seme.

Ustrezna gostota setve ima za uspešno pridelavo velik agronomski in ekonomski pomen. Za doseganje ustrezne gostote rastlin/m² so pomembni odlični laboratorijski parametri semenske vrednosti, kot tudi upoštevanje faktorja specifičnih poljskih razmer. Sicer na omenjeni faktor

vpliva vrsta dejavnikov, vendar je vsaj nekatere mogoče ustrezno oceniti, s čimer lahko prispevamo k natančnemu izračunu setvene količine in s tem k optimalni kmetijski pridelavi. V preteklosti so bile ocene poljskih izgub podane v prognostičnih obvestilih, ki so preko portala www.fito-info.si dosegle širšo zainteresirano javnost, vendar se je ta podatek v zadnjem času opustil. Predlagamo, da se razmisli o tem, da bi bil faktor specifičnih poljskih razmer (poljska izguba) za pomembne poljščine v Sloveniji znova parameter vključen v del prognostičnih obvestil.

Zahvala. Raziskava je bila financirana v okviru programske skupine Agrobiodiverziteta (P4-0072), ki jo financira ARRS.

5 LITERATURA

- Agencija RS za okolje, 2020. <https://www.arso.gov.si/>
- Ahmed, A., Khalid, N., Ahmad, A., Abbasi, N., Latif, M., Randhawa, M. 2014. Phytochemicals and biofunctional properties of buckwheat: a review. *The Journal of Agricultural Science*, 152: 349-369.
- Bernik, R. 2005. Tehnika v kmetijstvu: obdelava tal, setev, gnojenje. Predavanja za študente agronomije in zootehnike. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 138 str.
- International rules for seed testing, edition 2020. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland. <https://www.seedtest.org/en/home.html>
- Kocjan Ačko, D., Šifrar, M., Šantovec, I. 2013. Vpliv gostote setvena pridelek navadne ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench) sorte 'Čebelica'. *Novi izzivi v agronomiji 2013: Zbornik simpozija*. Zreče, 24. in 25. januar 2013. Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 155-162.
- Kocjan Ačko, D. 2015. Poljščine: pridelava in uporaba. Ljubljana, Kmečki glas, 69-74.
- Kolak, I. 1994. Sjeminarstvo ratarskih i krmnih kultura. Zagreb, Nakladni zavod Globus, 486 str.
- Kreft, I. 1995. Ajda. Ljubljana, ČZD Kmečki glas: 112 str.
- Jesenko, T., Strgulec, M., Kalan, M., Poženel, A., Škerbot, I., Dolenšek, M. 2017. Tehnologija pridelave ajde. *Kmetijsko gospodarska zbornica Slovenije*, 8 str.
- Pravilnik o trženju semena žit, 2005. Uradni list RS, št. 8/05, 100/05, 94/06, 12/09, 25/10, 24/12, 85/13, 43/16, 71/18 in 75/20. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV5512>
- Rantaša, J. 2004. Odvisnost pridelka od setvene norme in roka setve neoluščene in oluščene pire. Dipl. delo. Maribor, UM Fakulteta za kmetijstvo: 4-26.
- Simončič, A., Žilič, E. (ur.) 2018. 120 let Kmetijski inštitut Slovenije. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije, 141 str.
- SI-STAT. 2020. SURS. Pidelava zelenjadnic (ha, t, t/ha), Slovenija, leto 2019. <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1502402S.px/table/tableViewLayout2/> (december 2020).
- Sortna lista poljščin, zelenjadnic, sadnih rastlin in trte. 2020. Uprava za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin (UVHVVR). https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/UVHVVR/Rastlinski-semenski-material/Publikacija-Sortna-lista/SL_2020_splet_popravljen.pdf (december 2020).
- Tajnšek, A., 1988. Pšenica. Knjižica za pospeševanje kmetijstva – XIX/1989. Ljubljana, Kmečki glas, 160 str.

Vpeljava pridelave ohranjevalnih semenskih mešanic in načini obnove degradirane travne ruše na območju Športnega centra Pokljuka

Branko LUKAČ⁶⁷, Antoaneta G. KUJAR⁶⁸ in Vladimir MEGLIČ⁶⁹

Izveček

Varovanje okolja je velikokrat ena od osrednjih tematik, ki spremlja razprave o nadaljnjem razvoju gospodarstva in infrastrukture. Tudi v kmetijstvu naravovarstvu pripisujemo velik pomen. Tako na primer je po večjih posegih v naravnem okolju nujna obnova oz. renaturacija degradiranega območja. Ena od možnosti je pridelava ohranjevalnih semenskih mešanic na kmetijah, ki razpolagajo z vrstno bogatim travnjem oziroma uporaba vrstno bogate travniške biomase za ponovno ozelenitev degradiranih območij na lokalnem območju. Vendar, zaradi specifičnih pedoklimatskih razmer, kot so krajša vegetacija, višja nadmorska višina in slabša preskrbljenost tal s hranili, mešanice okrasnih trat ali krmne mešanice v sredogorju ne dajejo trajnih rezultatov. Na območju športnega centra Pokljuka znotraj Triglavskega narodnega parka je zaradi razširitve tekmovalnih prog in obsežnih gozdnih del po snegolomih in vetrolomih prišlo do obsežnih zemeljskih del, na katerih je potrebno vzpostaviti prvotno vegetacijo, ki se bo okoljsko in optično vključevala v okolico. V prispevku predstavljamo različne možnosti pridelave in uporabe ohranjevalnih semenskih mešanic za obnovo travne ruše, kot jih uporabljamo v projektu na območju športnega centra Pokljuka.

Ključne besede: ohranjevalne semenske mešanice, obnova degradiranih tekaških prog, sredogorje, Pokljuka

Production of seed preservation mixtures for the restoration of degraded Pokljuka Sports Center grassland

Abstract

One of the main topics focusing on the future economical and infrastructure development protection of the environment. Agriculture is an important stakeholder when addressing environmental protection and nature conservation. In case of major disruptions to the natural environment, the restoration or renaturation of the degraded area is necessary. One of the possibilities for restoration is production of conservation seed mixtures on farms that have species-rich meadows or the use of species-rich meadow biomass for the re-greening of degraded areas. Due to specific pedoclimatic conditions such as shorter vegetation, higher altitude and poor soil nutrition, seed mixtures of ornamental meadows or fodder mixtures do not give long-term results. In the area of Triglav National Park, Pokljuka Sports Center, an extensive ground works were needed to expand cross country ski competition tracks and to restore forest paths after damage caused by snow and wind breaks. Therefore, the original vegetation which will optically integrate into the surroundings has to be restored. In the present paper, we describe a production of seed preservation mixtures and various possibilities of using preservation seed mixtures for the restoration of grassland in the area of the Pokljuka Sports Center.

Key words: seed preservation mixtures, restoration of damaged cross country ski tracks, highlands, Pokljuka

1 UVOD

V zadnjih desetletjih se vse bolj zavedamo pomena ohranjanja biotske raznovrstnosti travnišč in varovanja okolja. Področje ureja zakonodaja s področja ohranjanja narave (ZON Ur. list RS št. 56/99) ter številne direktive in smernice (npr. Direktiva o habitatih 92/43/EGS). V javnosti je

⁶⁷ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: branko.lukac@kis.si

⁶⁸ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: antoaneta.kuhar@kis.si

⁶⁹ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: vladimir.meglic@kis.si

tako ohranjanje narave in biodiverzitete velikokrat ena od osrednjih obravnavanih tematik, povezanih z nadaljnjim razvojem gospodarstva in infrastrukture v nekem okolju. Tematika je še toliko bolj pomembna v zavarovanih območjih in sredogorju, kjer je za potrebe kmetijstva, turizma in gospodarstva potreben razvoj ustrezne infrastrukture. V nižinah je večina običajnih agrotehničnih ukrepov obnove vrstno bogatega travinja uspešna. Z naraščanjem nadmorske višine, pa je to zmeraj težje, obenem pa zaradi specifičnih talnih in klimatskih razmer obstaja večje tveganje za erozijo. V Sloveniji imamo zelo malo izkušenj z obnovo vrstno bogatega travinja. V preteklosti se je praviloma pri tovrstni obnovi uporabljalo požlahtnjeno seme običajnih ali okrasnih travno deteljnih mešanic, ki ni prilagojeno lokalnim rastnim razmeram. Posledica tega je velikokrat nezadostna pokritost z vegetacijo in s tem povezana erozija tal. Izvajalci se z namenom, da bi hitro dosegli dobro pokritost z vegetacijo poslužujejo pretiranega gnojenja z mineralnimi gnojili, kar je okoljsko škodljivo in hkrati povezano z nepotrebnimi stroški, sploh če zemljišče ni namenjeno kmetijski rabi.

V alpskih državah opravijo v sredogorju in visokogorju vsako leto zemeljska dela na več tisoč hektarjih z namenom razvoja turistične in prometne infrastrukture (Krautzer in sod., 2012). Posledično imajo tudi več izkušenj z različnimi načini obnove degradiranih območij in uporabo ohranjevalnih semenskih mešanic v ta namen. To znanje skušamo prenesti v slovenski prostor v okviru pilotnega projekta, ki ga koordinira Kmetijski inštitut Slovenije v sodelovanju s Športnim centrom Pokljuka, Triglavski narodnim parkom (TNP) in štirimi kmetijami iz območja TNP in ki se financira iz Programa razvoj podeželja Republike Slovenije v okviru ukrepa Sodelovanje. Osnovni cilj pilotnega projekta je vpeljava pridelave ohranjevalnih semenskih mešanic na sodelujočih kmetijah, ki se bodo prvenstveno uporabljale pri obnovi degradirane travne ruše na območju Športnega centra Pokljuka in drugih degradiranih območij znotraj TNP. Drugi cilj projekta pa je preizkusiti različne metode obnove degradiranih travnatih zemljišč, ki so nastala zaradi spravila lesa po gozdnem poseku na območju tekaških prog in izboljševanju tekaške infrastrukture. Slednje je povezano z zahtevami mednarodne smučarske (FIS) in biatlonske (IBU) zveze.

2 AKTIVNOSTI V OKVIRU PILOTNEGA PROJEKTA

V Sloveniji raziskav o možnosti pridelave in uporabe, ohranjevalnih semenskih mešanic, še posebej njihove uporabe v sredogorju in visokogorju primanjkuje. Tako smo na območju ŠC Pokljuka zastavili pilotni projekt, v katerem na podlagi specifičnosti zemljišč (nagnjenosti in skalovitosti), ocenjeno različno pridelovalno zmogljivost travinja ter zaradi različnega fenološkega razvoja posameznih rastlinskih vrst na vključenih kmetijah, preizkušamo različne pristope pridelave ohranjevalnih semenskih mešanic ter različne metode ozelenjevanja degradiranih površin. Na sodelujočih kmetijah preizkušamo tehnologijo ročnega nabiranja semen posameznih rastlinskih vrst in žetev ohranjevalne semenske mešanice s kombajnom. V vzgojnem nasadu na Kmetijskem inštitutu Slovenije preizkušamo in optimiziramo tehnologijo pridelave posameznih rastlinskih vrst. Na 1,14 ha degradiranih površin ŠC Pokljuka pa preizkušamo: setev neposredno požete ohranjevalne semenske mešanice, raztros senenega mulča, raztros zelenega mulča, kombinacijo raztrosa zelenega mulča in setev ohranjevalne semenske mešanice ter setev senenega drobirja, del površin pa smo prepustili naravnim procesom ozelenitve kot kontrolo.

3 NAČINI PRIDELAVE OHRANJEVALNIH SEMENSKIH MEŠANIC

Obstajajo različni načini pridelave ohranjevalnih semenskih mešanic: ročno zbiranje semen posameznih rastlinskih vrst, zbiranje semena s krtačnim strojem ter žetev travinja s kombajnom. Pri odločitvi katera izmed metod pridelave je najprimernejša v danih razmerah, je potrebno pretehtati različne dejavnike, tako na območju pridelave kot na območju uporabe ohranjevalne semenske mešanice. V nadaljevanju predstavljamo metode pridelave in načine ozelenitve tekaških prog na območju ŠC Pokljuka, ki so najprimernejše po oceni vseh dejavnikov

3.1 Ročno zbiranje semen

Ročno zbiranje semen je primerno pri obnovi zelo majhnih degradiranih površin. Glavna prednost je, da lahko seme naberemo v optimalnem času zrelosti. Običajno ročno zbiranje uporabimo za dopolnjevanje obstoječih ohranjevalnih semenskih mešanic s semeni manjkajočih vrst ali pa za vzgojo posameznih rastlinskih vrst v vzgojnih nasadih, tako imenovano ločeno semenarjenje (Krautzer in Pötsch, 2009). Metoda zahteva od nabiralcev odlično poznavanje rastlinskih vrst in semena. Zahtevna pa je tudi z vidika porabe delovnega časa oziroma stroškov, saj je v optimalnem času zrelosti in ob ugodnih vremenskih razmerah potrebno zagotoviti veliko število nabiralcev, da naberemo zadostno količino semena.

3.2 Žetev s kombajnom

Tudi pri žetvi s kombajnom moramo požeti travinje v optimalnem roku zrelosti zelenih rastlinskih vrst. Z večkratno žetvijo ob različnih terminih več manjših površin istega travnika lahko pridobimo semensko mešanico identično izvirnemu travniku. Po podatkih v literaturi, naj bi pridelek semenske mešanice znašal do 200 kg na hektar. V naših poskusih požet pridelek semen z 14 % vlage precej variirala in znaša od 50 do 240 kg na hektar. Kombajn ob žetvi izloči večino primesi, tako da lahko seme uporabimo za neposredno ročno setev ali setev s sejalnico (Krautzer in Pötsch, 2009; Krautzer in sod. 2010). Žetev s kombajnom je lahko otežena ali nemogoča na nagnjenih, neravnih, skalnatih ali razmočenih terenih (Jongepierova in Mitchley, 2009). Travniki v sredogorju so pogosto tudi nedostopni za velike stroje.

4 OZELENITEV DEGRADIRANIH POVRŠIN V SREDOGORJU

Obstajajo različni načini ozelenitve degradiranih površin. Vsaka od metod ima svoje prednosti in slabosti. Katera od metod je najprimernejša se odločimo na podlagi stroškov povezanih s tehnologijo obnove, naravovarstvenih zahtev in želene sestave rastlinske združbe na izbrani lokaciji (Krautzer in sod., 2004). V nadaljevanju predstavljamo najprimernejše in najcenejše načine ozelenitve degradiranih površin v sredogorju.

4.1 Setev senenega drobirja

Več stoletij je bila najbolj običajna metoda obnove travne ruše setev senenega drobirja bogatega s semeni trav, metuljnic in zeli, ki so se nabrala na podih in tleh senikov (Krautzer in Wittman, 2006). Tudi danes velja, da na površinah, kjer ni v ospredju pridelovalna funkcija travinja daje obnova travne ruše s senenim drobirjem zadovoljive rezultate v kolikor izvirna travna ruša ne

vsebuje neželenih rastlinskih vrst (plevelov) oziroma je spravilo krme dovolj pozno, da seme travniških rastlin uspe dozoreti.

4.2 Ohranjevalna semenska mešanica

V nižinah lahko setev ohranjevalnih semenskih mešanic izvedemo strojno, na strmih skeletnih tleh sredogorja pa je le ta velikokrat nemogoča. Zato se pri obnovi degradiranih površin v sredogorju običajno poslužujemo kombinacije več metod. Glede na priporočila tuje strokovne literature (Krautzer in sod., 2004; Krautzer in Wittman, 2006) lahko dosežemo dobre rezultate s setvijo samo ohranjevalne semenske mešanice ali v kombinaciji z uporabo zastirke, varovalnega posevka ali organske tekstilne prekrivke. Setev ohranjevalne semenske mešanice brez dodatnih ukrepov izvedemo na ravnih terenih brez nevarnosti erozije. Na nagnjenih terenih je priporočljiva setev v kombinaciji z zastirko ali varovalnim posevkom, ki ga pokosimo preden začne seme zoreti. Kot varovalnih posevkov lahko uporabimo ječmen, oves ali rž. Prednost uporabe lokalne ohranjevalne semenske mešanice v sredogorju pride tu še veliko bolj do izraza kot v nižinah, saj so rastlinske vrste optimalno prilagojene na vremenske razmere na višji nadmorski višini, nižje temperature, kratko rastno obdobje, plitvejša tla, skromno založenost tal s hranili in nevtralnno ali bazično pH vrednost.

4.3 Zeleni oziroma seneni mulč

Uporaba zelenega mulča in senenega mulča je smiselna, v kolikor lokacija pridelave mulča ni preveč oddaljena od degradiranega območja (razdalja manjša kot 20 km). V obeh primerih gre za nadzemno rastlinsko biomaso oziroma organsko snov pokošeno in zrezano, ko je večina rastlinskih vrst na izbranem travniku formirala seme. Zeleni ali seneni mulč uporabimo z namenom preprečevanja erozije in ohranjanja vlažnosti. Razpadanje mulča oziroma organske snovi prispeva k izboljševanju tal ter omogoča boljši vznik in razvoj rastlin. Seneni mulč lahko uporabljamo na strmih terenih s pomočjo vezalcev kot sta gluten in bitumen. Uporaba mulča zaradi vetrov ni priporočljiva na izpostavljenih mestih.

4.4 Drugi vidiki ozelenjevanja degradiranih območij v sredogorju

Glavni cilj ozelenitve degradiranih površin je hitra vzpostavitev dovolj goste vegetacije, ki je podobna avtohtoni vegetaciji trajnega travinja in varuje zemljišče pred erozijo. Pri ozelenitvi degradiranih površin v sredogorju moramo poleg reliefa upoštevati določene omejitve zaradi česar je proces ozelenitve počasnejši kot v nižinah. To so krajša vegetacijska doba, večja količina padavin in nizke temperature, ki vplivajo tudi na aktivnosti mikroorganizmov, zaradi česar je posledično omejena razgradnja organskega materiala in oskrba z osnovnimi minerali. Na območju športnih objektov kot so smučišča je potrebno računati na dalj časa trajajočo snežno odejo zaradi umetnega zasneževanja, ki ovira izmenjavo plinov med travno rušo in atmosfero tudi do pol leta (Krautzer in sod., 2012). Pomemben dejavnik, ki lahko vpliva na potek in uspešnost ozelenitve je tudi paša. V kolikor ima divjad ali rejne živali dostop do obnovljenih površin je potrebno upoštevati poškodbe zaradi prepasenosti in prekomernega gaženja. Praviloma velja, da dosežemo pokritost tal, ki zagotavlja stabilnost zemljine in preprečuje erozijo šele drugo leto po setvi. Na območjih s kmetijsko pridelavo ne smemo zanemariti pridelovalnega vidika, to pomeni da v sestavo mešanice vključimo vrste, ki dajejo zadovoljiv in kakovosten pridelek krme.

5 SKLEPI

Obnova degradiranih območij z ohranjevalnimi semenskimi mešanicami v alpskih državah je pokazala svoj potencial in se odraža tudi v vpeljani tržni pridelavi tovrstnih mešanic. Krepitev kmetijskih dejavnosti, kot je pridelava ohranjevalnih semenskih mešanic, ki spodbujajo biotsko raznovrstnost na zavarovanih območjih in v sredogorju bo morda zanimiva možnost za dodatni dohodek določenega števila kmetij. Čas je, da tovrstna semenska pridelava zaživi tudi na slovenskih kmetijah.

Zahvala. Raziskava je bila opravljena v okviru pilotnega projekta »Vpeljava pridelave ohranjevalnih semenskih mešanic za obnovo degradirane travne ruše na območju Športnega centra Pokljuka«, ki je financiran s strani PRP, ukrep Sodelovanje in programske skupine Agrobiodiverziteta P4-0072.

6 LITERATURA

- Claridge, F.B., Mirza, A.M. 1981. Erosion control along transportation routes in northern climates. *Arctic*, 34 (2), 147-157.
- Direktiva o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih rastlinskih in živalskih vrst. 1992. Direktiva sveta 92/43/EGS.
- Eghball, B., Power, J.F., Gilley, J.E., Doran, J.W. 1997. Nutrient, carbon and mass loss during composting of beef cattle feedlot manure. *Journal of Environmental Quality* 26: 189 – 193.
- Jongepierová, I., Mitchley, J. 2009. Ecological principles for the re-creation of species rich grasslands in agricultural landscapes. Ur. Cagaš B., Macháč R., Nedělník J. *Alternative Functions of Grassland*, Brno, Czech Republic, 7-9 september 2009. 469- 477.
- Krautzer, B., Graiss, W., Klug, B. 2012. Ecological Restoration of Ski-Runs. Ur.: Rixen C in Rolando A. *The Impact of Skiing on Mountain Environments*, Bentham Science Publishers: 184-209.
- Krautzer, B., Graiss, W., Haslgrübler, P. 2010. Die Kulturlandschaft als Quelle für naturschutzfachlich wertvolles Saat- und Pflanzgut. Bericht zur Tagung, Gewinnung, Produktion und Verwendung von Wildpflanzen und Saatgut 20. Mai 2010, 1-8.
- Krautzer, B., Peratoner, G., Bozzo, F. 2004. Site specific Grasses and Herbs: Seed Production and use for restoration of mountain environments. 111 s.
- Krautzer, B., Pötsch, E.M. 2009. The use of semi-natural grassland as donor sites for restoration of high nature value areas. Ur. Cagaš B., Macháč R., Nedělník J. *Alternative Functions of Grassland*, Brno, Czech Republic, 7-9 september 2009. 478- 492.
- Krautzer, B., Wittmann, H. 2006. Restoration of alpine ecosystems. Ur.: van Andel J. in Aronson J. *Restoration Ecology, The New Frontier*. Blackwell Publishing, 208-220.
- Rixen, C., Haeberli, W., Stöckli, V. 2004. Ground temperatures under ski-runs with artificial and natural snow. *Arctic Antarctic and Alpine Research*: 36: 419-427.
- Wipf, S., Rixen, C., Fischer, M., Schmid, B., Stöckli, V. 2005. Effects of ski piste preparation on alpine vegetation. *Journal of Applied Ecology* 42: 306-316.
- Zakon o ohranjanju narave. 1999. Uradni list Republike Slovenije 56/99.

Medvrstni križanci, ki vključujejo nosilce genov *Rf3* kot potencialni viri R linij za pridelavo hibridnega semena pšenice na osnovi D² citoplazme

Primož TITAN⁷⁰

Izvilleček

Izkoriščanje heterozisa z uporabo hibridnih sort navadne pšenice predstavlja možnost za povečanje pridelave pšenice na svetovni ravni. Kljub temu hibridi navadne pšenice danes predstavljajo manj kot 1% svetovne pridelave pšenice. V praksi se uporabljata dva splošna pristopa pri pridelavi hibridnega semena pšenice. Prvi pristop temelji na uporabi sredstva za kemično hibridizacijo, medtem ko drugi pristop temelji na uporabi citoplazemsko-genetske moške sterilnosti vrste *Triticum timopheevii* Zhuk. (G tip citoplazme). V tej študiji predstavljamo razvoj R (restorer) linij za alternativni pristop pri pridelavi hibridnega semena navadne pšenice, ki temelji na citoplazmi *Aegilops crassa* Boiss. (D² tip citoplazme). V odvisnosti od tipa citoplazme je bilo ugotovljeno, da različni eksperimentalni F₁ križanci zahtevajo različne vire genov za obnovo fertiliteti. Moško sterilni materiali na osnovi citoplazme vrste *Triticum timopheevii* Zhuk. so najvišjo produktivnost dosegli v kombinaciji z akcesijami, ki vključujejo *Rf3* gen. Po drugi strani so moško sterilni materiali na osnovi D² citoplazme dosegli najvišjo stopnjo produktivnosti v kombinaciji z medvrstnimi križanci med akcesijami navadne pšenice sintetičnega izvora in mutanti z visoko vsebnostjo amiloze.

Ključne besede: D² citoplazma, G citoplazma, hibridne sorte navadne pšenice, *Triticum aestivum*, moška sterilnost, *Rf3* gen, R linija

Interspecific crosses involving *Rf3* gene carriers as potential sources of R lines for D² type cytoplasm based hybrid wheat system

Abstract

The exploitation of heterosis, which is associated with the development of hybrid wheat varieties, has a great potential for increasing global wheat grain yields. Nevertheless, common wheat hybrids now account for less than 1% of global wheat production. In practice, two general approaches in hybrid wheat seeds production are being used. The first is based on the application of a chemical hybridizing agent, while the second is based on the use of cytoplasmic-genetic male sterility derived from *Triticum timopheevii* Zhuk. (G type cytoplasm). In this study, we present the development of R (restorer) lines for an alternative hybrid wheat system based on the cytoplasm of *Aegilops crassa* Boiss. (D² type cytoplasm). Considering the cytoplasm types, it was found that different types of experimental F₁ crosses required different sources of fertility restorer genes. CMS materials with *T. timopheevii* cytoplasm achieved the highest productivity in combination with *Rf3* gene carriers. On the other hand, CMS materials with D² cytoplasm in combination with interspecific crosses of synthetic hexaploid wheat accessions and high amylose mutants led to highly heterotic F₁ hybrids.

Key words: D² cytoplasm, G cytoplasm, hybrid wheat, heterosis, male sterility, *Rf3* gene, R line

1 UVOD

Razvoj hibridnih sort navadne pšenice predstavlja velik potencial za spodbujanje svetovne pridelave pšenice predvsem v smislu prilagajanja na neugodne rastne razmere, ki so pogosto povezane z visokimi temperaturami in nepravilno razporejenimi padavinami. V praksi se za pridelavo hibridnega semena navadne pšenice najpogosteje uporabljata dva splošno znana pristopa. Prvi temelji na uporabi sredstva za kemično hibridizacijo (angl. chemical hybridizing agent - CHA), drugi pa na uporabi citoplazemsko-genetske moške sterilnosti vrste *Triticum*

⁷⁰ Dr., RGA, raziskovalna genetika in agrokemija, e-pošta: primoz.titan@rga.si

timopheevii Zhuk. (G tip citoplazme) (Whitford in sod. 2013). Uporaba trenutno dosegljivih sredstev za kemično hibridizacijo (npr. CROISOR® 100) se je v praksi izkazala za nezanesljivo, saj je močno odvisna od genotipa in različnih okoljskih dejavnikov (Iskra in sod. 2013). Glavna pomanjkljivost pri pridelavi hibridnega semena navadne pšenice na osnovi citoplazme vrste *T. timopheevii* je kompleksnost tovrstnega pristopa (trikomponentni sistem) in težave povezane z obnovo fertilitnosti v F₁ generaciji. Tovrstni pristop namreč zahteva moško sterilno žensko komponento (CMS linija), njen fertilni analog in opraševalca oziroma R linijo, ki je odgovoren za obnovo fertilitnosti v F₁ generaciji. Moško sterilna ženska komponenta ima moško sterilno citoplazmo z genom, ki inducira moško sterilnost. Vzdrževalna linija oziroma fertilni analog CMS linije ima normalno fertilno citoplazmo in vsebuje enako jedro genetsko strukturo kot CMS linija. Gen, ki povzroča moško sterilnost v aloplazmatskih linijah pšenice, ki vsebuje citoplazmo *T. timopheevii*, je mitohondrijski gen *orf256* (Yothilakshmi in sod. 2008). Interakcije med mitohondrijskim genom *orf256* in jedrnimi geni omogočajo stabilno moško sterilnost ženske komponente, po drugi strani pa lahko povzročijo težave, ki so povezane z nezanesljivo obnovo fertilitnosti v F₁ generaciji (Adugna in sod. 2004; Longin in sod. 2012). Alternativo pristopu, ki temelji na citoplazmi vrste *T. timopheevii* ponuja dvokomponentni sistem, ki temelji na aloplazmatskih linijah pšenice, ki vsebujejo citoplazmo tipa D². Tovrstni pristop ne predvideva uporabo vzdrževalne linije kar predstavlja pomembno prednost pri pridelavi hibridnega semena pšenice (Murai in sod. 2019). Znani viri D² citoplazme so sorta navadne pšenice 'Norin 26' in različne vrste iz rodu *Aegilops* (npr. *Ae. crassa* Boiss.) (Murai in Tsunewaki 1993). Moška sterilnost v aloplazmatskih linijah, ki vsebujejo D² citoplazmo, je povezana s funkcionalnimi motnjami gena *orf25*, ki jih povzročajo spremembe v ekspresiji jedrnih genov MADS-box-razreda B (Ogihara in sod. 1999; Zhu in sod. 2008). V praksi to pomeni, da do indukcije moške sterilnosti pride pod pogojem, ko mikrosporogeneza poteka v času, ko je dan daljši od petnajst ur. Linija z D² citoplazmo mora biti tedaj sejana spomladi. Hkrati to pomeni odsotnost potrebe po vzdrževalni liniji kajti do moške sterilnosti ne pride v pogojih, ko mikrosporogeneza poteka v pogojih, ko je dan krajši od petnajst ur. Linijo z D² citoplazmo se torej vzdržuje s setvijo v jeseni (Murai, 2002).

V tej študiji predstavljamo razvoj opraševalcev oziroma R linij za pridelavo hibridnega semena navadne pšenice na osnovi citoplazme *Ae. crassa* (D² citoplazma). Glavni namen naše študije je bil ovrednotiti potencial akcesij, ki vsebujejo gen *Rf3*, mutantov navadne pšenice z visoko vsebnostjo amiloze, akcesij navadne pšenice sintetičnega izvora in njihovih medvrstnih križancev za obnovo fertilitnosti v dveh tipih citoplazme.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Učinkovitost potencialnih R linij za pridelavo hibridnega semena pšenice, ki temelji na citoplazmi vrste *Ae. Crassa*, je bila preizkušena na osmih moško sterilnih linijah navadne pšenice z D² tipom citoplazme (linije XT182D2, XT888D2, XT891D2, XT014D2, XT220D2, XT033D2, XT245D2, XT115D2). Za primerjavo učinkovitosti smo izvedli poskusna križanja s štirimi moško sterilnimi linijami, ki vsebujejo citoplazmo vrste *T. timopheevii* (linije X_T181, X_T182, X_T187 in X_T1811). Eksperimentalni F₁ križanci so bili ustvarjeni s križanjem moško sterilnih linij z akcesijami navadne pšenice, ki vsebujejo *Rf3* gen, mutanti navadne pšenice z visoko vsebnostjo amiloze, linijami navadne pšenice sintetičnega izvora in medvrstnimi križanci, ki so nastali na osnovi križanja med predhodno navedenimi tremi tipi akcesij. Medvrstna križanja so bila opravljena v letu 2017 z uporabo klasične ročne emaskulacije. Skupno je bilo opravljenih 35 medvrstnih križanj.

Poskusna križanja med moško sterilnimi materiali in potencialnimi R linijami so potekala v letu 2018. Moško sterilne linije, akcesije navadne pšenice, ki vsebujejo *Rf3* gen, mutanti navadne pšenice z visoko vsebnostjo amiloze in linije navadne pšenice sintetičnega izvora so bile uporabljene v izenačenem stanju medtem ko so bili medvrstni križanci uporabljeni kot F_1 generacije. Pri moško sterilnih materialih z D^2 citoplazmo zaradi jesenske setve mikrosporogeneza ni mogla potekati v pogojih dolgega dne (dolžina dnevne osvetlitve, ki bi znašala vsaj petnajst ur) zato je bila moška sterilnost inducirana z uporabo 0,25 % raztopine azetidin-3-karboksilne kisline (A3C). Zbrana semena poskusnih F_1 hibridov (skupaj 55 F_1 hibridov) in starševskih materialov smo posejali 10. oktobra 2018 in 17. marca 2019 v kraju Krog pri Murski Soboti (46 ° 37'22,58 "N, 16 ° 7'44,10" E), Slovenija. Opis poskusnih F_1 hibridov in uporabljenih starševskih komponent je predstavljen v preglednici 1.

Preglednica 1: Opis poskusnih F_1 križancev

Poskusni F_1 križanec	Genetsko ozadje	CMS linija	Opraševalec
D21R3	CMS linija ¹ × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 182D2	ZG R-Linija 1766-81
D22R1	CMS linija ¹ × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 888D2	ZG R-Linija 1761-81
D22R5	CMS linija ¹ × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 888D2	ZG R-Linija 1788-81
D22R7	CMS linija ¹ × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 888D2	ZG R-Linija 1823-81
D24R8	CMS linija ¹ × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 014D2	R1
D25R3	CMS linija ¹ × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 220D2	ZG R-Linija 1766-81
D25R9	CMS linija ¹ × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 220D2	ZG R-Linija 1789-81
D25R10	CMS linija ¹ × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 220D2	PR143
D22R31	CMS linija ¹ × Sintetik	X _T 888D2	CIGM92.1647
D23R27	CMS linija ¹ × Sintetik	X _T 891D2	CIGM90.561
D23R28	CMS linija ¹ × Sintetik	X _T 891D2	CIGM90.586
D23R29	CMS linija ¹ × Sintetik	X _T 891D2	CIGM90.566
D23R30	CMS linija ¹ × Sintetik	X _T 891D2	CIGM90.849
D24R31	CMS linija ¹ × Sintetik	X _T 014D2	CIGM92.1647
D25R21	CMS linija ¹ × Mutant	X _T 220D2	SBE1
D26R22	CMS linija ¹ × Mutant	X _T 033D2	SBE2
D27R23	CMS linija ¹ × Mutant	X _T 245D2	SBE3
D27R24	CMS linija ¹ × Mutant	X _T 245D2	SBE4
D28R25	CMS linija ¹ × Mutant	X _T 115D2	SBE5
D28R26	CMS linija ¹ × Mutant	X _T 115D2	SBE6
D21R11	CMS linija ¹ × Medvrstni križanec	X _T 182D2	CIGM90.590SBE1
D21R12	CMS linija ¹ × Medvrstni križanec	X _T 182D2	CIGM90.590SBE6
D2R13	CMS linija ¹ × Medvrstni križanec	X _T 182D2	CIGM93.237SBE3
D21R14	CMS linija ¹ × Medvrstni križanec	X _T 182D2	CIGM93.237SBE6
D21R15	CMS linija ¹ × Medvrstni križanec	X _T 182D2	CIGM90.824SBE3
D21R16	CMS linija ¹ × Medvrstni križanec	X _T 182D2	CIGM93.244SBE3
G1R2	CMS linija ² × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 181	ZG R-Linija 1756-81
G2R2	CMS linija ² × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 182	ZG R-Linija 1756-81
G3R6	CMS linija ² × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 187	ZG R-Linija 1777-81
G4R6	CMS linija ² × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 1811	ZG R-Linija 1777-81
G5R9	CMS linija ² × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 181	ZG R-Linija 1789-81
G6R9	CMS linija ² × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 187	ZG R-Linija 1789-81
G7R9	CMS linija ² × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 182	ZG R-Linija 1789-81
G8R10	CMS linija ² × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 182	PR143
G9R10	CMS linija ² × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 181	PR143
G2R4	CMS linija ² × Nosilec <i>Rf3</i> gena	X _T 182	ZG R-Linija 1772-81

Nadaljevanje preglednice s prejšnje strani.

Poskusni F ₁ križanec	Genetsko ozadje	CMS linija	Opraševalec
G4R21	CMS linija ² × Mutant	X _T 1811	SBE1
G4R22	CMS linija ² × Mutant	X _T 1811	SBE2
G2R24	CMS linija ² × Mutant	X _T 182	SBE4
G2R25	CMS linija ² × Mutant	X _T 182	SBE5
G2R26	CMS linija ² × Mutant	X _T 182	SBE6
G1R21	CMS linija ² × Mutant	X _T 181	SBE1
G3R26	CMS linija ² × Mutant	X _T 187	SBE6
G1R17	CMS linija ² × Medvrstni križanec	X _T 181	CIGM90.590/PI316002
G1R18	CMS linija ² × Medvrstni križanec	X _T 181	CIGM90.818/1784-81
G1R19	CMS linija ² × Medvrstni križanec	X _T 181	CIGM90.849/1811-81
G2R19	CMS linija ² × Medvrstni križanec	X _T 182	CIGM90.849/1811-81
G3R20	CMS linija ² × Medvrstni križanec	X _T 187	CIGM90.849/PR302
G1R11	CMS linija ² × Medvrstni križanec	X _T 181	CIGM90.590SBE1
G1R14	CMS linija ² × Medvrstni križanec	X _T 181	CIGM93.237SBE6
G4R13	CMS linija ² × Medvrstni križanec	X _T 1811	CIGM93.237SBE3
G4R15	CMS linija ² × Medvrstni križanec	X _T 1811	CIGM90.824SBE3
G4R16	CMS linija ² × Medvrstni križanec	X _T 1811	CIGM93.244SBE3
G2R12	CMS linija ² × Medvrstni križanec	X _T 182	CIGM90.590SBE6
G2R15	CMS linija ² × Medvrstni križanec	X _T 182	CIGM90.824SBE3

Ocena učinkovitosti obnove fertilnosti pri poskusnih F₁ križancih je temeljila na določanju heterozisa za število zrn na rastlino in pridelek na rastlino za 12 naključno izbranih rastlin znotraj posameznega križanca. Rastline so bile zbrane med tremi ponovitvami, ki so bile razporejene po naključnem bločnem sistemu. Da bi preprečili opraševanje z drugimi rastlinami so bile naključno izbrane rastline (moško sterilni materiali in poskusni F₁ križanci) pred cvetenjem izolirane z vrečkami iz belega natron papirja. Vrednosti za povprečni starševski heterozis in heterobeltiozis so bile izračunane kot je definirano po Springer in Stupar (2007). Statistična analiza je bila izvedena s programsko opremo STATGRAPHICS Centurion XVI (Statgraphics Technologies, Inc., The Plains, VA). Določanje statistično značilnih razlik je bilo opravljeno s Tukeyevim HSD testom.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Analiza variance je potrdila statistično značilen vpliv vseh obravnavanih dejavnikov (poskusni F₁ križanec (genotip), datum setve, tip citoplazme in tip opraševalca) na število zrn na rastlino in pridelek na rastlino. P vrednosti so pri tem znašale od 0,0000 do 0,0183 (MPH za število zrn na rastlino). V primeru jesenske setve je petnajst poskusnih F₁ križancev doseglo pozitivne vrednosti za povprečni starševski heterozis (pri obeh obravnavanih parametrih). Ob upoštevanju obeh parametrov je v jesenskem roku setve le šest poskusnih F₁ križancev doseglo pozitivno vrednost za heterobeltiozis. Statistično značilno najvišje vrednosti za heterobeltiozis so pri obeh obravnavanih parametrih v primeru jesenske setve dosegli poskusni F₁ križanci G5R9, D21R12 in D21R14. Kar se tiče heterozisa so bili podobni rezultati doseženi tudi v primeru spomladanskega roka setve. Pozitivne vrednosti za povprečni starševski heterozis je v primeru parametra število zrn na rastlino doseglo dvanajst poskusnih križancev, v primeru parametra pridelek zrnja na rastlino pa enajst poskusnih križancev. Ob upoštevanju obeh

obravnavanih parametrov hkrati so pozitivne vrednosti za heterobeltiozis pri spomladanskem roku setve dosegli le štirje poskusni F_1 križanci.

Preglednica 2: Produktivnost poskusnih F_1 križancev sejanih jeseni 2018

F1 križanec	Število zrn na rastlino			Pridelek na rastlino		
	n	MPH [%]	BPH [%]	[g]	MPH [%]	BPH [%]
D21R14	283,800 ^{a*}	29,590 ^a	18,280 ^a	17,330 ^a	49,510 ^a	31,990 ^a
D21R12	282,300 ^a	29,150 ^a	17,840 ^a	17,110 ^a	51,600 ^a	29,970 ^a
D21R11	265,700 ^{ab}	30,110 ^a	3,530 ^c	15,640 ^a	51,600 ^a	16,370 ^c
G5R9	265,000 ^{ab}	29,150 ^a	17,160 ^a	15,640 ^a	51,600 ^a	28,830 ^a
G9R10	223,400 ^{cdefg}	26,020 ^{abc}	-0,560 ^{cd}	13,820 ^{abcde}	30,450 ^{ef}	-4,780 ^d
G4R6	229,400 ^{cdef}	25,230 ^{abc}	9,660 ^b	13,080 ^{abc}	43,150 ^b	19,920 ^{bc}
D21R16	212,900 ^{defgh}	22,430 ^{bc}	-1,240 ^{cd}	12,640 ^{abcd}	30,080 ^{ef}	-0,160 ^d
G2R2	250,500 ^{bc}	27,560 ^{ab}	13,090 ^{ab}	12,530 ^{abcd}	41,330 ^b	23,420 ^b
G3R6	221,100 ^{fghij}	24,320 ^{bc}	-0,430 ^{cd}	12,160 ^{cdef}	40,130 ^c	-3,870 ^d
D21R15	205,100 ^{efghi}	22,250 ^{bc}	-1,420 ^{cd}	11,700 ^{abcde}	29,660 ^{ef}	-0,580 ^d
G6R9	207,900 ^{defgh}	20,750 ^c	-5,830 ^d	11,690 ^{abcde}	34,830 ^{cd}	-0,400 ^d
D21R13	196,200 ^{ghijk}	20,550 ^d	-1,780 ^{cd}	11,340 ^{bcde}	28,600 ^{fg}	-1,730 ^d
G7R9	231,800 ^{cde}	24,660 ^{abc}	-1,920 ^{cd}	10,990 ^{cdef}	30,980 ^{def}	-4,250 ^d
G1R2	232,200 ^{cde}	25,130 ^{abc}	-0,170 ^{cd}	10,180 ^{efghi}	32,870 ^{cde}	-1,730 ^d
G8R10	192,200 ^{hijk}	20,740 ^c	-5,840 ^d	10,040 ^{efghi}	31,400 ^{def}	-3,830 ^d
D22R5	90,244 ^{vw}	-23,747 ^o	-47,417 ^{mn}	5,968 ^{nopq}	-12,339 ^m	-44,579 st
D22R1	92,295 ^{uvw}	-22,747 ^o	-49,417 ⁿ	5,851 ^{opq}	-11,339 ^m	-45,579 st
D22R7	88,193 ^w	-22,747 ^o	-47,417 ⁿ	5,734 ^{pq}	-14,339 ^m	-47,579 ^t
D24R8	119,224 ^{qrstu}	-10,571 ^{ijklm}	-41,241 ^{jkl}	5,687 ^q	-3,922 ^{ghijkl}	-39,162 ^{qr}
D25R3	112,837 ^{stuvw}	-11,571 ^{ijklm}	-39,241 ^{jk}	5,561 ^q	-4,422 ^{hijkl}	-38,162 ^{qr}
D25R9	104,321 ^{tuvw}	-14,571 ^{lm}	-39,241 ^{jk}	5,560 ^q	-2,922 ^{ghijkl}	-37,162 ^{pqr}

* - povprečja, ki jim sledi ista črka znotraj istih stolpcov, se pri Tukeyjevem HSD testu statistično značilno ne razlikujejo ($p = 0,01$)

Preglednica 3: Produktivnost poskusnih F_1 križancev sejanih spomladi 2019

F1 križanec	Število zrn na rastlino			Pridelek na rastlino		
	n	MPH [%]	BPH [%]	[g]	MPH [%]	BPH [%]
D21R14	190,146 ^{a*}	32,550 ^a	20,473 ^a	11,439 ^a	43,154 ^a	1,301 ^d
D21R12	189,141 ^a	32,065 ^a	19,981 ^a	11,293 ^a	45,920 ^a	23,377 ^a
D21R11	178,019 ^{ab}	33,115 ^a	3,948 ^b	10,319 ^{ab}	45,920 ^a	12,765 ^c
D21R16	142,643 ^{defghi}	24,672 ^{bc}	-1,390 ^{bc}	8,341 ^{defg}	28,015 ^{de}	-1,967 ^{de}
G2R2	167,835 ^{bc}	30,311 ^{ab}	14,661 ^a	8,267 ^{defg}	36,786 ^b	18,268 ^b
G9R10	149,678 ^{cdefg}	28,625 ^{abc}	-0,623 ^{bc}	7,763 ^{efghij}	27,103 ^{de}	-3,726 ^{de}
D21R15	137,420 ^{efghij}	24,478 ^{bc}	-1,587 ^{bc}	7,723 ^{efghij}	30,155 ^{cd}	-0,092 ^d
G6R9	139,293 ^{defghi}	22,826 ^c	-6,529 ^c	7,714 ^{efghij}	28,276 ^{de}	-1,739 ^{de}
D21R13	131,450 ^{ghijkl}	22,607 ^d	-1,991 ^{bc}	7,486 ^{fghij}	25,454 ^c	-1,349 ^d
G3R6	135,541 ^{fghijk}	24,478 ^{bc}	-0,277 ^{bc}	7,344 ^{ghijk}	32,679 ^c	-2,560 ^{de}
G7R9	155,306 ^{cde}	27,122 ^{abc}	-2,155 ^{bc}	7,250 ^{ghijkl}	27,570 ^{de}	-3,317 ^{de}

* - povprečja, ki jim sledi ista črka znotraj istih stolpcov, se pri Tukeyjevem HSD testu statistično značilno ne razlikujejo ($p = 0,01$)

Glede potenciala za produktivnost so v primeru jesenskega roka setve tako hibridi na osnovi D² citoplazme kakor tudi hibridi na osnovi G tipa citoplazme dosegli podoben pridelek na rastlino. V primeru spomladanskega roka setve pa so hibridi na osnovi D² tipa citoplazme dosegli statistično značilno višje pridelke zrnja na rastlino. Nizek delež hibridov s pozitivnimi vrednostmi za heterobeltiozis je mogoče razložiti z uporabo visoko produktivne sodobne dednine navadne pšenice, ki je bila pretvorjena v CMS materiale in potencialne R-linije. Rezultati poskusnih F₁ hibridov, ki so dosegli pozitivne vrednosti za povprečni starševski heterozis za parameter pridelek zrnja na rastlino so zbrani v preglednicah 2 in 3.

4 SKLEPI

Na osnovi doseženih rezultatov lahko sklepamo, da sistem za pridelavo hibridnega semena navadne pšenice, ki temelji na konverziji visoko produktivne dednine navadne pšenice na D² citoplazmo in linijah za obnovo fertilitnosti v F₁ generaciji, kot so v tej študiji predstavljeni medvrstni križanci, predstavlja obetavno alternativo obstoječim sistemom za pridelavo hibridnega semena pšenice. Za pospešen razvoj R linij, ki bodo uporabne kot opraševalci za moško sterilne materiale na osnovi D² citoplazme, pa je nujen razvoj molekulskih markerjev, ki bodo omogočali učinkovitejšo selekcijo superiornih R linij.

Zahvala: Opravljeno raziskovalno delo je bilo podprto z raziskovalnim programom P4-0072, dvostranskim projektnim sodelovanjem med Japonsko in Slovenijo BI-JP / 16-18-001 in ciljnim raziskovalnim projektom Razvoj metod in vzpostavitev sistemov uradnega preizkušana ekoloških sort in heterogenega materiala izbranih poljščin in zelenjadnic (ev. št. V4-2007).

5 LITERATURA

- Adugna, A., Nanda, G.S., Singh, K., Bains, N.S. 2004. A comparison of cytoplasmic and chemically-induced male sterility systems for hybrid seed production in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*, 135: 297-304
- Iskra, J., Titan, P., Meglič, V. 2013. The effect of fluorine atom on the synthesis and composition of gametocidal ethyl oxanilates. *Acta Chim Slov*, 60: 561-568
- Longin, C.F.H., Muhleisen, J., Maurer, H.P., Zhang, H., Gowda, M., Reif, J.C. 2012. Hybrid breeding in autogamous cereals. *Theor Appl Genet*, 125: 1087-1096
- Murai, K. 2002. Comparison of two fertility restoration systems against photoperiod-sensitive cytoplasmic male sterility in wheat. *Plant Breeding*, 121: 363-365
- Murai, K., Ohta, H., Takenouchi, Y., Kurushima, M., Ishikawa, N., Meglič, V., Titan, P. 2019. Trials for hybrid seed production and estimation of wheat F₁ hybrids produced by outcrossing using photoperiod-sensitive cytoplasmic male sterile (PCMS) system with elite lines. *J Agric Crop Res*, 7: 119-126
- Murai, K., Tsunewaki, K. 1993. Photoperiod-sensitive cytoplasmic male sterility in wheat with *Aegilops crassa* cytoplasm. *Euphytica*, 67: 41-48
- Ogihara, Y., Kurihara, Y., Futami, K., Tsuji, K., Murai, K. 1999. Photoperiod-sensitive cytoplasmic male sterility in wheat: nuclear-mitochondrial incompatibility results in differential processing of the mitochondrial *orf25* gene. *Curr Genet*, 36: 354-362
- Zhu, Y., Saraike, T., Yamamoto, Y., Hagita, H., Takumi, S., Murai, K. 2008. *orf260^{era}*, a Novel Mitochondrial Gene, is Associated with the Homeotic Transformation of Stamens into Pistil-Like Structures (Pistillody) in Alloplasmic Wheat. *Plant Cell Physiol*, 49: 1723-1733
- Whitford, R., Fieury, D., Reif, J.C., Garcia, M., Okada, T., Korzun, V., Langridge, P. 2013. Hybrid breeding in wheat: technologies to improve hybrid wheat seed production. *J Exp Bot*, 18: 5411-5428
- Yothilakshmi, V.J., Singh, A., Gaikwad, K., Vinod, Singh, N.K., Tomar, S.M.S. 2008. RNA editing in CMS wheat: Influence of nuclear background leads to differential editing on *orf256*. *Indian J Genet*, 68: 353-359

Novi sorti pire in njuna biološka vrednost

Zlata LUTHAR⁷¹

Izvleček

V Sortno listo RS sta bili v letu 2020 vpisani ohranjevalni sorti pire: 'Pava' s pokončnim klasom in svetlo rumenimi plevami ter 'Piva' z upognjenim klasom in rdečkastimi plevami. Izhodiščna vzorca obeh sort izvirata iz Črne gore in se od leta 1980 hranita v Javni službi nalog rastlinske genske banke na BF. Glede na heterogenost materiala smo z večletno negativno selekcijo pri sorti 'Pava' in pozitivno selekcijo pri sorti 'Piva' izselekcionirali primeren material za sortno preizkušanje. Poleg morfoloških opisov smo analizirali še velikost genoma in prisotnost posameznih genomov ter vsebnost surovih beljakovin in skupnih antioksidantov. Pri sorti 'Pava' je bila velikost genoma 35,2 pg/2C in pri sorti 'Piva' 35,5 pg/2C. Pri obeh so bili določeni ABD genomi, kar potrjuje heksaploidno raven. Po vsebnosti beljakovin med sortami ni bilo značilnih razlik ($p \leq 0,05$) ('Pava' 15,6 %, 'Piva' 13,8 % in 'Ostro' 15,9 %), medtem ko sta sorti pšenice vsebovali značilno manj beljakovin ('Ingenio' 11,9 % in 'Bologna' 12,5 %). Povprečna antioksidativna vrednost pri sortah pire je bila 21,8 % in pri sortah pšenice 9,5 %. V obdobju razmnoževanja smo ugotovili, da sta tolerantni za bolezní in sušo ter primerni za pozno jesensko setev.

Ključne besede: pira, žlahtnjenje, sorta, morfológija, DNA lastnosti, kakovost

New spelt varieties and their biological value

Abstract

In 2020, two spelt conservation varieties were entered in the Variety List of the Republic of Slovenia: 'Pava' with an erect spike and light yellow chaff and 'Piva' with a curved spike and reddish chaff. The baseline samples of both varieties originated from Montenegro and have been kept in the Public Service on Plant Genetic Resources BF since 1980. According to the heterogeneity of the material, we selected suitable material for selection testing with several years of negative selection for the variety 'Pava' and positive selection for the variety 'Piva'.

In addition to the morphological description, we analyzed the genome size and the presence of individual genomes, as well as the analysis of crude proteins and total antioxidants. The genome size was 35.2 pg/2C in variety 'Pava' and 35.5 pg/2C in variety 'Piva'. ABD genomes were detected in both, confirming the hexaploid level. There were no significant differences ($p \leq 0.05$) in protein content between varieties ('Pava' 15.6 %, 'Piva' 13.8 % and 'Ostro' 15.9 %), while wheat varieties contained significantly less protein ('Ingenio' 11.9 % and 'Bologna' 12.5 %). The average antioxidant value was 21.8 % in the spelt varieties and 9.5 % in the wheat varieties. During the breeding season, we found both varieties to be disease and drought tolerant and suitable for late autumn sowing.

Key words: spelt, breeding, variety, morphology, DNA properties, quality

1 UVOD

V rod *Triticum* (*T.*) je vključenih veliko samoniklih in gojenih vrst in zvrsti. Med gojenimi je najbolj razširjena in z največ gospodarsko pomembnimi sortami heksaploidna navadna pšenica (*T. aestivum* L. var. *aestivum*). Takoj za navadno pšenico je tetraploidna zvrst durum (*T. turgidum* L. var. *durum*), ki se jo prideluje v toplejših podnebnih območjih, predvsem za testenine. Ponovno dobiva na pomenu plevnata večzrna pira (spelta) (*T. aestivum* L. var. *spelta*), ki je bila pomembnejša v prehrani ljudi in živali v preteklosti. Pred drugo svetovno vojno in tudi nekaj let po njej se je piro pridelovalo na višje ležečih predelih po Sloveniji, kjer

⁷¹ Izr. prof. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: zlata.luthar@bf.uni-lj.si

je navadna pšenica slabo uspevala. V južni Nemčiji in v višje ležečih območjih osrednje Evrope je bila takrat vodilno žito in imela velik mlinarsko-pekovski pomen (Kocjan Ačko, 1999). Nove tehnologije in specializacija kmetovanja ter pojav visokorodnih sort neplevnatega zrnja in nelomljivih klasov navadne pšenice so vzroki, da je po drugi svetovni vojni zamrla setev plevnate večzrne pire (Kocjan Ačko in sod., 2004). V začetku 20. stoletja se je pridelovanje pire v Sloveniji opuščalo in seme se je porazgubilo, tako da lokalne populacije niso ohranjene. V zbirki Javne službe nalog rastlinske genske banke je shranjenih nekaj akcesij primitivnih pšenic, ki izvirajo iz Črne gore, in smo jih v preteklosti morfološko in delno tudi genetsko opisali. Predhodno smo temeljito proučili filogenijo in lastnosti pšenice in pire ter pri tem ugotovili, da je kar nekaj dejstev še nedorečenih. Nekaj evlucijskih mejnikov, ki so odločujoči pri nastanku pšenice in pire je bilo podanih šele z novimi odkritji s pomočjo sodobne genetike. Raziskave mejoze ter poskusi s križanji so razkrili ploidnost ($2n$, $4n$ in $6n$) in prisotnost genomov ABDG (Sakamura, 1918, cit. po Kawahara, 2009; Kihara, 1924; Lilienfeld in Kihara, 1934, cit. po Golovnina in sod. 2007). Odkriti so bili divji predstavniki $2n$ in $4n$ vrst znotraj rodu *Triticum*. Predstavniki $6n$ so nastali v procesu domestifikacije s križanjem $4n$ domestificiranih vrst *T. turgidum* L. ali *T. durum* Desf. z divjo kozjo travo *Aegilops tauschii* Coss. Filogenija poliploidnih pšenic je razkrila, da sta si rod *Triticum* in *Aegilops* (*Ae.*) sorodna, ampak sta bila že od Linnaeus-a obravnavana kot ločena rodova. Kljub temu, da sta rodova morfološko zelo različna, sta genetsko zelo podobna, kar omogoča križanja s fertilnim potomstvom (McFadden in Sears, 1946; Mandy, 1970; Kawahara, 2009). V rod *Triticum* so uvrščene divje in domestificirane vrste, katerim običajno rečemo pšenica, medtem ko rod *Aegilops* zajema 11 diploidnih, 10 tetraploidnih in 2 heksaploidni vrst divjih kozjih trav (van Slageren, 1994, cit. po Schneider in sod., 2005). Te vrste so najbližji sorodniki rodu *Triticum*. Še danes se uporabljajo za izboljšanje agronomskih lastnosti pšenice s križanji in genetskim inženiringom (Riley in sod., 1968; Dhaliwal in William, 2002).

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Rastlinski material in program žlahtnjenja

V žlahtnjenje smo vključili dve populaciji pire, ki izvirata iz Črne gore in jih je akad. prof. dr. Ljubo Pavičević iz takratnega Kmetijskega inštituta iz Titograda, današnje Podgorice, leta 1980 zaupal v hranjenje Biotehniški fakulteti (BF). Izvorna genska vira sta bila zbrana med leti 1955 in 1960 na področju Črne gore, ko je akad. Pavičević opravljal program ohranjanja diploidnih ($2n$) in tetraploidnih ($4n$) avtohtonih vrst in populacij pšenice, med njimi je zbral tudi nekaj heksaploidnih ($6n$) pir (Pavičević, 1975). Med leti 2000 in 2002 smo izhodiščno hranjena genska vira in standardno sorto 'Ostro', v okviru Javne službe nalog rastlinske genske banke, razmnožili na Laboratorijskem polju BF z namenom ohranitve kalivosti. Istočasno smo ju morfološko opisali s pomočjo mednarodnih deskriptorjev za pšenico (Descriptors for wheat, 1985). V nekaterih lastnostih populaciji nista značilno zaostajali za standardno sorto 'Ostro', sta pa izkazovali določeno heterogenost, ki je bila večja od dopustne za samoprašnice. Sorta 'Piva' je bila pridobljena s 5-kratno pozitivno selekcijo rastlin z izbranim ideotipom in setvijo "rastlina vrsta" na Laboratorijskem polju BF v letih 2002 do 2007. Rastline smo gojili brez dognojevanja, razen predposevka in fitofarmacevtske oskrbe z namenom izločitve občutljivih rastlin. V ekstremno sušnem letu 2003, ko je bila suša tako spomladi kot poleti z nacionalnimi razsežnostmi ter v letih 2006 in 2007, ko je bila poleti zadostna količina padavin, vendar z zabeleženo škodo v kmetijstvu (Sušnik in Gregorič, 2017), so rastline dobro napolnile semena in to v tleh, skromno založenih s hranili, brez fitofarmacevtske oskrbe.

V letu 2010 smo s pozno jesensko setvijo v drugi polovici novembra zasnovali poljski poskus s populacijo, iz katere je nastala sorta 'Pava' brez dognojevanja in fitofarmacevtske zaščite z namenom negativne selekcije nezaželenih genotipov in testiranja morebitne tolerantnosti na bolezni. V treh zaporednih letih smo izločili višje rastline s krajšimi, lomljivimi in povešenimi klasi, občutlive na poleganje in z bolezenskimi simptomi.

V letih 2013 in 2014 smo zasnovali bločni poskus, v katerega smo poleg omenjenih selekcioniranih populacij in sorte 'Ostro', vključili še dve sorti pšenice 'Ingenio' in 'Bologna', ki sta bili takrat po kakovostnih parametrih uvrščeni v razred A oziroma A/B1. Poleg morfoloških opisov in vrednotenj, ki so bili izvedeni samo na piri, smo opravili še DNA analizo velikosti genoma in prisotnosti ABD genomov, določili ploidnost ter analizo surovih beljakovin in antioksidativno vrednost.

V letu 2016 in 2017 smo razmnožili seme za ohranjevalno sortno preskušanje, ki je potekalo v sezoni 2017/18 ter marca 2019 prejeli poročilo o uspešno opravljenem preskušanju. V letu 2020 sta bili sorti vpisani v Sortno listo RS in standardna vzorca sta bila posredovana v hrambo na Kmetijski inštitut Slovenije in, ker sta ohranjevalni sorti, tudi v hranjenje v Javno službo nalog rastlinske genske banke.

2.2 Morfološki opisi

Morfološke opise in vrednotenje vegetativnega in generativnega dela rastlin obeh genskih virov pire in standardne sorte 'Ostro' smo opravili s pomočjo mednarodnih deskriptorjev, izdelanih za pšenico, v dveh zaporednih rastnih obdobjih 2000/01 in 2001/02. Nato smo v letih 2013/14 opise in vrednotenje ponovili s selekcioniranim materialom (Descriptors for wheat, 1985).

2.3 DNA opisi

Velikost jedrnega genoma smo izmerili s pretočnim citometrom (Partec PAS) s propidijevim jodidom na 7000 jedrih. Za vsako sorto smo naključno izbrali 5 rastlin in pripravili 3 ponovitve ter izračunali povprečje s standardnim odklonom v primerjavi z znano velikostjo genoma internega standarda graha, ki je 9,07 pg/2C (diploidna velikost jedrnega genoma) (Doležel in sod., 1991).

Molekulska analiza prisotnosti genoma ABD smo izvedli na izolirani celokupni DNA iz delov listov (Kump in Javornik, 1992) z metodo verižne reakcije s polimerazo (PCR) in ustreznimi začetnimi oligonukleotidi. Za genom A smo uporabili specifične začetne oligonukleotide z nukleotidnim zaporedjem: A2F 5'-3' TTC CGT GTT GAT TTCA GTG GTG in A2R 5'-3' AGC CAC CTG TTG TAA TCT GG z velikostjo nastalih fragmentov 740 bp, za genom B: B2F 5'-3' TTC CGT GTT GAT TTC AGT GGC G in A2R 5'-3' AGC CAC CTG TTG TAA TCT GG s fragmenti velikosti 700 bp in za genom D: D2F 5'-3' CTA CTG TAA CTA GCT ACCT ACA in A2R 5'-3' AGC CAC CTG TTG TAA TCT GG s fragmenti velikosti 650 pb (Petersen in sod., 2006).

2.4 Določanje kakovosti

Za določanje vsebnosti surovih beljakovin in antioksidativne vrednosti smo 100 g oluščenih semen posameznega vzorca z 8 % vlage zmelili z namiznim laboratorijskim mlinom (Waring 32BL79) ter jih do uporabe hranili na hladnem pri 4 °C.

Surove beljakovine smo določili s standardno Kjeldahl metodo v treh ponovitvah in rezultate podali v odstotkih beljakovin (vsebnost dušika pomnoženo s faktorjem 6,25).

Antioksidativno vrednost smo določili spektrofotometrično z merjenjem absorbance razbarvanja reagenta 2,2-difenil-1-pikrilhidrazila (DPPH) v treh ponovitvah, ki je sorazmerna količini prisotnih antioksidantov v posameznem vzorcu (Brand-Williams in sod., 1995) in izražena kot ekvivalent Troloksa kot modelnega antioksidanta (Thaipong in sod., 2006).

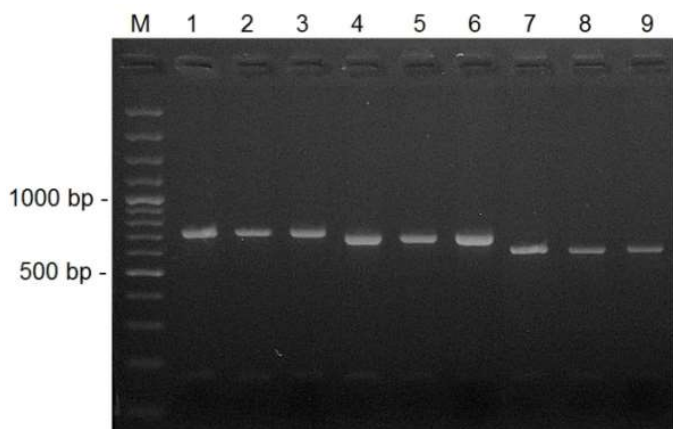
3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Morfološki opisi

Sorta 'Pava' je v dveh zaporednih poskusih na Laboratorijskem polju BF v letih 2013 in 2014 klasila in zorela približno 10 dni prej ter bila za približno 20 cm nižja v primerjavi s sorto 'Piva' in standardno sorto 'Ostro'. Vse tri sorte v obdobju opazovanja niso polegale in semena se niso osipala. Obe sorti sta golici s srednje lomljivim klasnim vretenom in srednjo gostoto klasa. 'Pava' ima pokončen, bel do svetlo rumen klas in 'Piva' delno upognjen svetlo rjav do rdečkast. Pri obeh sortah so pleve močno pritrjene in tesno sklenjene ter pri kombajniranju ne odpadejo. Povprečna absolutna masa 1000 semen brez plev je bila pri sorti 'Pava' 45,16 g in pri sorti 'Piva' 47,53 g. Povprečni pridelek plevnatega zrnja pri sorti 'Pava' je bil 3,3 t/ha in pri sorti 'Piva' 3,6 t/ha (pregl. 1).

3.2 Določitev genomov in velikosti jedrnega genoma

Pri obeh ohranjevalnih sortah 'Pava' in 'Piva' ter standardi sorti 'Ostro' smo z molekulsko PCR analizo in specifičnimi začetnimi oligonuklotidi potrdili prisotnost treh genomov ABD, značilnih za heksaploidno pšenico in piro (slika 1). Velikost genoma, izmerjena s pretočnim citometrom, je bila pri sorti 'Pava' 35,20 pg/2C in pri sorti 'Piva' 35,53 pg/2C, kar potrjuje 6n raven. Izmerjena vrednost je bila večja, kot navajata avtorja Bennett in Leitch (2005) za rod *Triticum*. Objavljena vrednost za *T. aestivum* je 34,65 pg/2C, za *T. durum* 25,31 oz. *T. turgidum* 24,55.



Slika 1: Prisotnost genoma A (oznake 1, 2 in 3 ter velikost nastalih fragmentov 750 pb), B (4, 5 in 6 ter velikost nastalih fragmentov 700 bp) ter D (7, 8 in 9 ter velikost nastalih fragmentov 640 bp) pri sortah pire: 'Pava' (1, 4 in 7), 'Piva' (2, 5 in 8) in 'Ostro' (3, 6 in 9) ter velikostni standard (M)

Preglednica 1: Morfološki opisi in vrednotenje dveh sort pira 'Pava' in 'Piva'

Opis	sorta	
	'Pava'	'Piva'
približno št. dni od vznika do zorenja	260 dni	270 dni
ranost: obdobje od klasenja do zorenje	10 dni prej	10 dni pozneje
povp. višina rastlin	100 cm	120 cm
pogeganje (spremljano v setvah brez dognojevanja)	odporna	odporna
povp. razraščanje – št. poganjkov	18,7	12,0
velikost listov	srednje veliki	srednje veliki
oblika listov	ozko suličasti	ozko suličasti
listni rob	raven	raven
tip klasa	golica	golica
povp. dolžina klasa	10,7 cm	12,6 cm
povp. št. klaskov na klas	14,4	16,1
povp. št. polnih semen v klasku	1,8	2,0
povp. št. praznih nenaopolnjenih semen	1,1	1,0
gostota klasa	srednje gost	srednje gost
barva klasa, plev, slame	bela do svetlo rumena	svetlo rjava do rdečkasta
lomljivost klasnega vretena	srednja	srednja
lega medčlenkov na klasnem vretenu	ozko vzporedna	ozko vzporedna
dlakavost klasnega vretena	ni	ni
oblika klasa	paralelna	paralelna
pokončnost klasa	pokončen	delno upognjen
sklenjenost plev	tesna	tesna
pritrjenost plev	močna	močna
dlakavost ogrinjalne pleve	rahlo robovi	rahlo robovi
širina in oblika rame ogrinjalne pleve	široka, dvignjena	široka, rahlo dvignjena
velikost in oblika zobca ogrinjalne pleve	kratek, raven	kratek, raven
osipanje semen	se ne osipa	se ne osipa
povp. dolžina semen	8,73 mm	8,16 mm
povp. širina semen	3,16 mm	3,12 mm
povprečna debelina semen	2,74 mm	3,03 mm
povprečna absolutna masa (1000 semen brez plev)	45,16 g	47,53 g
povprečni pridelek plevnatega zrnja	3,3 t/ha	3,6 t/ha

3.2 Opis lastnosti, povezanih s kakovostjo

Pri sortah pira smo določili značilno ($p \leq 0,05$) večje povprečne vrednosti surovih beljakovin; od 13,79 % pri sorti 'Piva' do 15,98 % pri sorti 'Ostro' kot pri sortah pšenice 'Ingenio' (11,86 %) in 'Bologna' (12,47 %). Prav tako smo pri sortah pira določili značilno večjo antioksidativno vrednost (22,35 - 23,0 %) kot pri sortah pšenice (9,46 - 9,80 %) (pregl. 2).

Preglednica 2: Vsebnost surovih beljakovin in skupnih antioksidantov ter standardni odklon pri sortah pire in pšenice

Pira in pšenica	vsebnost v %	
	surovih beljakovin	skupnih antioksidantov
'Pava'	15,59±0,01	23,00±0,04
'Piva'	13,79±0,03	22,80±0,02
'Ostro'	15,98±0,02	22,35±0,02
'Ingenio'	11,86±0,01	9,80±0,03
'Bologna'	12,47±0,03	9,46±0,02

5 SKLEPI

Večletno selekcijsko delo na dveh genskih virih pire se je v letu 2019 uspešno zaključilo s sortnim preskušanjem. V letu 2020 sta bili v Sortno listo RS vpisani dve ohranjevalni sorti, kar jima omogoča pridelovanje in trženje v Sloveniji. Sorti smo poimenovali 'Pava' in 'Piva' po zbiratelju obeh genskih virov akad. prof. dr. Ljubo Pavičeviću. Za sorti je značilno, da brez dognojevanja in fitofarmacevtske oskrbe dosežeta zadovoljiv in kakovosten pridelek. Povprečni pridelek plevnatega zrnja sorte 'Pava' je bil 3,3 t/ha in sorte 'Piva' 3,6 t/ha, s povprečno 14,7 % vsebnostjo surovih beljakovin in 22,9 % antioksidativno vrednostjo v primerjavi s sortama pšenice 'Ingenio' in 'Bologna', kje smo v povprečju dosegli 12,2 % beljakovin in 9,6 % antioksidativno vrednost.

6 LITERATURA

- Bennett, M.D., Leitch, I.J. 2005. Plant DNA C-values database. The Royal Botanic Gardens, Kew: <http://data.kew.org/cvalues/>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. 1995. Use of a free radical methods to evaluate antioxidant activity. *Lebensmitt-Wissenschaft und Technologie*, 28: 25-30
- Dhaliwal, H.S., William M. 2002. Transfer of rust resistance from *Aegilops ovata* into bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and molecular characterisation of resistant derivatives. *Euphytica*, 126: 153-159
- Doležel, J. 1991. Flow cytometric analysis of nuclear DNA content in higher plants. *Phytochemical Analysis*, 2: 143-154
- Golovnina, K.A., Glushkov, S.A., Blinov, A.G., Mayorov, V.I., Adkison, L.R., Goncharov, N.P. 2007. Molecular phylogeny of the genus *Triticum* L. *Plant Systematics and Evolution*, 264: 195-216
- IBPGR. 1985. Descriptors for wheat (*Triticum* spp.). International Board for Plant Genetic Resources, Rome: 12 str.
- Kawahara, T. 2009. Molecular phylogeny among *Triticum-Aegilop* species and of the tribe Triticeae. *Breeding Science*, 59: 499-504
- Kocjan Ačko, D. Pira 1999. V: Pozabljene poljščine. Ljubljana, ČZD Kmečki glas: 13-32
- Kocjan Ačko, D. 2004. Pira. Vzpon pridelave v zadnjih letih. Ljubljana, ČZD Kmečki glas: 44 str.
- Kump, B., Javornik, B. 1996. Evaluation of genetic variability among common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) populations by RAPD markers. *Plant Science*, 114: 149-158
- Mandy, G. 1970. New concept of the origin of *Triticum aestivum*. *Acta Agronomica Hungarica*, 19: 413-417
- McFadden, E.S., Sears, E.R. 1946. The origin of *Triticum spelta* and its free-threshing hexaploid relatives. *Journal of Heredity*, 37: 107 - 116
- Pavičević, L. 1975. Diploidne i tetraploidne pšenice u Črnoj Gori i susjednim oblastima. *Acta Biologica*, 217-307

-
- Petersen, G., Seberg, O., Yde, M., Berthelsen, K. 2006. Phylogenetic relationships of *Triticum* and *Aegilops* and evidence for the origin of the A, B, and D genomes of common wheat (*Triticum aestivum*). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 39: 70-82
- Riley, R., Chapman, V., Johnson, R. 1968. Introduction of yellow rust resistance of *Aegilops comosa* into wheat by genetically induced homoeologous recombination. *Nature*, 217: 383-384
- Schneider, A., Linc, G., Molnár, I., Molnár-Láng, M. 2005. Molecular cytogenetic characterization of *Aegilops biuncialis* and its use for the identification of 5 derived wheat – *Aegilops biuncialis* disomic addition lines. *Genome*, 48: 1070-1082
- Sortna lista poljščin, zelenjadnic, sadnih rastlin in trte za leto 2020, Ljubljana, MKGP, UVHVVR: 31 str.
- Sušnik, A., Gregorič, G. 2017. Kmetijska suša v 21. stoletju v Sloveniji. V: Ranljivost Slovenije zaradi suše, 28. Mišičev vodarski dan: 37-44: <http://mvd20.com/LETO2017/R5.pdf>
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., Hawkins Byrne, D. 2006 Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 669-675

Program ekološkega žlahtnjenja sort krompirja na Kmetijskem inštitutu Slovenije v okviru projekta ECOBREED

Peter DOLNIČAR⁷², Eva BLATNIK⁷³ in Vladimir MEGLIČ⁷⁴

Izvleček

Ekološko kmetijstvo je v večini evropskih držav v zadnjem obdobju v vzponu, saj povpraševanje presega ponudbo. Ekološke sorte so razmeroma nov izziv za žlahtnitelje in znanost, saj morajo biti kakovostne, ob primernem pridelku pa morajo imeti še visoko nutritivno vrednost, ustrezen habitus in visoko učinkovitost izrabe rastlinskih hranil, vneseni geni morajo zagotavljati trajno visoko raven odpornosti proti boleznim in škodljivcem. Na Kmetijskem inštitutu Slovenije smo pričeli z žlahtnjenjem ekoloških sort krompirja, odpornih proti Y virusu krompirja in krompirjevi plesni. V ta namen smo prilagodili konvencionalni sistem vzgoje novih sort tako, da od tretjega leta na polju odbira poteka v ekološkem načinu kmetovanja. V okviru projekta ECOBREED smo zbrali kar 20 različnih virov odpornosti proti krompirjevi plesni, ki smo jih uspešno vključili v nova križanja (89 uspešnih kombinacij v letu 2020, od tega 31 z enim *R* genom in 16 z več *R* geni) za ekološke sorte krompirja. Da bi pospešili vzgojo ekoloških sort krompirja, smo v obstoječem konvencionalnem programu žlahtnjenja v letu 2020 iz let križanja 2016 in 2017 pri vseh klonih odbrali tudi gomolje za saditev in odbiro v razmerah ekološkega kmetovanja v letu 2021.

Ključne besede: krompir, ekološko žlahtnjenje, ekološke sorte, *R* geni, krompirjeva plesen

Organic potato breeding programme at the Agricultural Institute of Slovenia within the ECOBREED project

Abstract

Organic farming is on the rise in most European countries recently, as demand exceeds supply. Organic varieties are a relatively new challenge for breeders and science, as they must be of good quality, have a high nutritional value, adequate habitus and high efficiency of plant nutrient utilization, and the introduced genes must provide a permanently high level of resistance to diseases and pests. At the Agricultural Institute of Slovenia breeding of organic potato varieties has been also started, some of them also resistant to Potato Y virus and potato late blight. For this purpose, we have adapted the conventional system of breeding new varieties so that from the third field year the selection takes place in a way of organic farming. As part of the ECOBREED project, we collected as many as 20 different sources of resistance to potato late blight, which were successfully included in new crosses (89 successful combinations in 2020, from that 31 with one *R* gene and 16 with several *R* genes) for organic potato varieties. In order to accelerate the breeding of organic potato varieties, tubers of all clones from the crossing years 2016 and 2017 in the existing conventional breeding program were selected in 2020 for planting and selection in the conditions of organic agriculture in 2021.

Key words: potato, organic breeding, organic varieties, *R* genes, late blight

1 UVOD

Ekološko kmetijstvo je v večini evropskih držav v zadnjem obdobju v vzponu, saj povpraševanje presega ponudbo. Tudi v Sloveniji se kar 70% ekološke hrane vključno z ekološko krmo za potrebe ekološke reje živali uvozi. Glede na višjo dodano vrednost ekoloških pridelkov (tudi zelenjave, poljščin) in predelanih izdelkov ter tudi ekoloških krmnih mešanic,

⁷² Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: peter.dolnicar@kis.si

⁷³ Mag. mol. in funkc. biol., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: eva.blatnik@kis.si

⁷⁴ Izr. prof. dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: vladimir.meglic@kis.si

bi v prihodnje lahko dosegli večji obseg ekološke pridelave. V EU je cilj do leta 2030 doseči najmanj 25% ekološko obdelanih površin. Za doseg takih ciljev je v rastlinski pridelavi odločilen vpliv sortimenta, ki mora biti prilagojen specifikam ekološke pridelave (odpornost oz. tolerantnost na bolezni in škodljivce, hitrejši mladostni razvoj in večja konkurenčnost plevelom, ki so običajno prisotni v večjem številu kot pri konvencionalni pridelavi, kjer se uporabljajo herbicidi, močnejši koreninski sistem za preskrbo s hranili, saj je prepovedano dodajanje lahko topnih mineralnih gnojil).

V skladu z določili Uredbe (EU) 2018/848 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 30. maj 2018 o ekološki pridelavi in označevanju ekoloških proizvodov in razveljavitvi Uredbe Sveta (ES) št. 834/2007 bomo tudi v Sloveniji morali vzpostaviti sistem uradnega ekološkega preizkušanja, tako za namene registracije ekoloških sort in ekološkega heterogenega materiala kot za namene preizkušanja po registraciji sort in heterogenega materiala za primernost za pridelavo v ekološkem kmetijstvu in izdelavo opisnih in priporočenih sortnih list. S tem bomo vzpostavili možnost identifikacije superiornih sort za ekološko kmetijstvo, spodbujanje raziskav s področja ekološke pridelave, ekološkega žlahtnjenja in ekološkega semenarstva in izboljšanje pridelovalnega potenciala ekoloških sistemov.

Ekološke sorte so novost in so se šele začele pojavljati in tudi uveljavljati v praksi v ekološkem kmetijstvu. So razmeroma nov izziv za žlahtnitelje in znanost, saj morajo biti kakovostne, ob primernem pridelku pa morajo imeti še visoko nutritivno vrednost, ustrezen habitus in visoko učinkovitost izrabe rastlinskih hranil, vneseni geni morajo zagotavljati trajno visoko raven odpornosti proti boleznim in škodljivcem. Njihov razvoj je omogočilo več desetletij raziskav na področju rastlinskih genskih virov in genov, ki jih ti posedujejo, genetike in rastlinske fiziologije, v novejšem času pa uporabe najsodobnejših molekularnih tehnik, principov in postopkov prenosa in detekcije genov ter metod odbire, ki žlahtniteljem omogočajo izbor najoptimalnejših genotipov za potrebe ekološkega kmetijstva (De Koeijer in sod., 2011; Simko in sod., 2007).

Konvencionalno žlahtnjenje kmetijskih rastlin je dolgoročen proces. Pri krompirju klasični program vzgoje nove sorte od izbire staršev, križanj do končne odbire običajno traja več kot 10 let (Carputo in sod., 2007). Na Kmetijskem inštitutu Slovenije (KIS) smo s sodobnim konvencionalnim programom žlahtnjenja krompirja pričeli leta 1993 in do sedaj vzgojili 12 novih sort krompirja. Klasični program žlahtnjenja na KIS, ki smo ga doslej že večkrat opisali (Dolničar, 2002; 2006), smo leta 1998 spremenili tako, da smo več poudarka namenili žlahtnjenju na odpornost proti krompirjevi plesni. Glavni vir odpornostnih genov proti PVY v žlahtniteljskem programu na KIS-u so sprva predstavljale nizozemske, nemške, britanske ter madžarske sorte krompirja, ki so ekstremno odpornost prejele od vrst *Solanum stoloniferum* in *Solanum chacoense*. Glavni vir odpornosti proti krompirjevi plesni v žlahtniteljskem programu na KIS-u pa je predstavljala madžarska sorta 'White Lady' z relativno močno odpornostjo, pridobljeno iz vrste *Solanum demissum*. Iz tega dela prihaja tudi prva registrirana sorta odporna proti krompirjevi plesni 'KIS Kokra'. V zadnjem obdobju smo kot vire odpornosti proti krompirjevi plesni vse bolj vključevali sorto 'Sarpö Mira', ki jo odlikuje izjemna odpornost ter nizozemske sorte 'Toluca', 'Carolus' in 'Alouette', ki so nosilke odpornostnih genov iz vrst *Solanum bulbocastanum*, *Solanum chacoense* in *Solanum phureja*. Odbira *R* genov za odpornost proti Y virusu krompirja (PVY) in krompirjevi plesni v zadnjih letih poteka tudi z uporabo molekulskih markerjev (Sedlar in sod., 2019).

S pridobitvijo projekta ECOBREED leta 2018 smo na KIS pridobili možnost vzpostavitve programa žlahtnjenja ekoloških sort krompirja. To nam je omogočila že dosedanja usmerjenost konvencionalnega programa žlahtnjenja krompirja v odpornost na bolezni in škodljivce. Podoben program, ki so ga razvili iz obstoječih konvencionalnih programov žlahtnjenja na

odpornost na krompirjevo plesen, je zadnjih 10 let potekal na Nizozemskem v koordinaciji inštituta Louis Bolk pod imenom Bio Impuls: Organic Potato Breeding (Keijzer, 2019; <http://www.louisbolk.org/sustainable-agriculture/plant-breeding/organic-potato-breeding>).

2 MATERIAL IN METODE DELA

Na Kmetijskem inštitutu Slovenije smo na osnovi konvencionalnega programa žlahtnjenja krompirja pripravili nov postopek žlahtnjenja ekoloških sort krompirja, ki jo tu predstavljamo. V okviru projekta ECOBREED smo zbrali številne nove sorte, nekatere tudi odporne proti krompirjevi plesni (kataloški podatki). Odpornost sort proti krompirjevi plesni smo preskusili v posebnem poskusu v dveh ponovitvah po 8 rastlin, okuževanje po naravni okužbi s krompirjevo plesnijo. Za ocenjevanje smo uporabili skalo po Henflingu (1982).

Izbrane sorte smo vključili v program križanj za vzgojo ekoloških sort. Križanja smo opravili tako, da smo izbrane starševske sorte v marcu 2020 posadili po metodi saditve na opeko v plastenjaku v Infrastrukturnem centru Jablje KIS. Na substrat v loncih smo postavili opeke, nanje pa gomolje, ki smo jih prekrili s plastjo zemlje. Ko so bile rastline visoke 30 cm, smo z vodnim curkom odstranili zemljo. Tako so postali gomolji vidni, nato pa smo sproti odstranili vse novo nastale gomolje. Tako so se asimilati porabljali predvsem za rast in razvoj nadzemnih delov rastline in korenin. Zadostna oskrba z asimilati prepreči odpadanje cvetov in jagod. Tako lahko uporabljamo za križanja tudi sorte, ki sicer na polju ne cvetijo, saj jim zaradi pomanjkanja asimilatov odpadajo cvetovi. Po tej metodi dosežemo do dvomesečno nepretrgano cvetenje rastlin.

Križanja smo opravili tako, da smo na pravkar odprtih cvetovih odstranili prašnike ter nato na brazdo pestiča ročno nanесли cvetni prah druge sorte. Za uspešno oploditev mora biti cvetni prah dovolj vitalen, kar dosežemo s pravilnim dozorevanjem prašnikov. En teden po opravitvi so se že pričele oblikovati prve jagode. Jagode so dozorele do konca avgusta, ko smo jih pobrali. Po maceraciji na sobni temperaturi smo iz jagod izločili pravo seme, ga posušili in shranili v hladilnici za setev v naslednjem letu.

Da bi pospešili program vzgoje ekoloških sort, smo v obstoječem konvencionalnem programu žlahtnjenja v letu 2020 pri križancih iz leta križanja 2016 (tretja generacija na polju) hkrati z odbiro gomoljev s primernimi morfološkimi lastnostmi za konvencionalni program pri vseh klonih na polju odbrali tudi po 10 gomoljev za ekološki program žlahtnjenja. Podobno smo tudi pri križancih iz leta križanja 2017 (druga generacija na polju) na polju hkrati z odbiro gomoljev s primernimi morfološkimi lastnostmi za konvencionalni program pri vseh klonih odbrali tudi po 10 gomoljev za ekološki program žlahtnjenja. Vse klone iz let križanj 2016 in 2017 bomo v letu 2021 sadili tako v konvencionalnem kot tudi ekološkem sistemu pridelovanja.

Pri vseh klonih iz leta 2016 (potomstvih križanja), pri katerih je vsaj eden od staršev nosilec *R* genov za odpornost proti krompirjevi plesni, smo odbrali tudi po 2 gomolja za določevanje odpornosti proti krompirjevi plesni na polju in 2 gomolja za določevanje prisotnosti *R* genov. Pri klonih iz leta križanja 2017, smo na delu potomstva že opravili določevanje prisotnosti *R* genov z molekulskimi markerji, zato so bili tu vsi odbrani kloni že odporni na krompirjevo plesen. Pri preostalih klonih smo prav tako pobrali po 2 gomolja za določevanje prisotnosti *R* genov z molekulskimi markerji. Pri vseh klonih smo odbrali po 2 gomolja za poskus določevanja odpornosti proti krompirjevi plesni na polju v letu 2021.

Pri križanjih iz leta 2016 in 2017 smo vnašali *R* gene navedene v preglednici 1.

Preglednica 1: Pregled vnesenih R genov v križanjih v letih 2016 in 2017 ter pripadajoči molekularni markerji

Patogen	Odpornostni geni	Molekularni marker
<i>P. infestans</i>	<i>R8</i>	R8-UTR
		R8-CDS
	<i>Rpi-vnt1.3</i>	Phu6
	<i>Rpi-vnt1.1</i>	LK69/70
	<i>Rpi-chc1</i>	MN586/587
PVY	<i>Ry-sto</i>	SCAR Rysto4
	<i>Ry-chc</i>	Ry186

(Sedlar in sod., 2019)

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Postopek žlahtnjenja ekoloških sort krompirja na KIS

Za program ekološkega žlahtnjenja krompirja smo prilagodili shemo konvencionalnega žlahtnjenja na KIS in zajema naslednje postopke:

- izbira staršev (zaželeno je, da je vsaj eden od staršev odporen proti krompirjevi plesni, razen če so starševske sorte zelo zgodnje, obvezno mora biti vsaj eden od staršev ekstremno odporen proti PVY),
- križanja v prvem letu v plastenjaku na opeki,
- vzgoja sejancev v plastenjaku v loncih v drugem letu (odbira po en gomolj na genotip)
- vzgoja križancev prvo leto na polju po ena rastlina na genotip – konvencionalno (odbiramo po 4 gomolje),
- vzgoja križancev drugo leto na polju štiri rastline na genotip – konvencionalno (odbiramo po 10 gomoljev),
- vzgoja križancev tretje leto na polju deset rastlin na genotip – ekološko (odbiramo po 10 gomoljev),
- vzgoja križancev četrto leto na polju deset rastlin na genotip – ekološko (odbiramo po 10 gomoljev),
- vzgoja križancev od petega do osmega leta na polju – ekološko,
- preizkušanje križancev v predizbiri - ekološko,
- registracija ekoloških sort krompirja.

Postopek odbire obsega več vzporednih metod, ki so odvisne od ciljev žlahtnjenja:

- odbiro genotipov, odpornih proti virusom,
- odbiro kvalitativno dedovanih lastnosti (oblika gomoljev, globina očes, barva kože in mesa, dolžina stolonov, habitus, ...),
- odbiro kvantitativno dedovanih lastnosti (pridelek, število gomoljev, ...),
- ocena bujnosti krompirjeve in tekmovalnosti s plevi,
- spremljanje in določevanje občutljivosti na krompirjevo plesen in črno listno pegavost,
- preizkus jedilne kakovosti,
- opis klonov.

V postopek odbire smo vključili tudi nove lastnosti pomembne za ekološke sorte, kot je habitus rastline oz. njeno pokrovnost, da bi čim boljše tekmoval s pleveli.

3.2 Križanja za namen vzgoje ekoloških sort v letu 2020

V letu 2020 smo zbrali 20 sort odpornih proti krompirjevi plesni, ki smo jih pričeli uporabljati v križanjih. Preskusili smo njihovo odpornost v naših rastnih razmerah, rezultati preskušanja so predstavljeni v preglednici 2.

Preglednica 2: Preskušanje odpornosti sort na krompirjevo plesen v Jabljah v letu 2020 (ocena po Henflingu 1982).

Sorta	Zgodnost	Odpornost proti krompirjevi plesni (1 občutljiva, 9 odporna)
Gardena	zgodnja	9
Twinner	zgodnja	9
Alouette	srednje pozna	9
Cammeo	srednje pozna	9
Caprice	srednje pozna	9
Carolus	srednje pozna	9
Delila	srednje pozna	9
Kelly	srednje pozna	9
KIS Kokra	srednje pozna	9
Sarpo Shona	srednje pozna	9
Tajfun	srednje pozna	9
Tinca	srednje pozna	9
Twister	srednje pozna	9
Yona	srednje pozna	9
Levante	srednje pozna	8,5
Nofy	srednje pozna	8,5
12-LHI-6	pozna	9
Bionta	pozna	9
Otolia	pozna	9
Sarpo Mira	pozna	9

Za križanja smo na opeko v letu 2020 posadili 186 rastlin 90-tih sort in klonov:

- 51 rastlin 17 sort odpornih proti krompirjevi plesni (nosilke R genov)
- 35 rastlin 17 starševskih sort ekstremno odpornih proti PVY (nosilke R genov)

Opravljenih je bilo več sto kombinacij križanj, od tega uspešnih 89 različnih križanj, izmed njih:

- 31 kombinacij odpornih proti krompirjevi plesni in PVY z vnesenim enim R genom (namen vzgoja novih sort)
- 16 kombinacij z vsaj dvema različnima vnesenima R genoma (možnost kopičenja R genov).

Skupno smo uspeli pridobiti 569 semenskih jagod.

3.3 Odbira na polju v letu 2020

Da bi pospešili program vzgoje ekoloških sort, smo v obstoječem konvencionalnem programu žlahtnjenja v letu 2020 z odbiro gomoljev s primernimi morfološki lastnostmi odbrali pri križancih iz leta križanja 2016 54 klonov za nadaljnjo odbiro v ekološkem sistemu pridelovanja. Pri križancih iz leta 2017, pri katerih še nismo določevali *R* genov, smo za nadaljnjo odbiro odbrali 217 klonov s primernimi morfološki lastnostmi. Pri križancih, pri katerih smo z molekulskimi markerji že določali prisotnost *R* genov (Sedlar in sod., 2019), smo v letu 2020 odbrali 95 klonov s primernimi morfološki lastnostmi. Podrobnosti po kombinacijah križanja so podane v preglednicah 3 in 4.

Preglednica 3: Pregled odbire klonov iz leta križanja 2017 glede na prisotnost *R* genov pri kombinaciji 'Carolus' × 'Sarpo Mira'

Carolus × Sarpo Mira			Število odbranih klonov
R8	Rpi-Chc1	RyChc	
+	+	+	6
+	+	-	5
+	-	+	6
-	+	+	11
Skupaj število odbranih klonov			28

Preglednica 4: Pregled odbire klonov iz leta križanja 2017 glede na prisotnost *R* genov pri drugih kombinacijah s 'Carolusom' in 'Sarpo Miro'

Križanja s Sarpo Miro				Toluca	KIS 13-268/256	Alouette	White Lady	KIS Savinja	
R8	Rpi-Blb2	RyChc	RySto	Število odbranih klonov					
+	+	+	-	2					
+	+	-	-						
+	-	+	+	2					
+	-	+	-						
+	-	-	+	2					
Skupaj število odbranih klonov				2	6	2	4	2	
Križanja s Carolusom				White Lady	KIS Kokra	KIS 09-184/223-1	KIS 09-216/66-2	KIS 07-136/164-11	KIS Savinja
	Rpi-Chc1	RyChc	RySto	Število odbranih klonov					
	+	-	+	10					
	+	-	n.d.						
Skupaj število odbranih klonov				10	4	23	7	4	3

S križanji smo uspešno združili nove kombinacije genov:

- R8 in RyChc sorte 'Sarpo Mira' z Rpi-Chc1 sorte 'Carolus'
- R8 sorte 'Sarpo Mira' in Rpi-BLB2 sorte 'Toluca'
- R8 ter Ry Chc in Ry Sto
- Odpornosti proti plesni iz sorte 'Carolus' smo dodali odpornost proti PVY.

Kopičenje dveh ali več različnih genov različnega izvora z različnim načinom delovanja proti enem patogenu nam omogoča, da bo odpornost trajnejša. Posebej je to pomembno pri krompirjevi plesni, pri kateri se je v preteklosti že večkrat izkazalo, da je prešla odpornost iz vrste *Solanum demissum*, ki so jo vnesli v sorte krompirja (Simko in sod., 2007).

4 SKLEPI

Ekološke sorte so novost in so se šele začele pojavljati in tudi uveljavljati v praksi v ekološkem kmetijstvu. Na KIS smo pričeli z žlahtnjenjem ekoloških sort krompirja. V ta namen smo prilagodili konvencionalni sistem vzgoje novih sort tako, da od tretjega leta na polju odbira poteka v sistemu ekološkega kmetijstva. Ob koncu odbire bodo perspektivni kloni uvrščeni v poskuse za registracijo ekoloških sort. V postopek odbire smo vključili tudi nove lastnosti pomembne za ekološke sorte kot je habitus rastline oz njeno pokrovnost, da bi čim bolje tekmoval s pleveli.

V okviru projekta ECOBREED smo zbrali kar 20 različnih virov odpornosti proti krompirjevi plesni, ki smo jih uspešno vključili v nova križanja za ekološke sorte krompirja.

Da bi pospešili program vzgoje ekoloških sort krompirja smo v obstoječem konvencionalnem programu žlahtnjenja v letu 2020 iz let križanja 2016 in 2017 pri vseh klonih odbrali tudi gomolje za saditev in odbiro v letu 2021 v razmerah ekološkega kmetijstva.

Zahvala. Raziskava je financirana s strani European Union's Horizon 2020, ECOBREED grant No. 771367.

5 LITERATURA

- Carputo, D., Frusciante, L. 2007. Classical genetics and traditional breeding. V: Bradeen JM, Kole C (ur) Genetics, genomics and breeding of potato. CRC Press, Science Publishers, Enfield, New Hampshire: str. 20–40
- De Koeijer, D., Chen, H., Gustafson, V. 2011. Mol Breeding, for potato improvement. V: Bradeen JM, Kole C (ur) Genetics, genomics and breeding of potato. CRC Press, Science Publishers, Enfield, New Hampshire: str. 41–67
- Dolničar, P. 2002. Bodoče nove slovenske sorte krompirja, vzgojene na Kmetijskem inštitutu Slovenije. V: TAJNŠEK, Anton (ur.), ŠANTAVEC, Igor (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu 2002, zbornik simpozija, Zreče, 5. in 6. december 2002, Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, str. 143-147
- Dolničar, P. (2006). Nove slovenske sorte krompirja. V: TAJNŠEK, Anton (ur.), ŠANTAVEC, Igor (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu 2006 : zbornik simpozija, Ljubljana, str. 256-259
- Henfling, J.W. Field screening procedures to evaluate resistance to late blight. CIP Technology Evaluation Series No. 1982-5, 1982.
- <http://www.louisbolck.org/sustainable-agriculture/plant-breeding/organic-potato-breeding>
- Keijzer P, osebni pogovor na predstavitvi na sejmu Bifach 2019 v Nürnbergu
- Sedlar, A., Dolničar, P., Meglič, V. 2019. Selekcija z molekulskimi markerji za odpornost proti boleznim pri žlahtnjenju krompirja = Marker-assisted selection for disease resistance in potato breeding. V: ČEH, Barbara (ur.), in dr. Novi izzivi v agronomiji 2019, zbornik simpozija, Laško, 31. januar in 1. februar 2019. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. str. 112-117
- Simko, I., Jansky, S., Stephenson, S., Spooner, D. 2007. Genetics of resistance to pests and disease. V: Vreugdenhil D, Bradshaw J, Gebhard C, Govers F, MacKerron DKL, Taylor MA, Ross HA (ur) Potato biology and biotechnology (Advances and perspectives), Elsevier: str. 117–156

Zasnova modela za določanje ogroženosti registriranih lokalnih sort

Kristina UGRINOVIC⁷⁵ in Janko VERBIČ⁷⁶

Izvleček

Ukrepe evropske kmetijske politike katerih namen je ohranjanje raznolikosti v kmetijski pridelavi je v svoje predpise in politike vnesla tudi Slovenija, a jih bo potrebno v prihodnje še okrepiti, njihovo izvajanje pa podpreti s podlagami za ugotavljanje ogroženosti posameznih rastlinskih vrst in sort. V podporo slednjemu je bil pripravljen predlog modela za določanje ogroženosti registriranih lokalnih sort s pomočjo katerega je na podlagi (1) botaničnih značilnosti posameznih vrst kmetijskih rastlin in sort, (2) dostopnih podatkov o obsegu pridelave posameznih vrst, (3) podatkov o številu sort, ki so pri posamezni vrsti prisotne na trgu, (4) števila vzdrževalcev določene sorte ter (5) količin pridelanega semenskega oz. razmnoževalnega materiala izračunana ogroženost posameznih vrst in sort. Da bo model tudi operativno uporaben bo potrebno nekatere v predpisih že predvidene evidence tudi vzpostaviti oz. nekatere že vzpostavljene evidence prilagoditi tako, da bodo podatki uporabni tudi za oceno ogroženosti sort. Prav tako je potrebno v modelu uporabljene ocenjevalne lestvice posameznih kazalnikov ter izračune ocen širše uskladiti. Preliminarni izračuni kažejo, da je ogroženost vrst poljščin in zelenjadnic v povprečju večja kot ogroženost sadnih rastlin in vinske trte ter da so med sortami posamezne vrste razlike lahko zelo velike.

Ključne besede: kmetijske rastline, ohranjanje raznolikosti, ocena ogroženosti, kmetijska politika

Establishment of the model for determining the endangerment of registered local varieties

Abstract

Measures of European agricultural policy aimed at preserving diversity in agricultural production have been introduced in regulations and policies of Slovenia, but they need to be further strengthened in the future and their implementation supported with bases for determining the endangerment of individual plant species and varieties. In support of the latter, a proposal of a model for determining the endangerment of registered local varieties was prepared. The model uses (1) the botanical characteristics of individual species of agricultural plants and varieties, (2) the available data on the volume of production of individual species, (3) the data on the number of varieties present on the market for each species, (4) the number of maintainers of certain variety and (5) the quantities of seed or propagating material produced to calculate the endangerment of individual species and varieties. In order for the model to be operational, it is necessary to establish some of the records already foreseen in the regulations and adapt some records already kept so that the data will also be useful for assessing the endangerment of varieties. The assessment scales of individual indicators used in the model and the calculations of assessments also need to be wider harmonised. Preliminary calculations show that the endangerment of field and vegetable crops is on average higher than the endangerment of fruit plants and vines, and the differences between varieties of an individual species can be very large.

Key words: agricultural plants, conservation of diversity, threat assessment, agricultural policy

1 UVOD

Zaradi opuščanja pridelave manj rodni vrst in sort kmetijskih rastlin so številne stare sorte izgubljene, redke so v omejenem obsegu še prisotne v pridelavi, nekatere pa so shranjene le še v genskih bankah. Zaradi množičnega opuščanja pridelave starejših populacij in sort prihaja do izgube genske raznovrstnosti med populacijami ali sortami iste vrste t.j. do "genske erozije".

⁷⁵ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: kristina.ugrinovic@kis.si

⁷⁶ Univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: janko.verbic@kis.si

Na mednarodni ravni so bila oblikovana številna priporočila, s katerimi se želi stare sorte ohraniti oz. jih ponovno vrniti v pridelavo. Ukrepe katerih namen je zaščita rastlinskih genskih virov in preprečitev genske erozije je v svoje predpise in politike vnesla tudi Slovenija. Ukrepe za ohranjanje raznolikosti v kmetijski pridelavi bo potrebno v prihodnje še okrepiti, njihovo izvajanje pa podpreti s podlagami za ugotavljanje ogroženosti posameznih rastlinskih vrst in sort.

V okviru projekta *»Ogroženost lokalnih sort zaradi genske erozije in njihova vrednost za pridelavo in uporabo«* Ciljnega raziskovalnega programa *»Zagotovimo si hrano za jutri«* smo zasnovali predlog modela za določanje ogroženosti registriranih lokalnih sort katerega ocene ogroženosti bo mogoče uporabiti kot podlago za izvajanje ukrepov kmetijske politike na področju ohranjanja raznolikosti v pridelavi kmetijski rastlin, ki bodo vključevali tudi podpore pridelavi ogroženih vrst in sort. S pomočjo modela smo pripravili tudi preliminarne ocene ogroženosti nekaterih vrst in sort.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Zasnova modela za določanje ogroženosti lokalnih sort je potekala v dveh sklopih. Prvi je zajemal oblikovanje kriterijev in kazalnikov zanje ter zasnovo modela za izračun ogroženosti sort, drugi pa zbiranje potrebnih podatkov za pripravo ocen ogroženosti sort.

2.1 Izhodišča za zasnovo modela

Pri zasnovi modela smo se držali načela, da mora omogočati enostavno in sprotno oceno ogroženosti registriranih lokalnih sort. Model je zasnovan v dveh stopnjah, v prvi je ocenjena ogroženost vrste, ki ji sorta pripada, v drugi stopnji pa ogroženost posamezne sorte. Model smo zasnovali kot datoteko v programu Excel. Osnovna izhodišča modela so:

- (1) V obravnavo so vključene le registrirane sorte (in tudi le vrste, ki jim le-te pripadajo), torej sorte, ki so vpisane v Sortno listo Slovenije. Nabor vrst in sort, ki so bile vključene v obravnavo, smo črpali iz spletnega portala Sortna lista (UVHVVR, 2019 a) in izpisa sort, ki ustrezajo kriterijem za lokalne sorte⁷⁷, ki jih je v sodelovanju s strokovnimi inštitucijami oblikovalo MKGP. Izpis lokalnih sort, ki so bile v Sortno listo Slovenije vpisane v letu 2018, so nam pripravili na UVHVVR v Oddelku za rastlinski semenski material).
- (2) Kriteriji in kazalniki za določanje ogroženosti so za vse rastlinske vrste enaki, da je mogoča neposredna primerjava med vrstami.
- (3) Kazalniki znotraj posameznega kriterija temeljijo na dostopnih vhodnih podatkih.
- (4) Model omogoča posodobitve in dopolnitve in s tem prilagodi potrebam naročnika.
- (5) Model omogoča časovno spremljanje ogroženosti vrst in sort.

2.2 Kriteriji in kazalniki za določanje ogroženosti in viri podatkov

Skladno z zasnovo modela, smo posebej določili kriterije za določanje ogroženosti vrst in kriterije za določanje ogroženosti sort. Za vsakega od kriterijev smo določili kazalnike (elemente ocenjevanja znotraj posameznega kriterija), ki smo jih prilagodili glede na dostopnost podatkov pri čemer so vključeni tudi podatki, ki bi glede na veljavne predpise morali biti na voljo, pa nekateri trenutno žal niso. Za vsak kazalnik smo določili večstopenjsko

⁷⁷ Lokalna sorta (1) je bila razvita ali udomačena v RS, (2) je vpisana v Sortno listo RS, (3) se jo vzdržuje v Sloveniji in (4) ni zavarovana.

številsko ocenjevalno lestvico, pri čemer smo se držali pravila, da najnižja ocena pomeni stopnjo, ki pomeni največjo ogroženost posamezne vrste oz. sorte.

Kriteriji in kazalniki za določanje ogroženosti vrste. Pri določanju ogroženosti vrste smo se odločili za dva kriterija, t.j. za botanično ogroženost in tržno ogroženost.

Botanična ogroženost vrste se s časom ne spreminja. Podatke za kazalnike, ki se nanašajo na botanične značilnosti posameznih vrst (življenjska doba, način razmnoževanja, skladiščna sposobnost semena oz. razmnoževalnega materiala, množitveni faktor, težavnost pridelave semena oz. razmnoževalnega materiala) smo zbirali bodisi iz strokovne literature bodisi preko neposredne komunikacije s strokovnjaki, ki pokrivajo posamezne vrste kmetijskih rastlin. Težavnost pridelave semena oz. razmnoževalnega materiala smo ocenili na podlagi upoštevanja občutljivosti za škodljive organizme, zahtev glede ekoloških pogojev, dormantnosti semena, potrebe po skladiščenju semen pri dvoletnih rastlinah, potrebe po vzgoji sadik. Kazalnike, ki ocenjujejo botanično ogroženost, smo zastavili tako, da k ogroženosti najbolj prispeva življenjska doba rastlin posamezne vrste – trajnice so manj ogrožene kot npr. enoletnice, vsi ostali kazalniki za ocenjevanje botanične ogroženosti pa le kažejo na razlike med samimi enoletnicami, dvoletnicami, zeljnatimi trajnicami in trajnicami.

Tržna ogroženost vrste se s časom spreminja. Ocenili smo jo s kazalniki o obsegu pridelave posamezne vrste v Sloveniji, številom sort posamezne vrste v Skupnem katalogu sort EU in s številom lokalnih sort posamezne vrste vpisanih v Sortno listo Slovenije. Podatke o obsegu pridelave posameznih skupin in nekaterih vrst kmetijskih rastlin smo pridobili preko spletnega podatkovnega portala SiStat (SURS, 2019). Za vrste, za katere je podatek o obsegu pridelave zajet kot združen podatek za več vrst kmetijskih rastlin skupaj (npr. krmne korenovke zajemajo podatke o pridelavi krmne pese, podzemne kolerabe in krmnega korenja), smo delež posamezne vrste znotraj te skupine ocenili. Pri poljščinah in zelenjadnicah smo pri oceni obsega pridelave uporabili podatke o pridelovalni površini, pri sadnih rastlinah in vinski trti pa podatke o številu dreves oz. trsov, saj je za ekstenzivne sadovnjake na voljo le ta podatek. Ker je pri oljki na voljo le podatek o pridelovalni površini, smo uporabili tega. Podatke o številu lokalnih sort, ki so pri posamezni vrsti vpisane v Sortno listo Slovenije, smo pridobili preko spletnega portala Sortna lista (UVHVVR, 2019 a). Podatke o številu sort, ki so pri posamezni vrsti vpisane v Skupni katalog sort EU, smo pridobili na spletnem portalu EU Plant reproductive material (EC, 2019 c). Za sorte poljščin in zelenjadnic iz spletnih zbirk podatkov EU Plant variety database Agricultural plant species in Vegetable species (EC, 2019 b), za sadne rastline iz informacijskega sistema Fruit Reproductive Material Information System (FRUMATIS, 2019) in za vinsko trto iz EU sortne liste vinske trte (EC, 2019 a).

Kriteriji in kazalniki za ocenjevanje ogroženosti vrst s pripadajočimi lestvicami ter viri podatkov za posamezne kazalnike so prikazani v preglednici 1.

Kriteriji in kazalniki za določanje ogroženosti sorte. Za določanje ogroženosti posameznih lokalnih sort smo izbrali tri kriterije in sicer ogroženost vrste, ki ji sorta pripada, botanična ogroženost sorte in tržna ogroženost sorte.

Ogroženost vrste, ki jih sorta pripada, je neposredno prenesena ocena pridobljena v prvi stopnji modela in se s časom spreminja.

Botanična ogroženost sorte je ocenjena preko kazalnika težavnost pridelave semena oz. razmnoževalnega materiala posamezne sorte, ki se s časom ne spreminja in vrednoti relativne razlike med sortami posamezne vrste (npr. hibrid ali prosto oprašena sorta, partenokarpnost...). Podatke za ta kazalnike smo zbirali bodisi iz strokovne literature bodisi preko neposredne

komunikacije s strokovnjaki, ki pokrivajo posamezne vrste kmetijskih rastlin. Žal so podatki precej nepopolni in bi jih bilo potrebno še dopolniti.

Tržna ogroženost sorte se s časom spreminja. Ocenjena je s kazalniki o številu vzdrževalcev sorte v Skupnem katalogu sort EU, številom vzdrževalcev sorte v Sortni listi Slovenije, obsegom pridelave semena oz. razmnoževalnega materiala in trendom obsega pridelave semena ter pri sadnih rastlinah in vinski trti tudi z obsegom pridelave in trendom obsega pridelave). Podatke o številu držav z vzdrževalci sorte v EU smo pridobili na spletnem portalu EU Plant reproductive material (EC, 2019 c) v istih virih kot podatke o številu sort, ki so vpisane v Skupni katalog sort EU. Informacije o točnem številu vzdrževalcev posamezne sorte v navedenih virih niso vedno na voljo, zato smo kot kazalnik izbrali število držav z vzdrževalci sorte. Podatek o številu vzdrževalcev sorte v Sloveniji smo pridobili preko spletnega portala Sortna lista (UVHVVR, 2019 a). Podatke o obsegu pridelave semena oz. razmnoževalnega materiala smo za uradno potrjene semenske posevke sort poljščin in zelenjadnic ter za uradno potrjen (certificiran) razmnoževalni material posameznih sort vinske trte in sadnih rastlin pridobili od Službe za uradno potrjevanje (v nadaljevanju SUP). Del teh podatkov je dostopen tudi na spletni strani Uprave za varno hrano, veterino in varstvo rastlin (v nadaljevanju UVHVVR) (UVHVVR, 2019 b). Podatke o pridelavi standardnega razmnoževalnega oz. sadilnega materiala zelenjadnic (predvsem česen) in sadik sadnih rastlin in vinske trte smo pridobili od inšpekcije UVHVVR (t.j. IVHVVR). Žal se je izkazalo, da so ti podatki za naš namen le omejeno uporabni, saj pri sadnih rastlinah zelo pogosto manjka podatek o sorti, pri vinski trti pa je posamezna sorta navedena z zelo različnimi imeni. Načrtovali smo, da bomo pri poljščinah in zelenjadnicah od UVHVVR pridobili tudi podatke o pridelavi semena ohranjevalnih sort in količini semena ohranjevalnih in vrtičarskih sort, ki so dane na trg saj Pravilnik o pridelavi in trženju semena ohranjevalnih sort in sort, razvitih za pridelavo v posebnih pogojih (UL RS št. 107/10 in 18/14) predpisuje, da morajo pridelovalci in dobavitelji te količine javiti UVHVVR, a jih, kljub pozivom, vsi ne javljajo. Trend količine pridelanega semenskega oz. razmnoževalnega materiala smo ocenili s pomočjo 10-letnega niza podatkov. Za sadne rastline in vinske trte so v Registru kmetijskih gospodarstev na voljo tudi podatki o obsegu pridelave posameznih sort. Ker za ostale skupine kmetijskih rastlin ti podatki niso na voljo, jih v tej fazi razvoja modela nismo vključili.

Kriteriji in kazalniki za ocenjevanje ogroženosti sort s pripadajočimi lestvicami ter viri podatkov za posamezne kazalnike so prikazani v preglednici 2.

2.3 Izračun ocene ogroženosti vrste in sorte

Vrednosti posameznih kazalnikov smo pretvorili v števila v skladu z ocenjevalno lestvico (preglednici 1 in 2). Način izračuna ocen ogroženosti vrst in sort še ni dokončno določen, saj menimo, da ga je potrebno uskladiti širše in predvsem glede na namen za katerega bodo ocene uporabljene. Za potrebe preliminarne ocene ogroženosti vrst kot tudi ogroženosti sort smo se odločili, da ogroženost prikažemo z ocenami od 1 do 4 pri čemer 1 pomeni najvišjo stopnjo ogroženosti. Posamezna ocena ogroženosti vrste je v skladu z lestvico preračunana iz seštevka ocen botanične in tržne ogroženosti vrste, ti dve pa sta v skladu vsaka s svojo lestvico preračunana iz seštevka vrednosti pripadajočih kazalnikov. Posamezna ocena ogroženosti sorte je v skladu z lestvico preračunana iz seštevka vrednosti vseh kazalnikov. Uporabljene lestvice zaradi omejitve prostora in zato, ker jih je, tako kot način izračuna ocen, potrebno dokončno uskladiti, v tem prispevku niso prikazane.

Preglednica 1: Kriteriji in kazalniki za ocenjevanje ogroženosti vrst s pripadajočimi ocenjevalnimi lestvicami ter viri podatkov za kazalnike

Kriteriji/kazalniki	Viri podatkov
BOTANIČNA OGROŽENOST VRSTE	
Življenjska doba 1 enoletnice 2 dvoletnice 4 zelnate trajnice/večletnice 20 lesnate trajnice - sadne rastline 25 lesnate trajnice - vinska trta 30 lesnate trajnice - oljka	strokovna literatura strokovnjaki za posamezne kmetijske rastline
Način razmnoževanja 1 vegetativno 2 seme, tujeprašnica 3 seme, samoprašnica	strokovna literatura strokovnjaki za posamezne kmetijske rastline
Sposobnost skladiščenja semena oz. razmnoževalnega materiala 1 zelo slaba (do 1 leto) 2 slaba (do 3 leta) 3 srednja (3 do 6 let) 4 dobra (nad 6 let)	strokovna literatura strokovnjaki za posamezne kmetijske rastline
Množitveni faktor 1 zelo majhen (do 10) 2 majhen (10 do 100) 3 srednji (100 do 1000) 4 zelo velik (nad 1000)	strokovna literatura strokovnjaki za posamezne kmetijske rastline
Težavnost pridelave semena oz. razmnoževalnega materiala 1 težavno 2 srednje 3 enostavno	strokovna literatura strokovnjaki za posamezne kmetijske rastline
TRŽNA OGROŽENOST VRSTE	
Obseg pridelave v Sloveniji (% vrste v skupini kmetijskih rastlin) 1 majhen (do 2%) 2 srednji (2-5%) 3 velik (5%-10%) 4 zelo velik (nad 10%)	spletni podatkovni portal SiStat (SURS, 2019) poljščine in zelenjadnice - pridelovalne površine sadne rastline in vinska trta – št. dreves oz. trstov (za ekstenzivne na voljo le št.) oljka – površina (na voljo le ta podatek)
Število sort v Skupnem katalogu sort EU 1 zelo majhno (do 10) 2 majhno (11-100) 3 srednje (101-500) 4 veliko (501-1000) 5 zelo veliko (nad 1000)	spletni portal Evropske komisije Plant reproductive material (EC, 2019 c) poljščine in zelenjadnice – EU Plant variety database (EC, 2019 b) sadne rastline – FRUMATIS (2019) vinska trta - EU list of varieties of vine propagation material (EC, 2019 a)
Število lokalnih sort v Sortni listi RS 1 zelo majhno (do 5) 2 majhno (5 do 10) 3 srednje (10 do 20) 4 zelo veliko (nad 20)	spletni portal Sortna lista (UVHVVR, 2019 a)

Preglednica 2: Kriteriji in kazalniki za ocenjevanje ogroženosti lokalnih sort s pripadajočimi ocenjevalnimi lestvicami ter viri podatkov za kazalnike

OGROŽENOST VRSTE 1 zelo ogrožena 2 ogrožena 3 srednje ogrožena 4 malo ogrožena ali ni ogrožena	Prenos ocene znotraj modela
BOTANIČNA OGROŽENOST SORTE	
Težavnost pridelave semena/razmnoževalnega materiala 1 težavnejše 2 povprečno 3 enostavnejše	strokovna literatura strokovnjaki za posamezne kmetijske rastline vzdrževalci
TRŽNA OGROŽENOST SORTE	
Število držav z vzdrževalci v Skupnem katalogu sort EU 1 majhno (1) 2 srednje (2 do 4) 3 veliko nad (nad 4)	spletni portal Evropske komisije Plant reproductive material (EC, 2019 c) poljščine in zelenjadnice – EU Plant variety database (EC, 2019 b) sadne rastline – FRUMATIS (2019) vinska trta - EU list of varieties of vine propagation material (EC, 2019 a)
Število vzdrževalcev v Sortni listi Slovenije 1 majhno (1) 2 srednje (2) 3 veliko nad (nad 2)	spletni portal Sortna lista (UVHVVR, 2019 a)
Količina pridelanega semena/razmnoževalnega materiala 0 ga ni 1 zelo majhno 2 majhno 3 srednje 4 veliko 5 zelo veliko	uradno potrjeno seme/razmnoževalni material vse vrste SUP in spletna stran UVHVVR (2019 b) standardno seme/razmnoževalni material sadne rastline evidence IVHVVR – nepopolni podatki vinska trta evidence IVHVVR poljščine - ohranjevalne sorte – ni podatkov zelenjadnice – ni podatkov
Trend količine pridelanega semena/razmnoževalnega materiala 1 močno padajoč 2 padajoč 3 stacionaren 4 naraščajoč 5 močno naraščajoč	niz 10-letnih podatkov o količini pridelanega semena/razmnoževalnega materiala viri enaki kot zgoraj

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Zbrali smo podatke za skupaj 55 vrst oz. pri 4 od teh vrst tudi za podskupine znotraj vrste (npr. nizek in visok fižol), tako da smo skupaj obravnavali 60 vrst oz. njihovih podskupin. Nadalje

smo zbrali podatke za 300 sort, od tega za 54 sort poljščin, 108 sort zelenjadnic, 119 sort sadnih rastlin in 19 sort vinske trte.

3.1 Preliminarna ocena ogroženosti vrst

V skladu s predpostavkami modela preliminarni izračuni ogroženosti na nivoju vrste kažejo, da so zaradi svojih botaničnih lastnosti enoletnice veliko bolj ogrožene od trajnic. Poljščine in zelenjadnice so torej bolj ogrožene kot sadne rastline in vinska trta. Med trajnicami so tiste, pri katerih na posamezno rastlino dobimo manj razmnoževalnega materiala, bolj ogrožene od tistih s katerih pridobimo več razmnoževalnega materiala. Med enoletnicami so daleč najbolj ogrožene tiste, ki se razmnožujejo vegetativno (npr. česen). Tržna ogroženost posameznih vrst znotraj skupin kmetijskih rastlin je zelo različna. Z vidika razširjenosti v pridelavi so najmanj ogrožene vrste pšenica, koruza, solata in vinska trta, najbolj pa tatarska ajda, riček in proso. Skupna ogroženost vrst poljščin in zelenjadnic je v povprečju večja kot ogroženost sadnih rastlin in vinske trte.

3.2 Preliminarna ocena ogroženosti sort

Preliminarno oceno ogroženosti sort smo lahko pripravili le za sorte vinske trte. Pri vseh ostalih vrstah zaradi pomanjkljivih podatkov o obsegu pridelave standardnega semena oz. razmnoževalnega materiala ogroženosti posameznih sort trenutno ni mogoče celovito oceniti. Izračuni za vinsko trto kažejo, da so med sortami posamezne vrste razlike lahko zelo velike, kar je predvsem posledica obsega pridelave. Primer izračunov za trto kaže tudi, da so lahko visoko ogrožene tudi sorte vrst, ki sicer kot vrste niso ogrožene – zaradi zelo majhnega obsega pridelave posamezne sorte znotraj vrste oz. skupine in zaradi velikega števila ostalih sort je namreč verjetnost, da se pridelavo določene sorte opusti, velika. Menimo, da bo v posameznih primerih smiselno dopustiti svobodnejšo, a strokovno utemeljeno oceno ogroženosti.

4 SKLEPI

Menimo, da je predstavljeni model primerno orodje za določanje ogroženosti sort za potrebe izvajanja ukrepov kmetijske politike na področju ohranjanja raznolikosti v pridelavi kmetijskih rastlin. Vsekakor bo vsakokratne izračune modela potrebno kritično presoditi in sezname vrst in sort za izvajanje ukrepov kmetijske politike oblikovati na podlagi strokovnih argumentov, za to pa bi bilo potrebno ustanoviti ustrezno komisijo.

Da bo model za izračun stopnje ogroženosti operativno uporaben in bo lahko služil svojemu namenu bo potrebno:

- Urediti evidence a) o pridelavi ohranjevalnih sort in količini semena ohranjevalnih in vrtičarskih sort, ki je dana na trg in o b) razmnoževalnem materialu sadnih rastlin tako, da bo mogoče podatke uporabiti tudi za oceno ogroženosti lokalnih sort.
- Dokončno uskladiti ocenjevalne lestvice posameznih kazalnikov in po potrebi prilagoditi formule za izračun stopnje ogroženosti posameznih vrst in sort.
- Pripraviti opis modela in navodila za uporabo.
- Izvajati redne posodobitve in dopolnitve modela (vključevanje novih vrst in sort, osveževanje časovno spremenljivih podatkov).

Zahvala. Vzpostavitev opisanega modela je bila financirana v okviru projekta Ciljno raziskovalnega programa »Zagotovimo si hrano za jutri« V4-1618 z naslovom "*Ogroženost lokalnih sort zaradi genske erozije in njihova vrednost za pridelavo in uporabo*" (pogodba št. 2330-16-000188).

5 LITERATURA

- EC. 2019 a. EU list of varieties of vine propagation material. Dostopno na:
(https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/plant_variety_catalogues_db_eu-list-var-vine.xls).
- EC. 2019 b. EU Plant variety database. Dostopno na:
http://ec.europa.eu/food/plant/plant_propagation_material/plant_variety_catalogues_databases/search/public/index.cfm
- EC. 2019 c. Spletni portal Plant reproductive material, podstran Plant variety catalogues & databases. Dostopno na:
https://ec.europa.eu/food/plant/plant_propagation_material/plant_variety_catalogues_databases_en
- FRUMATIS. 2019. Fruit Reproductive Material Information System. Dostopno na:
<https://ec.europa.eu/frumatis/>
- SURS. 2019. Podatkovni portal SI-STAT. Dostopno na:
https://pxweb.stat.si/SiStatDb/pxweb/sl/30_Okolje/
- UVHVVR. 2019 a. Spletni portal Sortna lista. Dostopno na: <http://spletni2.furs.gov.si/sorte/Index.htm>
- UVHVVR. 2019 b. Spletna podstran UVHVVR Uradno potrjevanje in naknadna kontrola semenskega materiala. Dostopno na: <https://www.gov.si/teme/uradno-potrjevanje-in-naknadna-kontrola-semenskega-materiala/>

Uporaba pametnih značk za spremljanje meteoroloških podatkov v posevkih soje

Denis STAJNKO⁷⁸ in Mišel PLETERŠEK⁷⁹

Izvleček

V raziskavi smo preučevali vpliv različnih medvrstnih razdalj (35 cm in 70 cm) pri pridelavi dveh sort soje 'Lenka' in 'ES Mentor' na temperaturo, vlago in svetlobo v medvrstnem prostoru posevka. S pomočjo tehnologije RFID, ki vključuje pametno značko z mikročipom, tri senzorje (temperatura, vlaga, svetlobo) in anteno s čitalcem, smo beležili meteorološke podatke v času najbolj intenzivne rasti soje in jih primerjali s podatki bližnje meteorološke postaje. Istočasno smo izvajali še meritve morfoloških značilnosti rastlin, prisotnost plevela in maso pridelka. Ugotovili smo, da se meteorološki podatki statistično značilno razlikujejo med sortama soje, medtem ko razlike med različnimi medvrstnimi razdaljami pri isti sorti niso imele značilnega vpliva. Uporaba tehnologije RFID se je izkazala za primerno orodje za opazovanje meteoroloških spremenljivk v posevku soje, kar pomeni, da bi RFID tehnologija lahko skupaj s predlaganimi izboljšavami kmetu omogočila hitrejše napovedovanje praga bolezni v soji in krajši odzivni čas v primerjavi s podatki državnih meteoroloških postaj.

Ključne besede: RFID / soja / medvrstna razdalja / vremenski podatki

Use of smart badges to monitor meteorological data in soybean crops

Abstract

The study examined the influence of different interrow distances (35 cm in 70 cm) of two soybean varieties 'Lenka' and 'ES Mentor' on temperature, humidity and light in the interrow space of the crop. Using RFID technology, which includes a smart microchip badge, three sensors (temperature, humidity, light) and the antenna with a reader, we recorded meteorological data at the time of the most intense soybean growth and compared them with data on meteorological station. At the same time, we performed measurements of morphological characteristics of plants, the presence of weeds and yield weight. We found that meteorological data differed statistically significantly between soybean cultivars, while there was no effects of different interrow distances in the same cultivars. The use of RFID technology has proven to be a suitable tool for observing meteorological data in soybean crops, which means that RFID technology, together with proposed improvements, can enable faster prediction of soybean disease thresholds and shorter response times in the case of national meteorological station data.

Key words: RFID / soybean / interrow distances / weather data

1 UVOD

RFID (Radio frequency identification) je relativno nova tehnologija, ki je lahko zelo uporabna v agroživilskem sektorju. Tehnološki razvoj na področju mrežnih naprav, senzorjev in komunikacijske tehnologije je namreč zelo pomemben pri trajnostnem razvoju kmetijsko-živilskega sektorja. Ena izmed razširjenih tehnologij na tem področju je tudi RFID, ki se vedno pogosteje uporablja v živilski logistiki, upravljanju dobavnih verig, monitoringu hrane v zamrzovalni verigi in prodaji na drobno (Ruiz-García in Lunadei, 2011). V primerjavi s tradicionalnimi tehnologijami, kot so denimo zapisovalniki črtnih kod in podatkov, RFID kaže veliko več prednosti (Mulla, 2012). Naprave RFID ne zahtevajo vizualnega stika (Abad in sod., 2009). Lahko jih vstavimo v škatle, posode, vgradimo v kateri koli predmet ali celo vbrizgamo živalim (Finkenzeller, 2004). Značke RFID lahko zapišejo 5 oznak na sekundo in imajo

⁷⁸ Red. prof. dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, e-pošta: denis.stajnko@um.si

⁷⁹ Kmetija na Klancu, e-pošta: kmetijanaklancu@gmail.com

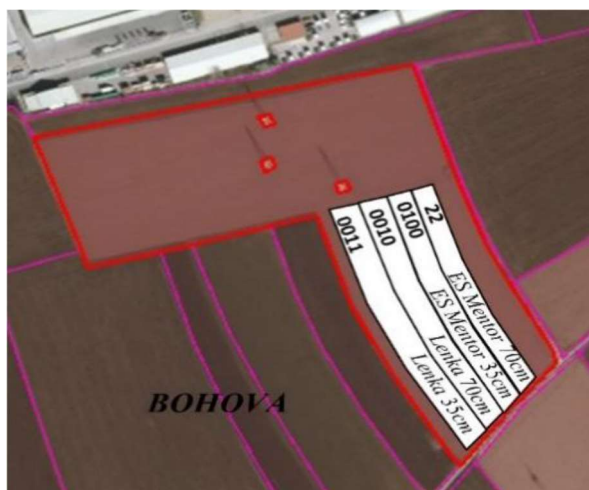
zmogljivost shranjevanja: 1 MB aktivnih oznak in 4 kB pasivnih (EPC Global, 2008). RFID značka s pripadajočo strojno in programsko opremo ponuja dodatne prednosti, kot so denimo spremljanje v realnem času, zaznavanje okolja in sledenje. Vgraditi je mogoče različne tipe senzorjev, ki omogočajo zbiranje informacij o različnih parametrih, kot so temperatura (Amador in Emond, 2010), vlažnost zraka (Abad in sod., 2009) in intenziteta svetlobe (Abad in sod., 2009). V razvoju so tudi biosenzorske značke, ki bi jih lahko uporabili za odkrivanje bakterijskih kontaminacij živilskih proizvodov vzdolž dobavne verige (Wentworth, 2003).

Raziskave so pokazale, da mora soja za doseganje dobrega pridelka prestreči 95% dostopne svetlobe do zgodnje faze reprodukcije (faza R1) za doseganje optimalnega pridelka (Isoda in Komaki, 2018). Prav tako v vlažnih rastnih sezonah, kjer so rastline izpostavljene veliki količini vode in s tem stresu, lahko manjša medvrstna razdalja negativno vpliva na končni pridelek (Pedersen, 2008).

Glavni namen naše raziskave je bila uporaba RFID tehnologije s senzorji za merjenje temperature, zračne vlažnosti in intenzitete svetlobe med vrstami rastline soje istega zrelostnega razreda ('Lenka' in 'ES Mentor'), posejane v medvrstnih razdaljah 35 cm in 70 cm. Med rastno dobo smo preučevali razlike v razvoju rastlin in spremembe temperature, vlage in svetlobe med vrstami. Na koncu smo natančnost meritev RFID primerjali z uradnimi meritvami ARSO iz bližnje meteorološke postaje Letališče Edvarda Rusjana.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poskus s sojo se je izvedel na njivi, ki se nahaja v občini Slivnica-Hoče. Parcela 'Štuk' (46°30'28''N, 15°39'19''E) ima 2,37 ha površine s povprečno nadmorsko višino 272 m in povprečnim naklonom 1 % oziroma 0,6 °. Za namen poskusa je bil izbran jugovzhodni del parcele, ki je bil razdeljen na štiri poskusne enote s po 1200 m² z obravnavanji 'Lenka' 35 cm, 'Lenka' 70 cm, 'ES Mentor' 35 cm in 'ES Mentor' 70 cm (slika 1). Posamezne parcele so bile ločene s 0,75 m širokimi mejnimi pasovi, kjer ni bilo posejane soje. Enako velika površina eksperimentalnih polj je omogočila natančnejšo izbiro lokacije za namestitev merilnih naprav in predstavljala bolj reprezentativen vzorec za analizo rezultatov. Pred sojo je bila na eksperimentalnem polju ozimna pšenica, po žetvi ji je sledila bela gorjušica. Poskusno polje se nahaja 850 m zračne linije od meteorološke postaje ARSO Letališče Edvarda Rusjana.



Slika 1: Lokacija poskusnih polj

2.1 Opis naprav

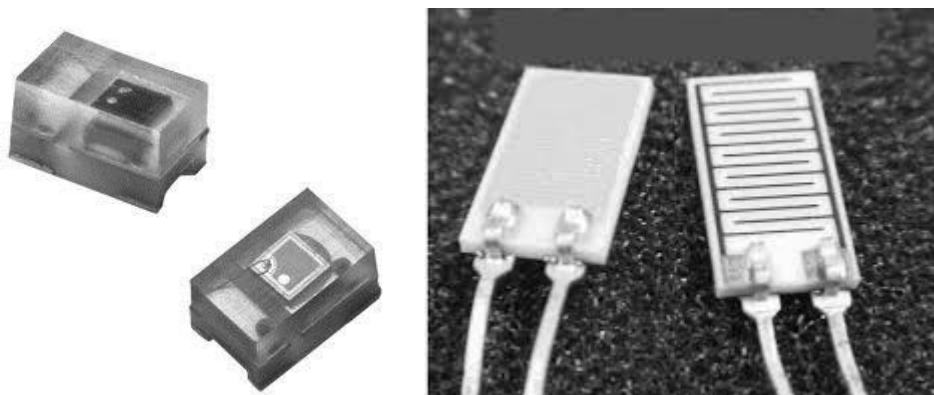
V raziskavi je bil uporabljen merilni sistem, v izmeri 40 x 80 mm, sestavljen iz pametne značke z integriranim vezjem (mikročip SL900A), ki ima vgrajen temperaturni senzor in omogoča priklop dodatnih zunanjih senzorjev. Poleg slednjega merilni sistem vključuje še antene in baterije. Kompletu skupaj rečemo pametna značka (slika 2). Merilni sistem vključuje antenski čitalnik (DRM-900A), ki podatke iz značke prenese na računalnik. Pametna značka je bila opremljena s senzorjem vlažnosti (EMD-4000) in senzorjem osvetlitve (TEMD6200FX01). Opisani RFID merilni sistem, nameščen na leseni količek 25 cm nad tlemi, je samodejno meril in shranjeval podatke vsaki 2 uri. Na ta način je velikost pomnilnika zadostovala za 14 dnevno shranjevanje podatkov. V času trajanja poskusa, od začetka cvetenja, ko je bil odprt en cvet (R1), smo na vsakem obravnavanju proučevali tri 14 dnevne intervale (30. junij – 14. julij, 15. julij – 30. julij in 31. julij – 14. avgust 2019). Življenjska doba baterije je sicer do pet let, seveda odvisno od vremenskih razmer in časovnega intervala samega merjenja. Domet prenosa podatkov je do 100 m s pravilno nameščeno anteno, prenos pa se začne, ko je sprejet radiofrekvenčni signal bralnika. Sistem deluje na ultra visokih frekvencah (UHF 860-960 MHz) po principu master-slave (Muralidhara, 2018).



Slika 2: Pametna značka z mikročipom, senzorji, anteno in baterijo

Optični senzor TEMD6200FX01. Senzor je polprevodniški element – zaprta polarizirana dioda, ki pretvarja svetlobo v električni tok. Velikost senzorja je 2 mm x 1,25 mm x 0,85 mm. Spektralna občutljivost diode oziroma merilno območje je 400–1200 nm, kar zajema vidno svetlobo 400–700 nm in del bližnjega infrardečega spektra (NIR).

Senzor vlage EMD-4000. EMD-4000 senzor za vlago je poseben polimer, nanešen na keramično podlago, prevlečeno z bizmutom. Polimer spremeni električno upornost vezja ob prisotnosti vlage. Pametna značka vzbudi senzor izmeničnega toka in meri impedanco v odvisnosti od relativne vlažnosti. Velikost senzorja je 10 mm x 5 mm x 1,5 mm.



Slika 3: Optični senzor TEMD6200FX01 (levo) in senzor vlage EMD-4000 (desno)

3 REZULTATI

3.1 Primerjava morfoloških lastnosti

Kot je razvidno iz preglednice 1, so bile v povprečju najvišje rastline izmerjene pri sorti 'Lenka' 35 cm (110,1 cm). Največ listov (57) na rastlino smo prešteli pri sorti 'ES Mentor' 35 cm. Največjo oddaljenost prvega stroka od tal (13,5 cm) smo izmerili pri sorti 'Lenka' na razdalji 35 cm med vrstami. Sorta 'Lenka' je imela več stranskih poganjkov pri obeh medvrstnih razdaljah kot sorta 'ES Mentor'.

Preglednica 1: Primerjava fizioloških značilnosti med sortama 'Lenka' in 'ES Mentor' 30. julija 2019

Obravnavanje	Višina (cm)	Število strokov	Razdalja prvega stroka od tal (cm)	Število stranskih poganjkov
'Lenka' 35 cm	110.1 ^a	43.8 ^b	13.5 ^a	13.7 ^a
'Lenka' 70 cm	108.4 ^a	45.9 ^b	12.8 ^b	13.4 ^a
'ES Mentor' 70 cm	92.7 ^b	52.8 ^a	11.9 ^c	10.2 ^b
'ES Mentor' 35 cm	92.7 ^b	57.2 ^a	13.4 ^a	11.9 ^b

^{a, b} sig. pri $p < 0.05$ Duncan test

3.2 Meritve temperature z RFID

Preglednica 2 prikazuje povprečne vrednosti temperature, izmerjene s posameznim senzorjem v vsakem od treh merilnih intervalov, ter referenčne vrednosti, pridobljene z najbližje meteorološke postaje ARSO, Letališče Edvarda Rusjana Maribor (ARSO, 2019), ki se nahaja 850 m zračne linije od poskusnega polja.

Temperature, izmerjene na poskusni parcelici 'Lenka' 35 cm, so v prvem intervalu značilno višje od vseh ostalih obravnavanj. V drugem in tretjem intervalu so meritve 'Lenka' 35 cm in 'ES Mentor' 35 cm enake meritvam ARSO, medtem ko so temperature na medvrstni razdalji 70 cm pri obeh sortah značilno manjše. Razlog za razlike v temperaturi pripisujemo različni pokritosti površine tal z listi rastlin soje, posejane pri različnih medvrstnih razdaljah. Nasprotno od pričakovanja, so bile rastline pri 35 cm razdalji manj bujne in so pokrile manj medvrstnega prostora kot pri razdalji 70 cm.

Preglednica 2: Meritve temperature z RFID

Povprečna temperatura [°C]			
Obravnava	30. junij – 14. julij	15. julij – 30. julij	31. julij – 14. avgust
ARSO	20,93 ^b	22,65 ^a	22,96 ^a
'Lenka' 35 cm	22,10 ^a	22,98 ^a	22,67 ^a
'Lenka' 70 cm	18,29 ^b	19,24 ^b	19,33 ^b
'ES Mentor' 70 cm	18,93 ^b	20,62 ^b	19,67 ^b
'ES Mentor' 35 cm	18,04 ^b	22,11 ^a	22,06 ^a

^{a, b} sig. pri $p < 0.05$ Duncan test

3.3 Meritve relativne zračne vlažnosti z RFID

V tabeli 3 so prikazane povprečne vrednosti relativne zračne vlage pri posameznih obravnavanjih v vseh treh merilnih intervalih.

V prvem intervalu je bila najmanjša povprečna relativna vlažnost zraka izmerjena pri obravnavanju 'Lenka' 35 cm in je enaka meritvam ARSO, medtem ko je pri ostalih obravnavanjih relativna vlaga značilno večja. V drugem in tretjem intervalu so pri obravnavanju 'Lenka' 70 cm in 'ES Mentor' 70 cm relativne zračne vlage značilno večje od ARSO in ostalih dveh obravnavanj, posejanih na medvrstni razdalji 35 cm. Izmerjeni podatki so obratno sorazmerni z izmerjeno temperaturo zaradi razlik v pokritosti medvrstnega prostora pri različnem razmiku med vrstami, kar se najbolje odraža pri večji vlagi v obeh obravnavanjih z medvrstno razdaljo 70 cm, kjer je pokritost medvrstnega prostora večja.

Preglednica 3: Meritve vlažnosti z RFID

Povprečna vlažnost [%]			
Obravnavanje	30. julij – 14. julij	15. julij – 30. julij	31. julij – 14. avgust
ARSO	70,12 ^b	68,95 ^b	70,40 ^b
'Lenka' 35 cm	69,10 ^b	67,98 ^b	70,67 ^b
'Lenka' 70 cm	72,29 ^a	70,24 ^a	72,89 ^a
'ES Mentor' 70 cm	72,93 ^a	70,6 ^a	72,97 ^a
'ES Mentor' 35 cm	72,04 ^a	70,11 ^b	72,06 ^b

^{a, b} sig. pri $p < 0.05$ Duncan test

3.4 Meritve intenzitete svetlobe z RFID

Kot je razvidno iz tabele 4, je intenziteta svetlobe bistveno manjša pod listi v območju senzorjev pri obeh sortah in razmikih med vrstami, kar je razumljivo, saj je bila pametna značka nameščena na višini 25 cm od tal. Ker so bili naši senzorji ves čas meritev v nasprotju s senzorji ARSO vsaj deloma osenčeni, so še posebno v drugem in tretjem merilnem obdobju izmerjene vrednosti intenzitete svetlobe na RFID bistveno manjše.

Prav tako se vidi, kako se je od prvega do zadnjega merilnega obdobja zaradi razvoja listov, statistično značilno zmanjšala izmerjena intenziteta svetlobe. Vseeno lahko rečemo, da je bila v drugem in tretjem obdobju intenziteta svetlobe pri 'ES Mentor' statistično manjša v primerjavi z 'Lenko' v obeh razmikih. Slednje se ujema tudi z večjim številom strokov pri sorti 'ES Mentor' (preglednica 1).

Preglednica 4: Meritve intenzitete svetlobe z RFID

Obravnava	Povprečna intenziteta svetlobe [lx]		
	30. julij – 14. julij	15. julij – 30. julij	31. julij – 14. avgust
ARSO	28500 ^a	29400 ^a	30800 ^a
‘Lenka’ 35 cm	9300 ^b	6400 ^b	4300 ^b
‘Lenka’ 70 cm	10050 ^b	6100 ^b	4500 ^b
‘ES Mentor’ 70 cm	8800 ^b	3700 ^c	3300 ^c
‘ES Mentor’ 35 cm	7800 ^c	4400 ^c	2800 ^c

^{a, b, c} sig. pri $p < 0.05$ Duncan test

3.5 Pridelek soje

Spravo soje je potekalo 13. oktobra, pri čemer se je pridelek tehtal in vzorčil neposredno na polju. Soja je ob žetvi vsebovala 12,5 % vlage, zato jo je bilo potrebno dodatno posušiti do 9 % vlage. Preglednica 5 prikazuje pridelek soje z 9 % vlago, iz katere lahko razberemo, da je imela sorta 'ES Mentor' v obeh medvrstnih razdaljah statistično značilno večji pridelek kot sorta 'Lenka'. Po drugi strani pa med razmikoma med vrstami iste sorte ni statistično značilnih razlik.

Preglednica 5: Pridelek soje z 9 % vlago

Obravnava	Pridelek [kg/ha]
‘Lenka’ 35 cm	2367 ^b
‘Lenka’ 70 cm	2521 ^b
‘ES Mentor’ 70 cm	4637 ^a
‘ES Mentor’ 35 cm	4512 ^a

^{a, b} sig. pri $p < 0.05$ Duncan test

4 SKLEPI

V poskusu smo proučevali vpliv dveh različnih medvrstnih razdalj pri dveh vrstah soje 'Lenka' in 'ES Mentor' na rast in razvoj rastlin ter vrednosti nekaterih meteoroloških spremenljivk. S pomočjo RFID tehnologije smo merili temperaturo, svetlobo in relativno zračno vlažnost na sredini med posameznimi vrstami. Od začetka cvetenja smo ocenjevali višino rastlin, oddaljenost spodnjih strokov od tal, število stranskih poganjkov in število strokov na rastlino. Ugotovili smo, da razmik med vrstami ni pomembno vplival na razvoj pridelka pri isti sorti. Največje razlike so bile povezane s posamezno sorto. RFID tehnologija se je izkazala za primerno orodje za natančnejše meritve temperature in vlažnosti, kar bi lahko pripomoglo k pravočasnemu napovedovanju začetka številnih glivičnih bolezni. Ker so bile meritve RFID izvedene neposredno na polju, smo prepričani, da so natančnejše prikazale dejansko stanje v primerjavi z meritvami ARSO meteorološke postaje.

Nekaj pomanjkljivosti pa ima tudi tehnologija UHF-RFID. Glavna težava je predvsem v zanesljivosti povezave, saj električno prevodni materiali predstavljajo oviro za elektromagnetne valove (odboj in absorpcija valov). Drugo težavo predstavlja zmogljivost shranjevanja RFID značk, saj zadošča zgolj za nekaj tedensko branje in prenos podatkov. Najlažji način izvedbe branja podatkov na terenu bi bil s pomočjo UHF čitalnika, ki bi bil vgrajen na dron in bi bil preko domačega računalnika povezan z omrežjem WiFi. S pomočjo vgrajenih algoritmov bi lahko zbiranje podatkov načrtovali vnaprej, kar bi omogočalo on-line računanje pragov napada bolezni ali škodljivcev in pričetek nanašanja fitofarmaceutskih

pripravkov. Če bi bil dron opremljen še s hiperspektralnimi slikovnimi kamerami, bi lahko namestili še algoritme za zaznavo stanja rastlin na podlagi spektralnih zapisov. To bi lahko dalo še bolj zanesljivo napoved potrebnih ukrepov, kar bi učinkovito prispevali k prihodnji viziji tehnološko naprednih kmetij in pametnih vasi.

Zahvala. Članek je delno povzetek diplomskega dela Mišela Pleterška in je v manjši meri nastal v sklopu projekta "Zmanjšanja sušnega stresa in povečanja rodovitnosti tal z uvajanjem ohranitvene (konzervacijske) obdelava tal v trajnostno poljedelstvo (V4-1815)", ki je financiran preko Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije.

5 LITERATURA

- Abad, E., Palacio, F., Nuin, M., Zárate, A. G. d., Juarros, A. and Gómez, J. M. 2009. RFID smart tag for traceability and cold chain monitoring of foods: Demonstration in an intercontinental fresh fish logistic chain. *Journal of Food Engineering*, 93, 4, 394–399.
- AgPhD. 2019. (<http://www.agphd.com>, accessed on September 3, 2019)
- Alves, B.J.R., Boddey, R.M. and Urquiaga, S. 2003. The success of BNF in soybean in Brazil. *Plant Soil*, 252: 1–9.
- Amador, C. and Emond, J. P. 2010. Evaluation of sensor readability and thermal relevance for RFID temperature tracking. *Computers and Electronics in Agriculture*, 73, 1, 84–90.
- ARSO. (2019) Vreme podrobneje. 2019. <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/> (accessed on September 11, 2019).
- Finkenzeller, K. 2004. *Radio-Frequency Identification Fundamentals and Applications*. RFID (2nd ed.). In Handbook, England: John Wiley and Sons.
- Isoda, A. and Komaki, K. 2011. Varietal Differences in Flowering, Pod Setting and Photosynthesis in Soybean Under High Temperature Conditions, *Advances in Crop Science and Technology, Adv Crop Sci Tech*, 6(5), 392.
- EPC Global. 2008. EPCTM radio-frequency identity protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID protocol for communications at 860 MHzw 960MHz.
- Mulla, D.J. 2012. Twenty-five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps, *Biosystems engineering*, 114, 358–371.
- Muralidhara, B. L. and Geethanjali B. 2018. A Review on different technologies used in Agriculture. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 119, 16, 4117–4134.
- Pedersen, P. 2019. Row Spacing in Soybean. Iowa State University, Dept. Of Agronomy. https://crops.extension.iastate.edu/files/article/RowSpacing_000.pdf (accessed on September 15, 2019).
- Pleteršek, M. 2019. Uporaba tehnologije RFID za merjenje vpliva medvrstne razdalje na razvoj soje : diplomsko delo. Maribor, 48 str.
- Ruiz-Garcia, L., and Lunadei, L. 2011. The role of RFID in agriculture: Applications, limitations and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 79, 1, 42–50.
- Wentworth, S.M. 2003. Microbial sensor tags. In 2003 IFT (The Institute of Food Engineering) Annual Meeting, Chicago, Illinois, USA.

Stanje, védenje in prenos znanja o informacijsko komunikacijskih tehnologijah (IKT) med kmetijskimi svetovalci v Sloveniji

Anastazija GSELMAN⁸⁰, Denis STAJNKO⁸¹, Jurij RAKUN⁸², Tatjana UNUK⁸³, Miljan CVETKOVIC⁸⁴, Alisa HADŽIABULIC⁸⁵ in Silva GROBELNIK MLAKAR⁸⁶

Izvleček

Prispevek temelji na raziskavah projekta Erasmus+ VIRAL, katerega cilj je podpreti sodelovanje univerz s poslovnim sektorjem in spodbuditi uporabo IKT v kmetijstvu. Podatki so bili zbrani z anketo, katere namen je bil ugotoviti razpoložljivost in uporabo tehnologije IKT, načine prenosa znanja o IKT v kmetijstvu med kmetijskimi svetovalci v Sloveniji. Glede na rezultate ankete ugotavljamo, da za namen širjenja informacij med kmetijskimi svetovalci in kmeti še zmeraj prevladujejo metode množične komunikacije (radio, televizija in časopisi), povečuje pa se tudi uporaba spletnih orodij (spletni seminarji, e-publikacije, socialna omrežja in spletna mesta). Čeprav se kmetijski svetovalci redno udeležujejo izobraževanj o IKT (spletna orodja in aplikacije, geoprostorske analize, priprava spletnih seminarjev) predvidevamo, da jim za svetovanje s področja preciznega kmetijstva primanjkuje specifičnih kompetenc. Poleg tega svetovalci ocenjujejo, da ima večina kmetov na njihovem območju dostop do interneta, da se zavedajo obstoja in potencialnih koristi uporabe IKT v kmetijstvu, in da nekateri med njimi že uporabljajo tehnologije preciznega kmetovanja.

Gljučne besede: IKT, kmetijski svetovalci, prenos znanja

The situation, acquaintance with and methods of knowledge transfer on Information and Communication Technologies (ICT) among agricultural advisors in Slovenia

Abstract

This paper is based on the research of the Erasmus+ VIRAL project, which aims to support university-business collaboration by promoting ICT use in agriculture. Data were collected through a survey. The research objective was to identify ICT availability and technology use, as well as knowledge transfer methods used by Slovenian agricultural advisors. The results suggest that mass communication tools (radio, television and newspapers) are still predominant in the dissemination of information between advisors and farmers. However, online tools (webinars, e-publications, social networks and websites) are also increasing. Although agricultural advisors regularly participate in ICT training or education (mainly on web tools and applications, geospatial analysis, webinars, and farmers), we assume that they lack specific extension skills for precision agriculture. In addition, advisers estimate that most farmers in their area have access to the Internet, are aware of the existence and potential benefits of using ICTs in agriculture, and that some are already using precision agriculture technologies.

Keywords: ICT, agricultural advisors, knowledge transfer

1 UVOD

Živimo v obdobju, ko so gospodarske, proizvodne, pridelovalne in družbene potrebe čedalje večje. V vseh segmentih našega življenja vse bolj prevladujejo informacijsko-komunikacijske

⁸⁰ Doc. dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, e-pošta: anastazija.gselman@um.si

⁸¹ Red. prof. dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, e-pošta: denis.stajniko@um.si

⁸² Doc. dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, e-pošta: jurij.rakun@um.si

⁸³ Red. prof. dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, e-pošta: tatjana.unuk@um.si

⁸⁴ Izr. prof. dr., Univerzitet u Banjoj Luci, Banja Luka, e-pošta: miljan.cvetkovic@agro.unibl.org

⁸⁵ Doc. dr., Agromediterranski fakultet Univerzitet „Džemal Bijedić“ Mostar, e-pošta: alisa.hadziabulic@unmo.ba

⁸⁶ Doc. dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, e-pošta: silva.grobelnik@um.si

tehnologije (IKT). Izraz IKT v tem primeru zajema vse naprave ali sisteme, ki omogočajo shranjevanje, priklic, obdelavo, prenos in sprejemanje informacij. Tako IKT ne vključuje zgolj naprav (računalniki, mobilne naprave, radio, televizija...), temveč tudi omrežja (svetovni splet – Internet) in različne aplikacije, procese, storitve ter komunikacijske sposobnosti (Warren, 2002).

Danes ljudje v vseh delovnih okoljih, na vseh področjih uporabljajo IKT. Sodobna IKT orodja, kot so natančna merilna oprema, senzorji, tipala, sistemi geo-pozicioniranja, brezpilotna letala, robotika, velike podatkovne zbirke (Big Data), umetna inteligenca in še kaj, so nedvomno tudi priložnost za preoblikovanje načina kmetijske proizvodnje (IFAMR, 2016; Moribe s sod., 2018; Bacco s sod., 2019). Najpomembnejši razlog je predvsem ekonomski, uvaja pa se tudi iz drugih potreb (reševanje vprašanj v zvezi z učinkovitejšo porabo vode, gnojil in fitofarmaceutskih sredstev, goriv, optimizacijo obdelave tal ipd.). Poleg široke palete IKT pa njihova uporaba zahteva tudi določena, ne zgolj tehnična znanja. Zahteva namreč razumevanje medsebojno povezanih vplivov različnih podatkov in informacij na zdravje in prehrano rastlin, izpiranje hranil, višino in kakovost pridelka. Kako uspešni bomo pri tem pa je seveda odvisno od svetovanja, tehničnih in ekoloških smernic (Garforth in sod., 2004; Gelb in Offer, 2005).

Predstavljeni podatki v tem prispevku temeljijo na raziskavah Erasmus+ projekta VIRAL (<http://viralerasmus.org/en/home/#>), katerega cilj je spodbuditi pridobivanje višjih ravni znanja in veščin o IKT ter njihovo uporabo v kmetijskem izobraževanju in usposabljanju, tako v formalnih (učitelji in študenti kmetijskega in informacijskega inženiringa) kot tudi neformalnih okoljih (kmetijski svetovalci in kmetje). Zajema pa tudi sisteme prenosa pridobljenega znanja in dobrih praks do deležnikov s sodelovanjem s podjetji, ki delujejo na tem področju. Projekt VIRAL tako povezuje ključne visokošolske ustanove iz Bosne in Hercegovine (Univerza v Banja Luki, Mostarju, Tuzli, Bijeljini, Donji Gorici), Slovenije (Univerza v Mariboru), Nizozemske (Univerza v Wageningenu) in Romunije (Univerza v Bukarešti) ter skupine strokovnjakov iz Bosne in Hercegovine, Srbije in Črne gore (Agrovoće, Jaffa-komerc, Plantaže 13 jul, WEBIN, Tehnopolis, ICBL, INTERA in MANT) v procesu skupnega ustvarjanja, preizkušanja novih metod in praks ter doseganju regionalnega sodelovanja med univerzami in poslovnim sektorjem.

Za neposreden prenos znanja in novosti s področja IKT kmetijskim pridelovalcem v Sloveniji skrbi tudi Javna služba kmetijskega svetovanja (JSKS). Kmetijski svetovalci so eni tistih, ki novosti v tehnologiji pridelovanja (sistemi pridelovanja, sortiment, agrotehnika) in rezultate poskusov prenašajo v prakso ter na ta način dvigajo raven učinkovitosti pridelave (Uredba, 2017). V nadaljevanju zato obravnavamo, koliko in katere IKT so prisotne pri delu kmetijskih svetovalcev v Sloveniji, na kakšen način jih uporabljajo pri delu, na kakšen način je mogoče povečati raven uporabe IKT in kakšne so resnične potrebe po tehnologijah v prihodnje. Primerjava stanja med svetovalnimi službami sodelujočih držav bo podana v brošuri, ki bo nastala v okviru projekta.

2 MATERIAL IN METODE DELA

V okviru projekta VIRAL smo projektni partnerji, konec pomladi 2020, izvedli spletne ankete o pomenu IKT v kmetijstvu med študenti, učitelji, pridelovalci in kmetijskimi svetovalci v Bosni in Hercegovini, Črni gori, Srbiji, na Nizozemskem, v Sloveniji in Romuniji. Anketa oz. povezava do spletnega vprašalnika je bila ciljnim skupinam poslana s strani odgovorne osebe projektnega partnerja v njegovi državi.

Anketa je bila za kmetijske svetovalce sestavljena iz treh delov, v katerih smo jih spraševali o dostopnosti, njihovi izkušeniosti pri uporabi ter dojemanju IKT v svetovalnih storitvah, potrebah

in pogledih na vlogo IKT v kmetijstvu. Vprašalniki so bili na spletu dostopni dva meseca. Zbrane podatke smo analizirani z IBM SPSS Statistics Version 25.

3 REZULTATI

3.1 Profil anketirancev

Na anketo se je skupno odzvalo 38 svetovalcev iz 11 slovenskih regij. Glede na glavne demografske značilnosti prejetih odgovorov lahko povzamemo, da je bilo med anketiranci več moških (54,0 %) kot žensk (46,0 %). Struktura kaže, da je največ anketiranih kmetijskih svetovalcev v starostni skupini 51–60 let (29,7 %) oz. 31–40 let (21,6 %). Vprašani imajo pridobljeno dodiplomsko⁸⁷ (56,8 %) ali podiplomsko⁸⁸ (43,2 %) izobrazbo. Eden izmed svetovalcev ni posredoval demografskih podatkov.

3.2 Uporaba metod za namen širjenja informacij

Svetovalce smo zaprosili, da ocenijo uporabo naštetih metod pri razširjanju informacij. Odgovori so prikazani v preglednici 1. Za širjenje informacij z metodami množične komunikacije svetovalci najpogosteje uporabljajo radio (84,2 %), televizijo (79 %) in časopise (79 %). Skoraj tretjina vprašanih (31,6 %) odgovarja, da se med metodami množične komunikacije v zadnjem času povečuje uporaba videa. Zmanjšano uporabo posterjev, časopisov in letakov pri delu zaznava 13,2 % vprašanih. Med skupinskimi metodami razširjanja informacij so za svetovalce skoraj enako pomembni obiski kmetij (89,5 %), demonstracije – delavnice (86,8 %) in strokovne delavnice na terenu (86,8 %), nekoliko manj pa srečanja (84,2 %) in strokovne ekskurzije (79,0 %). Da je uporaba slednjih v zadnjem času zmanjšuje, odgovarja 29,0 % vprašanih. K skupinskim metodam širjenja informacij sodijo telefonski klici v pisarno in prejeta elektronska pošta (e-mail). Povečano uporabo e-pošte navaja 23,7 % svetovalcev, čeprav je delež širjenja informacij preko telefona s klici v pisarno (89,5 %) in odgovarjanje na e-pošto (86,8 %) primerljiv. Vprašani svetovalci v zadnjem času zaznavajo predvsem povečano uporabo spletnih orodij – povečano število spletnih seminarjev (42,1 %), e-publikacij in širjenje informacij po socialnih omrežjih (34,2 %). Sami največ uporabljajo spletne strani (79 %), skoraj v enaki meri pa tudi socialna omrežja in spletne seminarje (63,2 % in 60,5 %).

3.3 Dejavnosti JSKS povezane z IKT

Da bi dobili vpogled o dejavnosti svetovalnih služb v zvezi z IKT v kmetijstvu, smo svetovalce prosili, da odgovorijo na tri vprašanja: ali njihova organizacija zaposluje osebo ali skupino oseb kompetentnih za IKT inovacije (1), ali izvajajo kakršna koli usposabljanja, ki bi spodbujala uvajanje preciznega kmetijstva med kmeti (2) in ali so pri njihovi organizaciji v zadnjem letu izvedli kakršno koli svetovalno dejavnost za spodbujanje preciznega kmetijstva (3). Vprašanja so se nanašala na preteklo leto. Več kot polovica vprašanih odgovarja, da JSKS zaposluje osebo oz. skupino oseb s kompetencami IKT ter da izvajajo usposabljanja in svetovanja o preciznem kmetijstvu. Med vprašanimi jih 18,4 % še ni izvedlo usposabljanja za kmete, vendar to nameravajo v bližnji prihodnosti. Domnevamo lahko, da jim za svetovanje s področja preciznega kmetijstva manjkajo specifične kompetence (21,1 %).

⁸⁷ Višješolski strokovni, visokošolski ali univerzitetni program

⁸⁸ Strokovni magistrski, znanstveni magistrski ali enovit magistrski študij

Preglednica 1: Uporabljene metode razširjanja informacij (odgovori v %)

	Da	Ne	Povečana uporaba	Zmanjšana uporaba
Metode množične komunikacije				
Radio	84,2	2,6	5,3	7,9
Televizija	79,0	7,9	2,6	5,3
Video	57,9	15,8	31,6	0,0
Posterji	52,6	21,1	5,3	13,2
Časopisi	79,0	5,3	7,9	13,2
Letaki	65,8	10,5	13,2	13,2
Skupinske metode				
Srečanja	84,2	2,6	2,6	21,1
Demonstracije - delavnice	86,8	0,0	5,3	13,2
Strokovne delavnice na terenu	86,8	2,6	5,3	13,2
Strokovne ekskurzije	79,0	2,6	2,6	29,0
Obiski kmetij	89,5	0,0	0,0	10,5
Individualne metode				
Klici v pisarno	89,5	0,0	15,8	2,6
e-mail	86,8	0,0	23,7	0,0
Mobilna svetovalna služba				
Telefon – pisna sporočila (SMS)	86,8	5,3	13,2	0,0
Telefon – glasovna sporočila	31,6	57,9	7,9	0,0
Uporaba spletnih orodij				
Spletne strani	79,0	2,6	29,0	2,6
Spletni seminarji (webinarji)	60,5	10,5	42,1	2,6
e-publikacije	55,3	15,8	34,2	0,0
Socialna omrežja (npr. Facebook, Instagram, Snapchat, Twiter...)	63,2	5,3	34,2	2,6
Spletni dnevniki (blogi)	15,8	71,1	5,3	0,0

Anketiranci, ki so v prejšnjih vprašanjih navedli, da izvajajo usposabljanja ali svetovalne dejavnosti na področju preciznega kmetijstva, so bili dodatno pozvani, naj navedejo, katere dogodke so organizirali in kakšno svetovanje je bilo opravljeno v letu 2019. Iz rezultatov izhaja, da so bile najpogostejše na temo preciznega kmetijstva s strani JSKS za kmete organizirane delavnice (45 %), sledijo jim prikazi (demonstracije) na kmetijah (37 %) in izmenjave dobrih praks (32 %). Izvedene pa so bile tudi svetovalne aktivnosti. V kar 68 % so bile te na temo uvajanja preciznega kmetijstva in v 27 % na izvajanje metod preciznega kmetijstva.

3.4 Usposabljanja, izobraževanja in vir informacij o IKT

Anketirane smo vprašali, ali so se v preteklem letu udeležili kakršnega koli usposabljanja ali izobraževanja v zvezi z IKT (1) in ali bi se želeli udeležiti takšnega izobraževanja v prihodnosti (2). Vsi, ki so na ti vprašanji odgovorili z "da", so imeli priložnost zapisati obravnavano temo in ponudnika usposabljanja. Več kot polovica svetovalcev (52,6 %) se je v preteklem letu udeležila izobraževanj in/ali usposabljanj o IKT. Ponudniki teh so bile izobraževalne, razvojne in raziskovalne institucije, KGZS in podjetja, ki ponujajo IKT. Obravnavane tematike

izobraževanj so pretežno zajemale uporabo spletnih orodij in aplikacij, geoprostorskih analiz ter pripravo spletnih seminarjev. Prav tako je velika večina vprašanih (81,6 %) izrazila željo po usposabljanju oziroma izobraževanju tudi v prihodnosti. Teme, ki bi jih na izobraževanjih želeli, so precizno kmetijstvo (robotizacija, avtomatizacija), ki naj vključujejo škroplilne in gnojilne tehnike v trajnih nasadih ter praktični prikaz; ocene škode povzročene zaradi divjadi, škodljivcev, bolezni ali naravnih nesreč z uporabo dronov; predstavitve novosti uporabe IKT v živinoreji; spremljanje in vrednotenje podatkov na KMG ipd. Hkrati so svetovalci izrazili tudi potrebo po dodatnem usposabljanju za pripravo spletnih seminarjev in kreiranju kratkih tehnoloških filmov iz dobrih praks.

V naslednjem vprašanju so anketirani navedli, od koga ali kje običajno dobijo informacije o IKT in rešitvah, povezanih z njimi. Pozvani so bili, da med navedenimi označijo tri najpomembnejše vire. Odgovori so podani v preglednici 2. Ugotavljamo, da svetovalci najpogosteje pridobijo informacije o IKT in rešitvah povezanih z njimi na različnih dogodkih (68,4 % – terenski ogledi, delavnice, konference in spletni seminarji), kakor tudi pri raziskovalnih in razvojnih institucijah (55,3 %), na sejmih (47,4 %) in na izobraževalnih ustanovah (47,4 %).

Preglednica 2: Najpogostejši vir informacij o IKT

VIR INFORMACIJ	Delež anketiranih (%)
Kmetje	10,5
Sejmi	47,4
Raziskovalne in razvojne institucije	55,3
Industrija – proizvajalci IKT	28,9
Izobraževalne ustanove	47,4
Dogodki (terenski ogledi, delavnice, konference, spletni seminarji)	68,4
Vladne institucije	5,3
Agro-kemijska industrija (proizvajalci FFS in gnojil)	13,2
Dobavitelji IKT (trgovci)	26,3
Časopisi, televizija	21,1
Združenja kmetov	0,0
Podporne storitve IKT (storitve popravil in vzdrževanja)	5,3

3.5 Uporaba in vrste IKT med kmeti

Da bi dobili boljši vpogled v uporabo IKT na območju, v kateri svetovalci delujejo, so bili ti pozvani, da ocenijo: delež kmetov, ki ima dostop do interneta (1), delež tistih, ki se zaveda obstoja in potencialne prednosti uporabe IKT v kmetijstvu (2) in delež kmetov, ki že uporablja oz. izvaja precizno kmetijstvo (3). Med vprašanimi jih 40 % ocenjuje, da ima >75 % kmetov dostop do interneta, in da se med 25 in 50 % kmetov zaveda obstoja in potencialne prednosti uporabe IKT v kmetijstvu. Več kot 70 % svetovalcev meni, da na njihovem območju delovanja precizno kmetijstvo uporablja ali izvaja že 25 do 50 % kmetov.

Sledilo je vprašanje o uporabi ali potencialni uporabi naštetih tehnologijah v kmetijstvu na območju njihovega delovanja. Pri tem so potencial uporabe ocenjevali po 5-stopenjski Likertovi lestvici od 1 – najmanj pomembno do 5 – najpomembnejše (preglednica 3). Analiza odgovorov je pokazala pričakovan rezultat. Skoraj 65 % vprašanih namreč ocenjuje, da so med kmetovalci najpogostejše v uporabi podatki agro-meteoroloških postaj. Slaba tretjina jih meni,

da so to aplikacije za beleženje in agro-aplikacije v rastlinski pridelavi. Petina svetovalcev pa izpostavlja, da so na njihovem območju med kmeti že v uporabi precizni namakalni sistemi in tehnologije za precizno gnojenje, škropljenje, obdelavo tal in setev. Med naštetimi, anketiranci po pomembnosti za kmete na njihovem območju, najvišje ocenjujejo tehnologije za precizno škropljenje in gnojenje (4,0 in 3,9), sledijo sistemi za vodenje opravil na kmetiji in informacijski sistemi (3,8), tem pa s povprečno oceno 3,7 sledijo še tehnologije za precizno obdelavo tal in setev, precizni namakalni sistemi ter agro-meteorološke vremenske postaje.

Preglednica 3: Obstoječe tehnologije in njihova uporaba v kmetijstvu

	V uporabi (%)	Povp. ocena
Agro-meteorološka vremenska postaja (merjenje temperature, vetra, dežja, vlage, sevanja, tlaka...)	64,9	3,7
Aplikacije za beleženje (npr. vremenskih razmer, uporabo strojev, tržnih podatkov)	29,7	3,5
Agro-aplikacije v rastlinski pridelavi (zagotavljajo jih proizvajalci agro-kemičnih izdelkov ali strojev)	27,0	3,2
GPS (oprema za precizno kmetijstvo, npr. natančno gnojenje ali avtomatske vozne naprave)	21,6	3,6
Senzorji (za zaznavanje okolja in stanja rastlin/posevkov)	13,5	3,4
Izdelava digitalnih kart (vzorci tal, satelitski podatki itd.)	5,4	3,3
Kmetijski dron (za opazovanje posevka/plantaže ali ciljno delovanje na določenih lokacijah ali opazovanje posamezne rastline)	13,5	3,3
Precizni namakalni sistemi	21,6	3,7
Tehnologije za precizno gnojenje	21,6	3,9
Tehnologije za precizno obdelavo tal in setev	21,6	3,7
Tehnologije za precizno škropljenje	21,6	4,0
Dopolnjena resničnost (npr. pametna očala ali podobne naprave za boljše vizualne in okoljske informacije)	5,4	2,6
Sistem za vodenje kmetij in informacijski sistemi (programska oprema za beleženje delovnih tokov, podpora odločanju itd.)	3,0	3,8
Drugo	27,0	2,6

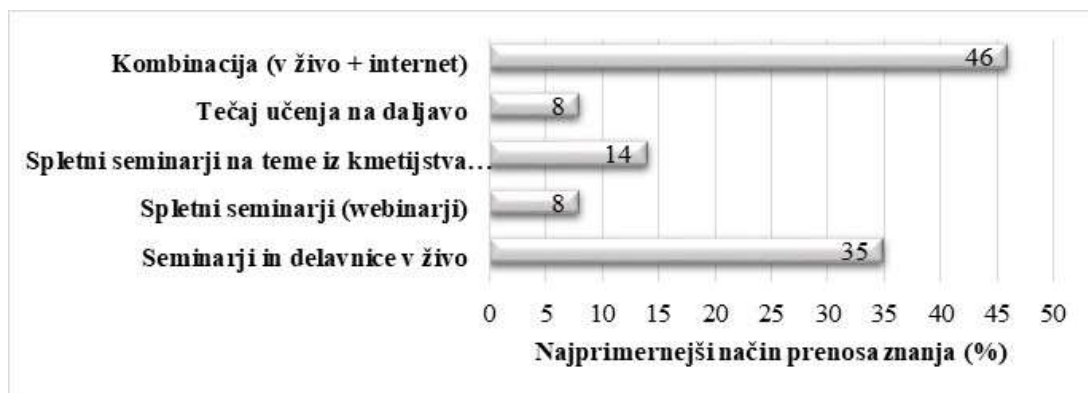
3.6 Širjenje IKT v praksi in njihovo vključevanje v finančno podprte programe

Anketirancem smo predložili seznam 10 deležnikov in jih zaprosili naj navedejo, glede na predstavljeno bonitetno lestvico (od 1 – najmanj pomembna do 5 – najpomembnejša), kdo bi po njihovem mnenju moral vložiti več truda, da bi se IKT v praksi bolj razširile (preglednica 4). Po mnenju svetovalcev, bi morale za učinkovitejše širjenje IKT v praksi aktivneje nastopiti raziskovalne in razvojne institucije (4,5), izobraževalne ustanove (4,5) in kmetijska politika z instrumenti kot so finančne podpore, splošni pravni okvir, itd. (4,4) ter svetovalna služba (4,3). Anketirance smo nato pozvali, da navedejo po njihovem mnenju najprimernejši način prenosa znanja oz. spretnosti glede inovacij IKT v prihodnosti (slika 1). Od 38 vprašanih svetovalcev jih 46 % meni, da je najprimernejši način prenosa znanja v prihodnosti kombinacija izvedbe v živo in preko spleta, medtem ko 35 % odgovarja, da so to seminarji in delavnice v živo. Sledili sta vprašanji, s katerima smo želeli dobiti odgovor ali so investicije v IKT vključene in finančno podprte v Programu razvoja podeželja (PRP) oz. v nacionalnih shemah ali drugih programih (1) in ali menijo, da bi morala biti uporaba IKT v kmetijstvu podprta v novem PRP (2). Skoraj 60 % anketiranih kmetijskih svetovalcev je seznanjenih, da so investicije v IKT

vključene in finančno podprte v Programu razvoja podeželja, in da si jih velika večina (94,7 %) želi, da ostanejo podprte tudi v novem PRP.

Preglednica 4: Pomen deležnikov pri prenosu znanja o IKT v prakso

DELEŽNIKI	Povprečna ocena
Kmetje	3,7
Raziskovalne in razvojne institucije	4,5
Industrija – proizvajalci IKT	4,2
Izobraževalne ustanove	4,5
Svetovalna služba	4,3
Kmetijska politika (instrumenti kot so finančne podpore, splošni pravni okvir, itd.)	4,4
Agro-kemijska industrija (proizvajalci FFS in gnojil)	3,8
Dobavitelji IKT (trgovci)	3,9
Združenja kmetov	3,8
Podporne storitve IKT (storitve popravil in vzdrževanja)	3,8



Slika 1: Najprimernejši način prenosa znanja glede inovacij IKT v prihodnosti (odgovori v %)

4 SKLEPI

Na podlagi obravnavane tematike in opravljenih analiz anketnega vprašalnika lahko podamo naslednje ugotovitve glede stanja, vedenja in prenosa znanja o informacijsko komunikacijskih tehnologijah (IKT) med kmetijskimi svetovalci v Sloveniji:

- Med metodami za namen širjenja informacij med kmetijskimi svetovalci in kmeti še zmeraj prevladujejo metode množične komunikacije (radio, televizija in časopisi), za svetovalce pa so skoraj enako pomembni tudi obiski kmetij, demonstracije – delavnice in strokovne delavnice na terenu. Pri metodah svetovanja je v zadnjem času mogoče zaznati tudi povečano uporabo širjenja informacij s pomočjo spletnih orodij (webinarji, e-publikacije, socialna omrežja in spletne strani).
- Kmetijski svetovalci so si enotni, da se JSKS zaveda pomena IKT in zaposluje osebe s primernimi kompetencami. Prav tako izvajajo usposabljanja (delavnice, prikazi (demonstracije) na kmetijah, izmenjave dobrih praks) in svetovanja o preciznem kmetijstvu. Za boljše svetovanje s področja preciznega kmetijstva kmetom pa jim manjkajo specifične kompetence.

- Z namenom izpopolnjevanja svojega znanja se kmetijski svetovalci redno udeležujejo izobraževanj in/ali usposabljanj o IKT (spletna orodja in aplikacije, geoprostorske analize, priprava webinarjev in farminarjev), prav tako si teh želijo udeleževati tudi v prihodnje. Ponudniki izobraževanj so najpogostejše izobraževalne ustanove, raziskovalne in razvojne institucije, KGZS ter podjetja, ki so ponudniki IKT. Informacije o IKT in rešitvah povezanih z njimi pa kmetijski svetovalci pridobijo tudi na različnih dogodkih (terenski ogledi, delavnice, konference, spletni seminarji) in sejmih.
- Kmetijski svetovalci ocenjujejo, da ima na njihovem območju delovanja velika večina kmetov dostop do interneta, da se ti zavedajo obstoja in potencialne prednosti uporabe IKT v kmetijstvu ter da nekateri med njimi tehnologijo za precizno kmetijstvo tudi že uporabljajo. Po pomembnosti za kmete na njihovem območju, najvišje ocenjujejo tehnologije za precizno škropljenje in gnojenje, sledijo sistemi za vodenje opravil na kmetiji in informacijski sistemi ter tehnologije za precizno obdelavo tal in setev, precizni namakalni sistemi in agro-meteorološke vremenske postaje.
- Za učinkovitejše širjenje IKT v praksi bi morale aktivneje nastopiti raziskovalne in razvojne institucije, izobraževalne ustanove in kmetijska politika z instrumenti kot so finančne podpore, splošni pravni okvir, itd. ter tudi svetovalna služba. Najprimernejši način prenosa znanja v prihodnosti je kombinacija izvedbe v živo in preko spleta, sledijo seminarji in delavnice v živo. Velika večina kmetijskih svetovalcev želi, da uporaba IKT v kmetijstvu ostane vključena in finančno podprta tudi v novem Programu razvoja podeželja.

Zahvala. Prispevek temelji na rezultatih projekta VIRAL – Vitalising ICT Relevance in Agricultural Learning (2020–2023), ki ga financira Education, Audiovisual and Culture Executive Agency of the European Commission (EACEA) v Bruslju, preko programa Erasmus+ za področje Krepitev odnosov med visokošolskimi zavodi in širšim gospodarskim in socialnim okoljem.

5 LITERATURA

- Bacco, M., Barsocchi P., Ferro, E., Gotta, A. in Ruggeri, M. 2019. The Digitisation of Agriculture: a Survey of Research Activities on Smart Farming. Array, 3-4: 1-11
- Garforth, C., Rehman, T., McKemey, K., Tranter, R., Cooke, R., Yates, C., Par, J. in Dorward, P. 2004. Improving the design of knowledge transfer strategies by understanding farmer attitudes and behaviour. Journal of Farm Management, 12, 1: 17-32
- Gelb, E. in Offer, A. 2005. ICT Adoption in Agriculture: Perspectives of Technological Innovation. <http://departments.agri.huji.ac.il/economics/gelb-main.html> (30. nov. 2020)
- IFAMR. 2016. <https://www.ifama.org/resources/Documents/v19ia/v19ia.pdf> (30. nov. 2020)
- Moribe, T., Okada, H., Kobayashi, K. in Katayama, M. 2018. Combination of a wireless sensor network and drone using infrared thermometers for smart agriculture. V: 15th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), 1-2.
- Uredba o načinu in obveznostih izvajanja javne službe kmetijskega svetovanja. 2017. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED6929> (30. nov. 2020)
- Warren, M. F. 2002. Adoption of ICT in agricultural management in the United Kingdom: the intra-rural digital divide. Agric. Econ., 48, 1: 1-8

Zbiranje klasincev z adaptiranim kombajnom Claas Tucano

Tomaž POJE⁸⁹, Mitja KRAJNC⁹⁰, Klemen KAUCIČ⁹¹, Anita BREZNIK⁹² in Viktor JEJČIČ⁹³

Izvleček

V vzhodni Sloveniji smo na težjih tleh v letu 2020 zasnovali sortni makro poskus s šestimi hibridi koruze. Ob spravilo koruze za zrnje smo pri vsakem hibridu z adaptiranim kombajnom zbirali klasince, ki so se shranjevali v dodatnem zalogovniku. Povprečna masa tako zbranih klasincev je bila 1,2 tone suhe snovi na hektar, kar je primerljivo s podobnimi tujimi tehničnimi rešitvami za ločeno zbiranje klasincev. V Sloveniji bi lahko v letu 2019 potencialno zbrali okrog 43 tisoč ton suhe snovi klasincev. Koruzni klasinci se trenutno uporabljajo predvsem v energetske namene, kot gorivo v kotlih za sekance. Uporaba klasincev za druge namene pri nas še ni zaživila.

Ključne besede: koruza, klasinec, zbiranje klasincev, obnovljivi vir energije, biogorivo, trdna kmetijska biomasa

Collecting of corn cobs with adapted combine Claas Tucano 340

Abstract

In eastern Slovenia, we set up a macro field experiment with six maize hybrids on heavier soils in 2020. When harvesting corn for grain, we collected corn cobs for each hybrid with an adapted combine separately. Corn cobs were stored in combine's additional storage tank. The average weight of dry matter of collected corn cobs was 1.2 tons per hectare, which is comparable to similar foreign technical solutions for separate collection of corn cobs. With this technique we could potentially collect around 43,000 tons of dry matter of corn cobs in the year 2019 in Slovenia. Corn cobs are currently used primarily for energy purposes, as fuel in boilers for wood chips. They are not yet used for other purposes in our country.

Keywords: maize, corn cob, collecting of corn cob, renewable energy source, biofuel, solid agricultural biomass

1 UVOD

Spravilo koruze, namenjene za zrnje, lahko opravljamo na različne načine. Danes za spravilo koruznega zrnja uporabljamo univerzalne žitne kombajne, ki imajo prigrajeno specialno koruzno ustje. V mlatilni del kombajna se dovajajo večinoma neoličkani odtrgani storži, včasih pa tudi zgornji deli stebel. Pri takem spravlilu koruze dobimo v zalogovniku čisto zrnje.

Ponekod v Sloveniji je še razširjeno tudi spravilo koruznih storžev. Možno je ročno ali mehanizirano spravilo koruznih storžev. Za mehanizirano spravilo koruznih storžev se uporablja enovrstne ali dvovrstne vlečene obiralnike koruze. Tako pobrane koruzne storže hranijo in sušijo v koruznjakih. Ti stroji so s prehodom na tehnologijo spravila koruznega zrnja izgubili svoj pomen. Ob ročnem obiranju koruznih storžev ali uporabi obiralnikov koruze v storžih so po luščenju (ruženju, robkanju) pridelovalcem poleg zrnja ostali še klasinci. Ti so se že od nekdaj uporabljali kot kurivo v štedilnikih na drva, kaminih in keramičnih pečeh (krušnih pečeh).

⁸⁹ Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: tomaz.poje@kis.si

⁹⁰ Dr., Žipo Lenart d.o.o., e-pošta: info@zipo.si

⁹¹ Univ. dipl. inž. kmet., Žipo Lenart d.o.o., e-pošta: klemen.kaucic@zipo.si

⁹² Mag., Žipo Lenart d.o.o., e-pošta: anita.breznik@zipo.si

⁹³ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: viktor.jejcic@kis.si

Zaradi uporabnosti klasincev so se za njihovo zbiranje pojavile tehnične rešitve tudi ob spravilu zrnja s kombajni. Tehnične rešitve za zbiranje klasincev so različne, najbolj pogoste so v obliki adaptiranih kombajnov ali pa specialnih prikolic za zbiranje klasincev.

Nekatere tehnične rešitve preureditve kombajnov, ki omogočajo dodatno zbiranje klasincev, so patentirane (AT 510 933, EP 2 210471, EP 2 443 917 A1). Tudi v Sloveniji smo že proučevali zbiranje klasincev z adaptiranim aksialnim kombajnom Case IH (Poje in Barbarič, 2013; Poje in Barbarič, 2014).

Gebeshuber (2012) navaja, da je povprečen pridelek klasincev 1,1 t SS/ha, s povprečno prostornino 9,5 m³. Na podlagi tega je za leto 2011 ocenil, da je bil potencialni pridelek klasincev v deželi Gornja Avstrija 60.911 t (50.759 ha koruze za zrnje).

Koruzni storž in klasinec (koruzni storž brez zrnja) imata po slovenskih fitogeografskih območjih različna poimenovanja, kar kaže na bogastvo slovenskega jezika (Zupančič, 1999, Benedik, 1996). V Slovarju slovenskega knjižnega jezika (Bajec, 1975) je naveden narečni izraz klasina, kar pomeni koruzni storž brez zrnja. Tajšek (1980, 1991) piše o klasincu. Ta izraz kmetijska stroka (Čergan, 2008) v zadnjih letih še največ uporablja. Nekatere semenarske hiše pa v svojih publikacijah pišejo tudi oklasek, kar naj bi pomenilo koruzni storž brez zrnja. Ta izraz prihaja iz hrvaščine (srbsčine).

Namen prispevka je predstaviti mehanizirano spravilo klasincev z adaptiranim kombajnom za zrnje Claas Tucano 340.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Na KG Žipo Lenart d.o.o. je bil 18.4.2020 na težkih tleh postavljen sortni makro poskus koruze s šestimi hibridi (preglednica 1). Hibride smo izbrali na osnovi preliminarnih meritev primernosti za zbiranje klasincev v prejšnjem letu. Gostota setve je bila 92.000 rastlin (medvrstna razdalja setve je bila 75 cm, razdalja v vrsti pa 14,5 cm). Velikost osnovne parcele za posamezni hibrid je bila 833 m². Prejšnji posevek je bila ozimna pšenica. Dosevek je bila bela gorjušica in kot ozelenitev inkarnatka. Tla so bila obdelana na ohranitveni način (težki rahljalnik, kratka krožna brana). Osnovno gnojenje je bilo opravljeno tik pred setvijo s kompleksnim gnojilom NPK 7 : 20 : 30 v odmerku 300 kg/ha. Koruza je bila sredi maja dvakrat dognojena z dušikovim gnojilom N-GOO 40 % (2 x 200 kg/ha). Za zatiranje enoletnega ozkolistnega in širokolistnega plevela smo sredi maja uporabili selektivni herbicid Adengo (aktivna snov tienkarbazon in izoksafutol) v odmerku 0,44 l/ha in Temsa (aktivna snov mezotrion) v odmerku 0,6 l/ha.

Preglednica 1: V poskus vključeni hibridi koruze, njihova zvrst in zrelostni razred

Hibrid	Zvrst koruze	Zrelostni razred (FAO)
P 9241	trda zobanka	350
ARNAUTO DKC 4541	zobanka	350
AJOVAN	zobanka	350
TEXERO	zobanka	380
P 9757	zobanka	390
AURELIO DKC 4943	zobanka	390

Spravilo koruze za zrnje smo izvedli 26. 10. 2020 s kombajnom Claas Tucano 340. Osnovni tehnični podatki za kombajn so podani v preglednici 2. Kombajn je bil adaptiran tako, da je v dodatni zalogovnik (bunker), montiran na zadku kombajna, zajemal še klasince. Modificirati je

bilo potrebno tudi določene notranje sklope kombajna. Na pretresalih smo morali klasince preusmeriti na zgornja čistilna sita, tako da smo nekoliko modificirali - odprli del površine pretresal. Zajeti smo poskušali tako cele klasince, ki jih kombajn transportira po pretresalih, kakor zdrobljene klasince, ki se znajdejo na zgornjih čistilnih sitih. Za čistilnim sklopom kombajna smo namestili lovilno korito, v katerega padajo klasinci. Pred lovilnim koritom je bil vgrajen še ventilacijski čistilni sistem, ki z zračnim tokom odpihne ličje in ostale lažje primesi. V lovilno korito padejo večji klasinci, ki jih nato polžasti transporter prenese na desno stran kombajna. Od tu pa se klasinci s pomočjo posebne transportne turbine transportirajo navzgor v dodaten bunker za začasno shranjevanje klasincev. Bunker ima 7,5 m³ prostornine. Stranice bunkerja se deljene in se za transport po cestah hidravlično preklapijo. Tako kombajn ohranja dovoljeno višino za vožnjo po cestah.

Ko je bunker poln klasincev se s pomočjo hidravličnih cilindrov nagne nazaj (delno prekucne), nato se aktivirajo hidravlično gnane verižne transportne letve, ki zbrane klasince transportirajo v prikolico, ki se pripelje za kombajn pod dvignjen (nagnjen) bunker. Odlaganje klasincev se izvaja ob mirujočem kombajnu. Med zbranimi klasinci ostane delež ličja, ki je odvisen od hibrida koroze.

Preglednica 2: Tehnični podatki za uporabljen kombajn za ločeno spravilo zrnja in klasincev koroze (Claas, 2017)

Proizvajalec	Claas
Model	Tucano 340
Maksimalna moč motorja (ECE R 120)	210 kW (286 KM)
Transmisija	Hidrostaticna
Premier bobna	450 mm
Širina bobna	1580 mm
Čistilna površina	5,1 m ²
Zalogovnik za zrnje	8,0 m ³
Masa kombajna	11800 kg

Po žetvi vsake parcele s posameznim hibridom smo ločeno stekali maso zrnja in maso klasincev s tehniko Libela ELSI SIGMA 6ICB18. Vlago koruznega zrnja smo določili z merilnikom vlage PERTEN AQUAMATIC 5200-A. Vlago klasincev, ki je odvisna od vlage zrnja, smo izračunali po enačbi Handlerja (Handler, 2011).



Slika 1: Kombajn za spravilo koruznega zrnja Claas Tucano 340 z dodatnim sklopom za zbiranje klasincev

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Hektarski pridelek klasincev

Ob žetvi šestih hibridov koruze za zrnje z adaptiranim kombajnom Claas Tucano 340 smo ugotavljali maso svežega zrnja in maso svežih klasincev. Iz sveže mase zrnja smo izračunali hektarski pridelek koruznega zrnja s 14 % vlage. Iz mase svežih klasincev smo izračunali maso suhe snovi klasincev in določili tehnični hektarski pridelek. Rezultati so podani v preglednici 3.

Povprečni pridelek koruznega zrnja pri šestih hibridih je bil 10,837 tone na hektar. Najmanjši pridelek zrnja je bil pri hibridu Texero (9,9 tone), največji pa pri hibridu Aurelio DKC 4943 (11,6 tone). Povprečni pridelek je celo nekoliko večji od pričakovanega pridelka koruze za zrnje (10,4 t/ha), ki ga je ocenil Urad RS za statistiko za leto 2020 (SURSTAT, 2020).

Masa klasincev, zbranih z adaptiranim kombajnom pri šestih različnih hibridih, je primerljiva s podatki iz literature, kjer so za zbiranje klasincev uporabljene podobne ali drugačne tehnične rešitve. Povprečna masa zbranih klasincev pri šestih hibridih koruze, vključenih v poskus, je bila 1.202 kg SS/ha. Najmanjša zbrana masa je bila 962 kg pri hibridu Texero, največja pa 1.392 kg SS/ha pri hibridu Ajovan. V okviru poskusa smo na začetku izvedli tudi vzorčenje storžev z ročnim trganjem. Vzorce storžev smo ročno oluščili ter ugotovili maso zrnja in klasincev, s pomočjo katere smo izračunali tudi hektarski pridelek klasincev. Tako smo dobili teoretični pridelek klasincev na hektar. Pri uporabi adaptiranega kombajna, ki omogoča dodatno zbiranje klasincev, pa dobimo tehnični pridelek klasincev, ki je odvisen od tehničnih lastnosti dodatnega sklopa za zbiranje klasincev vlažnosti koruznega storža (klasincev, ličja in zrnja) in aerodinamičnih lastnosti klasincev in ličja. V povprečju je bila uspešnost zbiranja klasincev pri šestih hibridih 51%. Največji izplen klasincev je bil pri hibridu Arnauto DKC 4541 (57,3 %), in najmanjši pri hibridu Texero (39,8 %). Uspešnost zbiranja klasincev bi lahko še izboljšali s tehničnim optimiziranjem dodatnega sklopa. Klasinci, ki jih nismo uspeli pobrati ob žetvi, ostanejo na požeti njivi in se kasneje razgradijo – mineralizirajo. Čeprav praktične izkušnje kažejo, da razgradnja klasincev v težkih tleh lahko traja tudi nekaj let.

Preglednica 3: Hektarski pridelek koruznega zrnja s 14 % vlage in masa zbranih klasincev za posamezne hibride

Hibrid koruze	Zrelostni razred (FAO)	Vlaga zrnja (%)	Pridelek zrnja s 14 % vlage (kg/ha)	Zbrani klasinci (kg SS/ha)
P 9241	350	21,8	11.246	1.348
ARNAUTO DKC 4541	350	21,8	10.298	1.206
AJOVAN	350	22	10.727	1.392
TEXERO	380	22,3	9.919	962
P 9757	390	21,9	11.223	1.087
AURELIO DKC 4943	390	22	11.614	1.218
Povprečje		22	10.838	1.202

3.2 Pridelek klasincev v Sloveniji

Po podatkih Statističnega urada RS (SURSTAT, 2020) je bilo v letu 2019 s koruzo za zrnje posejanih 38.883 hektarjev. Ob povprečnem pridelku klasincev 1.100 kg/ha kot ga navaja literatura

(Gebeshuber, 2012), je teoretični potencial znašal 42.771 ton suhe snovi klasincev. Ob upoštevanju kurilne vrednosti 17,5 MJ/kg je kurilna vrednost teh klasincev 748,5 TJ, kar odgovarja kurilni vrednosti 17.570 ton plinskega olja. Ker so klasinci obnovljivi vir energije, bi z njihovo uporabo kot biogoriva zmanjšali emisije ogljikovega dioksida iz fosilnih goriv, ki bi sicer nastale ob uporabi kurilnega olja. V praksi moramo poznati še ekonomski, tehnični in uporabni potencial izkoriščanja klasincev, ki je bistveno nižji.

3.3 Uporaba klasincev

Že od nekdaj so se klasinci uporabljali kot dodatno kurivo v različnih pečeh na drva (štedilniki, kamini, keramične peči – krušne peči). Tudi danes se klasinci še vedno tako uporabljajo. Zaradi boljšega izkoristka je bolj primerna njihova uporaba v kotlih za sekance za etažno ali centralno ogrevanje. Kot gorivo se klasinci tudi pri nas že uporabljajo v kotlih na biomaso, ki proizvajajo toploto za sušilnice kmetijskih pridelkov. Klasince lahko kot gorivo uporabljamo tudi v obliki peletov ali briketov. Klasinci so lahko tudi surovina za 2. generacijo biogoriv.

Klasinci imajo še celo vrsto drugačnih možnosti za uporabo, s katerimi lahko dosežemo tudi višjo dodano vrednost. Lahko se uporabljajo za nastilj, za izolacijski material, za vezivo, vpojno sredstvo (za izpuste olj ali emulzij), za lahke gradbene plošče, kot nadomestek oglja za žar in za proizvodnjo biooglja s pirolizo. Uporablja se lahko tudi kot strukturni element v kompletnih krmnih mešanicah za športne konje. Je surovina za izdelavo furfurala, ki je surovina za izdelavo encimov. Klasinec je lahko nosilec aktivnih snovi pri pesticidih in zdravilih. Iz njega izdelujejo tudi bioetanol. Uporaben je tudi kot polirno sredstvo, substrat za pridelavo gob in substrat za pridelavo vrtnin v rastlinjakih.

4 SKLEPI

Slovenska adaptacija kombajna Claas Tucano 340 omogoča zajem klasincev ob hkratnem spravilu koruznega zrnja. V poskusu s šestimi hibridi koruze izbranimi v predhodnih proučevanjih smo v letu 2020 ob žetvi zrnja zbrali od 962 do 1.392 kg suhe snovi klasincev na hektar. Povprečni pridelek 1.202 kg SS/ha je primerljiv s podatki tuje in domače literature. Učinkovitost zbiranja klasincev je v povprečju 51 %. Klasinci se trenutno uporabljajo kot gorivo v kotlih na biomaso: Druga uporaba, kjer bi dosegli večjo dodano vrednost stranskega produkta, pri nas še ni razvita.

Zahvala. Prispevek je nastal v okviru EIP projekta »Koruzni oklasek kot obnovljivi vir energije«, ki ga sofinancira Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja in Republika Slovenija.

5 LITERATURA

- Bajec, A., Jurančič, J., Klopčič, M., Legiša, L., Suhadolnik, S., Tomšič, F. 1975. Slovar slovenskega knjižnega jezika. Slovenska akademija znanosti in umetnosti. DZS, druga knjiga I – Na: 327
- Benedik, F. 1996. Narečni izrazi za koruzo, koruzni storž, ličkati in ružiti. Razprave: Razred za filološke in literarne vede, SAZU – Ljubljana, 15: 7–25
- Claas Program produktov 2017., 2017. Claas Global Sales GmbH, Regionalzentrum Austria & Adria: 148 – 149
- Čergan, Z., Jejčič, V., Knapič, M., Modic, Š., Moljk, B., Poje, T., Simončič, A., Sušin, J., Urek, G., Verbič, J., Vrščaj, B., Žerjav, M. 2008. Koruza. Kmečki glas: 314

- Gebeshuber, G. 2011. Energetische Nutzung von Maisspindeln - Maisspindeln aus pflanzenbaulicher Sicht, Landwirtschaftskammer Oberösterreich
http://www.regionwelsland.at/fileadmin/user_upload/dam/Aktuell/Gebeshuber_Maisspindeln_2510_2011.pdf (5.11.2020)
- Handler, F., Wörgetter, M. 2011. Neue Rohstoffe – Kurzumtrieb und Maisspindeln. Betreiberstammtisch / 16. Österreichischer Biomasse-Tag BLT Wieselburg / Lehr- und Forschungszentrum Francisco Josephinum 18.11.2011 Wieselburg. Dostopno na:
http://www.biomasseverband.at/uploads/tx_osfopage/Handler_Kurzumtrieb_und_Maisspindel.pdf (5.11.2020)
- Maisspindelwerfer. 2012. Europäische Patentanmeldung EP 2 443 917 A1, European patent Office, 13 str.
- Poje, T., Barbarič, M. 2013. Mehanizirano spravilo klasincev in njihova uporaba. Zbornik simpozija Novi izzivi v agronomiji 2013. Zreče, 24. in 25. januar 2013, Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2013, str. 194-200
- Poje, T., Barbarič, M. 2014. Prve izkušnje mehaniziranega zbiranja koruznih klasincev v Sloveniji. Zbornik radova 42. Međunarodnog simpozija Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede, Opatija, 25. - 28. veljače 2014. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede: 459-467
- Selbstfahrendes Erntegerät für die Maisernte, 2010. Europäische Patentanmeldung EP 2 210 471 A2, European patent Office, 8 str.
- Separiereinheit für selbstfahrende Erntegerät, 2013. Patentschrift AT 510 933 B1, Österreichisches Patentamt, 24 str.
- Statistični urad RS. 2020. Povprečni pridelek (t/ha) pomembnejših kmetijskih kultur, po statističnih regijah, Slovenija, letno. Dostopno na: <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1502410S.px> (10.11.2020)
- Statistični urad RS. 2020. Pričakovani pridelki poznih posevkov, sadja in grozdja, Slovenija, 2020. Dostopna na <https://www.stat.si/StatWeb/News/Index/9167> (10.11.2020)
- Tajnšek, A., Milevoj, L., Čergan, Z., Osvald, J. 1991. Koruza, Knjižnica za pospeševanje kmetijstva. Ljubljana: Kmečki glas: 180
- Tajnšek, T. 1980. Strnine in koruza v Sloveniji. Kmečki glas, Knjižnica za pospeševanje kmetijstva, XI/1981: 108
- Zupančič, M., Smole, V. 1999. Fitogeografska delitev Slovenije in leksična raznolikost slovenskih narečij, SAZU, Traditiones 28/I: 10

Ekonomski in okoljski vidik porabe rastlinskih hranil in goriva pri pridelavi pšenice in koruze

Ana HITI⁹⁴, Jure BREČKO⁹⁵ in Barbara ZAGORC⁹⁶

Izvleček

Porabi rastlinskih hranil in goriva močno vplivata tako na okolje kot na učinkovitost kmetijske pridelave. Analizirali smo porabo rastlinskih hranil in goriva pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje. Raziskavo smo izvedli s pomočjo Modelnih kalkulacij KIS (MK KIS). Z ekonomsko analizo rezultatov smo ugotavljali, kako obseg pričakovanega pridelka vpliva na porabo rastlinskih hranil in goriva ter kako se ob tem spreminjata delež stroškov gnojil in delež stroška goriva v skupnih stroških. Nadaljnje smo primerjali spremembo porabe goriva pri različni opremljenosti s stroji in priključki. Primerjali smo tudi porabo goriva po posameznih delovnih fazah v MK KIS z drugimi raziskavami in katalogi. Z ekonomsko analizo smo ugotovili, da stroški gnojil in goriva predstavljajo velik delež pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje. Stroški pridelave se povečujejo sorazmerno z obsegom pričakovanega pridelka, pri tem pa delež stroškov gnojil v skupnih stroških z intenzivnostjo narašča, medtem ko delež stroškov goriva v skupnih stroških z intenzivnostjo pada. Ugotovljeno je bilo, da je poraba goriva na hektar pri večji stopnji opremljenosti s stroji manjša.

Glavne besede: pšenica, koruza, poraba goriva, poraba rastlinskih hranil, ekonomičnost pridelave

Economic and environmental aspects of plant nutrient and fuel consumption in wheat and maize production

Abstract

Plant nutrient consumption and fuel consumption has a strong impact on the environment and on the efficiency of agricultural production. The plant nutrient consumption and fuel consumption in the production of wheat and maize was analysed. The study was carried out using KIS Model calculation (MK KIS). With an economic analysis of the results, we have determined how plant nutrient consumption and fuel consumption change by different volume of the expected crops (yields per hectare). The changes in the share of fertiliser costs in total costs and the share of fuel costs in total costs were also analysed. The change in fuel consumption for different level of machinery equipment and attachments was compared. The fuel consumption at different work stages was compared with data from MK KIS as well as other research and catalogues. With the help of economic analyses, it was determined that the fertilizer costs and fuel costs account for a large part of the costs of wheat and maize production. Production costs increase with the expected crop. With higher intensity (yield per hectare), the share of fertilizer costs in total costs increases, while the share of fuel costs in total costs decreases. It was found that fuel consumption per hectare decreases with a higher level of agricultural machinery.

Key words: wheat, corn, fuel consumption, plant nutrition consumption, economy of production

1 UVOD

Kmetijstvo je drugi največji vir emisij toplogrednih plinov (TGP) v Sloveniji. V letu 2018 so emisije TGP v kmetijstvu predstavljale 15,6 % v skupnih emisijah TGP (Verbič in sod., 2020). Emisije TGP v kmetijstvu nastajajo pri uporabi fosilnih goriv (za stroje, pri ogrevanju ...), reji živali (pri skladiščenju živinskega gnoja, fermentaciji v prebavnem sistemu rejnih živali) in pri rabi kmetijskih zemljišč (pri gnojenju, izpiranju dušikovih spojin v vodi itd.) (Al-Mansour in

⁹⁴ Mag. ekon. nar. vir., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: ana.hiti@kis.si

⁹⁵ Univ. dipl. inž. zoot., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: jure.brecko@kis.si

⁹⁶ Univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: barbara.zagorc@kis.si

Jejcic, 2016). V Strategiji »od vil do vilic« je predstavljena trajnostna strategija razvoja kmetijstva, katere cilj sta tudi: zmanjšati emisije TGP ter zmanjšati pretirano uporabo gnojil in s tem zmanjšati obremenitev okolja s hranili. Manjša poraba goriva in gnojil pozitivno vpliva na izpuste emisij TGP iz kmetijstva in na ekonomiko pridelave.

Stroški gnojil in goriva sodijo med pomembnejše stroške pri pridelavi poljščin. Po podatkih MK KIS (Modelne kalkulacije, 2020) v povprečju obdobja 2016–2020 stroški gnojil pri ozimni pšenici s pridelkom 6 t/ha predstavljajo 20 % v skupnih stroških pridelave, pri koruzi za zrnje s pridelkom 10 t/ha pa 18 %. Delež stroška goriva (brez stroškov porabe goriva pri setvi in žetvi, ker sta po modelu vključena v stroške najetih strojnih storitev) pri pšenici znaša 6 % v skupnih stroških pridelave oziroma 32 % v stroških domačih strojnih storitev. Delež stroška goriva v skupnih stroških pridelave pri koruzi za zrnje pa znaša 4 %, v stroških domačih strojnih storitev pa 30 %.

Tudi drugi viri navajajo pomembnost stroškov gnojil in goriva pri kmetijski pridelavi. V raziskavi EFFICIENT 20 so ugotovili, da strošek goriva predstavlja 40 % v stroških strojnih storitev (Handler in sod., 2010). V Katalogu kalkulacij KGZS (2011) stroški gnojil in spremenljivi stroški strojnih storitev pri pšenici predstavljajo 40 %, pri koruzi za zrnje pa 34 % v spremenljivih stroških. Delež gnojil in spremenljivih strojnih storitev v MK KIS (Modelne kalkulacije, 2020) je pri pšenici (6 t/ha) 41 % in pri koruzi za zrnje (10 t/ha) 36 %.

Oskrbljenost posevka s hranili med rastno dobo vpliva na količino in kakovost pridelka. Za določitev odmerka rastlinskih hranil (fosfor in kalij) se upoštevata predvsem velikost pričakovanega pridelka in založenost tal, pri gnojenju z dušikom pa so pomembne tudi potrebe posamezne poljščine po dušiku ter porazdelitev dušika med rastno dobo (Mihelič in sod., 2010). Nekateri avtorji (Vučajnk in Bernik, 2013; Poje, 2013; Handler in sod., 2010) navajajo različne možnosti za zmanjšanje porabe goriva v kmetijstvu, kot so: način in hitrost vožnje, ustrezno vzdrževanje traktorja, ustrezen tlak v pnevmatikah itd. Ugotovili so, da se največ goriva prihrani s pravilno nastavitvijo priključka in s počasnejšim delom. Poraba goriva je odvisna tudi od pridelovalnih zahtev posameznega posevka in načina obdelave tal.

Namen naše raziskave je modelna ocena okoljskih (poraba goriva in rastlinskih hranil) in ekonomskih kazalnikov pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje ter njihova primerjava z drugimi raziskavami in viri.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Porabo rastlinskih hranil in goriva smo ocenili modelno, kot model smo uporabili MK KIS (Zagorc in sod., 2020). Za izhodiščni model smo uporabili kalkulacijo za pšenico in kalkulacijo za koruzo za zrnje (Modelne kalkulacije, 2020), ki smo ju prilagodili za potrebe raziskave. Strošek goriva in gnojil ter skupne stroške pridelave smo ocenili pri različnih intenzivnostih pridelave (preglednica 1). V skupnih stroških pridelave upoštevamo stroške blaga in storitev (seme, gnojila, sredstva za varstvo, najete storitve, zavarovanje, domače strojne storitve) in stroške domačega dela in kapitala. Predpostavlja se, da je opremljenost s stroji pri vseh intenzivnostih enaka in ustreza opremljenosti s stroji 1 (opis v nadaljevanju).

Pri izračunu stroškov pridelave smo upoštevali cene inputov za letino 2019 (brez DDV), ki so povzete iz baz podatkov Oddelka za ekonomiko kmetijstva na KIS. Cena goriva se je v letu 2019 gibala med 0,979 EUR/l in 1,060 EUR/l, cena npr. gnojila NPK 15:15:15 pa od 0,38 EUR/kg do 0,40 EUR/kg.

Preglednica 1: Gnojilni odmerki pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje

	Pšenica			Koruza za zrnje		
Pričakovani pridelek	5 t/ha	6 t/ha	7 t/ha	8 t/ha	10 t/ha	12 t/ha
Gnojilni odmerki (kg/ha)						
N	129	155	181	160	200	240
P ₂ O ₅	59	71	83	86	108	129
K ₂ O	102	123	14	62	77	92

Vir: Modelne kalkulacije KIS

V izračunu stroškov smo upoštevali povprečno ceno plinskega olja 1,025 EUR/l in povprečne cene gnojil NPK 15:15:15 (0,388 EUR/kg), NPK 7:20:30 (0,528 EUR/kg) ter KAN 27 % (0,255 EUR/kg). Predvideli smo, da so potrebe rastlin po hranilih pokrite z gnojenjem z mineralnimi gnojili. Gnojilna norma za glavna hranila je odvisna od bruto pričakovanega pridelka (preglednica 1). Količina rastlinskih hranil je izražena v obliki čistih hranil (N, P₂O₅, K₂O). Cena čistih hranil je izračunana na podlagi tržnih cen različnih vrst mineralnih gnojil. Strošek gnojil pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje smo primerjali z modelnimi izračuni avstrijskega inštituta Bundesanstalt für Agrarwirtschaft (BAB).

Poraba goriva je različna po delovnih fazah in je odvisna med drugim od moči traktorja in vrste priključka, ki sta predvidena za izvedbo posamezne delovne faze. S pomočjo modelnih kalkulacij KIS smo ocenili porabo goriva po posameznih delovnih fazah (preglednica 2).

Preglednica 2: Poraba goriva po delovnih opravilih pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje

Delovna opravila	Traktor (kW)	Priključek	Poraba goriva (l/h)	Poraba goriva (l/ha)	
				Pšenica	Koruza za zrnje
Oranje	55 kW	Dvo-brazdni obračalni plug	6,4	24,5	24,5
Brananje	55 kW	Vrtavkasta brana	8,7	10,5	10,5
Setev pšenice	55 kW	Žitna sejalnica	3,9	5,2	/
Setev koruze za zrnje	55 kW	Sejalnica za koruzo	3,9	/	5,3
Škropljenje	55 kW	Škropilnica	2,1	4,8	3,2
Trošenje min. gnojil	50 kW	Trosilec min. gnojil	3,9	9,6	3,6
Okopavanje koruze	55 kW	Okopalnik koruze	4,1	/	5,6
Žetev pšenice	100 kW	Žitni kombajn	11,5	11,8	/
Žetev koruze za zrnje	120 kW	Žitni kombajn	16,3	/	16,7

Vir: Modelne kalkulacije KIS

Legenda: / ni podatka

Porabo goriva pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje smo primerjali pri treh različnih opremljenostih s stroji. Pri opremljenosti s stroji 1 smo predvideli uporabo traktorja z močjo 55 kW in priključkov, kot so npr. dvobrazdni obračalni plug, vrtavkasta brana širine 2 m. Pri opremljenosti s stroji 2 je predvidena uporaba traktorja z močjo 70 kW v kombinaciji s traktorjem z močjo 55 kW ter uporaba večjih priključkov (npr. tribrazdni obračalni plug, vrtavkasta brana širine 3 m). Pri opremljenosti s stroji 3 je predvidena uporaba traktorja z močjo 70 kW in uporaba večjih, zmogljivejših priključkov (npr. štiri brazdni obračalni plug, vrtavkasta brana širine 4 m,...). Porabo goriva po posameznih delovnih fazah smo primerjali tudi s podatki domačih in tujih raziskav ter katalogov (preglednica 3).

Preglednica 3: Poraba goriva po delovnih opravilih iz drugih virov

Delovna opravila	Poraba goriva (l/ha)			
	KTBL	Efficient 20	ÖKL-RW 2018	CRP-V4-1135
Oranje	23,5	21,8	23,0	25,0
Brananje	11,9	6,0	10,0	16
Setev pšenice	4,5	/	5,0	2,9
Setev koruze za zrnje	3,0	/	5,0	6,9
Okopavanje koruze	3,6	/	4,0	/

Vir: KTBL (Achilles in sod., 2002); Efficient 20 (Handler in sod., 2010); ÖKL, 2018; CRP-V4-1135 (Jejčič in sod., 2013)

Legenda: / ni podatka

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Za vse pričakovane pridelke pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje smo ocenili stroške gnojil, goriva in maziva ter skupne stroške pridelave. Ugotovili smo, da stroški pridelave naraščajo sorazmerno s pridelkom (preglednica 4). Stroški gnojil pri pridelavi pšenice predstavljajo približno petino skupnih stroškov. Pri pričakovanem pridelku 5 t/ha znašajo 18,0 %, pri pričakovanem pridelku 6 t/ha 19,7 % in pri pričakovanem pridelku 7 t/ha 21,3 % v skupnih stroških. Stroški goriva predstavljajo manjši del v skupnih stroških, približno 6 %. Delež stroška goriva v skupnih stroških se zmanjšuje z intenzivnostjo. Pri pričakovanem pridelku 5 t/ha ima gorivo 6,3 % v skupnih stroških, pri pričakovanem pridelku 6 t/ha 6,1 % ter pri pričakovanem pridelku 7 t/ha 5,7 %. V primerjavi z modelnimi izračuni BAB je strošek gnojil pri pričakovanem pridelku 6 t/ha po podatkih MK KIS večji za 44 % (+ 93,4 EUR/ha). Velika razlika v stroških gnojil med obema modeloma je posledica različnih gnojilnih odmerkov in razlik v upoštevanju ceni hranil. V avstrijskih kalkulacijah je bila upoštevana cena N v višini 0,83 EUR/kg, medtem ko je bila cena N izračunana iz gnojila KAN 27 % v MK KIS 0,94 EUR/kg.

Preglednica 4: Stroški gnojil in goriva pri pridelavi pšenice

	Modelne kalkulacije KIS			BAB
	5 t/ha	6 t/ha	7 t/ha	6 t/ha*
Strošek gnojil (EUR/ha)	255,8	307,2	358,6	213,8
Strošek goriva in maziva (EUR/ha)	89,0	94,6	96,7	/
Skupni stroški pridelave (EUR/ha)	1.422,1	1.563,1	1.682,4	/

* pri gnojilnem odmerku (N : P₂O₅ : K₂O = 132 : 60 : 101); / ni podatka

Vir: Modelne kalkulacije KIS, Bundesanstalt für Agrarwirtschaft (BAB)

Podobno kot pri pšenici tudi pri koruzi za zrnje stroški pridelave naraščajo sorazmerno s pridelkom (preglednica 5). Stroški gnojil predstavljajo pri pričakovanem pridelku 8 t/ha 19,3 %, pri pričakovanem pridelku 10 t/ha 21,4 % in pri pričakovanem pridelku 12 t/ha 22,9 % v skupnih stroških pridelave. Delež stroška goriva v skupnih stroških se tudi pri koruzi za zrnje zmanjšuje z večjim pridelkom. Strošek goriva predstavlja pri pričakovanem pridelku 8 t/ha 5,8 %, pri pričakovanem pridelku 10 t/ha 5,1 % ter pri pričakovanem pridelku 12 t/ha 4,9 % v skupnih stroških pridelave. V primerjavi z modelnimi izračuni BAB je strošek gnojil pri pričakovanem pridelku 10 t/ha po podatkih Modelnih kalkulacij KIS večji za 57 % (+161 EUR/ha). Vzroka za veliko razliko v stroških gnojil sta enaka kot pri pšenici, to sta večji upoštevanji odmerki hranil in višje cene hranil v MK.

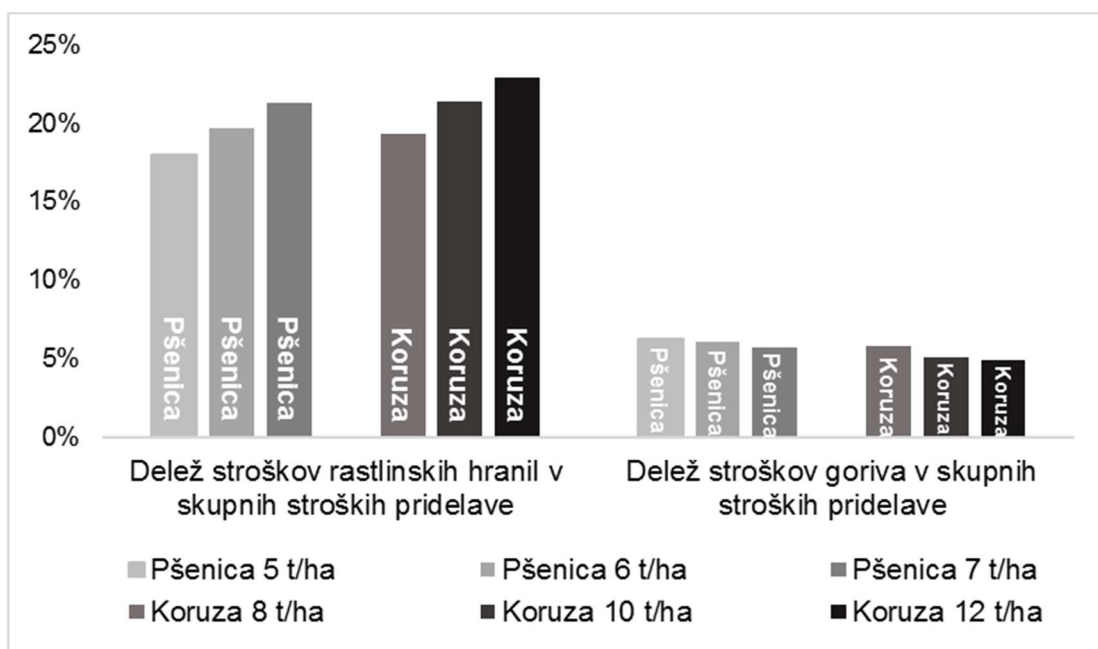
Preglednica 5: Stroški gnojil in goriva pri pridelavi koruze za zrnje

	Modelne kalkulacije KIS			BAB*
	8 t/ha	10 t/ha	12 t/ha	10 t/ha
Strošek gnojil (EUR/ha)	302,6	379,1	455,5	217,6
Strošek goriva in maziva (EUR/ha)	90,3	90,7	97,1	/
Skupni stroški pridelave (EUR/ha)	1.564,5	1.774,7	1.984,9	/

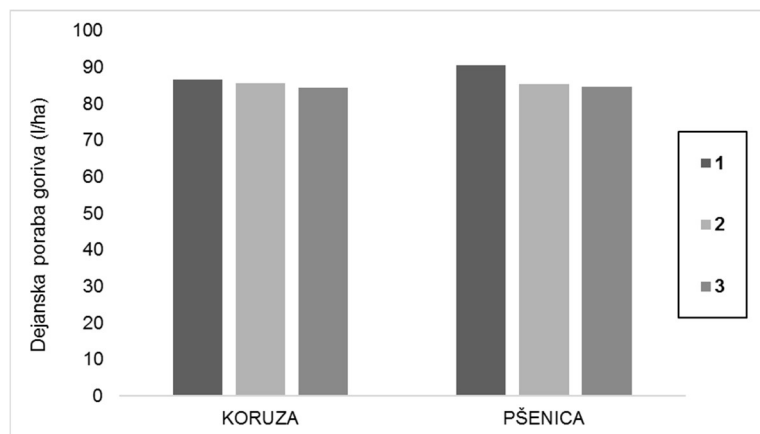
* pri gnojilnem odmerku (N : P₂O₅ : K₂O = 151 : 80 : 50); / ni podatka

Vir: Modelne kalkulacije KIS, Bundesanstalt für Agrarwirtschaft (BAB)

Skupni stroški pridelave se pri pšenici gibljejo med 1.400 in 1.700 EUR/ha in pri koruzi za zrnje med 1.500 in 2.000 EUR/ha. V povprečju vseh intenzivnosti je delež stroškov gnojil v skupnih stroških večji pri koruzi za zrnje (21,2 %) kot pri pšenici (19,7 %). Obratno je pri gorivu, kjer je v povprečju delež stroška goriva v skupnih stroških večji pri pšenici (6,0 %) kot pri koruzi za zrnje (5,3 %). V obeh primerih vidimo, da delež stroškov gnojil v skupnih stroških narašča z intenzivnostjo, medtem ko delež stroška goriva v skupnih stroških z intenzivnostjo pada (slika 1). Pri večjem pričakovanem pridelku so gnojilni odmerki večji, kar pomeni, da so tudi stroški gnojil večji. Večji gnojilni odmerki pa ne vplivajo na stroške goriva, saj sta število in izvedba delovnih faz skoraj neodvisni od velikosti pridelka.

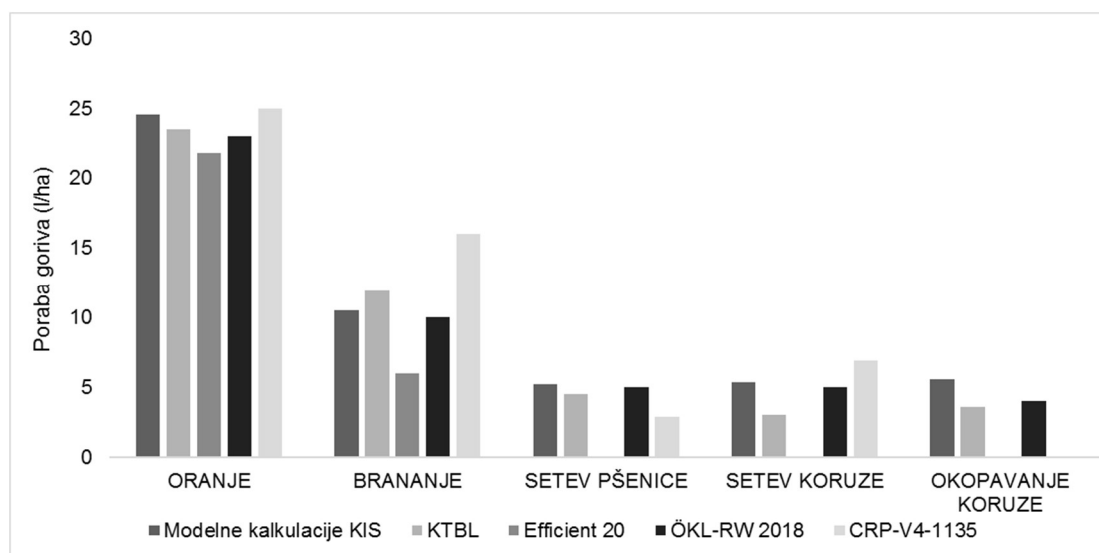
**Slika 14:** Delež stroškov gnojil in goriva pri pšenici in koruzi za zrnje

Na sliki 2 je prikazana poraba goriva pri pšenici in koruzi za zrnje pri različni opremljenosti s stroji. Ugotovili smo, da se z večjo opremljenostjo s stroji poraba goriva nekoliko zmanjšuje. Pri koruzi za zrnje je poraba goriva pri opremljenosti s stroji 3 za 3 % manjša kot pri opremljenosti s stroji 1, pri pšenici pa je pri isti primerjavi poraba goriva manjša za 6 %. Manjša poraba goriva pri opremljenosti s stroji 3 je posledica manjše porabe strojnega dela na hektar pri uporabi večjih priključkov.



Slika 15: Poraba goriva pri različni stopnji opremljenosti s stroji

Porabo goriva po posameznih delovnih fazah iz MK smo primerjali s podatki domačih in tujih raziskav ter katalogov (slika 3). Primerjavo smo naredili za naslednje delovne faze: oranje, brananje, setev pšenice, setev koruze in okopavanje koruze. Pri brananju je podatek o porabi goriva iz MK KIS za 76 % večji kot v projektu EFFICIENT 20 ter za 34 % manjši kot pri CRP-V4-1135. Pri delovni fazi setev pšenice je največja razlika pri porabi goriva v primerjavi s CRP-V4-1135 (+81 %), pri setvi in okopavanju koruze pa v primerjavi s podatki kataloga KTBL (+77 % in +55 %).



Slika 16: Primerjava porabe goriva po delovnih opravilih

Ugotavljamo, da je poraba goriva po izračunih MK KIS med večjimi v primerjavi z drugimi viri, še najmanjše razlike so v primerjavi z avstrijskimi katalošskimi vrednostmi (ÖKL, 2018), npr. +4 % pri setvi pšenice. Ocenjujemo, da so zelo verjetno velike ugotovljene razlike porabe goriva posledica razlik v moči uporabljenih traktorjev, v vrsti priključkov in v drugih dejavnikih produktivnosti strojnega dela (velikost parcele, hitrost vožnje, oddaljenosti od parcele, itd). Tudi primerjava porabe časa po delovnih fazah je pokazala, da je produktivnost v naših modelih manjša, kot jo navajajo za primerljive delovne faze v tujih katalogih (KTBL in ÖKL).

4 SKLEPI

Stroški porabe gnojil in goriva predstavljajo velik delež pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje. Ekonomska analiza rezultatov je pokazala, da stroški gnojil in goriva tako pri pšenici kot pri koruzi za zrnje naraščajo z intenzivnostjo pridelave. Pri upoštevanju cen iz leta 2019 so se stroški gnojil pri pridelavi pšenice gibali od 255 EUR/ha pri pridelku 5 t/ha do 360 EUR/ha pri pridelku 7 t/ha in pri koruzi za zrnje približno od 300 EUR/ha pri pridelku 8 t/ha do 455 EUR/ha pri pridelku 12 t/ha. Stroški goriva so se pri upoštevanih intenzivnostih pridelave pri obeh kulturah gibali med 90 EUR/ha in 97 EUR/ha. V povprečju vseh intenzivnosti je delež stroškov gnojil v skupnih stroških pri pšenici 19,7–odstoten in pri koruzi za zrnje 21,2–odstoten ter delež stroška goriva pri pšenici 6,0–odstoten in pri koruzi za zrnje 5,3–odstoten. Pri obeh je značilno, da delež stroškov gnojil v skupnih stroških narašča z intenzivnostjo, medtem ko delež stroška goriva v skupnih stroških z intenzivnostjo pada. Primerjava porabe goriva pri različni stopnji opremljenosti s stroji je pokazala, da se pri večji opremljenosti s stroji poraba goriva na hektar zmanjšuje, kar je posledica večje produktivnosti strojnega dela pri boljši opremljenosti s stroji. Primerjava porabe goriva in rastlinskih hranil ter stroškov gnojil z drugimi domačimi in tujimi raziskavami ter viri je pokazala, da je poraba goriva in rastlinskih hranil v MK KIS večinoma večja. Sorazmerno z večjo porabo rastlinskih hranil so v MK KIS tudi stroški gnojenja višji, vendar je pri tem potrebno opozoriti tudi na vidik različnih upoštevanih cen gnojil. Analiza porabe goriva je pokazala tudi, da je neposredna primerljivost porabe goriva med različnimi študijami skoraj nemogoča, saj velikokrat niso natančno navedeni vsi dejavniki, ki lahko pomembno vplivajo na porabo goriva (moč traktorja, velikost in vrsta priključka, velikost parcele, oddaljenost od parcele ipd.).

Zahvala. Prispevek je pripravljen na podlagi rezultatov pridobljenih v raziskavah projekta CRP Razvoj modela za sistematično spremljanje ekonomskega položaja in analizo vpliva kmetijske politike na ravni tipičnih kmetijskih gospodarstev (V4-1809), za kar se zahvaljujemo financerjem projekta (ARRS in MKGP).

5 LITERATURA

- Achilles, W., Baey-Ernsten, H., Frisch, J., Fritzsche, S., Froba, N., Funk, M., Grimm, E., Hartmann, W., Kloeppfer, F., Peters, R., Sauer, N., Schwab, M., Siegel, F., Weiershäuser, L., Witzel, E. 2002. Betriebsplanung Landwirtschaft 2002/2003. Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL): 280 str.
- Al-Mansour, F., Jejcic, V. 2016. A model calculation of the carbon footprint of agricultural products: The case of Slovenia. *Energy*, 136: 1-9
- BAB - Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. 2020. Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen.
<https://idb.awi.bmlfuw.gv.at/default.html> (10. 11. 2020)
- Handler, F., Nadlinger, M. 2010. Trainer handbook, D 3.8 strategies for saving fuel with tractors, EU Projekt: Intelligent Energy Europe: 85 str.
- Jejčič, V., Poje, T., Godeša, T., Al-Mansour, F., Pečkaj, M., Česen, M. 2013. Poročilo: Okoljski odtis kmetijstva in živilsko predelovalne industrije ter tehnološki ukrepi za njegovo znižanje v prihodnosti. Ciljni raziskovalni program »Zagotovimo si hrano za jutri«. Ljubljana, KIS: 195 str.
- Katalog kalkulacij za načrtovanje gospodarjenja na kmetijah v Sloveniji. 2011. Jerič D. (ur.) s sod.. Ljubljana, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije: 267 str.
- Mihelič, R., Čop, J., Jakše, M., Štampar, F., Majer, D., Tojnko, S., Vrščič, S. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Mihelič R. (ur.). Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 185 str.

- Modelne kalkulacije KIS. 2020. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije.
https://www.kis.si/Modelne_kalkulacije_OEK/ (22. 10. 2020)
- ÖKL-Richtwerte für die Maschinenselbstkosten. 2018. Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung: 52 str.
- Poje, T. 2013. Manjša poraba goriva – izziv za kmetijstvo. V: Novi izzivi v agronomiji 2013: Zbornik simpozija, Zreče, 24. in 25. januar 2013. Čeh B., Dolničar P., Mihelič R. (ur.). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 208–212
- Strategija „od vil do vilic“ za pravičen, zdrav in okolju prijazen prehranski sistem. 2020. Bruselj, Evropska komisija: 20 str.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?qid=1590404602495&uri=CELEX%3A52020DC0381> (27. 10. 2020)
- Verbič, J., Đorić, M., Urbančič, A., Petelin Visočnik, B. 2020. Podnebno ogledalo 2020, Zvezek 4: Kmetijstvo, končno poročilo. Poročilo projekta št. C4.1, volumen 3/zvezek 4: 45 str.
- Vučajnk, F., Bernik, R. 2013. Poraba goriva in intenzivnost obdelave tal pri različnih vrtilnih frekvencah pogona vrtavkaste brane. V: Novi izzivi v agronomiji 2013: Zbornik simpozija, Zreče, 24. in 25. januar 2013. Čeh B., Dolničar P., Mihelič R. (ur.). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 201–207
- Zagorc, B., Moljk, B., Brečko, J. 2020. Metodologija in pojasnila k modelnim kalkulacijam Kmetijskega inštituta Slovenije. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 18 str.
https://www.kis.si/f/docs/MODELNE_KALKULACIJE_2/Metodoloska_MK_februar2020.pdf (22. 10. 2020)

Tehnične možnosti za pridobivanje hladno stiskanega olja

Tomaž POJE⁹⁷ in Viktor Jejcic⁹⁸

Izvleček

S stiskalnico za kontinuirano hladno stiskanje semena oljnic Hocem PHS 100 smo stiskali oljno ogrščico. Vgrajena je bila šoba s premerom 8 mm, spreminjali pa smo število vrtljajev stiskalnega vijaka. Za vsako varianto stiskanja smo izvedli meritve navora in števila vrtljajev. Iz izmerjenih vrednosti smo izračunali potrebno moč za pogon stiskalnice. Navor je bil največji (462 Nm) pri najnižjih vrtljajih (10 vrt./min). Navor sicer pada z naraščanjem števila vrtljajev vijaka po linearni regresiji $y = -7,7214x + 540,5$ ($R^2 = 0,99$). Potrebna moč za pogon je glede na število vrtljajev naraščala od 483,56 W do 967,12 W. Tudi tu smo izračunali linearno regresijo $y = 14,922x + 406,11$ ($R^2 = 0,82$). Z višanjem števila vrtljajev stiskalnega vijaka od 10 do 40 vrt./min se je povečala tudi storilnost iz 13,79 na 50,0 kg semena na uro. **Glavne besede:** vijačna stiskalnica, hladno stiskanje olja, navor, moč, storilnost, oljna ogrščica

Technical possibilities for production of cold pressed oil

Abstract

With a press for continuous cold pressing Hocem PHS 100 we pressed rapeseed. A nozzle with a diameter of 8 mm was installed, and we were changing the screw speed. Torque and speed measurements were performed for each pressing variant. From the measured values, we calculated the required power for the drive of the press. Torque was highest (462 Nm) at the lowest screw speed (10 rpm). The torque otherwise decreased with increasing screw speed with linear regression $y = -7.7214x + 540.5$ ($R^2 = 0.99$). The required power for the drive of the press, however, increased from 483.56 W to 967.12 W, depending on the screw speed. Here, we calculated the linear regression $y = 14.922x + 406.11$ ($R^2 = 0.82$). The productivity of the press also increases from 13.79 to 50.0 kg of seed per hour if the screw speed is increased.

Keywords: screw press, cold pressing of oil, torque, power, productivity, rapeseed

1 UVOD

Po podatkih Statističnega urada RS smo imeli leta 2019 v Sloveniji 8709 hektarov posejanih z oljnicami. Od tega je bilo 37,7 % površin namenjenih bučam za olje. Skoraj enak delež ima druga oljna ogrščica (37,4 %). Soja je bila posejana na 16,5 % in sončnica na 3,8 % površin namenjenih za oljnice. Druge oljnice so bile posejane le na 413 hektarih kar predstavlja 4,7 % deleža. V zadnjih desetih letih smo imeli v Sloveniji največ oljnic leta 2010 in sicer 11787 ha (SURS, 2020). Oljnice pridelujemo zaradi olja, oljnih pogač in tropin. Olje sicer najdemo tudi še v semenih in plodovih drugih rastlin.

1.1 Oljarne za hladno stiskanje olje v Sloveniji

Olje pridobivamo v oljarnah, ki se delijo glede na storilnost stiskanja v manjše (decentralizirane) in večje, kjer poteka industrijska proizvodnja olj. Olje lahko pridobivamo po hladnem postopku brez predhodne toplotne obdelave semena ali pa po postopku, kjer pred stiskanjem semena toplotno obdelajo (pražijo). V Sloveniji po dostopnih podatkih nimamo celovitega seznama oljarn, ki stiskajo olje po hladnem postopku. Veliko boljša je situacija na področju oljkarstva, kjer na spletni strani MKGP navajajo, da imamo v registru živilskih

⁹⁷ Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: tomaz.poje@kis.si

⁹⁸ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: viktor.jejcic@kis.si

obratov vpisanih 36 oljarn za oljčno olje. Te oljarne tudi vsako leto poročajo o letnih količinah predelanih plodov oljk in količinah pridobljenega oljčnega olja v oljarni (MKGP, 2020).

Posredno pa nam število oljarn za hladno stiskanje olj pokaže tudi seznam nagrajencev na Dobrotah slovenskih kmetij. Tu gre predvsem za kmetije, ki se ukvarjajo s prodajo pridelanih hladno stisnjenih olj. V letu 2020 je tako v njihovem katalogu 28 kmetij (Digitalni katalog / olja, 2020). Seveda je to nepopoln seznam oljarn za hladno stiskanje olja v Sloveniji, vendar kaže tudi veliko zanimanje oljarjev za promocijo svojih produktov.

1.2 Pridobivanje hladno stiskanega olja

Proizvodnja hladno stiskanega olja poteka na osnovi ekstrakcije olj s pomočjo mehanskega stiskanja semen. Iztiskanje olja se opravlja z mehanskimi kontinuiranimi stiskalnicami vijachnega tipa. Stiskanje semena oljnic se lahko opravi v eni ali dveh fazah. Dvofazno stiskanje oljnic pomeni, da oljne pogače iz prve faze stiskanja ponovno stisnemo s stiskalnico. Običajno se opravlja enofazno stiskanje. Dvofazno stiskanje se uporablja, če želimo dobiti čim večji izplen olja določene oljnice (sorte) ali pa če testiramo zmogljivost stiskalnice. Običajno je druga faza stiskanja energetsko potratna glede na ob tem dobljeno količino olja.

1.3 Naprave za hladno stiskanje olja

Za hladno stiskanje olja danes prevladujejo vijachne stiskalnice. Poznane so ročne stiskalnice in stiskalnice na električni pogon. Ročne stiskalnice imajo zelo majhno kapaciteto, namenjene pa so za stiskanje majhnih količin olja za dnevne (zdravilne) potrebe. Električne stiskalnice so zmogljivejše. Vgrajene imajo lahko enofazne ali pa trifazne električne motorje. Pri električnih enofaznih stiskalnicah pa ločimo manjše stiskalnice, ki so namizne izvedbe in namenjene za pridobivanje olja za lastno rabo. Srednje zmogljive stiskalnice z enofaznim električnim motorjem do 1,5 kW so namenjene za stiskanje olj za lastno porabo in za prodajo. Stiskalnice z veliko zmogljivostjo imajo vgrajene trifazne elektromotorje z močjo nad 1,5 kW. Take se uporabljajo tudi za industrijsko stiskanje olja po hladnem postopku. Stiskalnice za hladno stiskanje olj lahko delimo tudi na druge načine, recimo po njihovi storilnosti (količini stisnjenega semena na uro). Podjetje Biel je imelo v Brežicah nekaj let tudi stiskalnico za industrijsko stiskanje semen oljne ogrščice za potrebe proizvodnje biodizla (Jejčič in Poje 2010).

1.4 Način delovanja vijachne stiskalnice za hladno stiskanje olja

Glavni del stiskalnice za hladno stiskanje olja je stiskalni sklop, ki je sestavljen iz vijaka za transport in stiskanje semen, cevi z izvrtinami skozi katere izhaja olje in stiskalne glave s šobo skozi katero izstopajo oljne pogače. Na začetku stiskalne cevi je na zgornjem delu pritrjena nasipnica za seme oljnic. Seme iz nasipnice se gravitacijsko dovaja do horizontalno nameščenega vijaka, ki z vrtenjem transportira seme do stiskalnega dela (stiskalne glave), kjer se seme stisne. Olje iz stisnjenega semena izteka skozi izvrtino na cevi. Stisnjeno seme (oljne pogače) vijak izriva iz stiskalne glave skozi šobo, kjer se formira v pelete. Stiskalni del dobiva pogon prek reduktorja, ki ga poganja elektromotor. Celotni stiskalni in pogonski del je pritrjen na nosilno ogrodje. Stiskalnica mora biti opremljena s frekvenčnim regulatorjem, ki omogoča spreminjanje števila vrtljajev elektromotorja oziroma vijaka za stiskanje. S številom vrtljajev vijaka in velikostjo šobe pa določamo glavne obratovalne parametre stiskanja, ki imajo vpliv na storilnost stiskalnice, izplen olja, delovno temperaturo stiskanja itd.

Vijaki za transport in stiskanje semena so lahko univerzalni. To pomeni, da imamo isti vijak za različne oljnice. Nekateri proizvajalci pa ponujajo za isto stiskalnico tudi različne konstrukcije vijakov, ki so prilagojeni različnim vrstam oljnic. Vijaki s plitkejšim profilom so namenjeni za bolj trde snovi (npr. grozdne peške), vijaki z bolj globokim profilom pa za mehkejša oljnice. Za določene oljnice se na stiskalnicah priporoča tudi dograditev grelca stiskalne glave. Ta grelec se lahko uporablja tudi za hitrejše ogrevanje stiskalne glave na delovno temperaturo na začetku stiskanja. Ogrevanje glave je potrebno pri mehkih lupinarjih (oreh, lešnik) ali pa pri semenih, ki nimajo luščine (buče golice, oluščene sončnice itd.). Za ohranjanje čim nižje delovne temperature pa so v ponudbi proizvajalcev stiskalnic tudi hladilniki stiskalnih glav. Ta dodatna oprema se priporoča za tiste oljarje, ki stiskajo različna olja.

1.5 Delovne temperature

Temperatura olja ob stiskanju s stiskalnico je zelo pomembna. Sicer uveljavljen izraz hladno stiskanje olja pa ni najbolj primeren. Boljši izraz bi bil mehanska ekstrakcija olja. Ob stiskanju oljnic v vijačni stiskalnici namreč prihaja do trenja med semeni ter med semeni in vijakom, cevjo in glavo stiskalnice s sobo. Zaradi trenja pa nastaja toplota. Najbolj vroč del na stiskalnici je stiskalna glava, saj se tam »akumulira« toplota. V stiskalnico prihaja vedno novo seme in to seme in olje, služi tudi kot neke vrste hladilno sredstvo. Potrebno pa je pri hladnem stiskanju vzdrževati čim nižje temperature, tako da se čim bolje ohranijo sestavine olja.

Obstajajo definicije hladno stiskanega olja, ki so vezane na temperaturo iztisnjenega olja. Najbolj pogosto se kot mejno temperaturo navaja 50 °C. V knjigi Olja za prehrano, zdravje in nego telesa navajajo, da se olje med postopkom stiskanja ne sme segreti nad 40 °C (Merljak M. in Merljak P.J., 2014). Tovarna olja GEA D.O.O. navaja, da pri hladno stiskanih oljih temperatura olja ne sme preseči 50 °C (GEA, 2020).

V Švici je obstajala celo iniciativa oljarjev, da bi ustanovili združenje v katerem bi bili proizvajalci hladno stiskanega olja, ki ni preseglo 37 °C. Do realizacije tega ni prišlo, saj je skorajda nemogoč nadzor.

Na Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano pa je že nekaj časa v pripravi nov pravilnik o kakovosti jedilnih olj v katerem bo predvidoma definirano, da med pridobivanjem hladno stiskanih rastlinskih olj temperatura olja ne sme preseči 50° C.

1.6 Oljne pogače

Ob stiskanju oljnic poleg olja nastane tudi oljna pogača. Uporaba oljne pogače je zelo raznolika. Oljna pogača iz oljne ogrščice se uporablja kot beljakovinsko močno krmilo za živino in ribe. Oljna pogača iz nekaterih drugih oljnic se uporablja tudi prehrano ljudi. Tu je nekako najbolj razširjena uporaba konopljne oljne pogače (moke) in oljne pogača iz grozdnih pečk. Uporaba oljne pogače vpliva na gospodarnost stiskanja oljnic. Oljna pogača je sicer stranski produkt pri stiskanju oljnic, vendar bi po drugi strani lahko rekli, da je glavni produkt saj je tudi njen delež večji kot pa je delež olja po stiskanju semena.

1.7 Pravilnik o oljih

V Sloveniji je trenutno v veljavi Pravilnik o kakovosti jedilnih rastlinskih olj, jedilnih rastlinskih masteh in majonezi. Ta pravilnik določa pogoje minimalne kakovosti, ki jih morajo izpolnjevati jedilna rastlinska olja v prometu. Pravilnik definira jedilna rastlinska olja kot živila, ki so sestavljena iz gliceridov maščobnih kislin, pridobljenih izključno iz rastlin. Lahko

vsebujejo tudi manjše količine drugih maščob (lipidov) kot so fosfolipidi, neumiljivih sestavin in prostih maščobnih kislin, ki so naravno prisotne v maščobi oziroma olju. Po tehnološkem postopku se jedilna rastlinska olja razvrščajo na:

1. jedilna rafinirana rastlinska olja;
2. jedilna nerafinirana rastlinska olja;
3. jedilna hladno stiskana rastlinska olja.

Jedilna rafinirana rastlinska olja so dobljena s postopkom rafinacije iz ene ali več vrst surovih olj. Jedilna nerafinirana rastlinska olja so nerafinirana olja, pridobljena s pomočjo mehanskega procesa (npr. stiskanja) in uporabo toplote. Lahko so očiščena le s spiranjem z vodo, dekantiranjem, usedanjem, filtriranjem ali centrifugiranjem (Pravilnik..., 2009).

1.8 Namen prispevka

Namen prispevka je analiza izbranih obratovalnih parametrov stiskalnice za hladno stiskanje olja Hocem PHS 100 in prikaz vpliva vrtljajev vijaka na navor, moč in storilnost stiskalnice.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Za ugotavljanje porabe energije pri proizvodnji hladno stiskanega olja smo uporabili stiskalnico Hocem PHS 100, ki jo poganja elektro motor nazivne moči 2,2 kW. To je mehanska stiskalnica vijačnega tipa, namenjena za ekstrakcijo olja s pomočjo mehanskega stiskanja semena različnih oljnic. Za stiskanje smo uporabili seme oljne ogrščice (*Brassica napus* var. *napus*) z vlažnostjo 8 %. Spreminjali pa smo vrtljaje vijaka za stiskanje (20, 30 in 40 vrt./min.).

Merilna veriga je bila sestavljena iz treh delov: senzorja, digitalnega merilnega ojačevalnika in osebnega računalnika za sprejem in obdelavo merjenega signala. Navor in število vrtljajev smo merili z dinamometrom za merjenje navora in senzorjem za merjenje vrtljajev (T30 FN Hottinger Baldwin Messtechnik). Digitalni merilni ojačevalnik je bil SPIDER 8 Hottinger Baldwin Messtechnik. Frekvenca merjenega signala je bila 10 Hz (10 meritev na sekundo). Dolžina vsake meritve pa je bila odvisna od časa delovanja stiskalnice. Iz izmerjenega navora in števila vrtljajev vijaka na stiskalnici je bila izračunana moč potrebna za pogon stiskalnice.

Moč za pogon:

$$P_p = M \pi \frac{n}{30}$$

Pomen oznak:

P_p potrebna moč za pogon stiskalnice

W

M – navor na osi vijaka

Nm

n – število vrtljajev vijaka

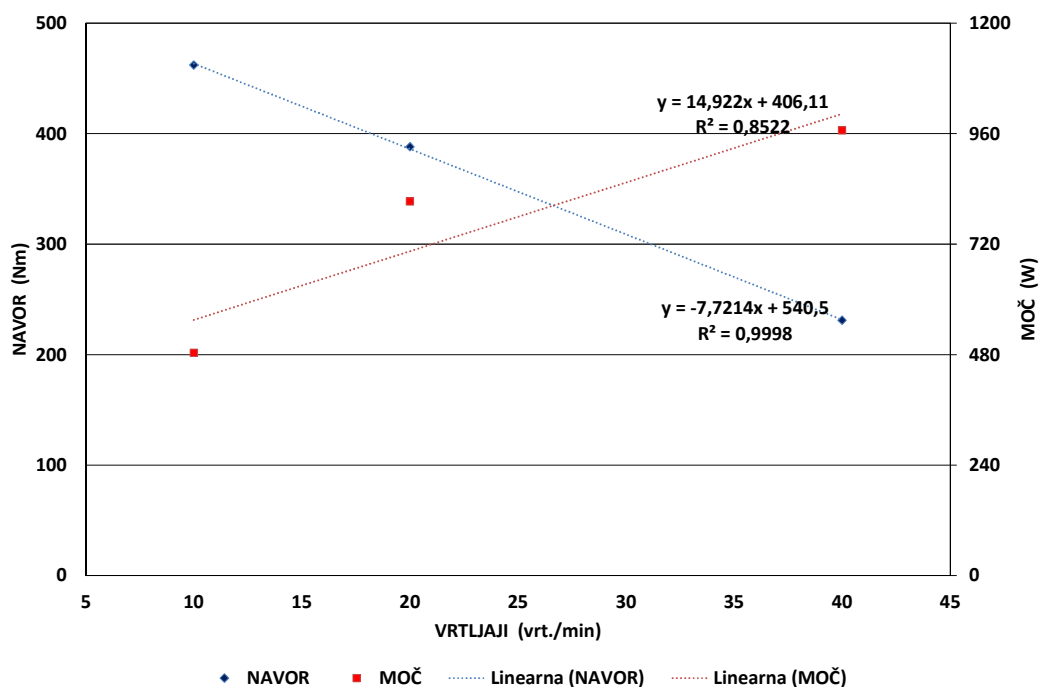
vrt./min

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

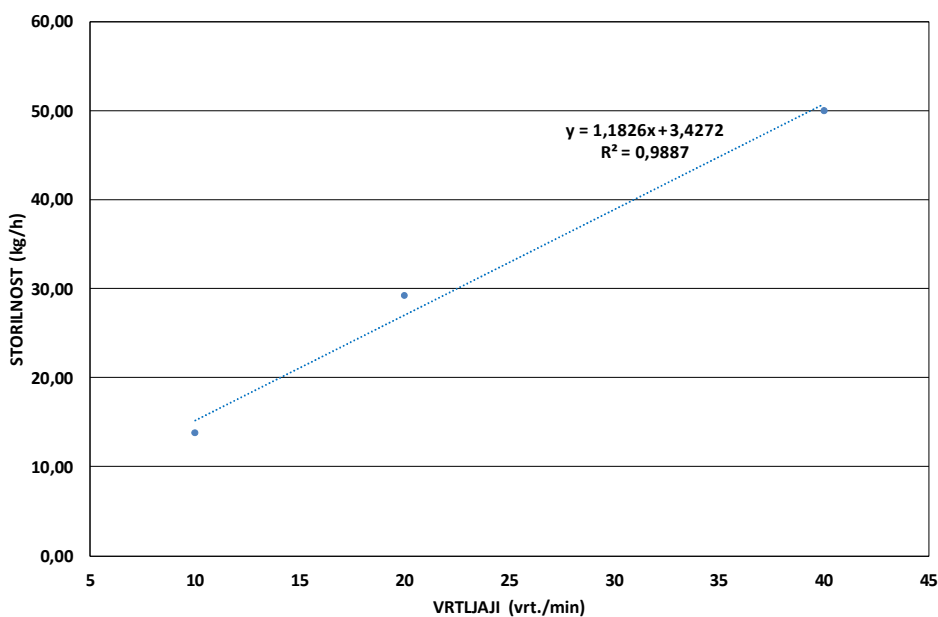
S stiskalnico za kontinuirano hladno stiskanje semena oljnic smo stiskali oljno ogrščico. Na stiskalni glavi smo imeli šobo premera 8 mm. Spreminjali smo število vrtljajev vijaka za transport in stiskanje semena. Meritve smo izvajali pri 10, 30 in 40 vrt./min vijaka. Ob stiskanju smo merili navor in število vrtljajev za vsak način stiskanja. Iz teh meritev smo izračunali povprečno potrebno moč za pogon stiskalnice.

V sliki 1 prikazujemo povprečen navor in povprečno moč dobljeno iz meritev pri treh različnih vrtljajih vijaka. Ugotovili smo, da navor pada z naraščanjem števila vrtljajev vijaka po linearni regresiji $y = -7,7214x + 540,5$ ($R^2 = 0,99$). Na isti sliki je predstavljena tudi povprečna moč za

pogon stiskalnice pri različnih vrtljajih vijaka. Potrebna moč za pogon stiskalnice narašča z večanjem števila vrtljajev vijaka po linearni regresiji $y = 14,922x + 406,11$ ($R^2 = 0,82$).



Slika 1: Povprečni navor in povprečna moč za pogon stiskalnice pri stiskanju semena oljne ogrščice pri različnih vrtljajih stiskalnega vijaka



Slika 2: Storitnost stiskalnice (kg/h) pri stiskanju semena oljne ogrščice v odvisnosti od števila vrtljajev stiskalnega vijaka

Storilnost stiskalnice je odvisna od števila vrtljajev vijaka, premera stiskalne glave, premera izstopne šobe za pelete ter vrste semena. Na sliki 2 je prikazana storilnost stiskalnice pri stiskanju semena oljne ogrščice pri različnih vrtljajih stiskalnega vijaka. Storilnost stiskalnice se povečuje z naraščanjem števila vrtljajev vijaka.

4 SKLEPI

Ob stiskanju oljne ogrščice s stiskalnico za hladno stiskanje olja Hocem PHS 100 smo ugotavljali potrebno moč za pogon stiskalnice pri šobi premera 8 mm in pri treh različnih vrtljajih stiskalnega vijaka. Ugotovili smo, da navor pada z večanjem števila vrtljajev vijaka. Potrebna moč za pogon stiskalnice pa raste s številom vrtljajev. Tudi storilnost stiskalnice se veča, če večamo število vrtljajev stiskalnega polža.

Take meritve, kjer spreminjamo obratovalne parametre stiskalnice, so potrebne za pravilno načrtovanje konstrukcije stiskalnice kot je določevanje velikosti reduktorja in elektromotorja, pa tudi za optimizacijo stiskalnega sklopa. Podatki so koristni in potrebni tudi za samega uporabnika stiskalnice iz stališča energetske optimizacije stiskanja.

5 LITERATURA

- Digitalni katalog / olja, september 2020. 2020. Dobrote slovenskih kmetij Predstavitev slovenskih ponudnikov olj dobitnikov zlatega, srebrnega oz. bronastega priznanja 2020. Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Ptuj. 40 str. http://www.dobroteslovenskihkmetij.si/images/dogodki/2020/Katalog/17_09_2020/6_DSK_KATA_LOG_2020_OLJA.pdf (10.11.2020)
- Jejčič, V., Poje, T. 2010. Možnosti uporabe kmetijske biomase za energetske namene v Sloveniji. Zbornik radova 38. mednarodnog simpozija Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede, Opatija, 22. - 26. veljače 2010, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, str. 345-354
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Direktorat za kmetijstvo, Sektor za kmetijske trge in sektorske načrte. 2020. Oljkarstvo. <https://www.gov.si teme/oljkarstvo/> (10.11.2020)
- Pravilnik o kakovosti jedilnih rastlinskih olj, jedilnih rastlinskih masteh in majonezi. 2009. Uradni list Republike Slovenije 79/2009. St: 10635 – 10641. https://www.uradni-list.si/_pdf/2009/Ur/u2009079.pdf (10.11.2020)
- Merljak, M., Merljak Jakob, P. 2014. Olja za prehrano, zdravje in nego telesa. ČZD Kmečki glas, Ljubljana. 202 str.
- Statistični urad RS. 2020. Pridelava poljščin (ha, t, t/ha), Slovenija, letno. <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1502402S.px> (10.11.2020)
- Tovarna olj GEA. 2020. Proizvodnja olja. <https://gea.si/olja-od-a-z/#proizvodnja-olja> (10.11.2020)

Ekonomska učinkovitost metod varstva rastlin z nizkim tveganjem pri pridelavi izbranih zelenjadnic

Barbara ZAGORC⁹⁹ in Maja KOŽAR¹⁰⁰

Izvleček

Na podlagi rezultatov preizkušanja metod varstva rastlin z nizkim tveganjem (MNT) pri izbranih zelenjadnicah smo izvedli ekonomsko analizo varstva izbranih zelenjadnic z MNT. Ekonomske kazalnike smo ocenili modelno s pomočjo modelnih kalkulacij KIS (MK). Obstoječe MK za oceno stroškov so bile prilagojene glede na testirane metode varstva, morebitne druge spremenjene tehnološke ukrepe in dosežene pridelke zelenjadnic v poskusih. Ugotovili smo, da je ekonomičnost pridelave pri uporabi varstva z MNT pri različnih vrstah zelenjadnic različna. Od preučevanih MNT so bili najboljši ekonomski rezultati doseženi pri zatiranju bele gnilobe solate z biotičnim pripravkom na podlagi glive *Coniothyrium minitans*. Pri uporabi varstva z MNT so bili nekoliko slabši ekonomski rezultati pri zatiranju kapusove muhe pri pridelavi cvetače; še najboljše se je izkazalo sredstvo na podlagi aktivne snovi spinosad. Kot ekonomsko manj uspešne pa so bile zaradi slabše učinkovitosti tudi MNT za zatiranje kapusovih bolhačev na zelju; še najboljša med njimi se je v poskusu v letu 2018 izkazala uporaba aktivne snovi spinosad.

Ključne besede: ekonomski kazalniki, modelne kalkulacije, zelenjadnice, metode varstva rastlin z nizkim tveganjem (MNT)

Economic efficiency of low-risk plant protection methods in the production of selected vegetables

Abstract

Based on the results of testing low-risk plant protection methods for selected vegetables, an economic evaluation of these methods was conducted. The economic indicators were estimated with the help of KIS model calculations (MK). The existing MK for the estimation of costs were adjusted according to the tested protection methods, to the possible changes in technology of production and according to the yields of the vegetables, achieved in the experiments. It can be concluded that the economics of production when applying low-risk plant protection methods varies across the analyzed vegetables. Among the analyzed low-risk plant protection methods, the most favourable economic results were achieved by applying the biotic preparation against lettuce drop based on the fungus *Coniothyrium minitans*. Slightly less favourable economic results were achieved by applying the low-risk plant protection methods against the cabbage root fly in cauliflower production; among these, the preparation based on the active substance spinosad performed the best. In terms of economics of production, the low-risk plant protection methods performed the worse in case of applying these methods against cabbage flea beetles in cabbage production, and among these, the spinosad-based preparation applied in the experiment in 2018, performed the best.

Key words: economic indicators, model calculations, vegetables, low-risk methods for plant protection

1 UVOD

Alternativa kemičnim fitofarmaceutskim sredstvom (FFS) so MNT, kamor sodijo uporaba FFS, izdelanih na podlagi mikroorganizmov, rastlinskih izvlečkov, feromonov in snovi z nizkim tveganjem (biopesticidi), uporaba koristnih organizmov za biotično varstvo rastlin, mehansko ali fizikalno zatiranje plevela, tehnološki ukrepi za varstvo rastlin ipd. Uporaba MNT v kmetijstvu se povečuje, vendar tehnološki in ekonomski vidiki uporabe MNT še niso dovolj

⁹⁹ Univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: barbara.zagorc@kis.si

¹⁰⁰ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: maja.kozar@kis.si

raziskani (Razinger in sod., 2019). V zadnjih letih tudi v Sloveniji poteka več raziskav uporabe MNT (npr. projekti PURE (Urbančič in sod., 2015), CropSustain, IWMPRAIS, BIOVINE, različni ciljno raziskovalni projekti (CRP)), nekatere pa vključujejo tudi ekonomske analize. V okviru CRP »Uporaba metod z nizkim tveganjem za varstvo zelenjadnic« (2019) so bili med drugimi izvedene raziskave uporabe različnih MNT v pridelavi kapusnic in solatnic, ki sta zelo razširjeni in gospodarsko pomembni skupini zelenjadnic tako v Sloveniji kot tudi drugje po Evropi. Pri pridelavi solate je zatiranje bele gnilobe, ki jo povzročata glivi *Sclerotinia sclerotiorum* in *S. minor*, ključnega pomena za doseganje velikih pridelkov, saj neuspešno zatiranje bele gnilobe zelo negativno vpliva na velikost pridelka (Žerjav, 2019). V pridelavi kapusnic je potreben velik vnos FFS, zlasti insekticidov. Zelo razširjen škodljivec v pridelavi kapusnic je *Delia radicum* [L.] (kapusova muha), katere zatiranje je zaradi pomanjkanja učinkovitih insekticidov precej omejeno (Razinger in sod., 2017). Zelo pomembni škodljivci kapusnic so tudi kapusovi bolhači iz rodu *Phyllotreta*, ki napadajo vse kapusnice iz družine križnic, še posebno zelje (Rak-Cizej in sod., 2019). Zgoraj omenjene raziskave v okviru CRP MNT vključujejo tudi ekonomske analize (Zagorc in Kožar, 2019), ki temeljijo na rezultatih izvedenih poskusov in modelnih ocenah ekonomskih kazalnikov. Ekonomske ocene so bile izvedene s pomočjo modelnih kalkulacij KIS (MK), ki so izdelane na podlagi splošnih metodoloških izhodišč za posamezne kmetijske pridelke (Zagorc in sod., 2019; Modelne kalkulacije KIS, 2019). V MK za solato, cvetačo in zelje so bile tehnološke karte, ki so podlaga za izdelavo MK, prilagojene glede na izvedene metode varstva rastlin in dosežene pridelke. Namen tega prispevka je predstavitev raziskave ekonomskega ovrednotenja različnih metod varstva rastlin pri pridelavi izbranih vrst zelenjadnic, s poudarkom na oceni ekonomičnosti pridelave pri uporabi MNT za zatiranje solatne plesni na solati, kapusove muhe na cvetači in kapusovih bolhačev na zelju.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Ekonomska izhodišča in predpostavke

Ekonomska uspešnost pridelave opredeljujemo s pomočjo različnih ekonomskih kazalnikov, kot so: vrednost proizvodnje, pokritje (bruto dodana vrednost in neto dodana vrednost), paritetni (primerljivi) dohodek, koeficient ekonomičnosti, skupni stroški, spremenljivi stroški. Vrednost proizvodnje (VP) je sestavljena iz vrednosti glavnega pridelka (praviloma so upoštevane cene iz statistike odkupa), iz vrednosti morebitnih stranskih pridelkov in vrednosti subvencij. Bruto dodana vrednost (BDV) za posamezni tržni pridelek je izračunana kot razlika med VP in stroški kupljenega materiala in najetih storitev, tj. spremenljivi stroški (VAR). VAR obsegajo predvsem stroške semena, gnojil, sredstev za varstvo rastlin, najetega dela, najetih storitev, zavarovanja, spremenljive stroške domačih strojnih storitev (gorivo, mazivo, ipd.). VAR so močno odvisni od vrste in obsega pridelave. Koeficient ekonomičnosti (KEK) je razmerje med VP in skupnimi stroški. Ta kazalnik neposredno ponazarja ekonomičnost pridelave (Zagorc in sod., 2019). Ekonomski kazalniki so lahko izračunani na podlagi dejanskih podatkov iz določenega poslovnega procesa ali pa so ocenjeni s pomočjo različnih ekonomskih modelov, ki naj bi čimbolj natančno odražali izveden poslovni proces. V naši raziskavi smo zaradi omejene razpoložljivosti podatkov uporabili modelni pristop ocene ekonomskih kazalnikov. Ekonomsko učinkovitost posameznih MNT pri pridelavi zelenjadnic smo ocenili s pomočjo modelnih kalkulacij za zelenjadnice (Modelne kalkulacije KIS, 2019), ki so izdelane na podlagi splošnih metodoloških izhodišč MK (Zagorc in sod., 2019). Stroške pridelave pri uporabi izbranih metod varstva rastlin smo izračunali s prilagoditvijo obstoječih MK za solato,

cvetačo in zelje na podlagi tehnoloških izhodišč in predpostavk, ki so navedena v podpoglavju 2.2.

Ekonomske analize metod zatiranja bele gnilobe in kapusovih bolhačev so bile izvedene v letu 2018, zato smo pri ocenah ekonomskih kazalnikov upoštevali cenovne podlage iz leta 2018. Ekonomske ocene metod zatiranja kapusove muhe so bile izvedene že v začetku leta 2017, zato smo pri ekonomskih ocenah upoštevali cenovne podlage iz leta 2016. Pri oceni stroškov pridelave in drugih ekonomskih kazalcev smo upoštevali povprečne cene brez DDV. Vir podatkov o cenah so podatkovne baze modelnih kalkulacij KIS (Zagorc in sod., 2019), ki se napajajo iz različnih virov. Ročno delo je vrednoteno po povprečni plači v Sloveniji po podatkih SURS, vključno s prispevki za socialno varnost in prispevki za pravice iz dela. Pri izračunu vrednosti pridelave smo upoštevali tudi ukrepe kmetijske politike I. stebra iz posameznega leta.

2.2 Tehnološka izhodišča in predpostavke

Metode zatiranja bele gnilobe in ocena tržnega pridelka pri pridelavi solate po posameznih obravnavanjih v letu 2018 so predstavljene v preglednici 1, metode zatiranja kapusove muhe in ocena tržnega pridelka pri pridelavi cvetače po posameznih obravnavanjih in letih 2012–2014 v preglednici 2 in metode zatiranja kapusovih bolhačev in ocena tržnega pridelka pri pridelavi zelja po posameznih obravnavanjih v letu 2018 v preglednici 3.

Preglednica 11: Metode zatiranja bele gnilobe in ocena tržnega pridelka pri pridelavi solate po posameznih obravnavanjih v letu 2018

Obravnavanje	Št. nanosov in poraba sredstev EM/ ha	Način nanosa	Tržni pridelek (kontrola = 1)
1. Kontrola	brez zatiranja	-	9,7 t/ ha
2. Switch (ciprokonazol + difenokonazol) Signum (boskalid + piraklostrobin)	2 X 0,6 kg/ ha 1 X 1,5 kg/ ha	Škropljenje	1,92
3. Remedier (<i>Trichoderma asperellum</i> in <i>T. gamsii</i>)	2 X 2,5 kg/ ha	Vdelava v tla in zalivanje po sajenju	1,81
4. Serenade AZO (<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>)	4 X 8 l/ ha	Škropljenje	1,73
5. Trianum P (<i>Trichoderma harzianum</i>) Switch (ciprokonazol + difenokonazol)	1 X 0,03 g/ rastl. 2 X 0,6 kg/ ha	Zalivanje po sajenju Škropljenje	1,98
6. Prestop (<i>Gliocladium catenulatum</i>)	1 X 25 mg/ rastl.	Namakanje sadik pred sajenjem	1,39
7. Contans (<i>Coniothyrium minitans</i>)	1 X 6 kg/ha	Vdelava v tla (oktober 2017)	1,92

Vir: Žerjav (2019), lastni preračuni

Preglednica 12: Metode zatiranja kapusove muhe in ocena tržnega pridelka pri pridelavi cvetače po posameznih obravnavanjih in letih 2012–2014

Obravnavanje	Način nanosa	Tržni pridelek* (kontrola = 1)		
		2012	2013	2014
1. Kontrola	brez zatiranja kapusove muhe	25 t/ha	25 t/ha	9,8 t/ha
2. Spinosad (Laser 240 SC)	24 % w/v, zalivanje sadik, 1. dan pred sajenjem	1,19	1,04	1,04
3. Lambda-cihalotrin in (Karate zeon 5 SC)	5 % w/w, škropljenje 1 X (v 2012 in 2013)/ 2 X (v 2014), po sajenju	1,18	-	1,34
4. Tiametoksam (Actara 25 WG)	25 % w/w, zalivanje sadik, 1. dan pred sajenjem	*	-	1,24
5. Apneni dušik (perlka)	trošenje 500 kg/ ha ob 1. okopavanju	-	1,24	-

* ocena na podlagi izmerjene mase nadzemnega dela, števila sadik na ha in ocene števila preživelih sadik;

* ni podatka; - ni pojava

Vir: Razinger in sod. (2017)

Preglednica 13: Metode zatiranja kapusovih bolhačev in ocena tržnega pridelka pri pridelavi zelja po posameznih obravnavanjih v letu 2018

Obravnavanje	Št. škropljenj in poraba sredstev (EM/ ha)	Tržni pridelek (kontrola = 1)
1. Kontrola	brez zatiranja kapusovih bolhačev	35,6 t/ ha
2. NeemAzal-T/S	4 X 3 l/ ha	1,02
3. Flora verde	4 X 1,6 l/ ha	1,03
4. Laser plus	4 X 0,4 l/ ha	1,13
5. Karate Zeon 5 CS	4 X 0,15 l/ ha	1,25
6. Algo-Plasmin	4 X 4 l/ ha	0,97
7. Plantonic	4 X 4 l/ ha	0,85
8. CutiSan	4 X 30 l/ ha	0,94
9. Boundary BX	4 X 4 l/ ha	0,85
10. Lesni pepel	4 X potresanje s pomočjo najlon nogavic	1,00

Vir: Rak Cizej (2019), lastni preračuni

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Ekonomika pridelave solate pri v poskusu doseženih hektarskih pridelkih v letu 2018 ni ugodna, saj pri odkupni ceni 0,8 EUR/ kg (100 % cene), kolikor je bilo povprečje odkupnih cen v letih 2014–2018, vrednost pridelave v nobenem od primerov ni pokrila vseh stroškov pridelave (KEK indeks < 1). Šele pri odkupni ceni 0,92 EUR/ kg (približno 115 % cene) je bil KEK indeks približno ena pri pridelavi solate, kjer so uporabili biotični pripravek Contans, sledila pa je pridelava pri uporabi pripravka na podlagi antagonističnih gliv (Trianum P) v kombinaciji s fungicidom (Switch) in pridelava pri uporabi standardnega varstva (Switch in Signum). Stroški uporabljenih pripravkov za zatiranje bele gnilobe so bili najvišji pri uporabi pripravka na podlagi antagonističnih gliv (Trianum P) v kombinaciji s fungicidom (Switch) in najmanjši pri

uporabi sredstva Prestop. Stroški uporabe biotičnega pripravka Contans, ki se je izkazal kot najučinkovitejši pripravek med preizkušenimi MNT, je 159 EUR/ha oziroma dobrih 40 % manj kot je strošek uporabe standardnega varstva (Switch in Signum) za zatiranje bele gnilobe. V raziskavi uporabljena sredstva za varstvo rastlin, vključno s pripravki za varstvo proti beli gnilobi, obsegajo med 1 % in dobrih 4 % skupnih stroškov ter 1–6 % stroškov kupljenega blaga in storitev, kar je relativno malo.

Preglednica 14: *Ekonomski rezultati pridelave solate pri uporabi različnih metod zatiranja bele gnilobe*

Ekonomski kazalniki	VP* EUR/ ha	VAR EUR/ ha	BDV EUR/ ha	KEK indeks
Kontrola	9.179	11.825	-2.645	0,60
Switch in Signum	16.282	14.412	1.870	0,89
Remedier	15.421	14.111	1.310	0,86
Serenade AZO	14.788	14.083	705	0,82
Trianium P in Switch	16.762	14.935	1.827	0,89
Prestop	12.161	12.899	-738	0,73
Contans	16.266	14.296	1.971	0,89

* pri odkupni ceni 0,8 EUR/ kg

Vir: Zagorc in Kožar (2019)

V nadaljevanju prikazujemo rezultate analize ekonomske učinkovitosti zatiranja kapusove muhe v letih 2012–2014. V poskusu leta 2012 je zalivanje sadik pred sajenjem s sredstvom Laser (MNT) vplivalo na 19 % večji pridelek in povečalo BDV za 28 % v primerjavi s kontrolo. Podoben vpliv na velikost pridelka in višino BDV je imelo tudi zatiranje kapusove muhe s sintetičnim insekticidom Karate Zeon. V poskusu leta 2013 je zalivanje sadik pred sajenjem s sredstvom Laser vplivalo le na 4 % večji pridelek in povečalo BDV za 5 %. Uporaba apnenega dušika je povečala pridelek za 24 % in povečala BDV kar za 34 %. V tem obravnavanju se je pri doseženem pridelku nedvomno pokazal tudi vpliv dodatne količine dušika (apneni dušik) na velikost pridelka, kar se je odrazilo tudi v zelo dobrih ekonomskih rezultatih.

Preglednica 15: *Ekonomski rezultati pridelave cvetače pri uporabi različnih metod zatiranja kapusove muhe po letih*

Ekonomski kazalniki v EUR/ ha	VP*	VAR	BDV	VP*	VAR	BDV	VP*	VAR	BDV
	2012			2013			2014		
Kontrola	26.069	10.897	15.171	26.069	10.897	15.171	11.233	10.079	1.155
Laser 240 SC	30.705	11.244	19.461	27.045	11.042	16.003	11.616	10.191	1.425
Karate zeon 5 SC	30.461	11.156	19.305	-	-	-	14.485	10.293	4.192
Actara 25 WG	*	*	*	-	-	-	13.529	10.227	3.302
Apneni dušik	-	-	-	31.925	11.573	20.352	-	-	-

* pri odkupni ceni 0,98 EUR/ kg; * ni podatka; - ni pojava

Vir: Zagorc in Kožar (2019)

V poskusu leta 2014 je pri izrazito manjšem doseženem pridelku v kontroli v primerjavi z letoma 2012 in 2013 zalivanje sadik pred sajenjem s sredstvom Laser vplivalo na podobno povečanje pridelka kot v letu 2013 (+4 %) in povečalo BDV za 23 %, zalivanje sadik pred sajenjem s sredstvom Actara 25 WG pa je povečalo pridelek za slabo četrtno in povečalo BDV

za 186 %. Zatiranje kapusove muhe s škropljenjem s sredstvom Karate Zeon 5 SC (2 zatiranja) je v letu 2014 povečalo pridelek za 34 %, BDV pa za 263 %. Dodatni stroški varstva pred kapusovo muho, ki vključujejo stroške materiala (FFS, gnojila), dela in strojnih storitev, se gibljejo med 28 EUR/ ha pri uporabi sredstva Actara 25 WG in 362 EUR/ ha pri uporabi apnenega dušika in so v primerjavo s stroški vsega kupljenega blaga in storitev nizki.

V raziskavi zatiranja kapusovih bolhačev pri pridelavi zelja so največji pridelek in najboljše ekonomske rezultate (največjo BDV) dosegli pri uporabi standardnega insekticida Karate Zeon, sledila je pridelava z uporabo spinosada (Laser plus), ki sodi med MNT. BDV (vrednost pridelave skupaj, zmanjšana za stroške kupljenega blaga in storitev) pri pridelavi zelja z uporabo Laser plus je bila 15 % nižja od BDV pri uporabi standardnega insekticida Karate Zeon. Najmanjša BDV je bila dosežena pri pridelavi zelja z uporabo pripravkov Boudary in Plantonic, kjer so bili doseženi tudi najmanjši pridelki, ki pa zaradi neizenačenosti njive v letu 2018 niso nujno v celoti povezani z uporabo pripravkov za zatiranje kapusovih bolhačev.

Preglednica 16: *Ekonomske rezultate pridelave zelja pri uporabi različnih metod zatiranja bolhačev*

Ekonomske kazalniki	VP* EUR/ ha	VAR EUR/ ha	BDV EUR/ ha	KEK indeks	Indeks BDV	
					kontrola = 1	Karate Zeon 5 CS = 1
Kontrola	12.149	5.760	6.389	1,24	1,00	0,75
NeemAzal-T/S	12.356	6.624	5.733	1,14	0,90	0,68
Flora verde	12.505	6.499	6.006	1,17	0,94	0,71
Laser plus	13.525	6.305	7.219	1,27	1,13	0,85
Karate Zeon 5 CS	14.822	6.331	8.491	1,37	1,33	1,00
Algo-Plasmin	11.832	5.856	5.976	1,19	0,94	0,70
Plantonic	10.505	5.648	4.857	1,10	0,76	0,57
CutiSan	11.505	5.949	5.556	1,15	0,87	0,65
Boundary BX	10.515	6.238	4.277	1,03	0,67	0,50
Lesni pepel	12.178	5.772	6.407	1,24	1,00	0,75

* pri odkupni ceni 0,30 EUR/ kg

Vir: Zagorin in Kožar (2019)

V raziskavi uporabljena sredstva za varstvo rastlin, vključno s pripravki za varstvo bolhačev, obsegajo 1–8 % skupnih stroškov ter 2–13 % stroškov kupljenega blaga in storitev, kar je relativno malo. Stroški uporabljenih pripravkov za zatiranje kapusovih bolhačev pri pridelavi zelja so največji pri uporabi sredstva NeemAzal-T/S (738 EUR/ ha). Stroški uporabe sredstva Laser plus, ki se je izkazal kot najučinkovitejši pripravek med preizkušenimi MNT za zatiranje kapusovih bolhačev, so 206 EUR/ ha oziroma dobrih 3,5-krat toliko kot je strošek uporabe standardnega insekticida (Karate Zeon) za zatiranje kapusovih bolhačev.

4 SKLEPI

Na splošno predstavljajo sredstva za varstvo rastlin relativno majhen delež stroškov pridelave zelenjadnic (Modelne kalkulacije KIS, 2019). Izjema so stroški nekaterih biotičnih pripravkov, ki v Sloveniji niso registrirani ali pa niso v veliki meri razširjeni. V ekonomski analizi uporabljene cene teh pripravkov so lahko zato nekoliko nezanesljive. Lahko so podcenjene, če so pridobljene na trgih večjih držav (Italija, Nemčija), oziroma močno precenjene, če gre za manjša pakiranja enega ponudnika na manjših trgih, kot sta Slovenija ali Hrvaška.

Pri zatiranju bele gnilobe v letu 2018 se je uporabljena MNT z uporabo biotičnega pripravka Contans izkazala za agronomsko in ekonomsko zelo učinkovito, celo nekoliko bolj od uporabe standardnega varstva (Switch in Signum) in tudi od pridelave solate pri uporabi pripravka na podlagi antagonističnih gliv (Trianum P) v kombinaciji s fungicidom (Switch). Druge, v poskusu uporabljene MNT, so se izkazale kot ekonomsko nezanimive. Pri zatiranju kapusove muhe sta, v nekaterih letih poskusov, insekticida Laser plus (MNT) in Karate Zeon dosegala primerljive ekonomske rezultate pri pridelavi cvetače, čeprav smo le z insekticidom Laser plus zanesljivo zatrli tega škodljivca. Pri zatiranju kapusovih bolhačev so se uporabljene MNT v letu 2018 izkazale za agronomsko in ekonomsko manj učinkovite od standardne metode zatiranja kapusovih bolhačev z insekticidom Karate Zeon, v nekaterih primerih so bile manj učinkovite tudi od kontrole, kjer pripravki proti kapusovim bolhačem niso bili uporabljeni. Z vidika ekonomike se je kot najučinkovitejša MNT za zatiranje kapusovih bolhačev izkazala uporaba insekticida Laser plus.

Raziskava ekonomičnosti je bila opravljena na podlagi rezultatov enoletnih poskusov pri zatiranju bele gnilobe v solati in pri zatiranju bolhačev v zelju, le poskusi zatiranja kapusove muhe v čebuli so bili triletni. Za zanesljivejšo presojo agro-ekonomske učinkovitosti bi bilo v bodoče priporočljivo stremeti k večletnim poskusom (vsaj triletnim) z enakimi ponovitvami, na različnih lokacijah, ki bi v okviru poskusa zagotavljale bolj izenačene razmere za pridelavo, na ta način pa bili tudi rezultati ekonomskih analiz zanesljivejši.

Zahvala. Prispevek je pripravljen na podlagi rezultatov, pridobljenih v raziskavah projekta CRP Uporaba metod z nizkim tveganjem za varstvo zelenjadnic (V4-1801), za kar se zahvaljujemo nosilcu in sodelujočim v projektu ter financerjem projekta (ARRS in MKGP).

5 LITERATURA

- Modelne kalkulacije KIS. 2019. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije.
https://www.kis.si/Modelne_kalkulacije_OEK/ (23. avg. 2019)
- Rak Cizej, M., Poličnik, F., Žveplan, S. 2019. Rezultati dvoletnega preizkušanja pripravkov za zmanjšanje populacije kapusovih bolhačev (*Phyllotreta* spp.) na glavnatem zelju (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije: 11 str.
<https://www.ivr.si/wp-content/uploads/2018/12/Rezultati-dvoletnega-preisku%C5%A1anja-za-kapusove-bolha%C4%8De-2019.pdf> (6. okt. 2020)
- Razinger, J., Zagorc, B., Kožar, M., Modic, Š., Urbančič-Zemljič, M. 2017. Izroček 2: Poročilo o agronomski in ekonomski učinkovitosti MNT za zatiranje kapusove muhe: 11 str.
https://www.kis.si/f/docs/Ciljni_raziskovalni_programi_CRP/IZROCEK_2-Agroekonomska_ucinkovitost_zatiranja_kapusove.pdf (23. apr. 2019)
- Razinger, J., Gerič Stare, B., Urek, G. 2019. Zdravju in okolju prijazni načini zatiranja škodljivih organizmov. V: Razinger J. (ur.), Celar F. A. Zdravju in okolju prijazne metode varstva rastlin. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za varstvo rastlin: str. 14-16.
- Uporaba metod z nizkim tveganjem za varstvo zelenjadnic (Projekt V4-1602). 2019.
https://www.kis.si/Ciljni_raziskovalni_programi_CRP/Projekt_V4-1602_Uporaba_metod_z_nizkim_tveganjem_za_varstvo_zelenjadnic/ (3. nov. 2020)
- Urbančič Zemljič, M., Ugrinovič, K., Modic, Š., Razinger, J., Škof, M., Žerjav, M. 2015. Iskanje inovativnih rešitev za integrirano varstvo pred kapusovo muho (*Delia radicum*) v okviru projekta PURE. V: Trdan S (Ur.). 2015. 12. slovensko posvetovanje o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo. Izvlečki referatov. Ptuj, 3.-4. marec 2015. Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 39-40
- Zagorc, B., Kožar, M. 2019. Izroček 21: Poročilo z opisom metode in ključnih rezultatov ekonomskega ovrednotenja varstva z MNT za izbrane zelenjadicke. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije: 44 str.

-
- <https://www.ivr.si/wp-content/uploads/2018/12/IZROCEK-21-Ekonomsko-ovrednotenje-varstva-z-MNT-za-izbrane-zelenjadnice.pdf> (3. nov. 2020)
- Zagorc, B., Moljk, B., Brečko, J. 2019. Metodologija in pojasnila k modelnim kalkulacijam Kmetijskega inštituta Slovenije. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 18 str.
- https://www.kis.si/MODELNE_KALKULACIJE_2/ (5. mar. 2019)
- Žerjav, M. 2019. Zatiranje bele gnilobe solate z biotičnimi pripravki. Raziskava v okviru Ciljnega raziskovalnega projekta V4-1602: Uporaba metod z nizkim tveganjem za varstvo zelenjadnic. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za varstvo rastlin: 3 str.
- <https://www.ivr.si/wp-content/uploads/2018/12/ZATIRANJE-BELE-GNILOBE-SOLATE-Z-BIOTI%C4%8CNIMI-PRIPRAVKI-CRP-MNT-novica-2019.pdf> (6. okt. 2020)

Meteorološka vodna bilanca v obdobju 1961–2020 za izbrane meteorološke postaje v Sloveniji

Zalika ČREPINŠEK¹⁰¹, Lučka KAJFEŽ BOGATAJ¹⁰², Katarina DOLINŠEK¹⁰³ in Tjaša POGAČAR¹⁰⁴

Izvleček

Za obdobje 1961–2020 smo analizirali meteorološko vodno bilanco na letnem nivoju, v rastni dobi (april–september) in za poletje (junij–avgust) za lokacije Bilje, Celje, Godnje, Ljubljana, Murska Sobota, Novo mesto, Portorož in Slovenj Gradec. Podatke za padavine in referenčno evapotranspiracijo smo pridobili iz arhiva Agencije Republike Slovenije za okolje. Meteorološko vodno bilanco smo računali kot razliko med referenčno evapotranspiracijo in padavinami za izbrano obdobje. Na letnem nivoju je povprečna vodna bilanca pozitivna na vseh postajah, z izjemo Portoroža, kjer je dolgoletno povprečje vodne bilance -115 mm. Povprečna vodna bilanca poleti je pozitivna v Ljubljani, Celju in Slovenj Gradcu, na ostalih postajah je povprečni primanjkljaj v obravnavanem obdobju od -20 mm v Godnjah do -282 mm v Portorožu. Povprečna vrednost vodne bilance v rastni dobi je negativna v Murski Soboti (-99 mm) in Portorožu (-344 mm), za ostale postaje je pozitivna. Po letu 2000 na vseh postajah v rastni dobi prevladuje negativna vodna bilanca. Primerjava padavin in referenčne evapotranspiracije za obdobji 1961–1990 in 1991–2020 je pokazala, da se količina padavin na večini postaj v drugem obdobju nekoliko zmanjšuje, evapotranspiracija pa je na vseh postajah povečana.

Ključne besede: meteorološka vodna bilanca, padavine, evapotranspiracija, Slovenija

Meteorological water balance for the period 1961–2020 for selected meteorological stations in Slovenia

Abstract

For the period 1961–2020, we analyzed the meteorological water balance on the annual scale, for the growing period (April–September) and for the summer (June–August) for the locations Bilje, Celje, Godnje, Ljubljana, Murska Sobota, Novo mesto, Portorož and Slovenj Gradec. Precipitation and reference evapotranspiration data are from the archives of the Slovenian Environment Agency. The meteorological water balance was calculated as the difference between the reference evapotranspiration and precipitation for the selected period. On the annual scale, the average water balance is positive at all stations, with the exception of Portorož, where the long-term average water balance is -115 mm. The average water balance for summer is positive only in Ljubljana and Celje, while at other stations the average deficit in the period under review is from -20 mm in Godnje to -282 mm in Portorož. The average value of the water balance for the growing period is negative in Murska Sobota (-99 mm) and Portorož (-344 mm), for other stations it is positive. After 2000, a negative water balance prevails at all stations during the growing season. A comparison of precipitation and reference evapotranspiration for the periods 1961–1990 and 1991–2020 showed, that the amount of precipitation at most locations decreased slightly in the second period, while evapotranspiration increased at all stations.

Keywords: meteorological water balance, precipitation, evapotranspiration, Slovenia

¹⁰¹ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si

¹⁰² Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

¹⁰³ Dipl. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: katarina.dolinsek@gmail.com

¹⁰⁴ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: tjasa.pogacar@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Kmetijska suša postaja v zadnjem času stalnica v kmetijski pridelavi tako na globalni ravni (WMO, 2014) kot tudi v Evropi (EEA, 2016; Spinoni in sod., 2017). O suši v kmetijstvu govorimo, ko v površinskem sloju tal primanjkuje vode, kar povzroča sušni stres rastlin in zmanjšuje kvaliteto in količino pridelka (Sušnik in Gregorič, 2017). Težave zaradi suše se pojavljajo tudi v Sloveniji, kjer je bila po ocenah Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano samo med leti 2003 in 2016 velikost škode zaradi kmetijske suše okrog 350 milijonov evrov (RS Ministrstvo ..., 2017). V zadnjem obdobju tako pri nas skoraj vsako leto nastopijo različno dolga obdobja suše v rastni dobi, ko so zaradi neugodne razporeditve in pomanjkanja padavin ter zaradi pogostejših vročinskih valov kmetijske rastline v sušnem stresu (Sušnik in Gregorič, 2017; Sušnik in Gregorič, 2019). Po letu 1990 smo v Sloveniji zabeležili kar 13 kmetijskih suš, nekatere med njimi so imele razsežnosti naravne nesreče (Sušnik in Gregorič, 2017). Zaradi podnebnih sprememb se pojavlja vedno več ekstremnih dogodkov, med katere spada tudi suša (EDO, 2020). V Evropi je izrazito povečanje sušnih območij v južni in jugovzhodni Evropi (EEA, 2016).

Pomanjkanje vode na nekaterih območjih se že kaže v nesoglasjih med različnimi sektorji za ta življenjsko pomemben vir, npr. med sektorji kot so kmetijstvo, turizem, energetika, rečni transport, oskrba s pitno vodo (EEA, 2019). V Sloveniji se je v obdobju 1961–2011 povprečna temperatura zraka dvignila za 1,7 °C, pri čemer je trend višanja temperature zraka nekoliko večji v vzhodni kot v zahodni polovici države (Bertalanich in sod., 2018a). Spremembe temperature so največje pomladi in poleti, to je v času najintenzivnejše rasti kmetijskih rastlin. V istem obdobju se je zmanjšala tudi količina padavin, na letni ravni za okoli 15 % v zahodni polovici države, nekoliko manj (10 %) v vzhodni polovici države, kjer spremembe niso statistično značilne. Zmanjšuje se tudi skupna višina snežne odeje ter višina novozapadlega snega, kar v velikem delu Slovenije še dodatno negativno vpliva na vodno bilanco v pomladnih in poletnih mesecih (Sušnik in Gregorič, 2017). Predvsem po letu 1990 se kmetijske suše pojavljajo pogostejše, z večjo intenzivnostjo in tudi v regijah, kjer jih v preteklosti ni bilo. Pojavljajo se daljša sušna obdobja in močnejše suše v zaporednih letih, kot na primer 2012 in 2013 v Sloveniji (Sušnik in Gregorič, 2017) ali 2018–2020 v nekaterih delih Evrope (EDO, 2020).

V skladu z napovedanim postopnim segrevanjem po celotni Evropi bo tudi Slovenija v 21. stoletju podvržena znatnim višanjem temperatur, s srednjim razponom od 1 do 4 °C, odvisno od scenarija izpustov toplogrednih plinov (Bertalanich in sod., 2018b). V nasprotju s temperaturo so scenariji za spremembe padavin manj zanesljivi, saj so te časovno in prostorsko bolj raznolike. Predvidene spremembe padavin v Sloveniji niso izrazite, saj smo na območju Evrope, kjer signal odstopanja padavin zamenja smer; v severni Evropi se bodo te na letni ravni povečevale, v južni pa upadale (Bertalanich in sod., 2018b). Napovedi kažejo, da se bodo težave zaradi suše v prihodnosti še stopnjevale (Alfieri in sod., 2018; Bisselink in sod., 2018; EEA, 2019), suše bodo pogostejše, trajale bodo dlje in postajale intenzivnejše v južnih in zahodnih delih Evrope. Zaradi globalnega segrevanja bi do leta 2100 lahko bile izgube zaradi suše petkrat večje kot danes, najmočnejše povečanje izgub zaradi suše pa naj bi bilo v sredozemskih in atlantskih regijah Evrope (Cammalleri in sod., 2020). Tveganje, predvsem za poletno sušo, se povečuje po vsej državi (Sušnik in Gregorič, 2017). Glede na napovedi povečanja temperatur zraka se bo skladno s spremembami povečala tudi evapotranspiracija (Bertalanich in sod., 2018b). V kmetijstvu lahko posledice suše omilimo na več načinov, npr. z uporabo namakalnih sistemov, ohranitveno obdelavo tal, gojenjem sort, ki so odpornejše na sušo, ustreznim kolobarjem itd. (Čergan in sod., 2008).

Za večjo učinkovitost teh ukrepov moramo poznati vodno bilanco in njeno krajevno ter časovno spremenljivost. Namen naše raziskave je bil na različnih časovnih obdobjih (leto, rastna doba, poletje) analizirati spremenljivost meteorološke vodne bilance za obdobje 1961–2020 za izbrane postaje v Sloveniji, ki ležijo v klimatsko različnih regijah, ter ugotoviti, ali se vodne bilance v zadnjih letih razlikujejo od tistih v začetnem obdobju.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Analizirali smo vodno bilanco rastne dobe (april–september), celega leta in poletja (junij–avgust) za osem klimatoloških postaj, ki so zanimive z vidika kmetijske pridelave in predstavljajo klimatsko različne predele Slovenije. Vsi meteorološki podatki so pridobljeni iz arhiva Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) za obdobje 1961–2020.

Preglednica 17: Obravnavane meteorološke postaje (ARSO, 2020)

Meteorološka postaja	Geografska širina	Geografska dolžina	Nadmorska višina (m)	Obdobje
Bilje	45° 54'	13° 38'	55	1963–2020
Celje	46° 14'	15° 14'	241	1961–2020
Godnje	45° 45'	13° 51'	320	1961–2020
Ljubljana	46° 4'	14° 31'	299	1961–2020
Murska Sobota	46° 39'	16° 12'	188	1961–2020
Novo mesto	45° 48'	15° 11'	220	1961–2020
Portorož	45° 29'	13° 37'	2	1993–2020
Slovenj Gradec	46° 29'	15° 7'	455	1961–2020

Meteorološko vodno bilanco smo izračunali kot razliko med dnevno količino padavin (P) in referenčno evapotranspiracijo (v nadaljevanju evapotranspiracijo (ET)) za izbrano obdobje, to je način izračuna, ki ga uporabljajo meteorološke službe (ARSO, 2020; European Commission..., 2012). Izračunali smo jo za rastno dobo (april–september) in poletje (junij–avgust) za obdobje 1961–2020 in na letni skali (januar–december) za obdobje 1961–2019. Dnevni podatki o P in ET so iz arhiva meteoroloških podatkov Agencije republike Slovenije za okolje (ARSO, 2020). Izračun ET temelji na Penman-Monteithovi enačbi, ki vključuje temperaturo zraka, relativno zračno vlago, hitrost vetra in sončno obsevanje. ET je količina vode, ki je izhlapela iz referenčne rastline in tal. Kot referenčna površina je privzeta aktivno rastoča trava, ki popolnoma prekriva tla, je zadostno preskrbljena z vodo, visoka 0,12 m in ima površinsko upornost 70 s/m ter albedo 0,23. Analizirali smo podatke za osem postaj (preglednica 1), ki se značilno razlikujejo po količini padavin in povprečnih letnih temperaturah: postaji Bilje in Godnje sta glede na agrometeorološke regije, ki jih za napovedi uporablja ARSO, v goriški regiji, Celje v savinjski, Ljubljana v regiji Ljubljana in okolica, Murska Sobota v pomurski, Novo mesto v dolenjski, Portorož v obalno-kraški in Slovenj Gradec v koroški regiji. Šest obravnavanih postaj ima neprekinjen niz podatkov za celotno šestdesetletno obdobje, za Bilje so podatki za obdobje 1963–2020 in za Portorož za 1993–2020. Primerjavo P in ET smo naredili med začetnim obdobjem 1961–1990 in končnim obdobjem 1991–2020 za vse postaje, razen za Portorož, kjer je niz podatkov za takšno analizo prekratek.

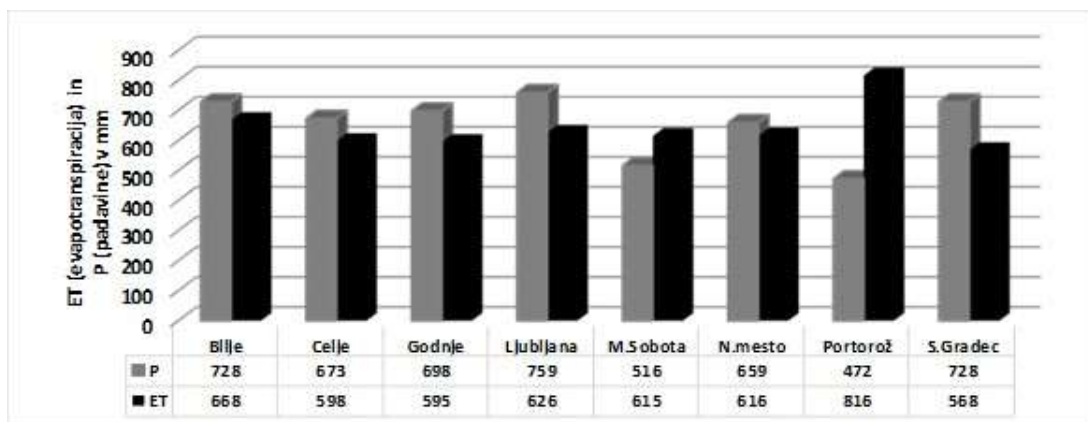
3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Letna vodna bilanca za obdobje 1961–2019 je na vseh postajah razen v Portorožu v povprečju pozitivna, kar pomeni, da je P več kot znaša ET (preglednica 2). Vrednosti vodne bilance so od 54 mm v Murski Soboti do 676 mm v Godnjah. V Portorožu je bila v obdobju 1993–2020 ET v povprečju 115 mm večja od P, kar 20 let od 27-ih pa je imelo negativno letno vodno bilanco. V Ljubljani, Godnjah in Slovenj Gradcu v 59-letnem obdobju nobeno leto ni imelo negativne vodne bilance, v Novem mestu je bilo enkrat leto z negativno bilanco (2000), v Celju dvakrat (2003 in 2011) in v Biljah štirikrat (2003, 2006, 2007 in 2011). Vse negativne vodne bilance na teh postajah so bile v zadnjih 20 letih.

Preglednica 2: Vodna bilanca (v mm) v obdobju 1961–2019 (Bilje od 1963, Portorož od 1993), LETO (jan-dec), RD-rastna doba (apr-sep), POL-poletje (jun-avg), POV-povprečje, MIN-minimum, MAX-maksimum

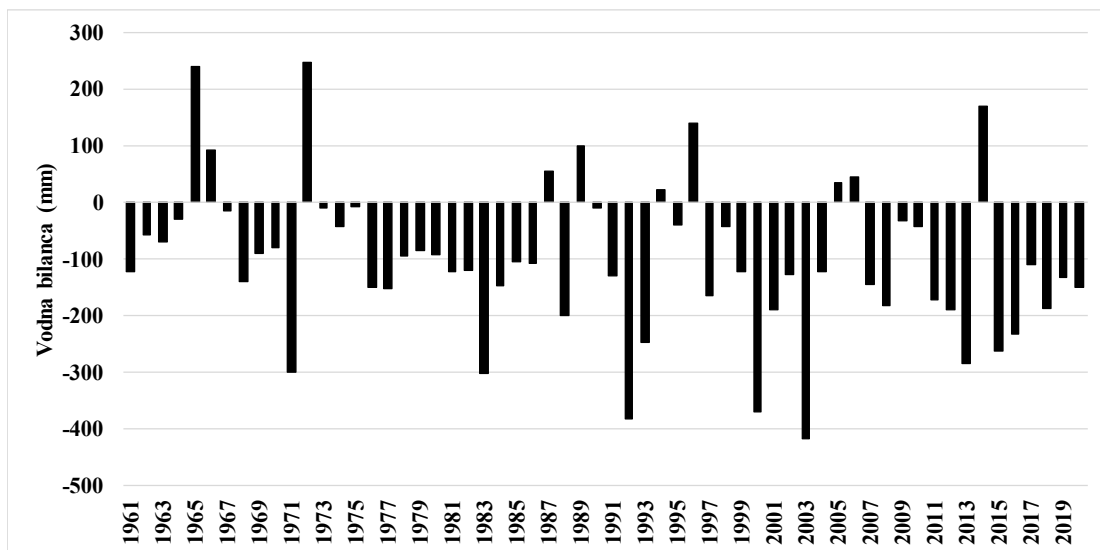
	Bilje	Celje	Godnje	Ljubljana	Murska Sobot	Novo mesto	Portorož	Slovenj Gradec
LETO_{POV}	575	386	676	612	54	381	-115	477
LETO _{MIN}	-55	-164	133	143	-365	-52	-584	61
LETO _{MAX}	1632	759	1418	1159	428	757	496	874
RD_{POV}	61	76	103	133	-99	43	-344	159
RD _{MIN}	-449	-385	-349	-188	-416	-399	-589	-128
RD _{MAX}	831	396	541	479	247	417	126	516
POL_{POV}	-43	27	-20	23	-67	-18	-282	77
POL _{MIN}	-331	-333	-309	-198	-299	-289	-461	-169
POL _{MAX}	303	324	312	209	142	189	-12	272

Zelo pogosta je negativna letna vodna bilanca v Murski Soboti, kjer je bilo v obravnavanem obdobju kar 24 takih let, v zadnjih 20 letih pa je takšnih let že več kot polovico. Največji primanjkljaj na letni skali v Murski Soboti v letu 2003 je znašal 365 mm. Zaskrbljujoče je tudi dejstvo, da se na tej postaji vrstijo zaporedna leta z negativno vodno bilanco, npr. obdobje 2015–2019, kar dolgoročno vpliva tudi na zaloge podtalnice in njeno kvaliteto. To so območja, za katera so že v preteklosti ugotovili najmanjše količine razpoložljive podzemne vode (Andjelov in sod., 2006). Še najslabše stanje glede letnih primanjkljajev vode je v Portorožu, kjer je v povprečju samo vsako četrto leto s pozitivno vodno bilanco. Tukaj so primanjkljaji na letni skali lahko zelo veliki, npr. v letu 2011 584 mm, 2012 472 mm in 2015 534 mm. V kmetijski pridelavi nam bolj realno oceno stanja dostopnosti vode v času rasti pokaže vodna bilanca v rastni dobi. Povprečna vrednost le-te je sicer negativna le v Murski Soboti (-99 mm) in Portorožu (-344 mm) (preglednica 2, slika 1), vendar nam samo povprečja ne pokažejo dejstva, da je tudi na ostalih postajah veliko let, ko je vodna bilanca v rastni dobi negativna. Še najugodnejše je stanje v Slovenj Gradcu, kjer je bila vodna bilanca v obdobju 1961–2020 negativna le v 8 letih, sledita Ljubljana (13 let) in Celje (14 let). Slabo je stanje vodne bilance v rastni dobi v Murski Soboti, kjer je bilo negativnih vodnih bilanc kar 50 (slika 2), v Portorožu pa sta bili le 2 leti od 28-ih, ko je bila vodna bilanca v tem času pozitivna.



Slika 1: Povprečne padavine (P) in evapotranspiracija (ET) v rastni dobi (april–september) v obdobju 1961–2020 na različnih merilnih postajah v Sloveniji

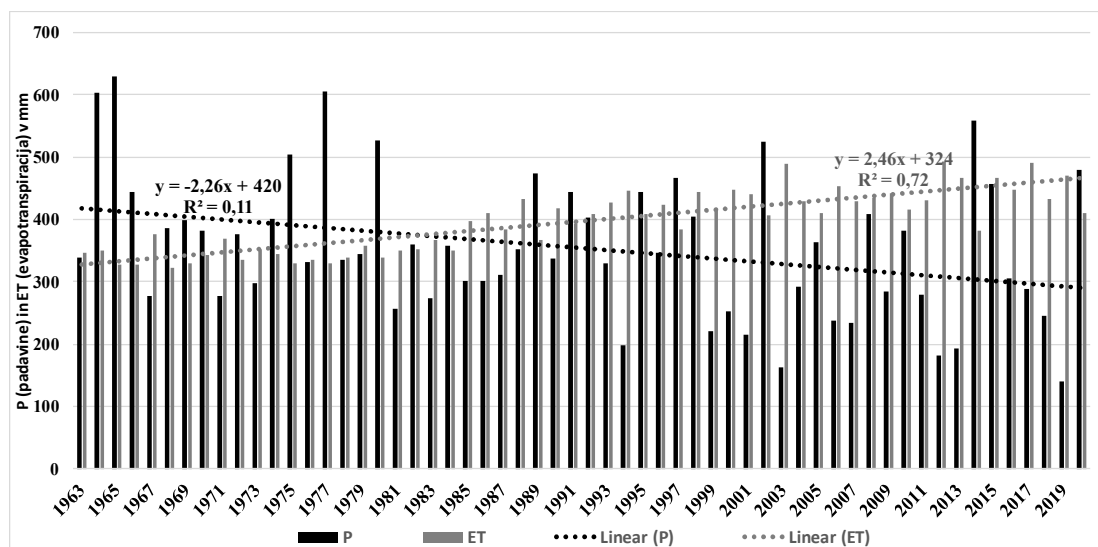
Največji primanjkljaji so prikazani v preglednici 2, na večini postaj (Bilje, Celje, Godnje, Ljubljana in Murska Sobota) je bilo to v letu 2003, ko smo imeli po vsej Sloveniji ekstremne sušne razmere (Sušnik in Gregorič, 2017). V Biljah je v tem letu primanjkljaj znašal kar 449 mm, v Portorožu celo 551 mm. Po letu 2000 so negativne vodne bilance pogostejše, to velja še posebej za Bilje, Portorož in Mursko Soboto. V Biljah je bila vodna bilanca v rastni dobi v zadnjih 20-ih letih pozitivna petkrat, v Murski Soboti trikrat (slika 2) in v Portorožu samo dvakrat. V kmetijstvu so najhujše posledice zaradi suše na jugozahodnem in severovzhodnem delu Slovenije, ki sta najpogostejše izpostavljena deficitu v vodni bilanci tal (Kobold in sod., 2012). Ne preseneča tudi, da so škode zaradi suš v kmetijski proizvodnji v zadnjih letih obsežne, zadnja ekstremna v letu 2017 je bila razglašena za naravno nesrečo (Sušnik in Gregorič, 2019).



Slika 2: Meteorološka vodna bilanca v rastni dobi v Murski Soboti v obdobju 1961–2020

Poletna vodna bilanca je tesno povezana z ekstremnimi temperaturami in vse pogostejšimi vročinskimi valovi (Bertalanč in sod., 2018a). Iz preglednice 2 je razvidno, da imajo le tri od obravnavanih postaj povprečno poletno vodno bilanco pozitivno (Celje, Ljubljana in Slovenj Gradec). Izrazito spet izstopa Portorož, ki ima v poletnem obdobju povprečen primanjkljaj 282 mm; v vseh 28 obravnavanih letih je bila ta bilanca negativna. V več kot polovici primerov je poletna vodna bilanca negativna v Godnjih in Novem mestu (34 let), v Biljah (38 let) (slika 3) in Murski Soboti (49 let). V Celju in Ljubljani lahko pričakujemo negativno bilanco vsako tretje poletje, v Slovenj Gradcu pa vsako peto. V poletnih mesecih na razvoj suše dostikrat značilno vpliva lokalno porazdeljevanje padavin oziroma poletne nevihte, na samo stopnjo poškodb pri rastlinah zaradi sušnega stresa pa ima močan vpliv tip tal. Največje škode so na območjih s plitvimi tlemi na peščeni prodnati podlagi in na tleh s slabimi vodnoretencijskimi lastnostmi (Kobold in sod., 2012; Sušnik in Gregorič, 2017).

Za rastno dobo smo primerjali razlike v P in ET v prvi polovici (1961–1990) in drugi polovici (1991–2020) obravnavanega obdobja (preglednica 3). Portorož smo iz te analize izpustili, saj je niz podatkov prekratek. V drugi polovici obdobja so se P na večini postaj nekoliko zmanjšale, vendar razlike niso statistično značilne. V Murski Soboti je P v obeh obdobjih enako, Slovenj Gradec pa ima v zadnjem obdobju minimalno povečanje (14 mm).



Slika 3: Poletne (junij–avgust) padavine (P) in evapotranspiracija (ET) s pripadajočima linearnima trendoma za Bilje v obdobju 1963–2020, trend ET je statistično značilen pri $p < 0.05$.

Večje spremembe so opazne pri ET, ki je v zadnjem obdobju povečana na vseh postajah, najbolj se je v rastni dobi povečala v Biljah (+123 mm), Celju (+78 mm), Murski Soboti (+72 mm) in Ljubljani (+46 mm), kjer so spremembe glede na začetno obdobje statistično značilne. Sočasno zmanjševanje P v rastni dobi in povečanje ET zaradi višjih temperatur zraka vodi k zmanjšani razpoložljivosti vode za rastline ter k povečanemu tveganju za kmetijske suše. Raziskave kažejo, da se srednji pretoki rek v Sloveniji že od šestdesetih let prejšnjega stoletja zmanjšujejo, največji upad srednjih pretokov je zaznan spomladi in poleti (Bertalanč in sod., 2018b), kar je povezano tudi s spremembami snežnih padavin. V obdobju 1961–2011 se je pri nas skupna višina snežne odeje zmanjšala za okoli 55 % in višina novozapadlega snega za 40 % (Bertalanč

in sod., 2018a), posledice se kažejo v manjših zalogah vode spomladi in hitrejšemu pojavu suše, lahko že v pomladnih mesecih.

Preglednica 3: Primerjava padavin (*P*) in evapotranspiracije (*ET*) v obdobju 1991–2020 glede na obdobje 1961–1990; Bilje 1963–1990, *-statistično značilne razlike med obdobjema pri $p < 0,05$

	Bilje	Celje	Godnje	Ljubljana	M. Sobota	N. mesto	S. Gradec
P	95 %	96 %	97 %	94 %	100 %	96 %	102 %
	-37 mm	-29 mm	-23 mm	-48 mm	+1 mm	-27 mm	+14 mm
ET	*120 %	*114 %	105 %	*108 %	*112 %	106 %	107 %
	+123 mm	+78 mm	+30 mm	+46 mm	+72 mm	+36 mm	+37 mm

4 SKLEPI

Analiza meteorološke vodne bilance za obdobje 1961–2020 na letnem novouju, v rastni dobi (april–september) in za poletje (junij–avgust) za lokacije Bilje, Celje, Godnje, Ljubljana, Murska Sobota, Novo mesto, Portorož in Slovenj Gradec je pokazala, da je več let z negativno bilanco v pomurski, goriški ter obalni in kraški regiji glede na ostale regije (Ljubljana in okolica, savinjska regija, dolenjska regija in koroška regija). V relativni skali je največkrat zabeležena negativna vodna bilanca v Portorožu in Murski Soboti. Povprečna vodna bilanca poleti je pozitivna v Ljubljani, Celju in Slovenj Gradcu, na ostalih postajah je povprečni primanjkljaj v obravnavanem obdobju od -18 mm v Novem mestu do -282 mm v Portorožu. Povprečna vrednost vodne bilance v rastni dobi je negativna v Murski Soboti (-99 mm) in Portorožu (-344 mm), za ostale postaje je pozitivna. Po letu 2000 na vseh postajah v rastni dobi prevladuje negativna vodna bilanca. Primerjava padavin in referenčne evapotranspiracije za obdobji 1961–1990 in 1991–2020 je pokazala, da se količina padavin na večini postaj v drugem obdobju nekoliko zmanjšuje, evapotranspiracija pa je na vseh postajah povečana.

5 LITERATURA

- Alfieri, L., Betts, R. A., Carrao, H., Feven, L., Mentaschi, L., Naumann, G., Spinoni, J., Vogt, J., Wyser, K. 2018. Global changes in drought conditions under different levels of warming. *Geophysical Research Letters*, 45: 3285–3296
- Andjelov, M., Gale, U., Kukar, N., Trišić, N., Uhan, J. 2006. Ocena količinskega stanja podzemnih voda v Sloveniji. *Geologija*, 49/2: 383–391
- ARSO. 2020. Agencija republike Slovenije za okolje, <https://www.arso.gov.si/> (25.10. 2020)
- Bertalančič, R., Dolinar, M., Draksler, A., Frantar, P., Vertačnik, G., Vlahović, Ž. 2018a. Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961–2011, povzetek. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje: 23 str.
- Bertalančič, R., Dolinar, M., Draksler, A., Honzak, L., Kobold, M., Kozjek, K., Lokošek, N., Medved, A., Vertačnik, G., Vlahović, Ž., Žust, A. 2018b. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje: 156 str.
- Bisselink, B., Bernhard, J., Gelati, E., Adamovic, M., Guenther, S., Mentaschi, L., De Roo, A. 2018. Impact of a changing climate, land use, and water usage on Europe's water resources: EUR 29130 EN. Luxembourg, Publications Office of the European Union: 81 str.
- Cammalleri, C., Naumann, G., Mentaschi, L., Formetta, G., Forzieri, G., Gosling, S., Bisselink, B., De Roo, A., Feyen, L. 2020. Global warming and drought impacts in the EU, EUR 29956 EN,

- Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-12947-9, doi:10.2760/597045, JRC118585
- Čergan, Z., Dolničar, P., Knapič, M., Poje, T., Sušin, J., Škerlavaj, V., Ugrinović, K., Verbič, J., Verbič, J., Zemljič, A., Kapun, S. 2008. Tehnološka priporočila za zmanjšanje občutljivosti kmetijske pridelave na sušo: poljedelstvo, zelenjadarstvo in hmeljarstvo. Hardi Z. (ur.). Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 43 str.
- European Commission, Joint Research Centre. 2012. Rate of change of meteorological water balance map for Europe 1975-2010. Dataset PID, <http://data.europa.eu/89h/9d80fffe-cb87-47ba-978c-df52b6ac69be>
- EDO, European Drought Observatory. 2020. EDO Analytical Report. Drought in Central-Northern Europe – September 2020. Joint Research Centre, 18 september 2020. https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/news/EDODroughtNews202009_Europe.pdf
- EEA, European Environment Agency. 2016. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report 2017: 419 str.
- EEA Report No 4. 2019. Climate change adaptation in the agricultural sector in Europe. Luxembourg, Publications Office of the European Union: 108 str.
- Kobold, M., Petan, S., Pogačnik, N., Sušnik, M., Polajnar, J., Pavlič, U., Uhan, J., Gregorič, G., Sušnik, A., Božič, P. 2012. Razvoj suše v Sloveniji v letu 2012. Zbornik referatov, Mišičev vodarski dan, VGP, Maribor, 1–12
- RS Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. 2017. Naravne nesreče, ki so prizadele kmetijsko proizvodnjo med leti 2003 in 2017. Sektor za podnebne spremembe, NVO, šolstvo in knjigovodstvo, 3-32
- Spinoni, J., Naumann, G., Vogt, J.V. 2017. Pan-European seasonal trends and recent changes of drought frequency and severity. *Global and Planetary Change*, 148: 113-130
- Sušnik, A., Gregorič G. 2017. Kmetijska suša v 21. stoletju v Sloveniji. Mišičev vodarski dan 2017, 37-44
- Sušnik, A., Gregorič, G. 2019. Značilnosti suše leta 2018 v Evropi in razmere v Sloveniji. *Ujma*, 33: 87-94
- WMO. 2014. Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes. WMONo. 1123, Geneva, 44 str. https://www.preventionweb.net/files/38413_wmo1123atlas120614.pdf

Priloga načrta ukrepanja v vročini pri delu v kmetijstvu

Tjaša POGAČAR¹⁰⁵, Lučka KAJFEŽ BOGATAJ¹⁰⁶ in Zalika ČREPINŠEK¹⁰⁷

Izvod

V kmetijstvu so delavci zaradi narave dela močno izpostavljeni vročinskemu stresu, ki poleti že tudi v zmernih podnebnih pasovih pomembno negativno vpliva na počutje delavcev, lahko celo zdravstveno stanje in storilnost. Kljub temu podjetja ali kmetje sami nimajo pripravljenih načrtov ukrepanja v vročini, saj tudi smernic za pripravo do sedaj ni bilo. Ker se bo po projekcijah podnebnih sprememb toplotna obremenitev poleti v Sloveniji še stopnjevala, želimo opozoriti na to težavo ter spodbuditi k pripravi načrtov in izvajanju ukrepov. Raziskava stanja v dveh podjetjih je pokazala, da delavci negativne vplive vročinskega stresa že občutijo in hkrati menijo, da je delo z leti vedno bolj naporno, medtem ko se vodilni tega manj zavedajo. V okviru projekta Heat-Shield smo pripravili preglednice in drevesa odločanja, ki uporabnika vodijo do priprave načrta ukrepanja v vročini za njegovo specifično naravo dela. Ukrepi se nanašajo predvsem na oceno tveganja, prilagajanje razmerja med počitkom in delom, ustrezno hlajenje in hidriranje, prilagajanje oblačilnih sistemov ter poznavanje simptomov vročinskega stresa in prve pomoči. Pri tem je izredno pomembno, da vse zaposlene izobrazimo o negativnih vplivih vročinskega stresa, prepoznavanju simptomov in ukrepanju ter jim predstavimo akcijski načrt.

Ključne besede: načrt ukrepanja v vročini, vročinski stres, delavci v kmetijstvu, drevo odločanja

Preparing an occupational heat action plan in agriculture

Abstract

In agriculture, workers are highly exposed to heat stress due to the nature of their work, which, even in temperate climates, already has a significant negative impact on their wellbeing and possibly even on their health and productivity. However, companies or farmers themselves have not prepared heat action plans, as there have been no guidelines for preparation until now. Since, according to climate change projections, the heat load in Slovenia will increase in the summer, we would like to draw attention to this problem and encourage companies or farmers to prepare plans and implement measures. A small analysis of the situation in the two companies has shown that workers are already feeling the negative effects of heat stress and at the same time believe that work will become more and more strenuous over the years, and managers are less aware of this. As part of the Heat-Shield project, we have created worksheets and decision trees that guide users to create a heat action plan for their specific nature of work. The measures relate mainly to risk assessment, adjustment of the rest-work ratio, adequate cooling and hydration, adapting the clothing systems, and knowing the symptoms and first aid. It is extremely important to educate all employees about the negative effects of heat stress and to present company's heat action plan to them.

Keywords: heat action plan, heat stress, agricultural workers, decision tree

1 UVOD

V kmetijstvu številne delovne naloge temeljijo na ročnem delu, ki je včasih edina izvedljiva metoda. Odvijajo se zunaj, večinoma na soncu, ali celo v bolj vročih razmerah v rastlinjakih, skladiščih. Pri višjih temperaturah zraka se delovna storilnost zmanjšuje, kar se zaradi večjih fizičnih obremenitev kaže tudi v zmernih podnebnih razmerah (Staal Wästerlund, 2018). Da bi zmanjšali toplotno obremenitev, delavci običajno uporabljajo nenačrtovane odmori za počitek, da zmanjšajo telesno aktivnost, a za ceno zmanjšane produktivnosti (Kjellstrom in sod., 2009).

¹⁰⁵ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: tjasa.pogacar@bf.uni-lj.si

¹⁰⁶ Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

¹⁰⁷ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si

V poljskem poskusu so Ioannou in sod. (2017) ugotovili, da se na soncu pri temperaturah zraka, višjih od 29 °C, ob nenačrtovanih odmorih delo med delovno izmeno skrajša za 16 % delovnega časa. Izguba produktivnosti je predvsem vidik delodajalca ali kmeta z lastno dejavnostjo. Pri dlje trajajoči vročini so delavci hitreje bolniško odsotni zaradi dveh glavnih razlogov: vročine, ki povzroča težave, povezane s trajno dehidracijo (kronične bolezni ledvic), in povečanja verjetnosti nezgod zaradi vročine (Kenny in sod., 2018). V projektu Heat-Shield (2017) partnerji ugotavljajo, da je med evropskimi delavci, ki delajo v z vročinskim stresom obremenjenih okoljih, tudi do 70 % delavcev ob začetku delovne izmene že dehidriranih (Piil in sod., 2018).



Slika 1: Primer infografike, ki opozarja na vročinski stres pri delu v kmetijstvu (Heat-Shield, 2018); Ta in druge (barvne) infografike so na voljo v elektronski obliki pri avtoricah, če bi si jih želeli natisniti.

V raziskavi med slovenskimi kmeti in kmetijskimi svetovalci (Pogačar in sod., 2017) se je jasno pokazalo, da oboji vidijo zelo velik negativen vpliv vročinskega stresa na počutje, storilnost in zbranost kmetov. Poleti se zdijo temperature zraka za delo ustrezne le za 3 % kmetov, pogosto imajo glavobole, so utrujeni, žeja je njihova stalnica. Fizično naporno delo in izpostavljenost soncu že v sedanjih poletjih tudi v Sloveniji pomeni preveliko toplotno obremenitev za delavce v kmetijstvu. Z naraščanjem temperatur zaradi podnebnih sprememb se bo težava stopnjevala (Casanueva in sod., 2020), hkrati pa se delovno prebivalstvo stara, starejši pa so za vročinski stres občutljivejši (Perčič in sod., 2018). Za Slovenijo kažejo projekcije podnebnih sprememb izrazito in nedvoumno naraščanje tako povprečnih kot tudi najvišjih poletnih temperatur zraka (Bertalanč in sod., 2018) ter s tem povečanje števila dni z veliko obremenjenostjo z vročinskim stresom, do 20 dni v osrednji Sloveniji in več kot 30 dni na Primorskem po najmanj optimističnem scenariju (Pogačar in sod., 2018). Kmetje v Sloveniji so ocenili, da v času vročinskih valov potrebujejo več časa za običajne delovne naloge, tako oni kot tudi kmetijski

svetovalci pa nimajo navodil ali smernic za blaženje vročinskega stresa, temveč se ravna po občutku (Pogačar in sod., 2017). V okviru projekta Heat-Shield so partnerji po raziskavah razmer v petih različnih gospodarskih sektorjih preizkusili različne načine blaženja vročinskega stresa ter v skladu z rezultati pripravili infografike (slika 1) in smernice.

Oblikovana so navodila za pripravo načrta ukrepanja v vročini, da se lahko podjetja ali kmetje sami z ukrepi vnaprej pripravijo, kar je bistvenega pomena za učinkovitost. Tak načrt lahko določi pooblaščen oseba (vodja, inženir varstva in zdravja pri delu), zelo priporočljivi so napredni opozorilni vremenski sistemi, ki vnaprej opozarjajo glede prihajajoče vročine. S prilagojenimi priporočili glede fizičnih lastnosti, zaščitnih oblačil, obremenitve in lokacije je za delavce na voljo platforma Heat-Shield (2018). Namen tega prispevka je na kratko predstaviti, kaj je pokazala obravnava dveh kmetijskih podjetij ter kakšen način priprave načrta ukrepanja v vročini priporočamo.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Zaradi spomladanskega razvoja epidemije statistična raziskava v kmetijskih podjetjih ni bila mogoča v obsegu, kot je bil predviden v projektu Heat-Shield. Zato kot primer predstavljamo ugotovitve iz dveh kmetijskih podjetij, ki smo jih uspeli pridobiti v tem poletju. Na vprašanja so odgovarjali 3 odgovorni (kot je direktor, inženir za varnost in delo) in 20 zaposlenih (polovica moških, polovica žensk) različnih starosti, ki večinoma dnevno delajo od 8 do 10 ur. Delo večinoma opravljajo stoje z veliko gibanja, zunaj in v rastlinjakih. Ko v podjetju pridobimo informacije o obremenitvah z vročinskim stresom, stanje preučimo in pripravimo dokumente, ki so jim v pomoč pri pripravi načrta ukrepanja v vročini.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Priporočljivo je, da kmetijska podjetja od velikih industrijskih obratov do majhnih družinskih kmetij razvijejo ustrezen načrt ukrepanja v vročini, ki bo koristil tako delodajalcu kot tudi zaposlenim. Različne metode blaženja vročinskega stresa so uporabne za določeno delovno okolje, zato jih je potrebno opredeliti in jih preobraziti v izvedljiva dejanja in navade, ki jih lahko delavci prevzamejo v vročih obdobjih - s pravočasnimi informacijami na začetku poletja in rednimi opomini pred in med vročinskimi valovi.

V dveh kmetijskih podjetjih v Sloveniji se je izkazalo, da dva od treh odgovornih menita, da delavci nimajo težav zaradi vročine, nasprotno pa delavci v veliki večini menijo, da vročinski stres predstavlja težave pri delu (nekateri so mu izpostavljeni občasno, drugi dnevno), le dva menita, da ne vpliva na njuno zmogljivost za delo. Opozarjajo na delo na polju in v rastlinjakih v največji vročini ter na veliko temperaturno razliko s hladilnico. Med delom se večinoma zelo potijo, ob koncu dneva so rahlo utrujeni ali utrujeni, štirje so izpostavili, da so izčrpani (vsi mlajši od 50 let). Odgovorni navajajo, da nihče od zaposlenih v preteklih letih ni doživel z vročino izzvane bolezni, med delavci pa se je pokazalo, da so trije imeli do 5 dni bolniške odsotnosti zaradi vročinskega stresa in dva nad 5 dni. Hkrati večina delavcev meni, da postaja z leti delo vedno težje, le izjemam se zdi lahko. Pri vsakodnevnem delu se pojavlja blag glavobol, zmanjšana zbranost in slabost ali šibkost. V podjetjih v realnem času ne izvajajo ocen vročinskega stresa, tudi za posamezno delovno mesto nimajo opravljenih ocen tveganja. Spremljajo pa temperaturo zraka in odziv delavcev. Eden od treh omenja načrt ukrepanja v vročini, pri katerem je odgovoren vodja delavcev, eden meni, da v vročini prilagajajo razmerje med delom in počitkom, ter eden, da prilagodijo oblačila. Kljub zadnji navedbi le četrtnina

delavcev nosi svetla oblačila, ostali temna. Nikjer nimajo postopkov za obravnavo z vročino izzvane bolezni, prav tako delavcev ne izobrazijo v povezavi z vročinskim stresom.

Pri pregledu literature na področju možnih ukrepov blaženja vročinskega stresa (Morris in sod., 2020) se je pokazalo, da je učinkovita biofizična rešitev za blaženje vročinskega stresa uporaba prezračevanja v oblačilih. Na splošno lahko enak učinek dosežemo z zmanjšanjem površine kože, ki jo pokrivajo oblačila (če se nahajamo v zaprtih prostorih), z izbiro materialov, ki bolje odvajajo vlago, z nošenjem ohlapnih oblačil, ki omogočajo večji pretok zraka pod oblačilom, in nošenjem oblačil s širšim vzorcem pletenja, ki omogočajo večji pretok zraka skozi oblačila (mrežice za kolena, pod pazduho). Poleg tega je za povečanje odboja sončnega sevanja ob sončnih dneh potrebno izbirati svetlejša barve. Pametno izbrane rešitve za hidracijo delavcev imajo izjemno pozitiven vpliv na zmanjšanje časa, porabljenega za nenačrtovane odmore, in izboljšujejo produktivnost. Ohranjanje hidriranosti je ključnega pomena za ohranjanje produktivnosti in zdravja v kmetijski dejavnosti, žal pa večina delavcev na to iz dneva v dan pozabi ali se ne uspe hidrirati (Piil in sod., 2018). Tako pridejo na delo v dehidriranem stanju in začnejo dan s tveganjem za hipertermijo in akutno poškodbo ledvic, pa tudi z zmanjšano verjetnostjo, da bodo dobro opravili predvidene delovne obveznosti. Zaradi tega je pomembno, da se oblikujejo strategije za dostop delavcev do hladne vode tekom dneva. Kot tretja pa je zelo pomembna predstavitev najzahtevnejših delovnih nalog v najbolj hladni čas dneva.

Ob pripravi načrta ukrepanja v vročini morajo biti ukrepi (Morris in sod., 2020), izbrani za blaženje vročinskega stresa, učinkoviti pri ohranjanju toplotnega udobja delavcev in hkrati stroškovno učinkoviti ter izvedljivi glede na delovno okolje. Zaradi različnih pogojev na delovnem mestu, starostne strukture zaposlenih, geografskega območja ipd. akcijski načrti različnih podjetij ne morejo biti enaki med seboj. Kljub temu pa je splošen razmislek za vse akcijske načrte podoben, in sicer je potrebno:

1. Identificirati okoljske dejavnike na delovnem mestu, ki povečujejo vročinski stres pri delu in razmisliti, kako jih je mogoče omiliti.
2. Opredeliti možne spremembe/izboljšave delovne uniforme ali osebne zaščitne opreme na način, da je izguba toplote in vlage pri delu olajšana.
3. Opredeliti možne načine izboljšave urnika dela, ki bi minimizirali toplotno obremenitev delavcev.
4. Izdelati strategije za vzdrževanje optimalnega stanja hidriranosti delavcev.
5. Optimizirati čas regeneracije delavcev, tako na delovnem mestu kot doma.
6. Uporabljati napredne vremenske opozorilne platforme za opozarjanje delodajalcev in delavcev pred obdobji zelo vročega vremena.
7. Prepoznavati ranljive skupine delavcev, pri katerih je lahko tveganje za z vročino izzvane bolezni višje.
8. Prepoznavati znake in simptome vročinskega stresa.
9. Izdelati načrt za nujne primere z vročino izzvane bolezni.
10. Iz zgoraj navedenega ustvariti poseben akcijski načrt ukrepanja v vročini in zagotoviti, da je vsa oprema za izvajanje načrta na mestu in pripravljena za uporabo ter da so vsi zaposleni seznanjeni z načrtom.

Predlagamo, da ob pripravi načrta ukrepanja v vročini kmet, kmetijski svetovalec ali vodja pregleda, kaj vse bi lahko bilo uporabno zanj (Preglednica 1).

Preglednica 1: Nabor elementov, ki jih glede na možnosti in potrebe vključimo v načrt ukrepanja v vročini

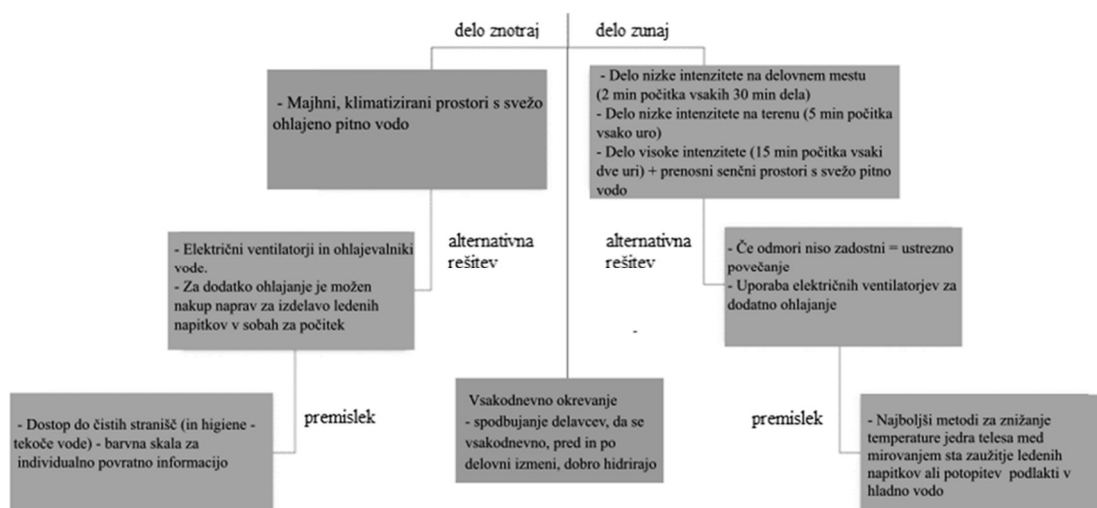
Pripravite se pred začetkom vročine
Imejte pripravljen načrt ukrepov pred poletjem
Prepričajte se, da zaposleni poznajo ukrepe
Organizirajte 'sistem prijatelja' (angl. buddy system)*
Vso potrebno opremo imejte na zalogi/pripravljeno pred poletjem
Ocenite tveganje
Zavedajte se, da vročina lahko pomeni tveganje za vsakogar, še posebej pa za:
Starejše zaposlene
Zaposlene z visoko fizično obremenitvijo
Zaposlene blizu dodatnih virov toplote
Zaposlene s kroničnimi boleznimi
Novo zaposlene
Zavedajte se, od kje izvira vročina:
Temperatura
Vlažnost
Sevalni viri
Mirovanje zraka (premalo vetra/gibanja zraka)
Spremljajte vremensko napoved
Uporaba personaliziranih opozorilnih platform
Lokalna napoved
Načrtujte odmore
Če v vročini ne boste dodali odmorov, bodo zaposleni upočasnili delo ali si vzeli nenačrtovane odmore. Zato ukrepajte:
2 min odmor za pitje vsakih 30 min
5 min odmor vsako uro
Daljši odmori pri zahtevnejšem delu (zaradi razmer ali narave dela)
Spremenite delovni urnik (če je mogoče)
Začnite delo 1-2 uri prej
Prerazporedite delo, tako da se fizično zahtevnejše naloge opravijo zjutraj
Pazite na hidracijo
Dehidracija zmanjšuje storilnost zaposlenih ter kratko- in dolgotrajno vpliva na njihovo zdravje. Zato ukrepajte:
Poskrbite, da je voda vedno v bližini
Hidracija je primerna, ko je barva urina svetlo rumena ali prozorna
Zagotovite, da je stranišč dovolj in so čista, da se ne bi zaposleni iz takšnih razlogov izogibali pitju
Posebno za zaposlene, ki delajo zunaj (npr. na polju):
Zagotovite opremo, da lahko zaposleni nosijo vodo s seboj (npr. posebni pasovi ali nahrbtniki)
Pripravite točke, kamor lahko pridejo zaposleni in pijejo (npr. vrči mrzle vode v senci) in zagotovite čas za uporabo stranišč
Ustvarite hladilne postaje
Za izboljšanje učinkovitosti odmorov uredite hladilne postaje na katerega izmed spodnjih načinov:
Sveža hladna voda ves čas na razpolago
Ventilatorji, če ni možnosti klimatske naprave
Notranja majhna hlajena soba
Zasenčeni šotori/senčniki
Možnosti hlajenja
Voda z zdrobljenim ledom
Večja korita z mrzlo vodo za potopitev rok

Hladilni jopiči
Ledene brisače
Dodatna ventilacija
Izboljšajte oblačila
Notranje okolje:
V zaščitna oblačila dodajte prezračevanje (mrežice/ventilator ipd.), spremenite material
Zunanje okolje:
Dolga, ohlapna, svetla, lahkotna oblačila, ki dihanje, in pokrivalo
Znaki/simptomi z vročino izzvane bolezni
Prenehanje potenja, bledost, mišični krči, utrujenost, šibkost, vrtoglavica, glavobol, zmedenost, slabost ali bruhanje, omedlevica, hladna in vlažna koža (kasneje rdeča, suha, vroča), hiter in šibek utrip, hitro in plitvo dihanje
Ukrepanje
V primeru, da zaposleni kaže zgornje znake:
1. Premaknite ga na hladno ali vsaj v senco
2. Naj sedi/leži in počiva
3. Pije naj veliko hladne vode
4. S hladno vodo mu hladite kožo

* sistem prijatelja pomeni, da zaposlene razdelimo v pare/trojice, v katerih so pozorni drug na drugega

Po pregledu osnovnega seznama elementov je potrebno ukrepe natančneje opredeliti, pri tem pa sledimo drevesu odločanja za posamezno področje. Prikazujemo primer (Slika 2) različnih možnosti pri organizaciji odmorov (počitka) in okrevanja (s hidracijo), pri čemer je pomembno ali delo poteka zunaj ali znotraj ter kakšne so ostale možnosti.

Zaradi raznolikosti narave dela je nujno preučiti posamezne primere ločeno in specifikam primerno zastaviti prilagojen načrt ukrepanja v vročini. V našem primeru se je glede na odziv izkazalo, da preglednice in drevesa odločanja izredno olajšajo načrtovanje, tako časovno kot tudi miselno. Raziskava ni reprezentativna za stanje v kmetijstvu, ker je zajemala le majhno število sodelujočih iz dveh podjetij, temveč služi kot primer, kako pridobimo osnovne informacije o vplivih vročinskega stresa, na podlagi katerih se oblikuje načrt ukrepanja.



Slika 2: Shema za pripravo primernih ukrepov blaženja vročinskega stresa – odmori na hladnem

4 SKLEPI

Vročinski stres na delovnem mestu ni več le izziv tropskih in subtropskih podnebnih pasov, temveč se pod vplivom podnebnih sprememb poleti hitro seli v zmerne geografske širine. Slovenija tu ni izjema, poleti temperature izrazito naraščajo, pri tem so projekcije do konca stoletja enotne. Negativni vplivi vročinskega stresa se pri delu v kmetijstvu že sedaj tekom poletja redno kažejo, pričakujemo poslabšanje. Stanje v obravnavanih dveh kmetijskih podjetjih je na podlagi odgovorov delavcev že sedaj takšno, da podjetje potrebuje načrt ukrepanja v vročini in dejansko izvajanje pred poletjem pripravljenih ukrepov, če želi ohraniti zdravje in storilnost delavcev. Pri tem so v veliko pomoč pripravljene preglednice in drevesa odločanja, ki obravnavajo velik del možnih situacij. Delo projekta se bo nadaljevalo v smer priprave realnih načrtov ukrepanja v vročini za posamezna podjetja, ki bodo lahko služili kot primer dobre prakse ostalim.

Zahvala. Raziskava je bila delno finančno podprta s strani okvirnega programa EU za razvoj in inovacije Obzorje 2020 s pogodbo št. 668786.

5 LITERATURA

- Bertalanich, R., Dolinar, M., Draksler, A., Honzak, L., Kobold, M., Kozjek, K., Lokošek, N., Medved, A., Vertačnik, G., Vlahović Ž., Žust, A. 2018. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja: sintezno poročilo, Ljubljana
- Casanueva, A., Kotlarski, S., Fischer, A.M., Flouris, A.D., Kjellstrom, T., Lemke, B., Nybo, L., Schwierz, C., Liniger, M.A. 2020. Escalating environmental summer heat exposure—a future threat for the European workforce. *Reg. Environ. Change*, 20: 1–14
- Heat-Shield, 2017. Spletna stran projekta, dostopna na: <https://www.heat-shield.eu>.
- Heat-Shield, 2018. Spletna platforma projekta, dostopna na: <https://heatshield.zonalab.it>.
- Ioannou, L.G., Tsoutsoubi, L., Samoutis, G., Kajfež Bogataj, L., Kenny, G.P., Nybo, L., Kjellstrom, T., Flouris, A.D. 2017. Time-motion analysis as a novel approach for evaluating the impact of environmental heat exposure on labor loss in agriculture workers. *Temperature*, 4(3): 330-340
- Kenny, G.P., Wilson, T.E., Flouris, A.D., Fujii, N. 2018. Heat exhaustion. *Handb Clin Neurol*, 157: 505
- Kjellstrom, T., Holmer, I., Lemke, B. 2009. Workplace heat stress, health and productivity—An increasing challenge for low and middle income countries during climate change. *Glob Health Act*, 2
- Morris, N.B., Jay, O., Flouris, A.D., Casanueva, A., Gao, C., Foster, J., Havenith, G., Nybo, L. 2020. Sustainable solutions to mitigate occupational heat strain—an umbrella review of physiological effects and global health perspectives. *Environ Health*, 19: 95
- Perčič, S., Kuček, A., Cegnar, T., Hojs, A. 2018. Association between number of deaths and heat waves in Slovenia, 2015 vs. 2003. *Eur. J. Public Health*, 28: 392
- Piil, J.F., Lundbye-Jensen, J., Christiansen, L., Ioannou, L., Tsoutsoubi, L., Dallas, C.N., Mantzios, K., Flouris, A.D., Nybo, L. 2018. High prevalence of hypohydration in occupations with heat stress—Perspectives for performance in combined cognitive and motor tasks. *PLoS ONE*, 13: e0205321
- Pogačar, T., Črepinšek, Z., Kajfež Bogataj, L., Nybo, L. 2017. Comprehension of climatic and occupational heat stress amongst agricultural advisers and workers in Slovenia. *Acta Agriculturae Slovenica*, 109(3): 545-554
- Pogačar, T., Kajfež Bogataj, L., Črepinšek, Z. 2018. Obravnava vročinskih valov in primer toplotne obremenitve delavcev v kmetijstvu v času vročinskih valov 2017. *Acta agriculturae Slovenica*, 111(3): 647
- Staal Wästerlund, D. 2018. Managing heat in agricultural work: increasing worker safety and productivity by controlling heat exposure. *Forestry Working Paper No. 1*. Rome, FAO: 53 str.

Kakovost talne vode v vrtnarski pridelavi na območju plitvih vodonosnikov JV Slovenije

Vesna ZUPANC¹⁰⁸, Miha CURK¹⁰⁹, Damijana KASTELEC¹¹⁰, Janko URBANC¹¹¹, Sonja CERAR¹¹², Matjaž GLAVAN¹¹³ in Marina PINTAR¹¹⁴

Izvleček

Ohranjanje dobre kakovosti podzemne vode je potrebno za zagotavljanje varne oskrbe s pitno vodo. Na kakovost podzemne vode vpliva več dejavnikov, kot so mineralogija vodonosnika, kemijska sestava padavin ter površinskih voda, podnebje, topografija ter antropogeni vplivi. Med slednjimi je močna povezava med podzemno vodo ter človekovo rabo tal. Vodonosniki, pri katerih se gladina podzemne vode nahaja blizu površine, so posebno ranljivi na vnos za onesnaženje zaradi kmetijstva in tudi drugih virov. Preverili smo koncentracijo nitrata v talni vodi, vzorčeno s keramičnimi svečkami in lizimetrom, pod njivo s čilijem in papriko ter koruzo. Na vseh treh poskusnih parcelah na polju s čilijem in papriko je opazno zmanjšanje koncentracije nitrata na koncu sezone. Na poskusnem polju s koruzo je bila koncentracija nitrata v izcedni vodi najvišja po koncu sezone. Možnosti za zmanjšanje spiranja nitrata so predvsem v izboljšani tehnologiji namakanja in dodajanju hranil v obrokih.

Ključne besede: kakovost podzemne vode, kakovost talne vode, nitrat, plitvi vodonosnik

Soil water quality in vegetable production under shallow aquifers of SE Slovenia

Abstract

Preservation of good groundwater quality is necessary for the safety of drinking water supply. Variations in water composition are essentially the result of a combination of both anthropogenic and natural contributions. The quality of groundwater is influenced by many factors, including the mineralogy of aquifers, the chemical composition of rainfall and surface water, climate, topography, and anthropogenic factors. Groundwater quality is intricately connected with the surface land use and is vulnerable to the effects of anthropogenic activities on the land surface. Shallow aquifers are particularly vulnerable to pollution from agriculture and other sources. We evaluated nitrate concentration in soil water, sampled with suction cups and lysimeter, under field with chili and peppers and under corn. All three experimental plots under chili and pepper field showed nitrate concentration decrease at the end of the season. On the other hand, nitrate concentration in corn field increased by the end of the season. Possibilities for reducing nitrate pollution are in improved irrigation technologies and fertilization supply in ratios.

Key words: groundwater quality, soil water quality, nitrate, shallow aquifer

1 UVOD

Ohranjanje dobre kakovosti podzemne vode, je potrebno za zagotavljanje varne oskrbe s pitno vodo. Na kakovost podzemne vode vpliva več dejavnikov, kot so mineralogija vodonosnika, kemijska sestava padavin ter površinskih voda, podnebje, topografija ter antropogeni vplivi (Curk in sod., 2020). Med slednjimi je močna povezava med podzemno vodo ter človekovo rabo tal. Vodonosniki, pri katerih se gladina podzemne vode nahaja blizu površine, so posebno ranljivi na onesnaženje zaradi kmetijstva in tudi drugih virov (Burkart in

¹⁰⁸ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si

¹⁰⁹ Mag. inž. hort., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: miha.curk@bf.uni-lj.si

¹¹⁰ Izr. prof. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: damijana.kastelec@bf.uni-lj.si

¹¹¹ Dr., Geološki zavod Slovenije, e-pošta: janko.urbanc@GEO-ZS.SI

¹¹² Dr., Geološki zavod Slovenije, e-pošta: sonja.cerar@GEO-ZS.SI

¹¹³ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: matjaz.glavan@bf.uni-lj.si

¹¹⁴ Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

sod., 2008). Z ustreznimi tehnologijami lahko onesnaževanje, do katerega pride zaradi kmetijske rastlinske pridelave, zmanjšamo (Zupanc in sod., 2011). Proces, ki se odvijajo na vrhnjem sloju tal ter v nenasičeni in nasičeni coni vodonosnika, so med seboj odvisni in prepleteni. Uporaba velikih količin gnoj sicer lahko izboljša rodovitnost tal, a mineralizacija organskega N čez celo sezono lahko jeseni in pozimi poveča izpiranje NO_3^- . Zaradi kompleksnosti problema je za rešitev potrebna integracija varstva okolja in kmetijstva (Volk s sod., 2009) ob upoštevanju izhodišč za doseg dobrega kakovostnega stanja vodnih teles, skladnih s sprejeto vodno direktivo (WFD), ki določa pripravo načrtov upravljanja voda (NUV). Vnos nitratne oblike dušika v podzemne vode je lahko preko kmetijskih površin preko nanosa mineralnih in organskih gnojil, (Minet s sod., 2017), ali iz urbanih virov, kot so komunalna odlagališča ter neustrezne komunalne ureditve (Lapworth in sod., 2017; Wang in sod., 2017).

Podzemno vodno telo Krškega polja je glavni vir pitne vode za prebivalstvo na območju raziskovanja. Še posebno v njegovem jugozahodnem delu so vsebnosti nitrata v podzemni vodi nad 50 mg/l (Poročilo podzemne vode, 2014), kar ga uvršča med tista s slabim stanjem (Načrt upravljanja voda 2016-2021, 2016) in posledica je zaprto lokalno črpališče pitne vode Drnovo (Kostak, 2014).

Povečana vsebnost nitrata v podzemni vodi je večinoma posledica uporabe mineralnih in živinskih gnojil. Na izpiranje dušika iz razpršenih virov običajno vplivajo prekomerna uporaba gnojil, neugodne vremenske razmere, neprimeren kolobar in neuporaba podorin oz. posevkov lovilcev dušika. Na obravnavanem območju največjo obremenitev okolja z nitrati predstavlja nestrokovna uporaba gnojevke (INFRA d.o.o. in HESS d.o.o., 2013), ki je v veliki meri posledica prisotnosti prašičerejske farme (Petersen in Mihelič, 2007) v Pristavi na Krškem polju.

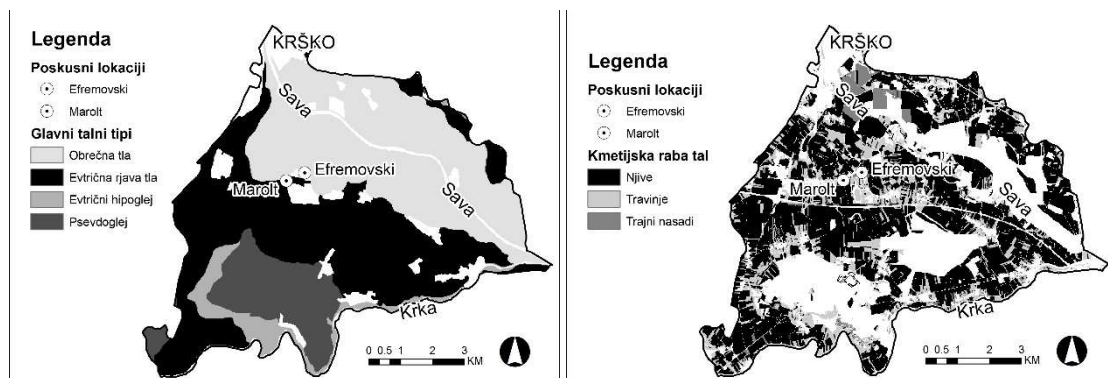
Prisotnost vode v tleh je za kmetijsko pridelavo ključnega pomena, saj lahko zaradi sušnega stresa pride do slabše kakovosti ali celo izpada pridelka, v trajnih nasadih pa do odmrtnosti rastlin. Bolj skrit učinek nezadostne oskrbe z vodo je nezmožnost koriščenja hranil v tleh in posledično spiranje mobilnih oblik dušika v podzemno vodo kasneje, ko spet pride do padavin in pronicanja vode skozi tla. Voda vstopa v tla v glavnem na dva načina – kot infiltracija padavin ali pa kot dvig talne vode. V obeh primerih vstopajo vodne molekule v tla skozi prostore med talnimi delci, ki so različnih oblik in velikosti, odvisno od teksture tal, agrotehničnih ukrepov in različnih drugih vplivov. V prispevku predstavljamo meritve koncentracije nitrata v talni vodi, ki je bila vzorčena na območju Krškega polja na njivski površini z vrtnarsko pridelavo (pridelava čilija in paprike) ter na njivski površini s koruzo. Pri vrtnarski pridelavi smo preverili vpliv deficitnega namakanja.

2 MATERIALI IN METODE

Poskus je bil postavljen na območju vasi Brege na Krškem polju v letu 2018 na obrečnih rjavih tleh, na njivah, kjer poteka pridelava plodovk – paprike in čilija (slika 1; Curk in sod., 2020) ter poljedelski pridelavi.

Za ugotavljanje koncentracije nitrata v talni vodi pod poljem s čilijem in papriko smo v tla namestili keramične vzorčevalnike, ki delujejo pod tlakom in so preprosta, neposredna metoda vzorčenja gravitacijsko odcedne talne vode (Singh in sod., 2017). Namestili smo jih na globino 30 cm in 60 cm, omogočili dober stik med tlemi in keramično kapico, preko katerega se vzpostavi srk vode v vzorčevalnik (Curley et al., 2010) ter vzpostavili podtlak 0,5 bar. Talno vodo smo vzorčevali na treh poskusnih ploskvah, kmetova praksa – polno namakanje, zapleveljeno, kmetova praksa – polno namakanje, ne zapleveljeno ter deficitno namakanje

(50% kmetove prakse), zapleveljeno. Na njivi s poljedelsko pridelavo (kolobar koruza – pšenica) smo na globino 100 cm namestili škatlaste lizimetre. Frekvenca vzorčevanja je bila na dva tedna, vendar ob vzorčenjih talne vode v svečkah oziroma v lizimetrih ob določenih datumih ni bilo. V letu poskusa je na njivi rastla koruza. Za potrebe naše raziskave so analizo talne vode opravili laboratoriju Kostak d.o.o., Krško.



Slika 1: Tip in raba tal ter lokacija njiv v Bregah, na kateri je potekala pridelava paprike (Brege E) ter poljedelska raba (Brege SW).

Preverili smo meteorološke podatke in vodno bilanco. Slednjo smo izračunali kot razliko med pritoki (t. j. mesečnimi padavinami) in izgubo vode z rastlinskega pokrova, mesečno referenčno evapotranspiracijo (izračunana po Penman Monteith metodi, ARSO, 2020) na območju posavske regije za leto 2018.



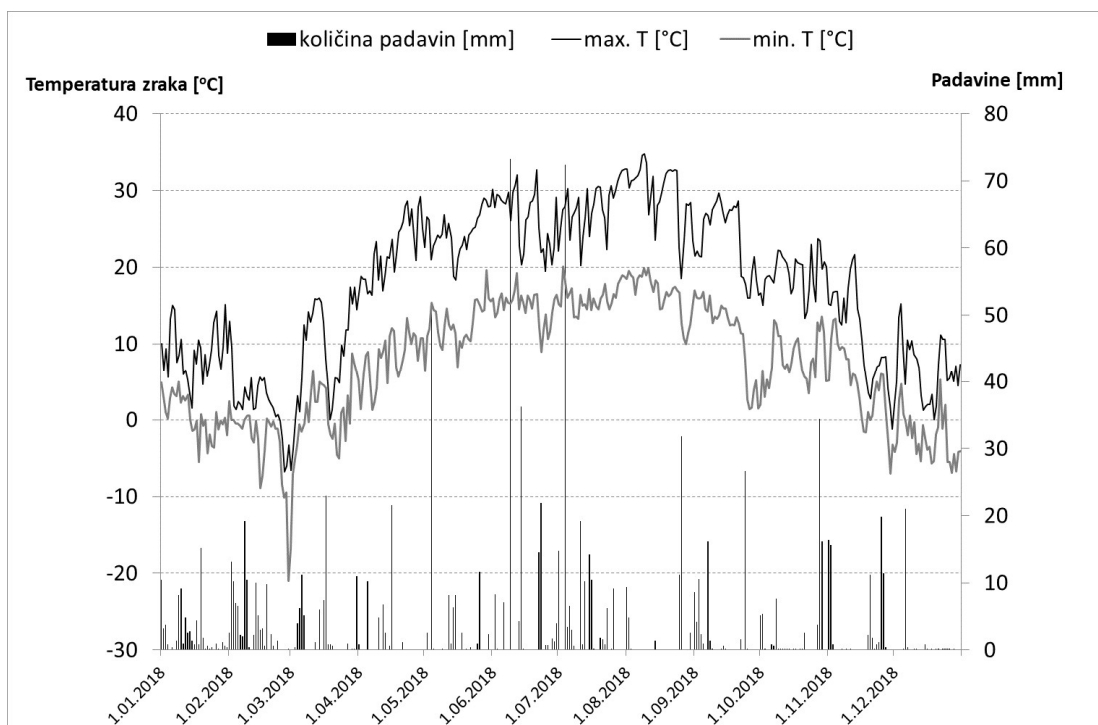
Slika 2: Njiva v Bregah SW (zgoraj), kjer je potekala pridelava koruze, ter Bregah E (spodaj), na kateri je potekala pridelava paprike.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Vodne razmere v času poskusa

Na letni ravni je bilo v letu 2018 na meteorološki postaji Crklje pri Krki (zračna razdalja ca 1 km) izmerjenih 1057,5 mm padavin, referenčna evapotranspiracija je bila 848,4 mm. V letu 2018 je bilo 32 dni s temperaturo zraka višjo kot 30°C (ARSO, 2020).

V obravnavanem letu so bili po podatkih meteorološke postaje letališče Cerklje pri Krki, ARSO, v rastni dobi rastlin meseci z negativno vodno bilanco spomladanska april in maj, nato avgust (−85,1 mm), ter tudi oktober (−27,7 mm). V zimskem obdobju je v novembru 2018 zapadlo 95,3 mm padavin.



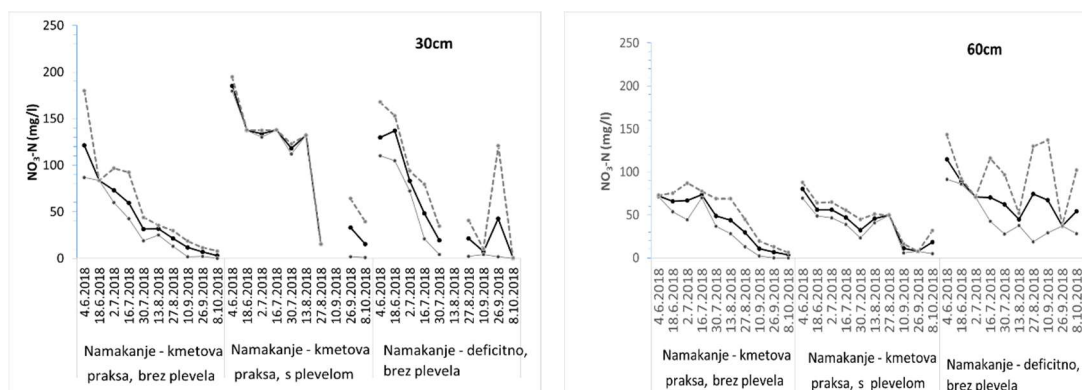
Slika 3: Maksimalna in minimalna temperatura zraka in padavine za leto 2018 za letališče Cerklje ob Krki

3.2 Koncentracija nitrata v talni vodi

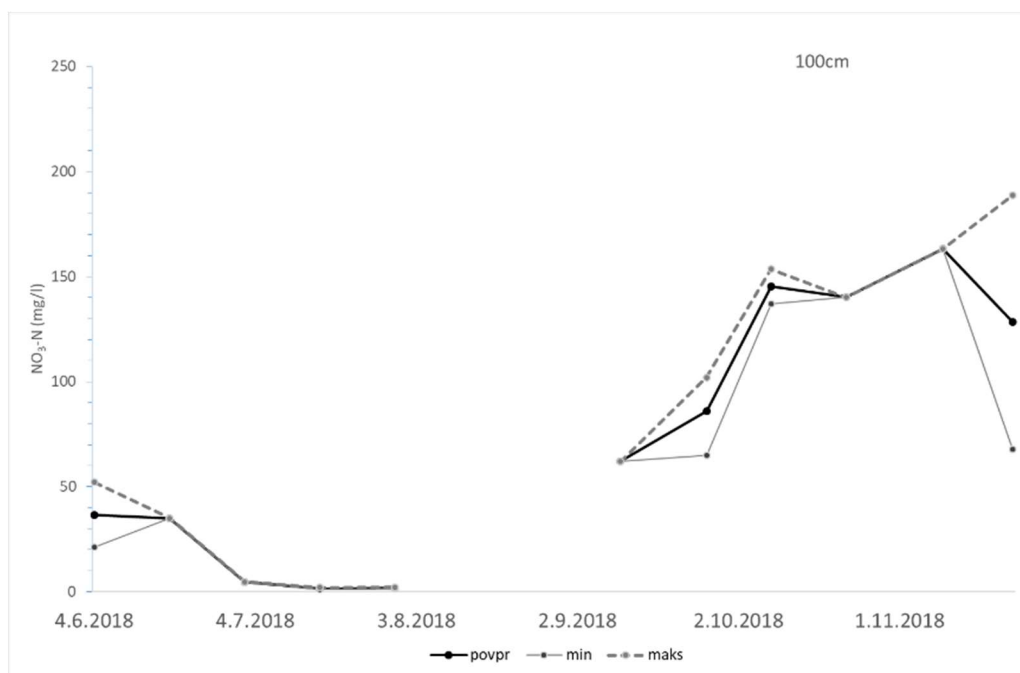
Na sliki 4 so prikazane povprečne ter maksimalne in minimalne koncentracije nitrata v talni vodi. V letu 2018 je bila koncentracija nitrata v talni vodi na globini 30 cm najvišja na začetku sezone (med 84 in 200 mg/l) in je nato padla pod 10 mg/l proti koncu vegetacijske dobe. Na globini 60 cm je bila nekoliko nižja koncentracija (med 80 in 130 mg/l, slika 1), a je bila dinamika koncentracije primerljiva (upadanje poti koncu sezone). Tehnologija namakanja oziroma zapleveljenost na koncentracijo nitrata v talni vodi nista imeli bistvenega vpliva.

Na sliki 5 je prikazana koncentracija nitrata v talni vodi, ki je bila vzorčena na poskusnem polju s koruzo. V mesecu avgustu v svečkah ni bilo vzorca, v mesecu juliju pa je bila voda le v eni od treh nameščenih keramičnih svečk. Rezultati kažejo, da je bila pod njivo, posejano s koruzo,

koncentracija nitrata v izcedni vodi najvišja po koncu sezone. V primerjavi z rezultati koncentracije nitrata v vodi pri pridelavi čilijev in paprike, kjer je ta padala proti koncu sezone, se je v talni vodi pod poljem koruske koncentracija nitrata povečala.



Slika 4: Koncentracija nitrata v vodi vzorčeni s keramičnimi svečkami na njivi s papriko in čilijem na 30 cm (levo) in 60 cm (desno) na Krškem polju v letu 2018.



Slika 5: Koncentracija nitrata v lizimetru na njivi s korusko na 100 cm na Krškem polju v letu 2018.

4 SKLEPI

Možnosti za zmanjšanje spiranja nitrata na Krškem polju so predvsem v izboljšani tehnologiji namakanja in dodajanju hranil v obrokih. Na vseh treh poskusnih poljih s čilijem in papriko je

opazno zmanjšanje koncentracije nitrata na koncu sezone. Na poskusnem polju s koruzo je bila koncentracija nitrata v izcedni vodi najvišja po koncu sezone.

Zahvala. Raziskava je potekala v sklopu ARRS projekta URAVIVO L4-8221 Učinkovitejša raba vode in hranil v rastlinski pridelavi za varovanje in izboljšanje virov pitne vode.

5 LITERATURA

- Agencija Republike Slovenije za Okolje ARSO, 2020, arhiv meritev, www.meteo.si, dostopano 12.12.2020
- Burkart, M. R., Stoner, J. D. 2008. Nitrogen in groundwater associated with agricultural systems. In: Hatfield, J. L., Follett, R. F. (Eds.), *Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management*, second edition. Elsevier, pp. 177–202.
- Curk, M., Glavan, M. & Pintar, M. 2020. Analysis of Nitrate Pollution Pathways on a Vulnerable Agricultural Plain in Slovenia: Taking the Local Approach to Balance Ecosystem Services of Food and Water. *Water*, 12(3), 707; <https://doi.org/10.3390/w12030707>
- Curley, E.M., O'Flynn, M.G., & McDonnell, K.P. 2010. Porous Ceramic Cups: Preparation and Installation of Samplers for Measuring Nitrate Leaching. *International Journal of Soil Science*, 5: 19–25. DOI: 10.3923/ijss.2010.19.25
- INFRA d.o.o., HESS d.o.o., 2013. Program izvedbe objektov vodne, državne in lokalne infrastrukture ter objektov vodne in energetske infrastrukture v nedeljivem razmerju za HE Brežice, p. 100.
- Kostak, 2014. Povišane koncentracije nitratov v pitni vodi Krškega polja. *Posavski obzornik*, 13 (18), 11.
- Lapworth, D.J., Krishan, G., MacDonald, A.M., Rao, M.S., 2017. Groundwater quality in the alluvial aquifer system of Northwest India: new evidence of the extent of anthropogenic and geogenic contamination. *Sci. Total Environ.* 599, 1433e1444.
- Minet, E.P., Goodhue, R., Meier-Augenstein, W., Kalin, R.M., Fenton, O., Richards, K.G. & Coxon, C.E., 2017. Combining stable isotopes with contamination indicators: a method for improved investigation of nitrate sources and dynamics in aquifers with mixed nitrogen inputs. *Water Res.* 124, 85e96. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.041>.
- Petersen, S. O., Mihelič, R. 2007. Recycling of livestock manure in whole-farm perspective. *Livest. sci.*, 112, 3, 180-191
- Serianz, L., Cerar, S. & Šraj, M. Hydrogeochemical characterization and determination of natural background levels (NBL) in groundwater within the main lithological units in Slovenia. *Environ Earth Sci* 79, 373 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12665-020-09112-1>
- Wang, S., Zheng, W., Currell, M., Yang, Y., Zhao, H., Lv, M., 2017. Relationship between land-use and sources and fate of nitrate in groundwater in a typical recharge area of the North China plain. *Sci. Total Environ.* 609, 607e620.
- Volk, M., Liersch, S., Schmidt, G. 2009. Towards the implementation of the European Water Framework Directive? Lessons learned from water quality simulations in an agricultural watershed. *Land Use Policy*, 26 (3), 580-588.
- Zupanc, V., Burnik-Šturm, M., Lojen, S., Kacjan-Maršič, N., Adu-Gyamfi J., Bračič-Železnik B., Urbanc J. & Pintar M. 2011. Nitrate leaching under vegetable field above a shallow aquifer in Slovenia. *Agric., ecosys. & environ.*, 144, 1, 167-174, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.08.014>.

Prekomerna vsebnost kadmija v nekaterih vrtninah

Eva PANČUR¹¹⁵ in Marko ZUPAN¹¹⁶

Izvleček

Kadmij je rastlinam nepotreben, vendar dobro dostopen element. Njegova mobilnost in dostopnost rastlinam je večja v kislih tleh. S prenosom v prehranjevalno verigo lahko ogroža zdravje ljudi. Za različne rastlinske vrste je različno dostopen. V vegetacijskem letu 2019 smo ugotavljali privzem kadmija v 10 užitnih delov vrtnin. Meritve smo izvedli na kmetijskem gospodarstvu, kjer se ukvarjajo z integrirano tržno pridelavo vrtnin. Njiva, na kateri smo izvajali meritve, ni bila onesnažena s kadmijem ($Cd < 0,5$ mg/kg), vendar so bila tla zelo kislila ($pH = 4,8$), zato so že uporabili sredstva za apnjenje, zadnjič marca 2019. Namen meritev vsebnosti kadmija v užitnih delih vrtnin je bil ugotoviti, kako apnjenje tal vpliva na privzem kadmija v različne vrtnine. Zanimalo nas, je kako se vsebnost kadmija razlikuje v enakih vrtninah na apnjenih in kontrolnih tleh, kjer sredstva za apnjenje niso dodali in katere vrtnine lahko pridelujejo brez apnjenja tal. Spomladi, pred setvijo/sajenjem in jeseni, po rastni dobi vrtnin smo odvzeli vzorce tal; vzorce vrtnin smo za vsako vrsto odvzeli v njihovi tehnološki zrelosti. Ugotovili smo, da je bila vsebnost kadmija pri vrtninah, ki so rasle v apnjenih tleh večja kot na kontrolnih tleh, nekatere vrtnine so celo presegle normativne koncentracije kadmija v živilih.

Ključne besede: apnjenje, kadmij, kislila tla, biodostopnost, poljski poskus

Excessive cadmium concentration in selected vegetables

Abstract

Cadmium is not essential for plant growth, but highly available for uptake. Its mobility and availability for plants is higher in acidic soil. Transfer into food chain endangers human health. Its availability varies also among different plant species. In 2019, the uptake of cadmium was determined in 10 edible parts of vegetables grown on a farm with integrated agricultural production. The field where the measurements were conducted was not polluted by cadmium ($Cd < 0,5$ mg/kg), but it had a high acidity ($pH = 4,8$), that is way it had already been limed several times by the owner, last in March 2019. The aim of this research was to determine how soil liming affects the cadmium uptake into various vegetables. We were interested in how cadmium concentration differs in the same vegetables on limed and control soils, and which vegetables can be grown without soil liming. The samples of control and limed soil were taken in the spring before sowing/planting, and in the autumn after the growing season, and the samples of edible parts of vegetables were taken at the time of their maturity. We have determined that Cd concentration in vegetables growing in limed soil was higher than in the control group. Some even exceeded normative values of Cd in foodstuff.

Key words: liming, cadmium, acid soil, bioavailability, field experiment

1 UVOD

Kadmij je element katerega naravno ozadje v tleh je zelo majhno, manj kot 0,5 mg/kg tal (Gosar in sod., 2019). Vendar je dobro topen in dobro dostopen rastlinam, zato občasno pride do prekomernih vsebnosti kadmija tudi v kmetijskih rastlinah. Njegova mobilnost in dostopnost rastlinam je večja v kislih tleh. Različne rastline ga različno sprejemajo, prav tako je različna tudi razporeditev v rastlinskih organih; rastline ga veliko akumulirajo v koreninah oziroma korenih vrtnin, na primer korenju. Radič in endivija (rod *Cichorium*) sta vrtnini, ki zelo dobro

¹¹⁵ Mag. inž. agr., e-pošta: evapancur.94@gmail.com

¹¹⁶ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: marko.zupan@bf.uni-lj.si

privzemata kadmij iz tal in ga akumulirata v zelenih delih. Kadmij je rastlinam nepotreben element (ni mikrohranilo), hkrati pa je uvrščen na seznam kancerogenih snovi.

V prispevku predstavljamo vsebnost kadmija v vrtninah pridelanih na njivi z vsebnostjo kadmija, ki je manjša od naravnega ozadja. Kljub temu je vsebnost kadmija v nekaterih vrtninah (radič, korenje) presegla mejno vrednost za živila (0,10 mg/kg sv.m. za korenovke in 0,20 mg/kg sv.m. za listnato zelenjavo) (Uredba komisije (EU) 488, 2014). Iz tega razloga je kmetijska inšpekcija prepovedala prodajo radiča in korenja na tržnici, čeprav vsebnost Cd v teh tleh ni bila povečana ($< 0,5$ mg/kg). Razlog za povečane koncentracije je v veliki biodostopnosti kadmija v kisljih tleh (pH=4,8) in gojenje rastlin, ki dobro akumulirajo kadmij v užitne dele.

Apnjenje je agrotehnični ukrep, kjer z dodajanjem različnih oblik apnenca oziroma apna vplivamo na kislost tal. Na kmetijskem gospodarstvu so v preteklosti že uporabili sredstva za apnjenje tal, na njivi kjer je bila prekomerna vsebnost Cd v radiču in korenju, so mleti apnenec zadnjič uporabili marca 2019. Zanimalo nas je, kako se bo vsebnost kadmija razlikovala v vrtninah gojenih na/v tleh, kjer smo dodali apnenec (apnjeno), v primerjavi z njivsko površino, kjer sredstvo za apnjenje ni bilo uporabljeno (kontrola), saj manjši del njive niso tretirali. Želeli smo ugotoviti, katera vrtnina je najbolj varna za pridelavo na kisljih tleh, kjer smo izvajali poskus in koliko se poveča nabor vrtnin, ki jih lahko gojimo brez tveganja prekomernega privzema Cd iz neonesnaženih tal po uporabi sredstva za apnjenje. Z nasveti in ugotovitvami želimo pomagati lastniku, ki nam je odstopil zemljišče za izvedbo meritev in tudi drugim pridelovalcem vrtnin na kisljih neonesnaženih tleh, da bodo brez tveganja o prekomerni vsebnosti Cd pridelali kakovostne in zdrave vrtnine.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Meritve vsebnosti Cd v izbranih vrtninah smo izvedli na kmetiji v občini Šmarje pri Jelšah. Na območju kmetije so glede na podatke pedološke karte distrična rjava tla na miocenskih peskih za katera je značilna kislja do zelo kislja reakcija, kot posledica naravnih procesov nastanka tal (TIS/ICPVO, 2020). Na njivi, kjer smo izvedli poskus, so bili vzorci tal zadnjič odvzeti v letu 2018, vendar le na vzhodnem delu njive. Analiza je pokazala, da so tla zelo kislja (pH 4,8), zaradi česar je bil predlagan ukrep apnjenje tal (Analitski ..., 2018). Lastniki so uporabili sredstvo za apnjenje tal Kalcevita, apnjenje so izvedli 18.3.2019 v odmerku 3 kg/m^2 . Na manjšem delu njive, na južnem robu ob ograji, sredstva za apnjenje niso dodali. Njiva je bila nato obdelana s krožno brano. Kontrolno območje, kjer niso uporabili sredstva za apnjenje je bilo zelo majhno, cca $5 \times 6 \text{ m}$. Tam smo zakoličili poskusni parceli za dve obravnavanji: K: kontrolna lokacija – prvotno zemljišče, brez apnjenja in A: dodatek mlettega apnenca (18. 3. 2019). Velikost posamezne poskusne parcele je bila 16 m^2 ($4 \times 4 \text{ m}$), naredili smo tudi zaščitni pas med obema parcelama. Vsako poskusno parcelo smo razdelili na tri poljine za tri ponovitve (A1, A2, A3 in K1, K2, K3). Na poljine smo naključno razporedili izbrane vrtnine. Rastline smo izbrali na osnovi priporočil iz analiznega izvida (Analitski ..., 2018), kjer smo upoštevali različno dovzetnost vrtnin za sprejem Cd v užitne dele. Gojili smo 9 vrst vrtnin; solato, radič, zelje, korenje, peteršilj, por, krompir, feferone in fižol. V obeh obravnavanjih je bila vsaka vrtnina gojena v 3 ponovitvah, ločeno na 3 poljinah. Lastniki so v predpisanih rokih posejali oz. posadili vrtnine in tudi skrbeli za posevek. Med apnjenim in kontrolnim delom polja so bile posajene bučke, kot pregradni posevek.

Pred setvijo/sajenjem smo s sondiranjem z žlebasto sondo odvzeli vzorce kontrolnih in apnjenih tal. Način in globino vzorčenja smo prilagodili izvedenim ukrepom (apnjenje in obdelava ornice s krožno brano). Prvo vzorčenje smo izvedli v globini 0–15 cm (obdelava s krožno brano) z namenom ugotoviti homogenost porazdelitve sredstva za apnjenje. Odvzeli smo

združene vzorce iz 10 sond na vsaki poljini, torej 3 združeni površinski vzorci na obravnavanje oziroma skupno šest vzorcev obdelovanega sloja tal (A1, A2, A3 in K1, K2, K3). Preverili smo tudi vertikalno porazdelitev dodanega apnenca in lastnosti tal, zato smo odvzeli združene vzorce v štirih globinah: 0–10, 10–20, 20–30 in 30–40 cm. Takšno vzorčenje je bilo izvedeno tudi na koncu poskusa, ko smo s poskusnega polja vzeli zadnje vzorce vrtnin. Vzorce tal smo sušili v ventilatorskem sušilniku pri 40°C. Suhe vzorce smo homogenizirali in zdrobili v keramični terilnici (SIST ISO 11464, 2006), nato pa jih presejali skozi 2 mm sito. Osnovne pedološke analize so bile opravljene v pedološkem laboratoriju Infrastrukturnega centra za pedologijo in varstvo okolja na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani: potencialna kislost (pH) je bila izmerjena elektrometrično v suspenziji tal z 0,01 mol/L CaCl_2 (SIST ISO 10390, 2006); določitev teksture z modificirano sedimentacijsko pipetno metodo (SIST ISO 11277, 2011) in uporabo teksturnega razreda po ameriški teksturni klasifikaciji; skupni ogljik smo izmerili na napravi Elementar Vario MAX po principu suhega sežiga (SIST ISO 10694, 1996), vsebnost organske snovi smo izračunali iz skupnega ogljika z odštevanjem mineralnega ogljika v obliki CaCO_3 in z upoštevanjem pretvorbenega faktorja 1,724; proste karbonate smo izmerili z volumetrijsko metodo v Scheiblerjevem kalcimetru in podali v utežnih % CaCO_3 (SIST ISO 10693, 1996); izmenljive bazične katione in izmenjalno kapaciteto smo izmerili z dvojno izmenjavo po modificirani metodi SIST ISO 13536 (1996); rastlinam dostopna fosfor in kalij smo določili spektrofotometrično po ekstrakciji tal z raztopino AL (amonlaktat) (ÖNORM L 1087, 1993). Določitev celokupne količine kadmija v talnih vzorcih smo naredili po standardni metodi (SIST ISO 11466, 1995) s kislinskim razklopom z zlatotopko ($\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ v razmerju 1:3). Dostopno (mobilno) frakcijo kadmija smo določili po metodi z amonijevim nitratom ($1\text{M NH}_4\text{NO}_3$) (ISO 19730, 2008). V kislinskih razklopih oziroma ekstraktih smo izmerili vsebnost kadmija na atomskem absorpcijskem spektrofotometru (AAS), ker je bila koncentracija majhna, smo meritve ponovili še z atomsko absorpcijo z grafitno kiveto (GFAAS).

Posamezne vrtnine oziroma užitne dele smo vzorčili glede na čas njihove tehnološke zrelosti. Na njivi smo vzorce odvzeli z nerjavnim nožem, ki smo ga predhodno očistili z deionizirano vodo in 70% etilnim alkoholom. Rastlinske vzorce smo odvzeli enakomerno in naključno. Izogibali smo se robu gredice, kjer je bilo to mogoče. Rastline smo temeljito očistili in sprali z deionizirano vodo. S keramičnim nožem smo očiščen užitni del razrezali na majhne koščke ali trakove in sušili v ventilatorskem sušilniku na 40°C. Suhe vzorce smo zmleli v mlinu 'Retsch ZM 100'. Kislinski razklop rastlin s HNO_3 za določevanje kadmija v rastlinskih vzorcih smo naredili v zaprtem mikrovalovnem sistemu CEM MARS 6. V kislinskih razklopih rastlinskih vzorcev smo vsebnost kadmija izmerili na atomskem absorpcijskem spektrofotometru s plamensko tehniko oziroma z grafitno kiveto (GFAAS).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Povprečna vsebnost Cd na njivi, kjer smo izvajali meritve, je manjša od naravnega ozadja za Slovenijo. Povprečna vsebnost v zgornjem sloju tal v Sloveniji je 0,50 mg/kg, mediana 0,47 mg/kg (Gosar in sod., 2019). V našem poskusu je bila v zgornjem obdelovalnem sloju tal na kontrolnem delu njive vsebnost Cd 0,20 mg/kg, na apnjenem delu pa 0,30 mg/kg. Koncentracija se manjša z globino, kar je značilno za elemente, kjer je prisoten tudi antropogeni vnos na površini tal. Za kadmij je znano, da je prisoten v mineralnih gnojilih, saj je kot nečistoča prisoten v surovih fosfatih (McLaughlin in Singh, 1999). Dodamo ga lahko tudi s sredstvi za apnjenje. Zato smo analizirali tudi vzorec Kalcevite, ki so jo uporabili za apnjenje marca 2019. Koncentracija Cd v njej je zanemarljiva in znaša 0,13 mg/kg. Glede na kmetijsko prakso in količino uporabljenih fosfornih gnojil na njivi, kjer smo izvajali poskus, predvidevamo, da

velikih vnosov Cd ni bilo, kljub vsemu pa se nakazuje večja vsebnost v zgornjih plasteh tal (preglednica 1).

Preglednica 1: Vsebnost Cd v tleh in lastnosti tal v združenih vzorcih tal spomladanskega in jesenskega vzorčenja (podano na suh vzorec)

Vzorec, globina(cm)	Cd-sk. (mg/kg)	Cd-dos. (mg/kg)	pH	CaCO ₃ (ut. %)	Ca-dos. (mmol/100g)	Org.sn. (ut. %)	P ₂ O ₅ (mg/100g)	K ₂ O (mg/100g)
Spomladansko vzorčenje								
K 0-10	0,196	0,0075	6,3	0,6	11,62	2,8	20,9	29,5
K 10-20	0,187	0,0150	5,9	0,8	9,82	2,4	17,7	18,9
K 20-30	0,152	0,0275	5,3	0,4	9,13	1,9	9,5	15,1
K 30-40	0,099	0,0350	4,6	0,8	8,15	1,0	< 0,5	9,6
A 0-10	0,318	0,0100	6,5	1,7	13,42	2,1	12,6	19,7
A 10-20	0,299	0,0075	6,6	1,9	16,61	1,9	11	17,4
A 20-30	0,303	0,0175	6,1	0,6	12,12	1,9	8,7	13,6
A 30-40	0,180	0,0350	5,0	0,4	8,08	1,4	0,5	9,4
Jesensko vzorčenje								
K 0-10	0,198	0,0100	6,1	1,6	NP	2,2	12,2	13,7
K 10-20	0,161	0,0200	5,5	1,4	NP	1,7	6,4	10,2
K 20-30	0,052	0,0325	4,9	1,4	NP	1,0	< 0,5	8,3
K 30-40	0,088	0,0225	5,0	1,2	NP	0,6	< 0,5	7,4
A 0-10	0,269	0,0075	6,9	2,9	NP	1,8	12	10,3
A 10-20	0,271	0,0100	6,6	2,9	NP	1,6	6,6	8,6
A 20-30	0,179	0,0275	5,3	0,8	NP	1,2	0,7	7
A 30-40	0,204	0,0100	6,1	1,2	NP	1,4	4,1	8
NP – ni bilo analizirano Cd-sk. – skupen kadmij Cd-dos. – dostopen kadmij								

Povprečna vsebnost dostopne frakcije Cd, določene po ekstrakciji tal s NH₄NO₃, je bila spomladi večja na kontrolni parceli, v jeseni pa na apnjeni parceli. Skupno pa je bila povprečna vsebnost dostopne frakcije Cd spomladi na obeh parcelah večja kot jeseni. Vse to je lahko posledica meritev v prvem letu uporabe sredstva za apnjenje in posledično ne dovolj aktivnega sredstva za apnjenje v času setve/sajenja (preglednica 1). Variabilnost izmerjene skupne vsebnosti kadmija med obema poskusnima ploskvama, kaže na heterogenost dela njive, kjer smo izvajali poskus. To smo zaznali in opisali tudi pri osnovnih pedoloških lastnostih tal, vendar za izbiro lokacije za izvedbo poskusa nismo imeli druge možnosti, ker le na krajnem delu njive niso uporabili sredstva za apnjenje tal. Izmerjene vsebnosti deleža karbonatov ter pH vrednost kažejo, da je bila tudi meja med apnjenim in ne apnjenim delom njive zaradi obdelave tal zamaknjena (preglednici 1 in 2). Vrednost pH pri apnjenih tleh ni bistveno večja kot pri kontrolnih tleh, čeprav je bil ravno to namen apnjenja. Kislost po globini sicer narašča, vendar je pričakovana razlika v pH vrednosti v površinskih slojih tal med apnjenim in kontrolnim delom poskusne parcele premajhna glede na izhodiščno stanje v letu 2018. Lastniki so potrdili, da so bila tla v preteklosti že apnjena, zelo verjetno pa je, da je nekaj sredstva za apnjenje ob nanosu marca 2019 zaneslo tudi na kontrolni del njive. Heterogenost meritev vsebnosti karbonatov in pH vrednosti nakazujejo zelo neenakomerno porazdelitev sredstva za apnjenje leta 2019 in tudi v predhodnih postopkih apnjenja tal (preglednici 1 in 2).

Preglednica 2: Vsebnost Cd v užitnih delih vrtnin (podano na svežo maso), vsebnost skupnega in izmenljivega Cd v tleh (podano na suh vzorec) ter delež karbonatov in pH tal (jesensko vzorčenje) na posameznih poljinah

TLA	enota	Kontrola			Dodatek sredstva za apnjenje		
		K1	K2	K3	A1	A2	A3
Cd-skupen	mg/kg s.s.	0,204	0,212	0,213	0,290	0,316	0,282
Cd-dostopen	mg/kg s.s.	0,0125	0,0100	0,0075	0,0075	0,0050	0,0100
pH (CaCl ₂)		5,7	6,2	6,2	6,5	6,9	6,9
CaCO ₃	ut. %	2,7	1,8	2,2	1,7	2,5	2,8
VRTNINE		LISTNATA ZELENJAVA					
Radič	mg/kg sv.m.	0,2690	0,0550	0,0466	0,1771	0,2058	0,2104
Solata	mg/kg sv.m.	0,1134	0,0443	0,0493	0,0655	0,0780	0,0953
Peteršilj-list	mg/kg sv.m.	0,0714	0,0435	0,0099	0,0454	0,0782	0,0515
Zelje	mg/kg sv.m.	0,0134	0,0144	0,0061	0,0105	0,0132	0,0134
		KORENOVKE IN KROMPIR					
Korenje	mg/kg sv.m.	0,1316	0,0610	0,0653	0,0691	0,0834	0,0876
Peteršilj-koren	mg/kg sv.m.	0,0889	0,0479	0,0169	0,0633	0,1239	0,0840
Krompir	mg/kg sv.m.	0,0426	0,0272	0,0344	0,0515	0,0500	0,0635
		OSTALE VRTNINE					
Feferoni	mg/kg sv.m.	0,0189	0,0218	0,0170	0,0428	0,0455	0,0510
Por	mg/kg sv.m.	0,0318	0,0222	0,0119	0,0279	0,0224	0,0240
Fižol	mg/kg sv.m.	0,0214	0,0079	0,0081	0,0093	0,0192	0,0073
$\bar{x}$ poljine	mg/kg sv.m.	0,0802	0,0345	0,0265	0,0562	0,0720	0,0688

Normativne vrednosti za vrtnine (Uredba komisije (EU) 488, 2014) izražene na svežo maso (sv.m.):

0,20 mg/kg listnata zelenjava; 0,10 mg/kg korenovke in krompir; 0,05 mg/kg ostale vrtnine

Vsebnost karbonatov je pri spomladanskih vzorcih večja na apnjenih tleh in pri obeh vzorčenjih vsebnost karbonatov po globini pada. Razen pri jesenskem vzorčenju pri vzorcu A30–40, pri katerem vsebnost karbonatov ne pade, ampak nekoliko naraste na 1,8%. To sovпада s povečano vrednostjo pH, kar potrjuje prej opisano razpravo, da predvidevamo neenakomerno razporeditev sredstva za apnjenje. Sklepamo, da se je sredstvo za apnjenje do jeseni aktiviralo v tleh, saj je vsebnost karbonatov na splošno večja jeseni kot spomladi (preglednica 1). Preskrbljenost s fosforjem na površini je srednja (6–12 mg/100g) do dobra (13–25 mg/100g). Tla so srednje (10–19 mg/100g) do dobro (20–30 mg/100g) preskrbljena s kalijem. V spodnjih horizontih je preskrbljenost za obe hranili pričakovano siromašna (Mihelič in sod., 2010). Glede na čas vzorčenja so bila tla bolj založena spomladi, kar je lahko tudi posledica rednega gnojenja, hkrati pa razlike med obravnavanji nakazujejo neenakomerno razporeditev gnojil po površini (preglednica 1).

Vsebnost kadmija v vrtninah je večja na apnjenem kot na kontrolnem delu tal. Pričakovali smo, da bo na apnjenih poljinah veliko manjši privzem kadmija v vrtnine, vendar zaradi zanosa sredstva za apnjenje na neapnjeni del njive (kontrolna ploskev), rezultati tega niso potrdili. Kljub vsemu iz izmerjenih rezultatov lahko potrdimo, da se rastline oziroma njeni užitni deli razlikujejo glede vsebnosti Cd. Največje koncentracije Cd smo izmerili v listih radiča in solate,

tudi v korenih korenja, manj v peteršilju (tako korenih kot listih), krompirju in poru, najmanj pa v zelju in v strokih fižola (preglednica 2). Te ugotovitve so skladne z navedbo v literaturi, kjer so ugotavljali privzem potencialno toksičnih kovin (PTK) oziroma Cd v vrtnine na onesnaženih območjih (Zupan s sod., 2016; Romih 2015). Skrbi dejstvo, da so prekomerne vsebnosti Cd v užitnih delih nekaterih vrtnin prisotne tudi na neonesnaženih tleh, kjer zaradi dobre dostopnosti pri veliki kislosti tal tudi majhne vsebnosti Cd v tleh (< naravno ozadje) ogrožajo kmetijsko pridelavo (preglednica 1). Največjo vsebnost kadmija v jedilnem delu rastlin glede na povprečno vrednost vzorcev iz vseh poljin ima radič (0,16 mg/kg sv. m.). Sledijo mu korenje (0,08 mg/kg sv. m.), solata (0,07 mg/kg sv. m.) in koren peteršilja (0,07 mg/kg sv. m.). Najmanjšo povprečno vsebnost kadmija imata fižol (0,01 mg/kg sv. m.) in zelje (0,01 mg/kg sv. m.). Na posameznih poljinah so vsebnosti Cd v užitnem delu presegale normativno vrednost za živila (Uredba komisije ..., 2014), kar smo v preglednici 2 označili s sivo barvo. Zaradi že omenjenega zanašanja sredstva za apnjenje na kontrolno ploskev, ne moremo potrditi neposrednega učinka delovanja Kalcevite na zmanjšano dostopnost Cd rastlinam. Poleg tega je učinek v prvem letu po apnjenju po navedbah iz literature manj izrazit (Zaniewicz-Bajkowska in sod., 2007), zato bi bilo smiselno vzorčenje izbranih vrtnin ponoviti še v naslednjih letih.

4 SKLEPI

Vsebnost kadmija je pri različnih vrtninah v enakem obravnavanju različna, saj je za nekatere rastline Cd mnogo bolj dostopen kot za druge, poleg tega pa imajo določene vrste vrtnin večjo sposobnost absorpcije PTK v užitne dele kot druge. V to skupino spada predvsem listnata zelenjava (radič, tudi nekatere vrste solate) in korenovke. Različne dele iste vrtnine smo analizirali samo pri peteršilju, kjer je bila povprečna vsebnost Cd večja v korenu kot v listih. Vsebnost Cd v korenu peteršilja je na poljini A2 celo presegala normativ. Na dveh poljinah (K1, A2) je bil normativ presežen pri radiču; enkrat pa v korenu korenja (A2) in listih pora (A3). Menimo, da Kalcevita takoj po aplikaciji še ni imela pravega učinka na dostopnost Cd v tleh. Zato bi bilo koristno spremljati meritve biodostopnosti Cd v tleh in vsebnosti Cd v izbranih (kritičnih) vrtninah na omenjeni njivi tudi v naslednjih letih.

Po izvedenih meritvah predlagamo kmetom, ki imajo težave s prekomerno vsebnostjo potencialno toksičnih težkih kovin v vrtninah, da za gojenje izberejo vrtnine, ki imajo manjši privzem kadmija ali drugih PTK v užitne dele. V kolikor imajo kislila tla predlagamo uporabo sredstev za apnjenje tal, ki zmanjšujejo dostopnost Cd in imajo še druge pozitivne učinke na lastnosti tal.

5 LITERATURA

- Analitski rezultati talnih in rastlinskih vzorcev ter dodatka tlom s preliminarnim komentarjem. Izvid ICPVO_PL_18/350_v3, 2018. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, KGZS Celje (interno gradivo)
- Gosar, M., Šajn R., Bavec, Š., Gaberšek, M., Pezdir, V., Miler, M. 2019. Geokemično ozadje in zgornja meja naravne variabilnosti 47 kemičnih elementov v zgornji plasti tal Slovenije. *Geologija*, 62, 1:5-57
- ISO 19730. Kakovost tal - Ekstrakcija mobilnih elementov v sledovih iz tal z raztopino amonijevega nitrata. 2008: 10 str.
- McLaughlin, M.J., Singh, B.R. 1999. Cadmium in soils and plants. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 270 str.

- Mihelič, R., Čop, J., Jakše, M., Štampar, F., Majer, D., Tojnko, S., Vršič, S. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 182 str.
- ÖNORM L 1087. Določitev rastlinam dostopnega fosforja in kalija v tleh s kalcijevo - acetat - laktatno (CAL) metodo. 1993: 4 str.
- Romih, N. 2015. Vsebnost in bioakumulacijski faktorji za Cd, Pb in Zn v izbranih vrtninah gojenih na različno onesnaženih tleh v mestni občini Celje. Mag. delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 50 str.
- SIST ISO 11464. Kakovost tal - Priprava vzorcev za fizikalno-kemijske analize. 2006: 11 str.
- SIST ISO 11466. Kakovost tal - Ekstrakcija elementov v sledovih, topnih v zlatotopki. 1995: 6 str.
- SIST ISO 10390. Kakovost tal - Določevanje pH. 2006: 5 str.
- SIST ISO 10693. Kakovost tal - Ugotavljanje vsebnosti karbonatov-Volumetrijska metoda. 1996: 7 str.
- SIST ISO 10694. Kakovost tal - Ugotavljanje organskega in skupnega ogljika po suhem sežigu (elementna analiza). 1996: 8 str.
- SIST ISO 11277. Kakovost tal - Določevanje porazdelitve velikosti delcev v mineralnem delu tal - Metoda s sejanjem in usedanjem. 2011: 30 str.
- SIST ISO 11466. Kakovost tal - Ekstrakcija elementov v sledovih, topnih v zlatotopki. 1995: 6 str.
- SIST ISO 13536. Kakovost tal - Ugotavljanje potencialne kationske izmenjalne kapacitete in izmenljivih kationov z raztopino barijevega klorida s pH=8,1. 1996: 7 str.
- TIS/ICPVO. 2020. Talni informacijski sistem - Infrastrukturni center za pedologijo in varstvo okolja. 1999-2020. Biotehniška fakulteta, Ljubljana (izpis iz baze podatkov, 26. jun. 2020)
- Uredba komisije (EU) št. 488/2014 z dne 12. maja 2014 o spremembi Uredbe (ES) št. 1881/2006 glede mejnih vrednosti kadmija v živilih. 2014. Uradni list Evropske unije. L. 138/78
- Zaniewicz-Bajkowska, A., Rosa, A., Francuzuk, J., Kosterna, E. 2007. Direct and secondary effect of liming and organic fertilization on cadmium content in soil and vegetables. *Plant, Soil and Environment*, 53,11: 473-481
- Zupan, M., Ivartnik, M., Turšič, J., Karo Bešter, P. 2016. Vrtnarjenje v Zgornji Mežiški dolini. Mežica (interno gradivo)

Zagotovitev potreb po dušiku pri pridelavi ekoloških sadik

Ana SLATNAR¹¹⁷, Karin TREBUŠAK¹¹⁸ in Vesna ZUPANC¹¹⁹

Izvleček

Ekološka pridelava sadik od pridelovalcev zahteva natančno upoštevanje pravil ekološke pridelave, kar vključuje uporabo ekoloških rastnih substratov, uporabo ekološkega semena in uporabo le tistih gnojil, ki so dovoljena na podlagi Uredbe komisije (ES) 834/2007. Zaradi uporabe s hranili sorazmerno skromno založenih rastnih substratov je vzgoja teh sadik postavljena pred izziv, kako zagotoviti ustrezno količino hranil za nemoteno rast in razvoj mladih rastlin. V poskusu, ki smo ga izvajali med 9.3.2020 in 17.4.2020 v steklenjaku vrtnarije VCT Ramovš-Peklar v Sevnici, smo preverili, kako se spremenijo osnovni parametri kakovosti sadik ob uporabi aminokislinskega pripravka Delfan kot vira dušika za sadike. Sadike zelja in solate smo gojili v gojitvenih ploščah s 104 vdolbinami in ob vsakem namakanju uporabili 50 mg/l dušika. Ko so sadike dosegle sadilno/prodajno velikost, smo sadikam izmerili površino lista (cm^2), svežo maso (g), št. razvitih listov, višino (cm), vsebnost klorofila (vrednosti SPAD) in suho snov (%) ter ocenili razvitost korenin. Pri razvitosti korenin in številu listov tako pri sadikah solate kot pri sadikah zelja nismo zaznali razlik med sadikami namakanimi z vodo z dodanimi amino kislinami (AK) in kontrolo (voda brez dodanih AK). Statistično značilno so sadike namakane z AK dosegale večjo maso nadzemnega dela, višino sadik, površino listov in vsebnost klorofila.

Glavne besede: aminokisliline, kakovost sadik, solata, zelje

Ensuring nitrogen needs in the production of organic seedlings

Abstract

Ecological production of seedlings is under strict regulation of production inputs, with prescribed substrate, seeds and fertilizer types under ES 834/2007 Decree. Due to poor nutrient content in plant substrates, ensuring suitable nutrient supply for plant development is a challenge. In an experiment set at the VCT Ramovš Peklar garden center in Sevnica from 9.3.2020 to 17.4.2020, the changes in basic seedling quality parameters were evaluated between non-fertilized seedlings and seedlings, fertilized with amino acid Delfan fertilizer as nitrogen source. Lettuce and cabbage seedlings were planted in slabs with 104 holes, fertilized with 50mg/l at each irrigation event. At market size, leaf area (cm^2), fresh mass (g) number of leaves, height (cm), chlorophyll and dry matter (%) as well as root development were measured and evaluated. There were no differences in root development and number of leaves between lettuce and cabbage seedlings, irrigated with water with added amino acids as a fertilizer and water (control, no fertilizer added). Seedlings irrigated with water with amino acids had statistically significantly higher plant biomass, height, leaf area and chlorophyll content.

Key words: amino acids, quality seedlings, lettuce, cabbage

1 UVOD

Ena izmed najbolj intenzivnih sprememb, ki smo jih uvedli pri pridelavi vrtnin, se je zgodila v začetku 90-ih let prejšnjega stoletja z začetkom pridelave sadik s koreninsko grudo, tako danes ne vzgajamo le sadik korenovk in stročnic. V tržni pridelavi praviloma ne vzgajamo sadik tistih vrtnin, ki imajo kratko vegetacijsko dobo (berivka, rukvica, mesečna redkvica).

Pri pridelavi sadik je potrebno upoštevati številna pravila, ki opredeljujejo izbiro ustreznega rastnega substrata in gojitvene plošče (velikosti in materiala), uravnavanje ustrezne temperature

¹¹⁷ Dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: ana.slatnar@bf.uni-lj.si

¹¹⁸ Študentka, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: karincka.trebusak@gmail.com

¹¹⁹ Dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si

in vlage v času kalitve in kasneje vzgoje v rastlinjaku, izbiro pravilno dodelanega semena (pilirano, nakaljeno, tretirano) ter ustrezno gnojenje (Welbaum, 2015; Balliu in sod., 2017).

Namakanje sadik je zelo pomembno, saj sadike gojimo v majhnem volumnu rastnega substrata, ki se zaradi sorazmerno visokih temperatur v zavarovanih prostorih hitro suši. Najbolj primerno namakanje v večjih obratih je z namakalno rampo. Pri pridelavi sadik v manjšem obsegu se namakanje izvaja večinoma preko vrtnih cevi z uporabo vrtno zalivalke. Pri obeh načinih namakanja imamo lahko težave z enakomernim odmerjanjem vode. Pri namakanju z namakalno rampo se robovi velikokrat hitreje sušijo kot sredina gojitvenih plošč. Pri ročnem namakanju pa moramo paziti, da zalijemo enakomerno. Posledica neustreznega namakanja je lahko pojav vodoodbojnosti, ko voda ne vstopi v rastni substrat, marveč ob robu substratne grude odteče in le-te ne navlaži. V primeru pojava vodoodbojnosti substrata moramo gojitvene plošče potopiti v vodo, da se substrat spet dobro navlaži.

Pri namakanju sadik je pomemben pH vode, ki naj bo med 5,5 in 6,5, saj je v tem območju sposobnost sprejema mikro in makro hranil najboljša. Pri višjih vrednostih pH se na sadikah lahko pojavijo znaki pomanjkanja železa, medtem ko se pri nizkem pH pokažejo znaki toksičnosti bora. Namakanje sadik je odvisno od razvojne faze sadike, sposobnosti zadrževanja vode substrata in temperature v zavarovanem prostoru. Vsekakor se držimo zlatega pravila, da sadike zalivamo takrat, ko je čas omočenosti listov čim krajši, saj s tem zmanjšujemo nevarnost pojava bolezni (Welbaum, 2015).

Rastni substrati vsebujejo majhne količine hranil, ki zadostujejo za prve dni po setvi. Količina in pogostost dognojevanja je odvisna od gojene vrste, razvojne faze sadike in klimatskih pogojev v rastlinjaku. Univerzalna privzeta koncentracija hranil v gnojilni raztopini pri pridelavi sadik je 50-200 mg N/l, 10-40 mg P₂O₅/l in 100-300 mgK₂O/l gnojilne raztopine. V lažje razumljivi formuli bi to pomenilo, da je najbolje uporabljati vodotopna gnojila, ki vsebujejo dušik, P₂O₅ in K₂O v razmerju 2:1:3. Ta gnojila naj dodatno vsebujejo še magnezij in mikroelemente. Količina dodanega gnojila pa naj ne presega 0,5-1 g/l (Balliu in sod., 2017). Pri ekološki pridelavi sadik moramo v primerjavi s konvencionalno pridelavo upoštevati še dodatne zahteve. Tako sta obvezni uporaba ekološko pridelanega semena oziroma sadik. Pri izbiri sort je pomembnejša odpornost posameznih sort in hibridov na bolezni in škodljivce kot visok hektarski pridelek. Priporočljivo je uporabljati čim več certificiranega semena preverjenih semenarskih hiš. S semenom je namreč možen prenos večine najpomembnejših glivičnih, pa tudi nekaterih bakterijskih in virusnih obolenj vrtnin. V primeru, da v Sloveniji ne dobimo semena ali sadik ustrezne sorte ali vrste, se lahko s posebnim dovoljenjem kontrolne organizacije uporabi tudi neekološko, vendar nerazkuženo seme. Za to dovoljenje je potrebno zaprositi pred setvijo semen (KGZS, 2017). V ekološkem kmetijstvu se za setev, vzgojo sadik in sajenje lahko uporablja le ekološke substrate.

Gnojenje je pri ekološki pridelavi sadik potrebno. Uporablja se lahko samo gnojila, dovoljena na podlagi Uredbe komisije (ES) 834/2007. Gnojila, ki jih v ekološki pridelavi lahko uporabljamo, so (KGZS, 2017): gnoj domačih živali, gnojevka, gnojnica, kompost, gnojenje z rastlinami, ovčja volna, gnojenje z mletimi zrnji stročnic ali pogačami, pepel, dovoljena kupljena težko topna mineralna gnojila: surovi fosfat, kalijev sulfat, mleti apneneci..., listna gnojila, kupljena organska gnojila.

Glede na omejitve, ki jih podajajo pravilniki za ekološko pridelavo, je pri proizvodnji ekoloških sadik najtežje zagotoviti ustrezno količino hranil, ki jih sadike v času vzgoje potrebujejo. Gnojenje pri konvencionalni pridelavi sadik večinoma opravimo z vodotopnimi gnojili, kar pri ekološki pridelavi ni mogoče. Potrebno je najti enakovredno zamenjavo za vodotopno gnojilo. V naši raziskavi smo tako uporabili aminokisline, ki so v zadnjem času v vse večjem številu pripravkov na voljo na slovenskem tržišču. Ta tip gnojila omogoča dodajanje manjših količin

dušika preko namakalnih sistemom tudi v ekološki pridelavi. V sami raziskavi so nas zanimali predvsem parametri kakovosti sadik (razvitost korenin, število razvitih listov, listna površina, vsebnost klorofila, ...), namakanih z vodo z dodanimi aminokislinami, v primerjavi s sadikami, ki so bile vzgojene brez gnojenja.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poskus ekološke pridelave sadik je potekal med 9. 3. 2020 in 17. 4. 2020 v steklenjaku vrtnarije VCT Ramovš-Peklar v Sevnici. Pri vzgoji sadik smo upoštevali vse predpise za vzgojo ekoloških sadik. Gojitvene plošče s 104 vdolbinami smo napolnili z ekološkim substratom HUMIN SUBSTRAT N3 (NEUHAUSE, Nemčija). Setvene plošče smo napolnili ročno in nato s pomočjo pnevmatske sejalnice naredili vdolbinice za setev. S tem smo zagotovili enako globino setve, ki je ob dobri kalivosti semena ključna za enakomeren vznik sadik. V gojitvene plošče smo nato posejali ekološko seme zelja (sorta 'Passat F1', Bejo Zaden, Nizozemska) in solate rezivke (Austrosaat, Avstrija). Sadike smo do 15 dne po setvi zalivali le z vodovodno vodo. Kasneje smo, v skladu z zasnovo poskusa, del sadik dognojevali z aminokislinskim pripravkom Delfan, drugi del pa zalivali z vodo iz vodovoda brez dodanih hranil.

Pripravek Delfan je organsko gnojilo na bazi aminokislin in ga uvrščamo med biostimulante. Vsebuje glicin, prolin, arginin in druge pomembne aminokislino. Pripravek ima hiter sprejem v rastline na podlagi fiziološko aktivne in funkcionalne proteinske hidrolize (Jurana, 2020). Lahko se ga uporablja za foliarno gnojenje ali preko sistemov za gnojenje. Platoje s sadikami smo namakali tako, da smo jih položili v pladnje, v katere smo dodali vedno enako količino vode. Dva platoja sadik sta bila namakana z vodo iz vodovoda, dva platoja sadik sta bila namakana z vodo, kateri smo dodali pripravek Delfan v koncentraciji 50 mg/l. Vodovodna voda, ki smo jo uporabljali za namakanje, je vsebovala 15 mg N/l. Koncentracija dušika v vodi za namakanje je znašala 79 mg N/l.

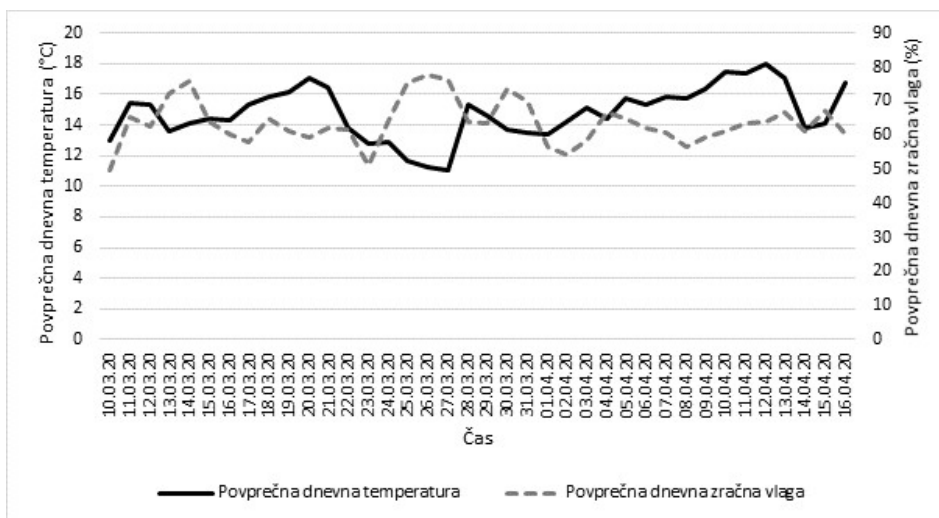
Po eni uri smo platoje dvignili, počakali, da je voda odtekla ter nato stehali ostanek vode v pladnju za namakanje. S tem smo lahko na koncu določili količino dušika, ki so ga rastline z namakanjem prejele. Namakanje smo opravili vsakič, ko se je zgornja plast substrata rahlo osušila, in sicer 26. 3., 30. 3., 2. 4., 6. 4., 8. 4., 10. 4., in 14. 4. 2020.

Ko so sadike dosegle velikost za presajanje (5 listov pri solati in 3 liste pri zelju), smo iz vsake izmed ponovitev naključno izbrali 10 sadik (eno ponovitev je predstavljala polovica gojitvene plošče), pri čemer smo sadike robnih vdolbinic iz vzorčenja zaradi robnega učinka izključili. Na sadikah smo prešteli število razvitih listov na sadiko, ocenili razvitost koreninskega sistema (ocena 1 - ni prekoreninjenosti (manj kot 50% rastnega substrata prekriva bel koreninski sklop), ocena 2 - slaba prekoreninjenost (50–70% rastnega substrata prekriva bel koreninski sklop), ocena 3 - dobra prekoreninjenost (70–90% rastnega substrata prekriva bel koreninski sklop) in ocena 4 - zelo dobra prekoreninjenost (več kot 90% rastnega substrat prekriva bel koreninski sklop)), izmerili višino sadik (cm), stehali maso nadzemnega dela sadik (g). Vsebnost klorofila smo izmeril s pomočjo klorofilomera (Minolta SPAD 502, LTD, Japonska), površino vseh listov sadik (cm²) smo izmerili s prenosnim areametrom LI3000. Sadikam smo določili tudi delež suhe snovi nadzemnega dela sadike.

Za statistično obdelavo podatkov smo uporabili program R (The R project..., 2020). Za vsako rastlinsko vrsto posebej (t.j. za solato in zelje) smo naredili analizo variance, s katero smo ugotovili ali obstaja statistična razlika med obravnavanjema. Za primerjavo povprečij smo uporabili Tukey-test s stopnjo značilnosti $\alpha \leq 0,05$. Vsem povprečnim vrednostim smo izračunali še pripadajoče standardne napake. Rezultate smo prikazali s pomočjo preglednic in grafov. Različne črke znotraj posameznega vrste prikazujejo statistično značilno razliko.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Slika 1 prikazuje gibanje temperature in zračne vlage za obdobje od 10. 3. 2020 do 16. 4. 2020 izmerjene v steklenjaku v predelu gojenja sadik. Najnižja zabeležena povprečna dnevna temperatura je bila 11,1 °C (27. 3. 2020) in najvišja 18,0 °C (12. 4. 2020). Pri povprečni dnevni relativni zračni vlagi je zabeležen najnižji rezultat 49,6 % (10. 3. 2020) in najvišji 77,5 % (26. 3. 2020).



Slika 1: Povprečna dnevna temperatura (°C) in povprečna dnevna relativna zračna vlaga (%) v času poskusa

Sadikje zelja in solate so ob velikosti primerni za presajanje/prodajo že na videz kazale razlike med obravnavanji (kontrola, gnojeno z AK). Sadikje solate, ki smo jih tekom gojenja dognojevali z AK, so bile statistično višje kot rastline, ki smo jih namakali le z vodo. Pri zelju ne moremo podati enakega zaključka, saj med obravnavanjema pri tem parametru ni bilo statistično značilnih razlik. V številu razvitih listov in oceni razvitosti koreninskega sistema tako pri sadikah solate kot tudi zelja, nismo zaznali statistično značilnih razlik. Čeprav nekatera izmed poročanj kažejo, da uporaba biostimulantov vpliva na povečanje višine, tega pri pridelavi sadik zelja nismo zaznali. Razlog za to lahko iščemo v sorazmerno kratkem pridelovalnem ciklu. Cilj pridelave so kompaktne sadikje s kratkimi internodiji, na katere pa vpliva več dejavnikov hkrati (temperatura, svetloba in količina dušika). Hkrati je zaželeno, da sadika razvije primerno razvit nadzemni del in koreninski sistem.

Masa nadzemnega dela sadik je bila statistično značilno večja pri uporabi AK pri sadikah zelja in solate. Večjo maso nadzemnega dela lahko pojasnimo s hitrejšo rastjo, ki se je sicer statistično neznačilno kazala tudi v sami velikosti listov pri solati. Oziroma še bolj očitno opazno pri rastlinah zelja. V primeru optimalnega dodajanja dušika prihaja do povečanja površine listov. Prekomerna uporaba dušika lahko privede tudi do zmanjšanja listne površine ali zaustavitve rasti listov. Slednje je bilo dokazano pri pridelavi sadik, kjer je bilo v poskusu ob povečani količini dodanega dušika rastnemu substratu z 0,6 g/kg (kontrola) na 2,2 g/kg dušika v rastnem substratu listna površina v povprečju povečala za 15 cm² (Zhang in sod., 2017). Povečanje listne površine se je pokazalo tudi v našem primeru, kjer je bila statistično značilna razlika v listni površini zaznana pri zelju. Pri solati te razlike statistično nismo dokazali, a sami podatki kažejo, da je bila povprečna površina lista izmerjenih sadik namakanih z AK večja.

Preglednica 1: Količina dodane vode (ml), količina iztoka (ml) in količina dodanega dušika (mg) pri gojenju sadik solate in zelja v pladnjih, kjer smo dodajali aminokislino

	Datum	Količina dodane vode (ml)	Količina iztoka (ml)		Količina porabljene vode (ml)		Količina dodanega dušika* (mg)	
			I	II	I	II	I	II
SOLATA	PLADENJ							
	26.03.2020	2000	1041	1130	959	870	76,14	69,08
	30.03.2020	2000	1242	1248	758	752	60,19	59,71
	2.04.2020	2000	1338	1252	662	748	52,56	59,39
	6.04.2020	2000	976	938	1024	1062	81,31	84,32
	8.04.2020	2000	1134	1122	866	878	68,76	69,71
	10.04.2020	2000	1191	1188	809	812	64,23	64,47
	14.04.2020	2000	1382	1128	618	872	49,07	69,24
						Seštevek	452,26	475,92
							Povprečje	464,09
ZELJE	PLADENJ		I	II	I	II	I	II
	23.03.2020	3000	1660	1650	1340	1350	106,40	107,19
	26.03.2020	2000	1492	1473	508	527	40,34	41,84
	30.03.2020	2000	1310	1233	690	767	54,79	60,90
	2.04.2020	2000	1209	1217	791	783	62,81	62,17
	6.04.2020	2000	691	733	1309	1267	103,93	100,60
	8.04.2020	2000	927	912	1073	1088	85,20	86,39
	10.04.2020	2000	1006	867	994	1133	78,92	89,96
	14.04.2020	2000	1044	1154	956	846	75,91	67,17
						Seštevek	608,28	616,22
							Povprečje	612,25

*N dodan z vodovodno vodo in aminokislinami skupaj

Preglednica 2: Kakovostni parametri ekološko pridelanih sadik solate in zelja (povprečje $\pm$ standardna napaka, $n = 40$)

Parameter	SOLATA		ZELJE	
	AK	kontrola	AK	kontrola
Površina listov sadike (cm ²)	79,08 $\pm$ 3,25 a	72,25 $\pm$ 2,65 a	38,22 $\pm$ 0,77 b	25,94 $\pm$ 0,92 a
Razvitost korenin	3,00 $\pm$ 0,00 a	2,93 $\pm$ 0,04 a	3,00 $\pm$ 0,00 a	3,00 $\pm$ 0,00 a
Sveža masa (g)	1,86 $\pm$ 0,08 b	1,61 $\pm$ 0,05 a	4,27 $\pm$ 0,71 b	1,24 $\pm$ 0,03 a
Št. razvitih listov	4,98 $\pm$ 0,11 a	4,80 $\pm$ 0,08 a	3,00 $\pm$ 0,00 a	2,95 $\pm$ 0,03 a
Višina (cm)	14,60 $\pm$ 0,40 b	13,0 $\pm$ 0,3 a	9,80 $\pm$ 0,80 a	10,40 $\pm$ 0,10 a
Klorofil (vrednost SPAD)	22,70 $\pm$ 0,47 b	18,36 $\pm$ 0,29 a	49,53 $\pm$ 0,48 b	45,86 $\pm$ 0,40 a
Suha snov (%)	5,62 $\pm$ 0,21 a	6,52 $\pm$ 0,27 b	6,98 $\pm$ 0,55 a	10,57 $\pm$ 0,28 b

*Različne črke označujejo statistično značilne razlike pri 95 % zaupanju

Klorofil je zeleno barvilo večine rastlin in je nujno za fotosintezo. Zunanji dejavnik, ki vpliva na vsebnost klorofila v rastlini, je svetloba. Poleg svetlobe na vsebnost klorofila vplivajo tudi temperatura in mineralna prehrana rastline. Rastline, ki rastejo ob pomanjkanju dušika, so blede, na listnih robovih in konicah pa se pojavijo nekroze (Vodnik, 2012). V naši raziskavi je bila vsebnost klorofila tako pri sadikah solate, kot tudi pri sadikah zelja, statistično značilno višja pri rastlinah namakanih z AK. V raziskavi Zhang in sod. (2017) je bilo dokazano da dodajanje dušika do določene vrednosti pozitivno vpliva na povečanje vsebnosti klorofila.

Ugotovili so, da so imele sadike zelja pridelane v rastnem substratu z 0,6 g N/kg vsebnost klorofila merjeno s SPAD metrom 40,0. Tiste sadike, ki so rastle v rastnem substratu s 3,2 g/kg dušika, so imele višjo vsebnost klorofila (45,6 vrednost SPAD) v primerjavi s kontrolo. Pri sadikah zelja, ki so bile posajene v rastni substrat s 5,0 g/kg dušika, je bila opazna najnižja vsebnost klorofila (29,6 vrednost SPAD).

V zaključni fazi pridelovanja sadik si želimo povečati suho snov v rastlini, saj rastline tako lažje prestopajo stres, ki ga predstavlja presajanje. Z uporabo AK smo dosegli zmanjšanje suhe snovi. Ali ima nižja vsebnost suhe snovi vpliv na rast rastlin po presajanju, je vprašanje, na katerega s pomočjo naše raziskave ne moremo odgovoriti. Nižjo vsebnost suhe snovi je bila pričakovana, saj se s privzema vode vidi, da so sadike namakane z AK imele večji privzem vode od kontrolnih sadik.

4 SKLEPI

Proizvodnja zdravih in kakovostnih sadik je pogoj za uspešno nadaljevanje proizvodnje, česar se posamezni pridelovalci zelo dobro zavedajo. Že konvencionalna pridelava sadik zahteva skrbno načrtovanje in spremljanje različnih dejavnikov, ki vplivajo na kakovost pridelanih sadik. V konvencionalni pridelavi ima mineralna prehrana velik pomen, saj vzgoja poteka pretežno v šotnih rastnih substratih, z manjšim deležem mineralnih dodatkov, ki so večinoma dodani za povečano sposobnost zadrževanja vode. Vsekakor sta ravno oskrba z vodo in hranili dejavnika, ki jih je pri izredno majhnih volumnih substrata, ki jih uporabljamo pri sadikah, težko združljiva. Zato se zdi uporaba vodotopnih gnojil pri vzgoji sadik neobhodna, z njimi si omogočimo majhno, a konstantno oskrbo s hranili v celotnem pridelovalnem ciklu sadik, ki je dolg od 21 do 45 dni. Pri ekološki pridelavi sadik mora pridelava potekati brez uporabe vodotopnih gnojil. Nabor možnih gnojil, s katerimi sadikam dodamo manjšo količino hranil, ki jih potrebujejo za uspešen razvoj, je skromen. V zadnjem času se vse večkrat ponuja uporaba biostimulantov s skupine aminokislin. S temi pripravki je moč dodati manjše količine dušika, ki ga rastline potrebujejo. V naši raziskavi, kjer smo gojili ekološke sadike zelja in solate smo pri sadikah, gnojenih z AK, izmerili boljše vrednosti nekaterih kakovostnih parametrov v primerjavi s sadikami, ki smo jih oskrbovali z vodo. V prihodnje bi bilo smiselno preveriti še različne koncentracije uporabljenih AK (v celotnem razvoju sadike, ali povečanje koncentracij skladno z razvojnimi fazami sadike) in preveriti tudi druge dejavnike, s katerimi se v pridelavi sadik niti ne ukvarjamo, in sicer preostanek dušika v vodnem krogu, ki ga ustvarimo pri pridelovanju sadik.

5 LITERATURA

- Balliu, A., Maršić, N.K., Gruda, N. 2017. Seedling production. Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable production in the South East European countries. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 230:189- 206
- Jurana 2020. <https://www.jurana.com/delfan-plus-100-ml.html> (6.okt.2020)
- Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije. 2017. Tehnološka navodila za ekološko pridelavo zelenjadnic: 57 str.
- The R Project for statistical Computing. 2020. <https://www.r-project.org/> (10. sept. 2020)
- Vodnik, D. 2012. Osnove fiziologije rastlin. Ljubljana, Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta: 141 str
- Welbaum, G. E. 2015. Vegetable production and practices, 486 str.
- Zhang, J., Wang, Y., Wang, P., Zhang, Q., Yan, C., Yu, F., Yi, J., Fang, L. 2017. Effect of Different Levels of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium on Root Activity and chlorophyll Content in Leaves of *Brassica oleracea* Seedlings Grown in Vegetable Nursery Substrate. Horticulture, Environment and Biotechnology 58, 5-11.

Preizkušanje pridelovanja komarčka (*Foeniculum vulgare* L.) na različnih lokacijah v Sloveniji

Nataša FERANT¹²⁰

Izveček

V triletnem poskusu smo proučevali pridelek in vsebnost eteričnega olja pri komarčku (*Foeniculum vulgare* L.) na treh lokacijah v Sloveniji. Dve sta bili nižinski z različnimi lastnostmi in ena višinska. Pridelek je bil v vseh treh letih največji na nižinski lokaciji Žalec (7,0 do 9,5 kg/100 m² suhe snovi), kjer je tehnologija pridelave vključevala tudi namakanje. Nasade je potrebno dobro zaščititi pred škodljivci, saj smo imeli v naših poskusih škodo zaradi voluharja, divjadi in ptičev. Pridelek - seme smo pobirali vsako leto zaradi neenakomernega dozorevanja ročno v dveh terminih, kar predstavlja oviro za strojno pridelavo. Na lokaciji Logarska dolina v drugem in tretjem letu ni bilo pridelka zaradi škode, ki jo je povzročil voluhar. Vsebnost eteričnega olja je bila v vseh letih na vseh lokacijah nad minimalno, zahtevano po Evropski farmakopeji (4,0 ml/100 g suhe snovi), razen leta 2017 na lokaciji Žalec, kjer so bila puhla semena zaradi pogostih padavin in se seme ni dovolj razvilo.

Glavne besede: komarček, *Foeniculum vulgare* L., lokacija pridelave, pridelek, eterično olje

Testing of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) cultivation at various locations in Slovenia

Abstract

In a three-year field experiment, we studied the yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) at three locations in Slovenia. Two were lowland with different characteristics and one was highland. In all three years the highest yield was estimated at the Žalec lowland location (7.0 to 9.5 kg/100 m² of dry matter), where the production technology included irrigation. Plantations should be well protected from pests, because we had problems or damage due to voles, game and birds in our experiments. Seed yield was harvested each year due to uneven ripening in two terms, by hand, which represents a problem for machine production. There was no yield at the Logarska dolina site in the second and third year due to damage caused by voles. The content of essential oil in all years at all locations was above the minimum requirements of the European Pharmacopoeia (4.0 ml/100 g dry matter), except in 2017 at the location Žalec (puffy seeds), which occurred due to constant precipitation and resulted in not sufficiently developed seed.

Key words: fennel, *Foeniculum vulgare* L., production location, yield, essential oil

1 UVOD

Prekomerno nabiranje zelišč v naravi negativno vpliva na biodiverziteto. Poleg tega so naravni viri omejeni, zato je lahko pridelovanje zelišč nova kmetijska panoga. Pridelava zelišč je zaradi različnih naravnih danosti lahko zelo pestra, saj imajo različne vrste različne rastne zahteve in tržno zanimiva. Dolgoročno je zanimiva kot osnovna in dopolnilna dejavnost na kmetijah. Pridelava zelišč je primerna predvsem na manjših površinah v hribovitih območjih ali na vodovarstvenih območjih, ki so manj primerna za pridelovanje osnovne hrane. Obstajajo pa tudi težnje po pridelavi zelišč na večjih površinah (MKGP, 2016).

Komarček je dvoletnica ali v določenih pogojih trajnica, ki zraste do 2 m visoko (Petauer, 1993). Spada v družino kobulnic (Apiaceae). Iz razraslega koreninskega sistema se razvije večje število stebel, ki se proti vrhu razvejijo. Listi so 3–4 krat pernato deljeni. Drobni rumeni cvetovi sestavljajo velik kobil. Cveti od julija do oktobra in sicer zelo neizenačeno, prav tako

¹²⁰ Mag., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, e-pošta: natasa.ferant@ihps.si

je neenakomerno tudi zorenje semena, ki je v plodu. Plodovi zorijo zelo pozno v jesen. Komarček najbolje uspeva na globokih, rodovitnih tleh ter toplih in suhih legah. Na istem mestu ga gojimo le vsakih 6–7 let. Komarček gojimo zaradi plodov, ki so valjasti, rebrasti in sestavljeni iz dveh semen. Žanjemo ga, ko plodovi dobijo rumenorjavo barvo.

Komarček v različnih oblikah učinkuje kot sredstvo za izkašljevanje in kot sredstvo, ki olajšuje vetrove. Veliko se uporablja kot pomirjevalni čaj za dojenčke, koristi zoper prebavne motnje in pomaga pri kašlju in bronhitisu (Wagner, 1997).

Pridelavo komarčka je potrebno v Sloveniji preizkusiti na več različnih lokacijah glede na različne habitate, da se pridobi znanje za svetovanje zainteresiranim pridelovalcem o možnosti in načinu pridelave.

Namen prispevka je predstaviti kvaliteto in količino pridelka komarčka na različnih pridelovalnih lokacijah.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Sadilni material za poskuse (sadike komarčka) smo vzgojili iz semena rastlin, ki so bile po poreklu iz Madžarske in jih že desetletja gojimo v Vrtu zdravilnih in aromatičnih rastlin na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS). Sadike smo vzgojili v rastlinjaku na IHPS v skladu s smernicami ekološke pridelave v času od jeseni 2015 do spomladi 2016.

Komarček smo preizkušali v različnih pridelovalnih razmerah. Izbrali smo različne lokacije glede na vremenske razmere, agrotehniko, tip tal in nadmorsko višino. Lokaciji Vrhnika in Žalec sta nižinski lokaciji, lokacija Logarska dolina pa je višinska lokacija. Poskusne nasade komarčka smo posadili maja in junija 2016. Na vsako lokacijo smo posadili 30 rastlin. Datumi sajenja in razdalje sajenja so prikazane v preglednici 1. Razdalje sajenja so bile na vseh lokacijah enake (preglednica 1).

Preglednica 1: Opis poskusnih lokacij

	Žalec	Vrhnika	Logarska dolina**
Nadmorska višina	250 m (nižinska lokacija)	320 m (nižinska lokacija, nagnjen teren)	750 m (višinska lokacija)
Tla	Srednje težka	Srednje težka	Srednje težka
Sajenje poskusa	23. maj 2016	12. maj 2016	30. junij 2016
Druge posebnosti	Namakanje po potrebi	Brez namakanja	Namakanje po potrebi
Razdalja v vrsti	40 cm	40 cm	40 cm
Medvrstna razdalja	40 cm	40 cm	40 cm
Žetev v letu 2016	27. september	5. oktober	12. oktober
Žetev v letu 2017	19. september in 13. oktober	12. oktober in 10. november	17. oktober
Spravilo v letu 2018	25. september in 15. oktober	20. september in 23. oktober	27. september in 25. oktober

V letu 2016 so bila v aprilu in maju velika nihanja temperature. Prvi dve dekadi aprila sta bili ekstremno topli in padavin je bilo relativno malo; začetek vegetacije kmetijskih rastlin je bil zgođen. Potem je sledila močna ohladitev; jutranje temperature so se na posameznih lokacijah 26. aprila spustile pod -3 °C in povzročile pozebo. Dobra razporeditev padavin in zmerne

temperature v juliju in v prvi polovici avgusta so ugodno vplivale na rast in razvoj. Prva polovica septembra je bila nadpovprečno topla in suha. V letu 2017 smo pomanjkanje padavin zabeležili že v zimskih mesecih, ki se je nato tekom vegetacije samo še stopnjevalo. Posledice suše so konec druge dekade junija že ogrožale rast in razvoj kmetijskih rastlin. Vročinski valovi in pomanjkanje padavin tudi v poletnih mesecih so zelo slabo vplivali na rast in razvoj rastlin. V letu 2018 so bile pogoste in obilne padavine celo leto ter povprečne temperature. Obdobje april–junij je zaznamovalo toplo vreme z veliko padavinami, predvsem v obliki pogostih nalivov in neurij s točo. Tudi v maju je padlo veliko padavin; 168,4 mm, kar je za 77,5 mm več kot znaša dolgoletno povprečje. Tudi april je bil moker, padlo je 80,4 mm dežja. Junij so zaznamovali pogosti nalivi, plohe in neurja s točo, padlo je 110,4 mm dežja. Tudi poletje je bilo bogato s padavinami. Na referenčni postaji Spodnje Savinjske doline smo v obdobju junij–avgust zabeležili kar 379,6 mm dežja. Temperature so bile blizu dolgoletnega povprečja, 20,4 °C. V začetku avgusta smo zabeležili prvi vročinski val, ko so se maksimalne dnevne temperature dvignile nad 30 °C. Maksimalna dnevna temperatura prve dekade avgusta je znašala 31,2 °C. Drugi vročinski val smo zabeležili med 21. in 24. avgustom. V začetku septembra je bilo pravo poletno vreme z dovolj padavin (ARSO, 2020).

Zaradi ugodno razporejenih padavin namakanje ni bilo potrebno razen na lokaciji Logarska dolina, kjer smo trikrat namakali v obdobju med 1. in 7. julijem 2016, ker je bilo obdobje visokih temperatur in bi lahko enoletne mlade rastline propadle.

V letu 2016 so se enoletne rastline v večini dobro vrasle na vseh poskusnih lokacijah. Na vseh lokacijah smo pridobili toliko pridelka, da smo lahko preverili vsebnost eteričnega olja, ki je bila nad zahtevami Evropske farmakopeje (Ph. Eur, 2005). Maja 2017 smo na vseh lokacijah dosadili manjkajoče rastline. V letu 2017 smo na lokaciji Žalec enkrat namakali. Poskusni nasad na lokaciji Vrhnika in Logarska dolina nismo namakali. Ker je seme neenakomerno dozorevalo, smo ga ročno pobrali v dveh terminih v skladu z dozorevanjem (preglednica 1).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

V letih 2017 in 2018 smo na vseh lokacijah spomladi dosadili manjkajoče rastline (preglednica 2). Največ rastlin je propadlo na lokaciji Logarska dolina v letu 2018 zaradi voluharja; preživeli sta le 2 rastlini, od katerih smo pobrali pridelek in opravili kemijske analize. Nekaj šibkejših rastlin je propadlo na vseh lokacijah vsako leto. Da se temu izognemo, je potrebno posaditi močne in zdrave rastline, ki so dobro ukoreninjene.

Preglednica 2: Število propadlih/dosajenih rastlin v letih 2016 do 2018 na poskusnih lokacijah s komarčkom

Zdravilno zelišče	Lokacija	Število propadlih/dosajenih rastlin		
		2016	2017	2018
Komarček	Žalec	3	5	6
	Vrhnika	5	8	3
	Logarska dolina	3	3	30

V začetku septembra 2017 je bil na lokaciji Vrhnika komarček v različnih razvojnih fazah in sicer je 60 % rastlin še cvetelo, 40 % rastlin pa je imelo že formirano seme zelene barve. Zato smo pridelek pobrali v oktobru in novembru 2017.

V letu 2018 so na lokaciji Žalec rastline dosegle višino od 1,5–2,0 m (15. 6. 2018), ko so začele prehajati v fazo cvetenja. Konec avgusta 2018 je bilo 50 % rastlin v fazi tvorbe semena. Isti

dan je bilo na lokaciji Vrhnika 40 % rastlin na začetku cvetenja, ena pa je celo že zaključevala fazo cvetenja in že tvorila seme. 20 % rastlin je bilo zlomljenih. Vzrok je bila verjetno srnjad. Rastline so bile visoke do 1,20 m.

18. 7. 2018 so bile rastline v Logarski dolini še v vegetativni fazi. 20. 8. 2018 je 50 % nasada propadlo zaradi voluharja. Ostale rastline so nastopile fazo cvetenja.

Prisotnosti bolezni nismo zasledili. Škodljivci so naredili nekaj škode in sicer je voluhar v letu 2018 na lokaciji Logarski dolini opustošil nasad (pridelek je bil ničen). Na lokaciji Vrhnika so v letu 2018 zmanjšale pridelek ptice in srne, ki so spomladi pojedle mlade poganjke.

V prvem letu poskusa je bil pridelek na nižinski lokaciji z vključenim namakanjem za 35 % višji kot na drugi nižinski lokaciji (nagnjen teren brez namakanja) in za 31 % večji kot na višinski lokaciji (preglednica 3). Tudi v drugem letu poskusa je bil pridelek na lokaciji Žalec za 12 % večji v primerjavi z Vrhniko in v tretjem letu za 55 % višji kot na lokaciji Vrhnika. Dosežen pridelek je bil primerljiv podatkom iz literature (Wagner, 1997) na lokaciji Žalec v letih 2016 in 2018, v letu 2017 pa je bil za polovico nižji zaradi puhlih semen.

Na nižinski lokaciji Vrhnika je bil vsa tri leta poskusa pridelek približno polovičen glede na literaturo, vendar ne samo zaradi ne vključevanja namakanja po potrebi, ampak tudi zaradi propadlih rastlin zaradi divjadi. Vsebnost eteričnega olja je bila tudi na tej lokaciji po določilih Ph. Eur. Na višinski lokaciji (Logarska dolina) v drugem in tretjem letu poskusa ni bilo pridelka, ker je večino rastlin pojedel voluhar.

Na lokaciji Žalec je bil v letu 2018 pridelek 17,5 g/rastlino, kar je manj, kot navajata Valenčič in Spanring (2000), ki navajata 22,5 g/rastlino, kar lahko pripisujemo visokim temperaturam poleti 2018, ko so rastline cvetele oz. semenile. Količina eteričnega olja je bila na vseh treh lokacijah nad minimalno zahtevano po Evropski farmakopeji (4,0 mg/100 g vzorca). Najnižja je bila na lokaciji Žalec, 7,01 mg/100 g vzorca, in najvišja v Logarski dolini, 8,68 mg/100 g vzorca.

Preglednica 3: Rezultati kemičnih analiz in pridelka v poskusu s komarčkom glede na preučevano lokacijo in leto

Lokacija	Leto	Vlaga %	Et. olje (ml/100 g suhe snovi)	Pridelek (kg/100 m²)
Žalec	2016	6,2	6,18	9,5
Vrhnika		6,1	5,81	6,2
Logarska dolina		11,6	7,95	4,6
Žalec	2017	7,1	3,75	4,2
Vrhnika		8,8	7,03	3,7
Logarska dolina		7,6	6,76	-
Žalec	2018	11,2	7,93	7,0
Vrhnika		11,5	7,01	3,12
Logarska dolina		12,5	8,68	-
Zahteva po Ph.Eur. 5,0		Max 8,0	Min 4,00	

** Ph.Eur.=Evropska farmakopeja

V letu 2016 je bila vlaga na lokaciji Logarska dolina, v letu 2017 na lokaciji Vrhnika in v letu 2018 na vseh treh lokacijah nad določili Ph. Eur. Z dodatnim sušenjem lahko vsebnost vlage precej enostavno zmanjšamo, da ustreza določilom Ph. Eur.

Minimalna količina eteričnega olja je po določilih Evropske farmakopeje 4,00 mg/100, kar so vsi vzorci na vseh lokacijah v vseh letih dosegli in celo presegli razen v letu 2017 na lokaciji

Žalec, kjer je bila nižja od predpisane. Najvišja vsebnost je bila na lokaciji Logarska dolina v letih 2016 in 2018, v letu 2017 pa je bila vsebnost eteričnega olja najvišja na lokaciji Vrhnika. Na lokaciji Žalec je bila vsebnost eteričnega olja za polovico manjša v letu 2017 (3,75 mg/100 g suhe snovi) v primerjavi z letom 2016 (3,75 mg/100 g suhe snovi) in 2018 (7,93 mg/100 g suhe snovi), kar je verjetno posledica nenehnih in obilnih padavin (puhla semena), ki očitno rastlini ne ustrezajo. Na lokaciji Vrhnika in Logarska dolina ni bilo značilnih odstopanj med posameznimi leti, vendar je bila na lokaciji Logarska dolina v letih 2016 in 2018 najvišja vsebnost eteričnih olj v primerjavi z vsemi lokacijami.

4 SKLEPI

Na podlagi triletnih rezultatov (2016–2018) ugotavljamo, da je bilo pridelovanje komarčka najbolj optimalno na nižinski ravninski lokaciji z vključenim namakanjem po potrebi, kjer je bil pridelek največji v vseh treh preučevanih letih in primerljiv podatkom v literaturi. Sklepamo, da je namakanje pomemben dejavnik v pridelavi komarčka.

Ugotavljamo, da je nasade nujno potrebno dobro zavarovati pred škodljivci, saj so v naših poskusih veliko škodo naredili voluhar, divjad in ptiči, ki so pridelek prepolovili ali je bil ta celo ničen.

Vsebnost eteričnega olja je bila na vseh lokacijah v okviru zahtev Evropske farmakopeje, razen leta 2017 v Žalcu (puhlo seme), ko se seme ni formiralo ali pa je bilo slabo formirano zaradi nenehnih in obilnih padavin v času tvorbe semena.

Neenakomerno zorenje komarčka predstavlja dodatno oviro za pridelovanje na večjih površinah in pri strojnem spravilu pridelka. Seme komarčka smo namreč pobirali ročno v več terminih na vseh lokacijah.

Zahvala. Delo je nastalo v sklopu Strokovnih nalog v proizvodnji kmetijskih rastlin (leto 2016 in 2017) in Javne službe v vrtnarstvu (2018), ki jih financira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije.

5 LITERATURA

ARSO. 2020. Dostopno na: <http://www.arso.gov.si/vreme/>.

European Pharmacopoeia 5.0, 2005. Volume 2. Edquom. 1580-1581 s.

Smernice razvoja lokalne oskrbe z zelišči za obdobje 2016-2021, 2016. MKGP. Dostopno na: <https://www.gov.si/assets/ministrstva/MKGP/PODROCJA/KMETIJSTVO/RASTLINSKA-PRIDELAVA/VRTNARSTVO/Zelisca-Smernice.pdf>.

Petauer, T. 1993. Leksikon rastlinskih bogastev. Tehniška založba Slovenije. 216 s.

Valenčič, D., Spanring, J. 2000. Gojenje zdravilnih rastlin in dišavnic. 2. dopolnjena izdaja. IKS Portorož. 79-81 s.

Wagner, T. 1997. Pridelovanje zelišč. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo. 138-139 s.

Karakteristike vinogradov in kakovostni parametri grozdja in vina sorte 'Merlot' na aluvijih in terasah Vipavske doline – preliminarni rezultati za opredelitev vrhunskih leg

Alenka MIHELČIČ¹²¹, Andreja VANZO¹²², Paolo SIVILOTTI¹²³, Borut VRŠČAJ¹²⁴ in Klemen LISJAK¹²⁵

Izvleček

Tla, lega zemljišča in mikroklimatske razmere imajo pomembno vlogo v kakovosti grozdja in vina. Za opredelitev vrhunskih vinogradniških leg smo v Vipavski dolini v letih 2019 in 2020 preverili razlike v izbranih talnih in vinogradniških parametrih med vinogradi na flišnih terasah (n=7) ter na meljasto glinastih aluvijih dolin (n=7). Flišna tla vsebujejo manj talne organske snovi, več gline, finega melja in veliko grobega skeleta, ki povečuje zračnost, sušnost in zmanjšuje kapaciteto tal za zadrževanje vode v primerjavi z ilovnatimi, gostimi in pretežno neskeletnimi tlemi aluvijev. Posledično so trte na terasah v vegetacijski dobi v večjem vodnem deficitu kot trte na aluvijih, kar se kaže v manjši listni masi, manjšem pridelku ter temnejši barvi groznih pečk. Zaradi vpliva metabolitov grozdja na senzoriko vina, smo v letu 2019 v mikroviniificiranih vinih iz vinogradov na terasah (n=5) in v dolinah (n=5) preverili razlike v fizikalno-kemijskih parametrih, vsebnosti ekstrahibilnih proantocianidinov in antocianov ter v strukturnih lastnostih proantocianidinov. Vina iz teras so vsebovala več skupnega ekstrakta, antocianov in proantocianidinov, ki so imeli drugačne strukturne lastnosti: večji delež galoilacije, manjši delež prodelphinidinov ter manjšo stopnjo polimerizacije. Preliminarni rezultati kažejo na razlike v izbranih talnih in vinogradniških parametrih ter najpomembnejše, v kemijski sestavi in senzoričnih lastnostih vin sorte 'Merlot'.

Ključne besede: Vipavska dolina, terase, tla, fliš, Merlot, vodni potencial trt

Vineyards characteristics and grapes and wine quality parameters of 'Merlot' variety on alluviums and terraces of the Vipava Valley – preliminary results for the definition of top-quality locations

Abstract

Soil, location and microclimatic conditions play an important role in the quality of grapes and wine. To determine locations for top-quality wines production, in 2019 and 2020 selected soil, viticultural parameters and water status of vines between flysch terraces (n=7) and alluviums (n=7) in Vipava Valley were studied. Flysch soils contain less soil organic matter, more clay, fine silt and a lot of coarse skeleton, that increases airiness, dryness and reduces the water holding capacity of the soil compared to clayey, dense and predominantly non-skeletal alluvial soils. Consequently, vines on the terraces were in greater water deficit during the growing season, which was reflected in lower leaf area, yield and darker seed color. Due to grape metabolites importance on wine sensory, the differences in physicochemical parameters, content of extractable proanthocyanidins and anthocyanins and in proanthocyanidin structural characteristics between vintage 2019 from terraces (n=5) and from valleys (n=5) were studied. The wines from terraces contained more total extract, anthocyanins and high molecular weight proanthocyanidins. Wine proanthocyanidins from terraces had higher proportion of galloylation, lower proportion of prodelphinidins and a lower degree of polymerization. Preliminary results showed differences in selected soil and viticulture parameters, in chemical composition and sensory properties of 'Merlot' wines.

Key words: Vipava Valley, terraces, soil, flysch, Merlot, vine water potential

¹²¹ Mag. ekol. biod., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: alenka.mihelcic@kis.si

¹²² Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: andreja.vanzo@kis.si

¹²³ Dr., Univerza v Udinah, Italija, e-pošta: paolo.sivilotti@uniud.it

¹²⁴ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: borut.vrscaj@kis.si

¹²⁵ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: klemen.lisjak@kis.si

1 UVOD

V vinorodnem okolišu Vipavske doline je v letu 2020 od prijavljenih 2161 ha vinogradov 1279 ha terasiranih, kar predstavlja 59,2 % vseh vinogradniških površin (MKGP-RPGV, 2020). Tri petine Vipavske doline prekrivajo flišne kamnine (Kladnik in Natek, 1998). Flišni sedimenti spadajo med sedimentne kamnine, za katere je značilno menjavanje različnih plasti laporja in peščenjaka. Lapor je sive do rumenkaste barve in nastane s sprijemanjem zrn melja, gline, apnenca ali dolomita in tako poleg glinenih mineralov vsebuje tudi kalcit ali dolomit. Peščenjak sestavlja pretežno droben kremenčev pesek velikosti 0,1 mm do 2 mm, vezan s karbonatnim vezivom. Zaradi različne stopnje erozije so na nekaterih delih plasti fliša zelo tanke ali so povsem izginile (Ažman Momirski in sod., 2008). Fliš kot sedimentna formacija hitro razpada in je geološko slabše stabilna hribina, ki hitro in globoko prepereva. Tla na flišu so pretežno srednje globoka, mestoma plitva in občutljiva na erozijo. Flišni skladi so srednje prepustni za vodo, medtem, ko je lapor za vodo slabo prepusten (Zorn, 2008). Rastišče vinske trte (*Vitis vinifera* L.) predstavlja antropogen ekosistem, v katerem je vinska trta v interakciji s talnimi in klimatskimi razmerami, ki v veliki meri pogojujejo stil ter kakovost vina (Van Leeuwen in sod., 2018).

Vinogradniki in vinarji vina iz flišnih terasiranih pobočij opisujejo kot senzorično prijetnejša, bolj polna in bogata v primerjavi z vini iz vinogradov v dolinah. Za samo senzorično zaznavnost so pomembnejše spojine s C6-C3-C6 skeletom, fenolne spojine, med katere štejemo flavan-3-ole, proantocianidine, in antociane. Flavan-3-oli grozdja so katehin, epikatehin, galokatehin, epigalokatehin in epikatehin-3-O-galat. Proantocianidini, oziroma kondenzirani tanini in antociani so eni izmed pomembnejših polifenolov rdečega grozdja, ki odločilno vplivajo na kakovost vina (Vrhovšek in sod., 2002). Za grenkobo in trpkost so odgovorni proantocianidini (Agh, 1992), medtem ko so antociani rdeča barvila, odgovorna za barvo vina (Haslam, 1998). Poznavanje in zavedanje o naravnih danostih okolja je bistveno za pridelavo vin visoke in vrhunske kakovosti, saj le poglobljeno znanje o vplivu okoljskih dejavnikov omogoča ključno načrtovanje ter izboljšanje vinogradniških in vinarskih del.

Z rezultati raziskave želimo poudariti pomen vinogradov na terasastih in strmih legah ter podati smernice za opredelitev vrhunskih leg za pridelavo rdečih vin vrhunske kakovosti.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Na območju vinorodnega podokoliša spodnje Vipavske doline smo na relativno majhnem območju v polmeru okrog 3 km v bližini Dornberka izbrali sedem vinogradov sorte 'Merlot' na flišnih terasah in sedem v dolinah. Vinogradi v dolinah so bili izbrani glede na tla (meljasto glinasti aluviji), vinogradi na terasah pa poleg tal (fliš) tudi glede na naklon (najmanj 25 %). S ciljem čim boljšega poenotenja vinogradniških parametrov, smo pri izbiri upoštevali lego, vzgojno obliko, usmerjenost vrst, starost ter klon trt.

V vsakem vinogradu smo določili tri odvzemna mesta (v nadaljevanju 'bloki') ter označili 10 do 15 reprezentativnih trt za vinograd. V primerjanih vinogradih smo v letu 2019 in 2020 poenotili fenološke karakteristike vinske trte ter uravnotežili število aktivnih in neaktivnih oces, število poganjkov in grozdov ter razmerje med listno površino in število grozdov oz. pričakovanim pridelkom. Z uravnoteženim razlistanjem in vzorčenjem grozdnih jagod iz vseh strani grozdov smo zmanjšali učinek osončenja.

Površino listne mase (m^2) smo določili z izračunom površine listne mase na treh trtah v vsakem bloku tako, da smo pomnožili povprečno listno površino mladike s številom mladik na trti (Sivilotti in sod. 2016; Sivilotti in sod., 2020). S pomočjo merjenja ksilemskega potenciala

stebila (Ψ_{stem} , MPa) s tlačno (Scholander-jevo) komoro (Scholander in sod., 1964) smo od maja do trgatve 4 krat v sezoni spremljali vodni status trt stebila (SWP). Vodni potencial smo izmerili na 4 listih v vsakem bloku, skupaj na 12 listih v vsakem vinogradu, tako, da smo liste vinske trte prekrili s plastično vrečko in aluminijasto folijo, na ta način prekinili transpiracijo in izenačili vodni potencial lista z vodnim potencialom stebila (Ψ_{stem}) (Deloire in Heyns, 2011). Meritve smo izvedli med 12. in 14. uro.

Vzorke tal smo odvzeli s sondo za jemanje talnih vzorcev do globine 40 cm na petih mestih posameznega bloka (v treh blokih na vinograd) v vseh preučevanih vinogradih. Za nadaljnje analize smo zračno suhe vzorce presejali skozi 2 mm sito. Organski ogljik v tleh smo določili z oksidacijo v raztopini kalijevega dikromata v presežku in žveplene kisline pri temperaturi 135 °C v skladu s standardom ISO 14235:1999. Teksturo tal (% gline (< 2 μm), % grobega melja (20 - 50 μm), % finega melja (2 - 20 μm), % finega peska (50 - 200 μm), % grobega peska (200 - 2000 μm)) smo določili s sedimentacijsko-pipetno metodo (Janitzky, 1986) z upoštevanjem ameriške teksturne klasifikacije.

Ob trgatvi smo ocenili pridelek tako, da smo v vsakem vinogradu v vsakem od treh blokov na treh trtah prešteli ter stekali vse grozde (masa / kg) na trto. Naključno smo vzorčili po 100 grozdnih jagod na blok in v moštu izmerili fizikalno-kemijske parametre (sladkor, skupne titracijske kisline (g/L vinske kisline), jabolčna kislina (g/L), pH vrednost) z uporabo klasičnih in encimskih metod (OIV, 2018). Z vizualno oceno smo s pomočjo barvnega kolesa semenskega ovoja grozdnih pečk določili barvo grozdnih pečk ter iz povprečja barve dorzalne in ventralne strani pečk določili oceno zrelosti grozdnih pečk (Fredes in sod., 2010).

Iz pet terasnih in pet dolinskih vinogradov smo v letu 2019 mikroviniificirali po približno 5 kg grozdja na blok ($n=3$ na vinograd). V anaerobni atmosferi smo ročno pecljano grozdje ročno drozgali pri temperaturi od 4-8 °C. Po dvodnevni hladni maceraciji smo grozdje macerirali skupno 15 dni in pri tem 1-2x dnevno potapljali klobuk. Moštu smo drugi maceracijski dan dodali kvasovke (20 g/100 kg; F15, Laffort, Francija) ter kvasovkam dostopni dušik v obliki diamonijevega fosfata (DAP, 20 g/hL). Po končanem alkoholnem vrenju in 15 – dnevni maceraciji smo drozgo odcedili, po 24 h sedimentaciji grobih droži na 4 °C in pretoku izpeljali mlečnokislinsko fermentacijo z dodatkom kulture mlečnokislinskih bakterij vrste *Oenococcus oeni* (1 g/hL; Laffort, Francija). Po končani mlečno kislini fermentaciji smo vinu dodali 30 mg/L SO_2 ter vino po ponovnem pretoku hranili pri temperaturi 15 °C.

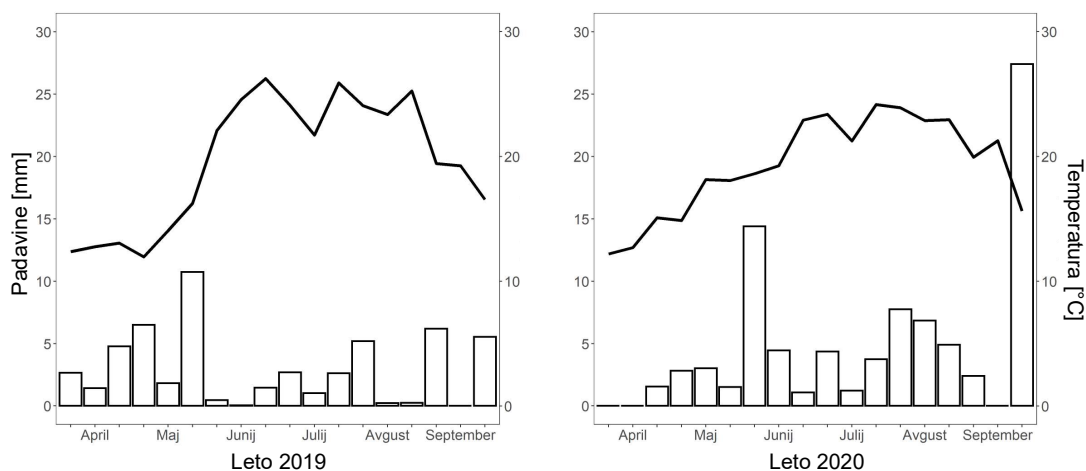
S pomočjo kemijskih in encimskih metod smo določili fizikalno-kemijske parametre v vinu (dejanski alkohol (vol %), pH vrednost, skupni suhi ekstrakt (g/L), reducirajoči sladkor (g/L), relativna gostota pri 20°C, skupne titracijske kisline (g/L vinske kisline), hlapne kisline (g/L), prosta žveplasta kislina (mg/L), skupna žveplasta kislina (mg/L), pepel) po standardnih OIV (OIV, 2018) in priporočenih metodah EU (Commission regulation (EC), 2005). Z uporabo spektrofotometra (Agilent 8453, Agilent Technologies) smo v vinu na osnovi maksimalne absorbance v vidnem območju med 536 in 542 nm določali skupne antociane (mg/L) (Di Stefano in sod., 1989; Rigo in sod., 2000), visoko molekularne proantocianidine (HMWP; mg/L cianidina) po metodi Rigo in sod. (2000) ter nizko molekularne proantocianidine in katehine (LMWP; mg/L (+)-katehina) po vanilin-HCl metodi (Broadhurst in Jones, 1978, Di Stefano in sod., 1989, Rigo in sod., 2000). Strukturne karakteristike proantocianidinov, ki vključujejo povprečno stopnjo polimerizacije (mDP – mean degree of polimerisation), odstotek galoilacije (% G) ter odstotek prodelfinidinov (% P) smo s predhodno ekstrakcijo vina na trdni fazi in kislinsko katalizirano razgradnjo s flouroglucinolom kot nukleofilnim reagentom (Chira in sod., 2012) določili z uporabo tekočinske kromatografije visoke ločljivosti z detektorjem z nizom diod in masnim spektrometrom UHPLC-DAD-MS/MS (Lisjak in sod., 2019; Sivilotti in sod., 2020)

Podatke o povprečni dnevni količini padavin ter temperaturi za meteorološko postajo Bilje smo pridobili iz arhiva Agencije RS za okolje (ARSO, 2020). Povprečne mesečne podatke temperature in padavin smo razdelili v tri obdobja po približno 10 dni za posamezen mesec v času vegetacijske dobe trte (od 1.4. do 30.9.) za leto 2019 in 2020 (Slika 1).

Zbrane podatke smo statistično analizirali v programu R 3.5.0 (R Core Team, 2016) in grafe izrisali s funkcijami v paketu R ggplot2 (Wickham, 2009). S primerjavo dveh neodvisnih vzorcev smo preverili razlike med terasami in dolinami v analiziranih podatkih o pridelku, listni masi, parametrih tal, grozdja in vina ter vodnim statusom trt. Za boljšo vizualizacijo smo statistično značilne parametre analizirali in prikazali z analizo glavnih komponent (PCA). V prvi analizi PCA (Slika 3) smo vključili vodni status trt v avgustu 2019 in 2020, vinogradniške parametre (listna masa, masa grozdov, število grozdov) ter parametre tal (% organske snovi, tekstura). En dolinski vinograd na aluviju smo iz analize zaradi pomanjkanja podatkov o pridelku izključili. V drugo analizo PCA (Slika 4) smo vključili statistično značilno različne fizikalno-kemijske parametre grozdja (masa 100 jagod, jabolčna kislina, ocena barve jagodnih pečk), vina (pepel, skupni suhi ekstrakt), vsebnost antocianov, HMWP ter strukture proantocianidinov (% P, % G, mDP) v vinu 2019 ter vodni potencial trt v avgustu istega leta.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

V letu 2019 so bile temperature v aprilu in maju nižje, z večjo količino padavin kot leta 2020. Od junija do septembra 2019 je bilo padavin manj kot v letu 2020, predvsem v avgustu. Prav tako so bili od konca junija do konca avgusta 2019 kar trije vročinski valovi s povprečjem desetih dni nad 25 °C (konec junija, konec julija ter konec avgusta). Temperature so bile v letu 2020 stabilnejše, z manjšimi nihanji, deset dnevno povprečje pa ni presegalo 25 °C.

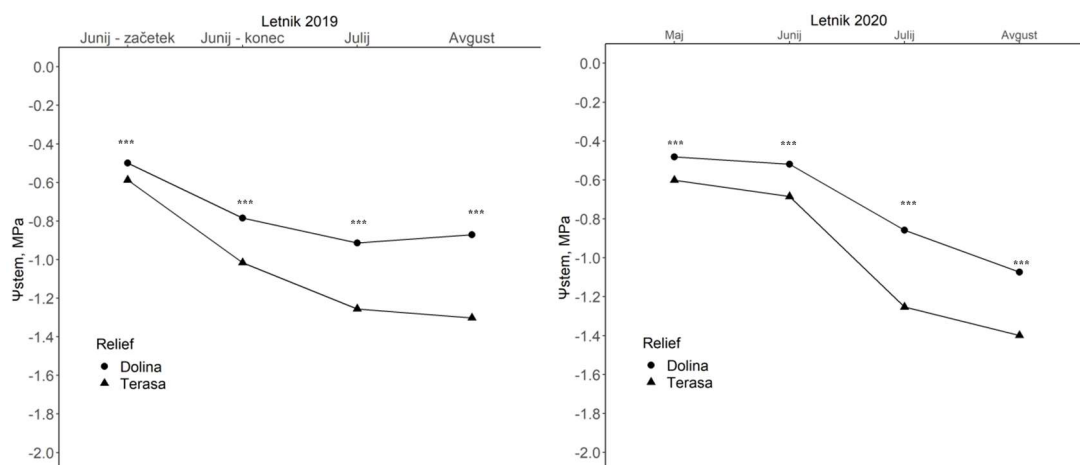


Slika 17: Mesečne padavine (stolpci) in povprečna dnevna temperatura (linija) od 1.4. do 30.9. za leto 2019 in 2020 za Bilje (ARSO, 2020).

Med tratami na terasah in trtami v dolinah je bila razlika v vodnem potencialu stebela med celotno vegetacijsko dobo v obeh letih statistično značilna (t-test, $p < 0,001$).

V primeru meritev vodnega potenciala stebela izmerjene vrednosti od 0 do -0,8 MPa za trto ne predstavljajo vodnega deficita, vrednosti od -0,8 do -1 MPa zmeren deficit, od -1 do -1,4 MPa blag, od -1,4 MPa naprej pa močan deficit, ki se kaže v zmanjšani ali celo prekinjeni fotosintetski funkciji (van Leeuwen in sod., 2009). Trte so bile med celotno vegetacijsko dobo

v večjem vodnem deficitu na terasah v primerjavi s trtami dolinskih vinogradov. V letu 2019 smo z vzorčenji vodnega statusa zaradi padavin (slika 1) pričeli v začetku junija, rezultati pa so primerljivi z rezultati na koncu maja v letu 2020. Največje razlike v meritvah med leti so bile v izmerjenih vrednostih na koncu junija in sicer so bile trte v večjem vodnem deficitu ne glede na relief v letu 2019 (– 1,02 MPa terase, – 0,78 MPa aluviji) v primerjavi z letom 2020 (– 0,69 MPa terase, – 0,51 MPa aluviji), kar bi lahko bila posledica deževja v začetku junija 2020 (Slika 1). Ob koncu meseca avgusta, ko je bil vodni deficit na vrhuncu, je bilo povprečje vodnega potenciala trt na obeh reliefih kljub več padavinam v letu 2020 med leti primerljivo. Vodni potencial je bil na terasah v letu 2019 – 1,3 MPa, v letu 2020 pa – 1,34 MPa in na aluvijih – 0,87 MPa v letu 2019, v letu 2020 pa so bile vrednosti nekoliko nižje, – 1,07 MPa.

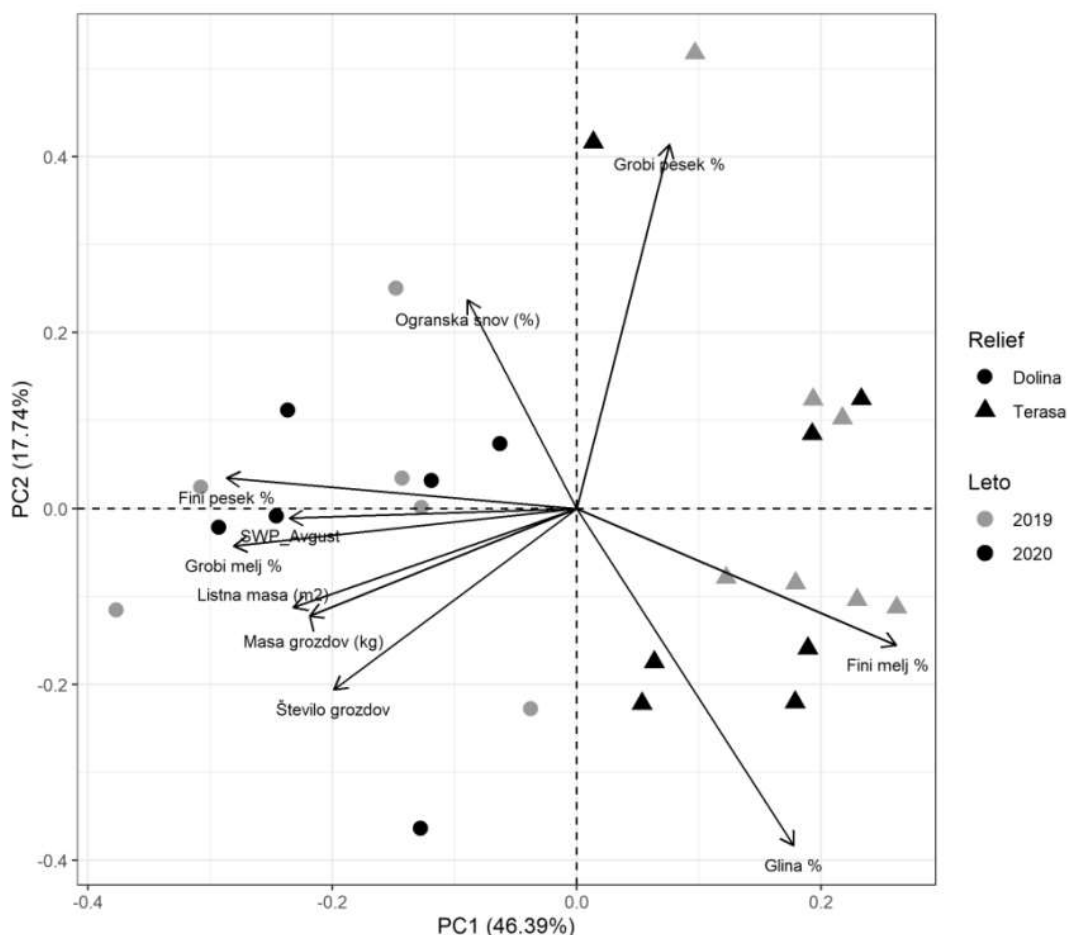


Slika 18: Razlika v vodnem potencialu stebel (SWP) trte (Ψ_{stem} , MPa) iz teras in dolin, merjenim štirikrat v rasti sezoni vinske trte. ***, t -test, $p < 0,001$.

Analiza osnovnih komponent (PCA) izbranih talnih in vinogradniških parametrov na oseh PC1 in PC2 pojasnjuje 17,74 % ter 46,39 % skupne variance (Slika 3). Lokacije na terasah so neodvisno od letnika zbrane na desni strani slike, lokacije v dolinah pa na levi. Iz slike je razvidno, da imajo tla na terasah večji delež grobega peska, finega melja in gline v primerjavi s tlemi lokacij v dolinah na aluvijalnih tleh. Aluvialna tla vsebujejo večji delež finega peska, grobega melja ter več talne organske snovi. Za tla bogata z organsko snovjo je značilen večji pridelek vinske trte (Karakis, 2017), kar potrjujejo tudi naši rezultati. Iz slike 3 je razvidno, da so imeli dolinski vinogradi na aluvijih v obeh letih večjo listno maso ter večjo maso in število grozdov.

V izbranih preučevanih vinogradih evtrična rjava tla na aluvialnih nanosih vsebujejo zanemarljiv delež skeleta, evtrična oz. karbonatna tla na flišu pa so močno skeletna, saj vsebujejo tudi do 80 % skeleta. Od velikosti talnih delcev so odvisne fizikalne, kemijske in biotske lastnosti tal. Med velikimi talnimi delci nastajajo velike in srednje velike pore, kar vpliva na prepustnost, zračnost, kapaciteto tal za zadrževanje vode ter naseljevanje živih organizmov (Suhadolc in sod., 2008). Skeletna tla vsebujejo več kamninskih delcev, večjih od 2 mm, ki predstavljajo zgornjo mejo velikosti osnovnih teksturnih delcev. V tleh ima skelet velik vpliv na vodne in zračne lastnosti tal (Lal in Shukla, 2004). Zaradi velikega deleža različno velikih delcev skeleta na flišnih terasah predvidevamo, da so tla na terasah močno prepustna za vodo, saj so navadno tla z visokim deležem skeleta grobo strukturirana, imajo večje pore, nižji matriksni potencial in manjšo sposobnost za zadrževanje vode v primerjavi s

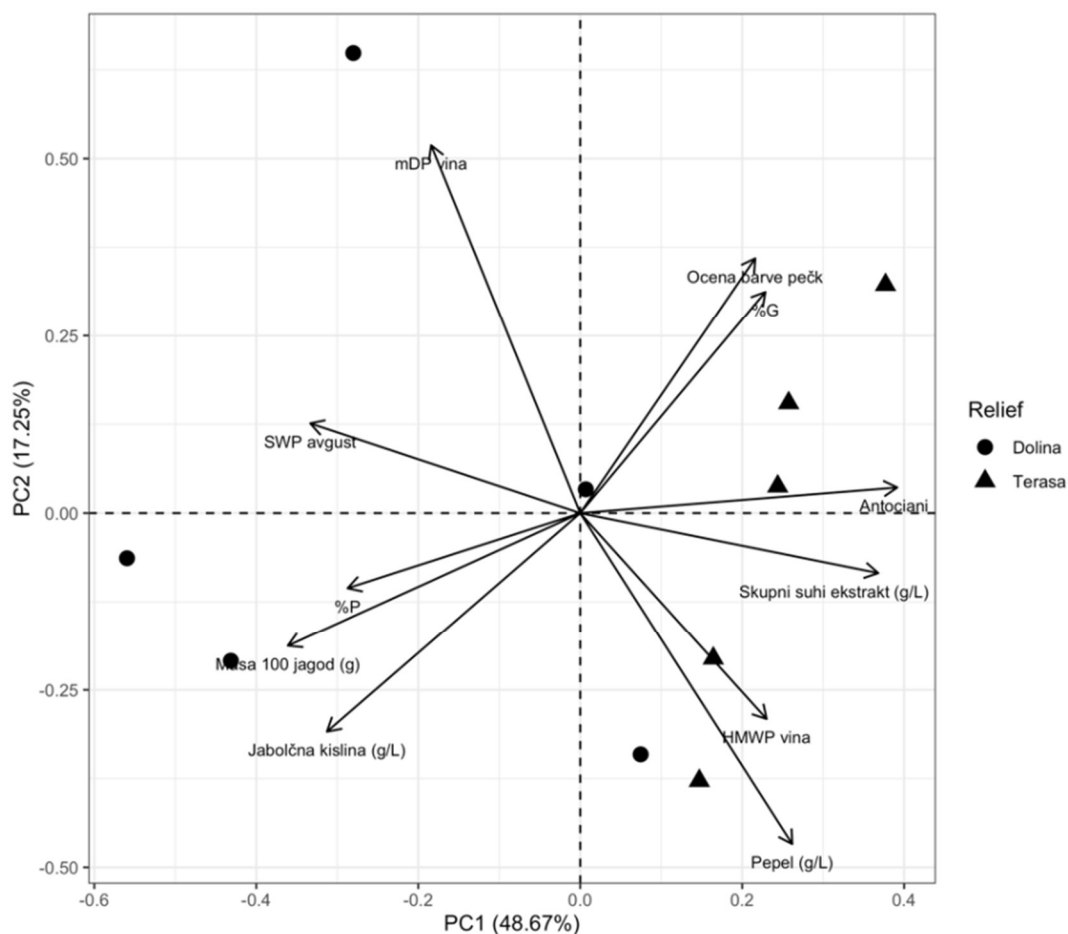
tlemi težje teksture, ki imajo običajno manjše pore, višji matriksni potencial in večjo sposobnost zadrževanja vode, kar posledično bistveno vpliva na vodni status trt (Whalley in sod., 2013). Nizka sposobnost zadrževanja vode je navadno povezana z manjšo sintezo listne mase, nižjim pridelkom vinske trte, manjšim številom ter manjšo velikostjo jagod, kar pa vpliva na višjo vsebnost fenolov v grozdju in vinu (Smart, 2014). Zaradi pomembnega vpliva teh talnih lastnosti bi bilo v nadaljnjih raziskavah potrebno preveriti tudi delež skeleta v tleh ter ovrednotiti sposobnost tal za zadrževanje vode.



Slika 19: Analiza glavnih komponent (PCA) vodnega potenciala trt avgusta 2019 in 2020, analiziranih statistično različnih podatkov o pridelku in listni masi v letih 2019 in 2020 ter izbranih talnih parametrov.

Metoda PCA analiziranih parametrov grozdja in vina letnika 2019 (Slika 4) je na oseh PC1 in PC2 pokazala 48,67 % in 17,25 % skupne variance. Iz projekcije vinogradov je razvidna razlika med parametri grozdja in vina na terasah in v dolinah. Barva pečk grozdja iz teras je bila ocenjena za temnejšo, kar nakazuje na boljšo fenolno zrelost. Vina iz teras, ki ležijo na desni strani slike, so imela večje vsebnosti antocianov, visokomolekularnih proantocianidinov ter večji % G. Prav tako so vina iz teras vsebovala več skupnega ekstrakta in pepela, ki pozitivno vplivata na polnost vina in boljšo senzorično oceno. Trte vinogradov aluvialnih tal v dolinah, ki ležijo na desni strani slike, so bile avgusta 2019 v manjšem vodnem deficitu, imele so večjo

maso jagod ter večjo vsebnost jabolčne kisline v grozdju, proantocianidini v mikroviničiranem vinu iz dolin pa so imeli večji % P in večji mDP. Med drugim vidimo tudi, da obstaja pozitivna korelacija med višjo oceno barve pečk in večjim % G ter med manjšo maso jagod in nižjim % P. Zaradi slabših vodo-zadrževalnih sposobnosti tal na terasah so trte na terasah v večjem vodnem deficitu v primerjavi s trtami na globokih, meljasto glinastih aluvijalnih tleh. Slabše izražen vodni deficit pozitivno vpliva na fenolno sestavo grozdja. To potrjuje tudi Calderan (2021), ki je ugotovil, da imajo v primeru blagega vodnega deficita jagodne kože in pečke večji delež % G, poleg tega pa kože vsebujejo tudi večjo vsebnost antocianov. Večja vsebnost proantocianidinov in antocianov pomenijo boljši kakovostni potencial vina ter posledično boljšo senzorično oceno. Večja koncentracija taninov (HMWP) in večji % G v vinih prispevata k večji trpkosti (Lisjak in sod., 2019), kar v primeru naše raziskave lahko pozitivno vpliva na polnost in potencial staranja vin, pridelanih na terasah. Preliminarni rezultati senzorične analize (niso prikazani v tem prispevku) so potrdili večjo trpkost in boljšo skupno oceno vin iz teras.



Slika 20: Analiza glavnih komponent (PCA) vodnega potenciala trt v avgustu 2019 in analiziranih statistično različnih parametrov grozdja ter vina letnika 2019.

4 SKLEPI

Vinogradi na terasah so bili v obeh raziskovanih letnikih v večjem vodnem deficitu v primerjavi z vinogradi na aluvialnih tleh dolin Vipavske doline, kar je posledica predvsem sposobnosti tal za zadrževanje vode. Močno skeletna tla na terasah sicer vsebujejo pomemben delež gline, finega melja ter grobega peska, a so hitro odcedna in imajo v primerjavi z evtričnimi rjavimi meljasto – glinastimi aluvialnimi tlemi dolin manjšo sposobnost zadrževanja vode. Kot posledica razlik v rastišču vinske trte na relativno majhnem območju, so se pokazale tudi razlike v pridelku ter listni masi, ki sta bila manjša pri trtah teras v primerjavi s trtami v dolinah. V povprečju je bil pridelek na terasah manjši za približno 40 % kot v dolinskih vinogradih. Pečke grozdnih jagod iz vinogradov na terasah so imele v primerjavi s pečkami grozdnih jagod vinogradov iz dolin temnejšo barvo, kar nakazuje na boljšo fenolno zrelost. Vina na terasah so vsebovala več skupnega suhega ekstrakta in pepela, antocianov in taninov (HMWP) ter večji % G v primerjavi z vini grozdja dolinskih vinogradov, kar bi lahko vplivalo na večji kakovostni potencial ter posledično višjo senzorično oceno. Razlike med rastišči na dveh izrazito reliefno različnih tipih vinogradniških zemljišč potrjujejo pomembne vplive reliefnih in talnih dejavnikov na kakovost pridelka. Nadaljnja znanja o vplivih izbranih parametrov tal in zemljišč ter njihovih učinkih na fenolno zrelost grozdja so ključna za pridelavo visoko kakovostnih vin ter za vrednotenje in rajonizacijo vinogradniških zemljišč sorte 'Merlot' ter ostalih rdečih sort grozdja.

5 LITERATURA

- ARSO. 2020. Agencija Republike Slovenije za okolje. www.arsto.gov.si (2. november 2020)
- Agh, L. 1992. Flavour, colour and stability in fruit products: the effect of polyphenols. V: Plant Polyphenols. Hemingway R.W. in Laks P. E. (ur). New York, Plenum: 827-837
- Ažman, Momirski L., Kladnik, D., Komac, B., Petek, F., Repolusk P., Zorn M. 2008. Terasirana pokrajina Goriških Brd. Ljubljana: 197 str.
- Broadhurst, R.B., Jones, W.T. 1978. Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. Journal of the Science of Food and Agriculture, 29(9): 788-794
- Calderan, A., Sivilotti, P., Braidotti, R., Mihelčič, A., Lisjak, K., Vanzo, A. 2021. Managing moderate water deficit increased anthocyanin concentration and proanthocyanidin galloylation in »Refošk« grapes in Northeast Italy. Agricultural water management, 246: 106684
- Chira, K. Joudes, M., Teissedre, P.L. 2012. Cabernet sauvignon red wine astringency quality control by tannin characterization on polymerization during storage. European food research and technology, 234: 235-261
- Commission Regulation (EC), No. 355/2005 of 28 February 2005 amending Regulation (EEC) No. 2676/90 determining Community methods for the analysis of wines. 2005. Official journal of the European union, 48, L 56: 3- 77
- Deloire, A., Heyns, D. The leaf potentials: Principles, method and thresholds. WineLand: 129-131
- Di Stefano, R. Guidoni, S. 1989. The analysis of total polyphenols in musts and wines. VigneVini, 1/2: 47-52
- Fredes, C., Von Bennewitz, E., Holzapfel, E., & Saavedra, F. 2010. Relation between seed appearance and phenolic maturity: A case study using grapes cv. Carménère. Chilean journal of agricultural research, 70(3), 381-389
- Haslam, E. 1998. Practical Polyphenolics. From Structure to Molecular Recognition and Physiological Action. Cambridge, Cambridge University Press: 440 str.
- Janitzky, P. 1986. Particle-size analysis. V: Field and laboratory procedures in a soil chronosequence study. Singer M.J., Janitzky P. (eds.). Reston, U.S. Geological Survey Bulletin: 11-16 str.
- Lal, R., Shukla, M. K. 2004. Principles of soil physics. 1st iz CRC Press: 716 str.
- Lisjak, K., Lelova, Z., Žigon, U., Velikonja Bolta Š., Teissedre P.L., Vanzo A. 2019. Effect of

- extraction time on content, composition and sensory perception of proanthocyanidins in wine-like medium and during industrial fermentation of Cabernet Sauvignon. *Journal of the science of food and agriculture*: 10.1002/jsfa.10189
- Karakis, S. 2017. Terroir studies in Washington and Wisconsin American viticultural areas. Doktorska disertacija. Wisconsin, University of Wisconsin-Milwaukee: 120 str.
- Kladnik, D., Natak, M. 1998. Vipavska dolina. V: Slovenija, pokrajina in ljudje. Orožen Adamič M. (ur.). Založba Mladinska knjiga, Ljubljana, str: 222-233.
- MKGP. 2020. Register pridelovalcev grozdja in vina (RPGV). Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (izpis iz baze podatkov, oktober 2020)
- OIV. 2018. Compendium of interantional methods of analysis of wines and musts. Vol 1. Paris, O.I.V. - International organisation of vine and wine: loč. pag.
- R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>
- Rigo, A., Vianello, F., Clementi, G., Rossetto, M., Scarpa, M., Vrhovšek, U., Mattivi, F. 2000. Contribution of proanthocyanidins to the peroxy radical scavenging capacity of some Italian red wines. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48: 1996-2002
- Scholander, P.F., Hemmingsen, E.A., Hammel, H.T., Bradstreet E.D.P. 1964. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. *The Proceedings of the National Academy of Sciences*, 52: 119-125
- SIST ISO 14235: 1999 Soil quality – Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation. International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- Sivilotti, P., Herrera, J. C., Lisjak, K., Baša Česnik, H., Sabbatini P., Peterlunger E., Castellarin S.D. 2016. Impact of leaf removal, applied before and after flowering, on anthocyanin, tannin, and metoxypyrazine concentrations in Merlot (*Vitis vinifera* L.) grapes and wines. *Journal of agricultural and food chemistry*, 64(22): 4487-4496
- Sivilotti, P., Falchi, R., Vanderweide, J., Sabbatini, P., Bubola, M., Vanzo, A., Lisjak, K., Peterlunger, E., Herrera, J. C. 2020. Yield reduction through cluster or selective berry thinning similarly modulates anhtocyanins and proanthocyanidins composition in Refosco dal peduncolo rosso (*Vitis vinifera* L.) grapes. *Scientia Horticultura*, 264: 1-9
- Smart, D. R., Cosby Hess, S., Plant, R., Feihn, O., Heymann, H., Ebeler, S. 2014. Geospatial variation of grapevine water status, soil water availability, grape composition and sensory characteristics in a spatially heterogeneous premium wine grape vineyard. *SOIL discussion*, 1: 1013- 1072
- Suhadolc, M., Ruprecht, J., Zupan, M. 2008. *Nauk o tleh. Študijsko gradivo za vaje*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 49 str.
- Van Leeuwen, C., Jean-Philippe, R., de Rességuier. 2018. Soil-related terroir factors: a review. *Oeno One*, 52, 2: 173 – 188
- van Leeuwen, C., Trégoat, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D., Gaudillère J.-P. 2009. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? . *Journal international des sciences de la vigne et du vin*, 43: 121-134
- Vrhovšek, U., Vanzo, A., Koruza, B., Korošec – Koruza, Z. 2002. Polifenolni potencial slovenskega rdečega grozdja. Polyphenolic potential of Slovenian red grapes. V: *Vinogradi in vina za tretje tisočletje?*. Puconja M (ur.). Ljubljana, Strokovno društvo vinogradnikov in vinarjev Slovenije; Ljutomer, Zveza društev vinogradnikov in vinarjev Slovenije; Celje, Poslovna skupnost za vinogradništvo in vinarstvo Slovenije, 359–367 str.
- Whalley, W. R., Ober, E. S., Jenkins, M. 2013. Measurement of the matric potential of soil water in the rhizosphere. *Journal of experimental botany*, 64, 13: 3951-3963
- Wickham, H. 2009. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. 1st ed. New York, Springer: 213 str.
- Zorn, M. 2008. *Erozijski procesi v Slovenski Istri*. Ljubljana, Zalžba ZRC: 423 str.

Ozelenjevanje tal v vinogradih v mediteranski klimi

Tanja ZRNEC DROBNJAK¹²⁶, Vesna ZUPANC¹²⁷ in Helena GRČMAN¹²⁸

Izvleček

Uporaba ozelenitve tal v trajnostnem kmetijstvu se je po svetu v preteklosti izkazala kot učinkovit ukrep za zaščito in izboljšanje kakovosti tal. V vinogradih s trajno ozelenjenim medvrstnim prostorom se poveča organska masa in s tem izboljšajo lastnosti tal, kot je na primer struktura. Rastlinski pokrov učinkovito preprečuje erozijo. Ukrep ozelenjevanja tal je pogost na območjih z zmerno toplim in celinskim podnebjem. Dilema o ozelenitvi tal se pojavi v vinogradih z mediteransko in submediteransko klimo, kjer večina padavin pade v zimskih mesecih, v času rastne sezone pa pride do primanjkljaja vode. Zaradi manj dostopne vode je odnos vinske trte do zelenega pokrova kompleksnejši, vendar s prilagojeno obdelavo med vinsko trto in zelenim pokrovom konkurence pri oskrbi z vodo, ki bi vplivala na rast vinske trte in pridelek, ni. Preverili smo, kakšna so izhodišča za aplikacijo tega ukrepa na območju Obalno kraške regije. Na obravnavnem območju smo identificirali štiri različne načine obdelave tal medvrstnih prostorov vinogradov. Priporočljiva je kratkotrajna ozelenitev ali izmenična ozelenitev vsake druge vrste ter pogostejše mulčenje in košnja po potrebi. S tem dosežemo izboljšanje lastnosti oziroma ohranjanje rodovitnosti tal ter preprečevanje erozije ob zmanjšani nevarnosti sušnega stresa vinske trte zaradi kompeticije zelenega pokrova za vodo.

Gljučne besede: ozelenitev tal, vinograd, obdelava medvrstnega prostora, lastnosti tal, izpiranje hranil, erozija

Green cover in vineyards in Mediterranean climate

Abstract

The use of green cover in sustainable agriculture has proven to be effective in the past for preservation and improvement of soil quality. In vineyards with permanently green inter-row space, organic matter increases and soil properties, such as the basic soil structure, generally improve. Turf also effectively prevents erosion. The use of green cover is therefore widespread in areas with temperate and continental climate. Dilemma about the use of cover crop arises in vineyards with a Mediterranean and sub-Mediterranean climate, where most rainfall falls in the winter months and there is a water shortage during the growing season. Due to less accessible water, the relationship of vine to green cover is more complex, but with adapted treatment direct competition for water, that would be detrimental for vine growth and yield, can be avoided. We evaluated what are general conditions on a coastal-carst region for applying this measure in practice. Recommended soil management practice is short-term green cover or alternating grass cover and bare soil in inter-rows with frequent mulching and mowing if necessary. This achieves the improvement of soil properties and erosion prevention while reducing the risk of drought stress on the vine by limiting competition for water with the cover crops.

Key words: green cover, vineyard, cultivation of inter-rows, soil properties, nutrient loss, erosion

1 UVOD

Degradacija tal zaradi intenzivne in neustrezne obdelave trajnih nasadov vodi v siromašenje organske snovi in erozijske procese, ki so posebej intenzivni na reliefno razgibanih in vetrovnih območjih (Bordoni in sod., 2019; Corino in sod., 1999; Novara in sod., 2018; Ferreira in sod., 2018). V kmetijstvu je erozija stalno prisoten pojav degradacije, ki vodi do izgube kakovostnih tal. Pojav erozije, odnašanja najbolj rodovitnih talnih delcev, je posebej nevaren na bolj

¹²⁶ Univ. dipl. agr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: tanjatara.zd@gmail.com

¹²⁷ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si

¹²⁸ Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: helena.grcman@bf.uni-lj.si

ranljivih območjih, kot so plitva kraška tla ter tla v koprskem primorju. Najpogostejša dejavnika erozije oziroma mehanske degradacije tal na obdelovanih površinah sta voda in veter (na Primorskem je večji vpliv vetra predvsem zaradi pojava burje), sam proces erozije je pa pospešen z antropogeno dejavnostjo.

Na mediteranskem območju potekajo številne raziskave za blaženje učinkov vedno večjih vremenskih ekstremnih pojavov, kot so hude, daljše suše in močnejši nalivi, na kakovost tal. Trajna ozelenitev medvrstnega prostora se je v vinogradih izkazala kot mogoča rešitev, saj se s tem vzpostavi mehanska zaščita tal pred erozijo (Napoli in sod., 2016; Ruiz-Colomenero in sod., 2011), sčasoma v tleh poveča organska masa in nasploh izboljšajo fizikalne in kemijske lastnosti tal (Colnarič in Vrabl, 1991; Monteiro in Lopes, 2006; Zhao in sod., 2020; Virto in sod., 2011). Uporaba zelenega pokrova je razširjena predvsem na območjih z zmerno toplim in celinskim podnebjem (Delpuech in Metay, 2018; Schütte in sod., 2020). Pri vinogradih z mediteransko in submediteransko klimo, kjer večina padavin pade v zimskih mesecih, v času rastne sezone pa pride do primanjkljaja vode, se postavlja vprašanje o smiselnosti ozelenitve zaradi morebitne konkurenčnosti za vodo med trto in zelenim pokrovom (Monteiro in Lopes, 2006). Ravno zaradi strahu pred sušnim stresom se veliko vinogradnikov na območjih z nevarnostjo poletne suše ne odloča za ozelenitev temveč za klasičen način obdelave (Delpuech in Metay, 2018). Ozelenitev tal v vinogradih na srednje globokih in globokih tleh nima večjega negativnega vpliva na pridelek oziroma pozitivno vpliva na kakovost pridelka (Delpuech in Metay, 2018; Monteiro in Lopes, 2006; Ruiz-Colomenero in sod., 2011). Priporočeni ukrepi so kratkotrajna ozelenitev ali izmenična ozelenitev vsake druge vrste ter pogostejše mulčenje in košnja po potrebi (Vršič in Lešnik, 2010; Corino in sod., 1999; Ingels in sod., 1998). Pri raziskavi na temo, kateri ukrepi za preprečitev erozije na kmetijskih površinah z večjimi nakloni so najbolj učinkoviti (Ruiz-Colmenero in sod., 2011), se je najbolje pokazal zatravljen medvrstni prostor v kombinaciji s kulturnimi terasami. V Sloveniji je na območju z mediteransko oziroma submediteransko klimo še vedno veliko vinogradov in oljčnikov postavljenih na kulturnih terasah, ki omogočajo nadzor površinskega toka vode ter s tem zmanjšanje erozijskih procesov (Drobnjak, 1990; Križaj Smrdel, 2010).

Namen raziskave je bil ugotoviti, kako je porazdeljena ureditev vinogradov (terasirani in neterasirani) v občinah obalno kraške regije ter na terenu identificirati obstoječe prakse vzdrževanja medvrstnega prostora ter na tej podlagi izdelali osnove za priporočila za strokovne smernice za obdelavo medvrstnega prostora glede na nagib oziroma terasiranost površin.

2 MATERIALI IN METODE

Preverili, kakšna so tla na obalno kraškem prostoru. Iz registra kmetijskih gospodarstev Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP) smo pridobili podatke o površinah vinogradov v občinah obalno kraške regije (občine v priobalnem delu so občina Izola, Koper, Piran in obravnavane občine v zaledju Divača, Hrpelje-Kozina, Komen, Sežana) ter površinah terasiranih vinogradov. Izračunali smo deleže terasiranih površin. Za podrobnejšo analizo smo si izbrali koprsko občino ter na podlagi terenskega ogleda preverili stanje ter možnosti za ozelenjevanje vinogradniških površin.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Značilnosti prostora

V Sloveniji se v mediteranski oziroma submediteranski klimi, torej v vinorodni deželi Primorje (vinorodni okoliši Slovenska Istra, Kras, Vipavska dolina), nahaja 5.500 ha vinogradov. V Register pridelovalcev grozdja in vina (RPGV) je skupno v Sloveniji vpisano okoli 16.000 ha vinogradov (SI-STAT, 2015), od tega je še vedno večina popolnoma ali v izmeničnih vrstah pokritih z zelenim pokrovom. V Goriških Brdih je delež ozelenjenih vinogradov preko 86 %, na Krasu, kjer je omejujoč dejavnik pomanjkanje vode, je ozelenjenih le 44 % (5. Slovenski vinogradniško-vinarski kongres, 2017). Slednje nakazuje, da je pomembno podrobneje proučiti prednosti in slabosti zatravljenega medvrstnega prostora. Na območju obalno kraške regije je še vedno veliko vinogradov postavljenih na terasah, saj so bile le te tradicionalna oblika obdelave tal v Koprskem primorju. Za gričevnato slovensko obalo in njeno zaledje je značilen Istrski tip kulturnih teras, ki je nastajal na strmih pobočjih primorskih flišnih gričev za varovanje prsti pred erozijo, ki je še posebej močna ob velikih nalivih. Zaradi razmeroma ozke terasne police, na katerih ni mogoče strojno obdelovanje, pomanjkanja delovne sile in dovoznih poti se ta tip teras opušča (Križaj Smrdel, 2010; Drobnjak, 1990).

Na obalno kraškem prostoru so tla na apnencu in dolomitu, kjer najdemo talne tipe litosol, rendzina, rjava pokarbonatna tla, terra rossa in izprana pokarbonatna tla ter tla na flišni podlagi, nastali v terciarju. Fliše severne in južne Primorske sestavljajo izmenjujoče se plasti laporovca, peščenjakov in meljevcev. Prav predvsem na laporovcih oziroma na karbonatnem flišu se pojavljajo evtrična rjava tla (Koprsko, južni del Goriških Brd). Na nekarbonatnem flišu v Brkinih najdemo distrična rjava tla, ki so bolj podvržena eroziji. Na Krasu ter v manjši meri v Slovenskem primorju najdemo tudi tako imenovano jerovico ali rdeče-rjava pokarbonatna tla (terra rossa) (Vidic in sod., 2015; Prus in sod., 2015).

Preverili smo celotno površino vinogradov v Sloveniji na obalno-kraški regiji (preglednica 1). Ta se je v obdobju od leta 2008 do leta 2018 zmanjšala za 279,5 ha, od tega za 177,4 ha na priobalnem območju in za 102 ha v zaledju. Površina terasiranih vinogradov se je na priobalnem območju povečala za 17,2 ha, medtem ko se je v zaledju zmanjšala za 16 ha. Tako se je delež teras glede na skupno površino povečal, saj se je skupna neto površina vinogradov zmanjšala, površina terasiranih vinogradov pa je ostala praktično nespremenjena (preglednica 1).

V Sloveniji nimamo prave mediteranske klime, vendar se letna količina padavin kljub submediteranskem podnebjju na jugozahodu države giblje okoli 1000 mm na območju obalnega podtipa (vinorodna okoliša Slovenska Istra in Kras) do maksimalno 1700 mm na območju zaledja (vinorodni okoliš Vipavska dolina). Glede na manjšo količino rastlinam dostopne vode tekom rastne dobe v submediteranskem podnebjju in s tem povezano konkurenco za vodo med zelenim pokrovom in kulturno rastlino je smiselno vzpostaviti kratkotrajno ozelenitev medvrstnega prostora. Zaradi značilnosti mediteranske klime je potrebno vzdrževati stalno nizek zeleni pokrov. Pri kratkotrajni ozelenitvi to pomeni vsaj dvakrat letno mulčenje v kombinaciji s košnjo po potrebi (Vršič in Lešnik, 2010; Celette in Gary, 2013). Setev zelenega pokrova z izbranim travinjem se izvede pred začetkom rastne sezone vinske trte (v tem času se izvede tudi prvo oranje ali mulčenje pri klasični obdelavi ali stalni ozelenitvi). V Sloveniji v vinorodni deželi Primorska to pomeni marca, najpozneje začetek aprila.

Preglednica 18: Skupna površina in površina terasiranih vinogradov na obalnem območju (občine Koper, Izola Piran) ter v zaledju (občine Divača, Hrpelje-Kozina, Komen, Sežana) leta 2008 in leta 2018 (podatki MKGP)

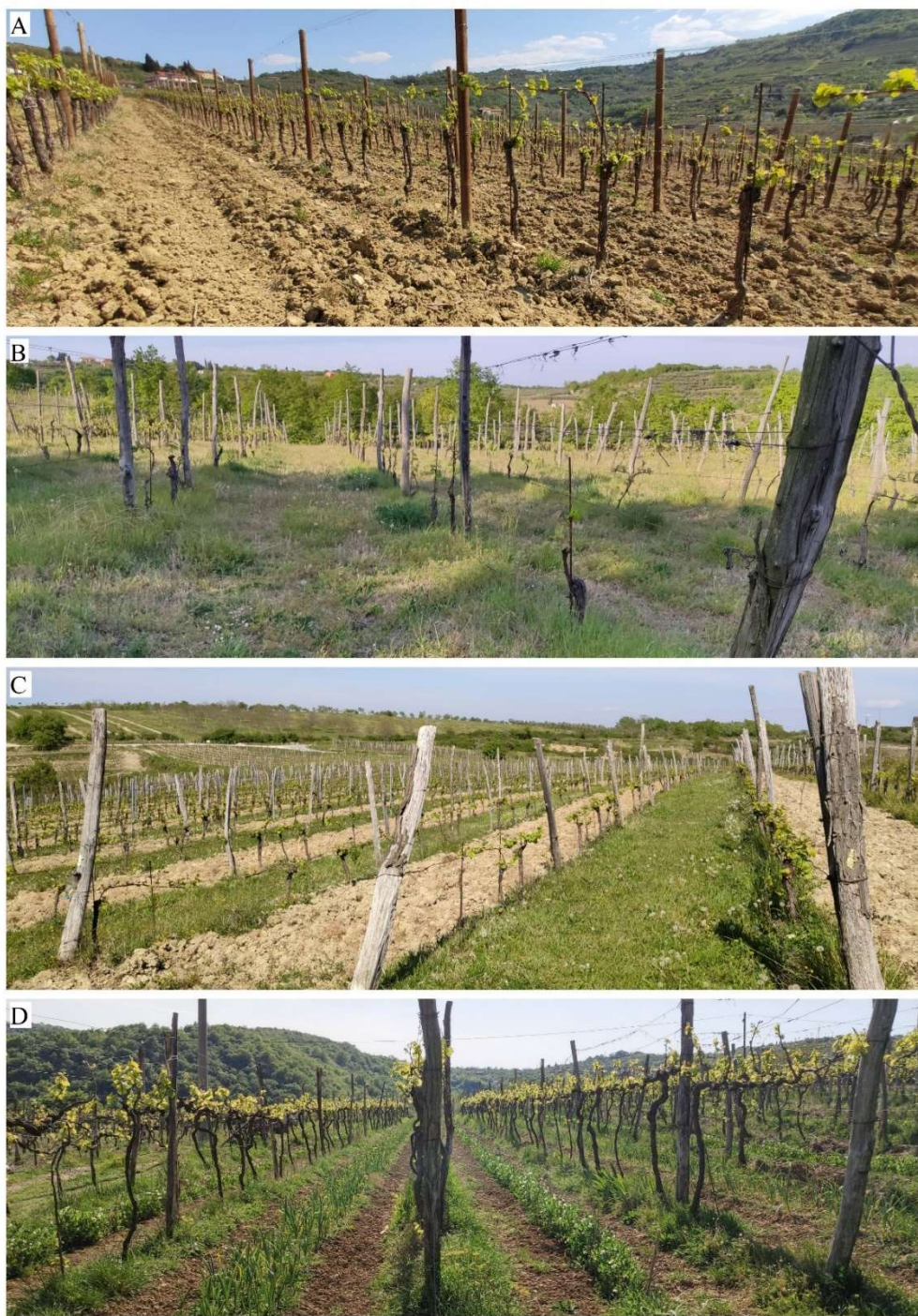
	Površina vinogradov (ha)	
	leto 2008	leto 2018
Površina vinogradov na priobalnem območju	2209,2	2031,7
Površina vinogradov v zaledju	754,4	652,4
Obalno-kraška regija skupaj	2963,6	2684,1
Površina terasiranih vinogradov na priobalnem območju	353,7	370,8
Površina terasiranih vinogradov v zaledju	101,3	85,4
Obalno-kraška regija terasirani vinogradi skupaj	455,0	456,2
Odstotek terasiranih površin priobalnega območja glede na skupno površino vinogradov	3,4 %	4,2 %
Odstotek terasiranih površin v zaledju glede na skupno površino vinogradov	11,9 %	13,8 %

3.2 Izhodišča za ozelenitev tal in drugih ohranitvenih agrotehničnih ukrepov

Za zmanjšanje erozije in ohranitev tal je najpomembnejši ukrep vzpostavitev kulturnih teras na večjih naklonih. S tem pridobimo ravno obdelovalno površino z zmanjšanim vodnim odtokom. Z mehanizacijo so se kulturne terase začele opuščati, vendar zadnja leta ponovno pridobivajo na pomenu. Moderne terase so zato širše, prilagojene mehanizaciji, s primernimi voznimi potmi (Zupanc in sod., 2018). Vinogradniki se običajno odločajo za najbolj ekonomičen način obdelave medvrstnega prostora z vidika vzdrževanja le tega. Pri tem se vpliva obdelave na tla ter posledično na trto, količino in kakovost pridelka ne upošteva pogosto. Potrebno je poudariti, da tudi s kratkotrajno in ne le s stalno ozelenitvijo vinograda dosežemo boljšo kakovost grozdja (Corino in sod., 1999).

Obdelavo medvrstnega prostora je potrebno vsekakor prilagoditi lokalnim razmeram, kar pomeni, da način obdelave v enem vinogradu morda ne bo primeren tudi na drugi lokaciji. Vendar splošno gledano glede na dosedanje izsledke ugotavljamo, da je najprimernejši način ohranitvene obdelave ozelenitev, predvsem na naklonih, večjih kot 4°. Z zelenim pokrovom se poveča vsebnost organske mase v tleh, izboljša struktura tal ter zmanjša erozija tal in s tem tudi izpiranje hranil (Napoli in sod., 2016; Ferreira in sod., 2018).

V sklopu diplomske naloge Učinek ozelenitve tal v vinogradih na lastnosti tal, izpiranje hranil in erozijo tal v mediteranski klimi smo za oceno dejanskega stanja preverili urejenost vinogradov na terenu, in sicer v mestni občini Koper ter občini Izola. Naredili smo sistematski pregled različnih tipov obdelave medvrstnega prostora na obalnem območju. V koprskem primorju najemo več različnih tipov medvrstne obdelave vinogradov (Zrnec Drobnjak, 2020). Klasično obdelana tla so bila predvsem v vinogradih, postavljenih na manjših naklonih ter na terasiranih pobočjih. Pogosta tipa obdelave sta tudi trajna ozelenitev ter ozelenitev v vsaki drugi vrst. Pri izmenični ozelenitvi vrst je pomembno, da se ozelenjuje vrste izmenično na leta. Najredkeje zastopan tip obdelave je ozelenitev medvrstnega prostora s kulturnimi posevki, saj se predvsem zaradi težje obdelave opušča. Identificirali smo ga le na lokaciji priznane ekološke kmetije, kjer je bila ozelenitev s kulturnim posevkom le v nekaj vrstah, ostalo pa trajno ozelenjeno (slika 1).



Slika 1: Klasično obdelan medvrstni prostor (A) ($45^{\circ}32'31''\text{N}$, $13^{\circ}40'55''\text{E}$; Polje, Izola), zatravljen medvrstni prostor (B) ($45^{\circ}30'09''\text{N}$ $13^{\circ}39'26''\text{E}$; Cetore, Izola), izmenično zatravljen medvrstni prostor (C) ($45^{\circ}31'30''\text{N}$, $13^{\circ}41'08''\text{E}$; Livade, Izola) in kulturni posevki v medvrstnem prostoru (D) ($45^{\circ}30'10''\text{N}$ $13^{\circ}39'30''\text{E}$; Cetore, Izola) (Zrnec Drobnjak, 2020).

4 SKLEPI

Na obalno kraškem območju so oblike obdelave vinogradov naslednje: klasično obdelan medvrstni prostor brez ozelenitve, vinogradi z zatravljenim medvrstnim prostorom, vinogradi z izmenično zatravljenim medvrstnim prostorom ter vinogradi s kulturnimi posevki v medvrstnem prostoru. Ugotovili smo, da bi bile potrebne raziskave o smiselnosti uporabe določenega pristopa na posameznih območjih.

Trenutno natančnih podatkov o načinu obdelave v Sloveniji ne zbiramo. Na voljo so le podatki ali se vinograd v večini klasično obdeluje ali pa je v večini ozelenjen. Vinogradnik kratkotrajno ozelenjene ali ozelenjene v vsaki drugi vrsti vpiše pod rubriko obdelan ali ozelenjen. Po podatkih iz leta 2018 je odstotek terasiranih površin priobalnega območja glede na skupno površino vinogradov 4,2%, v zaledju pa 13,8%.

Strokovnih priročnikov glede na lastnosti vinograda za pomoč pri določitvi primerne medvrstne obdelave ni. Potrebne bi bile strokovne smernice za določitev obdelave medvrstnega prostora glede na nagib oziroma terasiranost površin. Na terasiranih tleh je zaradi ravne ploskve terase površinski odtok vode počasnejši, poveča se infiltracijska sposobnost, kar pomeni, da so tla manj izpostavljena procesom erozije. Ozelenjeni vinogradi, zasajeni predvsem v vertikalah, so tako bolj dovzetni za sušo in erozijo kot vinogradi na ravni površini oziroma terasah, kar pomeni tudi hitrejšo izgubo organske mase v tleh.

Z uveljavitvijo poenotениh parametrov bi tako lahko objektivno primerjali pridelavo v različnih vinogradih s podobnimi lastnostmi in s tem lažje določili napake ter tako prišli do optimizirane proizvodnje.

5 LITERATURA

- Bordoni, M., Vercesi, A., Maerker, M., Ganimede, C., Reguzzi, M. C., Capelli, E., Wei, X., Mazzoni, E., Simoni, S., Gagnarli, E., Meisina, C. 2019. Effects of vineyard soil management on the characteristics of soils and roots in the lower Oltrepò Apennines (Lombardy, Italy). *Science of the Total Environment*, 693, 133390, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.07.196: 23 str.
- Celette, F., Gary, C. 2012. Dynamics of water and nitrogen stress along the grapevine cycle as affected by cover cropping. *European Journal of Agronomy*, 45: 142–152
- Colnarič, J., Vrabl, S. 1991. Vinogradništvo. Ljubljana, Kmečki glas: 327 str.
- Corino, L., Gambino, E., Di Stefano, R., Pigella, P. 1999. Importanza della gestione del suolo e del portinnesto nel controllo della produzione, in un ambiente viticolo dell'Italia nord-occidentale. *Rivista di Viticoltura e di Enologia*, 1: 3-32
- Delpuech, X., Metay, A. 2018. Adapting cover crop soil coverage to soil depth to limit competition for water in a Mediterranean vineyard. *European Journal of Agronomy*, 97: 60–69
- Drobnjak, V. 1990. Fizičnogeografski pomen kulturnih teras. V: Primorje. 15. zborovanje slovenskih geografov, Portorož, 24.–27. oktobra 1990. Zveza geografskih društev Slovenije, str. 139–142
- Ferreira, C.S.S., Keizer, J.J., Santos, L.M.B., Serpa, D., Silva, V., Cerqueira, M., Ferreira, A.J.D., Abrantes, N. 2018. Runoff, sediment and nutrient exports from a Mediterranean vineyard under integrated production: An experiment at plot scale. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 256: 184–193
- Ingels, C. A., Bugg, R. L., McGourty, G. T., Christensen, L. P. 1998. Cover cropping in vineyards: A Grower's Handbook. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources: 162 str.
- Kladnik, D. 1990. Možnosti intenziviranja rabe tal kulturnih teras. V: Primorje. 15. zborovanje slovenskih geografov, 24.–27. oktobra 1990. Zveza geografskih društev Slovenije, str. 143–150
- Križaj Smrdel, H. 2010. Kulturne terase v slovenskih pokrajinah. *Dela*, (34), 39-60. <https://doi.org/10.4312/dela.34.39-60>

- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano MKGP (Službe registra kmetijskih gospodarstev) <https://www.gov.si/drzavni-organi/ministrstva/ministrstvo-za-kmetijstvo-gozdarstvo-in-prehrano/o-ministrstvu/direktorat-za-kmetijstvo/sluzba-za-register-kmetijskih-gospodarstev/> (2020)
- Monteiro, A., Lopes, C. M. 2006. Influence of cover crop on water use and performance of vineyard in Mediterranean Portugal. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121: 336–342
- Napoli, M., Dalla Marta, A., Zanchi, C. A., Orlandini, S. 2016. Assessment of soil and nutrient losses by runoff under different soil management practices in an Italian hilly vineyard. *Soil & Tillage Research*, 168: 71–80
- Novara, A., Artemio Cerdà, A., Gristina, L. 2018. Sustainable vineyard floor management: An equilibrium between water consumption and soil conservation. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5: 33–37
- Prus, T., Zupančič, N., Grčman, H. 2015. Soil of the lower valley of the Dragonja river (Slovenia). *Acta agriculturae Slovenica*, ISSN 1581-9175. [Tiskana izd.], 105, št. 1, str. 61-72, ilustr., doi: 10.14720/aas.2015.105.1.07.
- Ruiz-Colmenero, M., Bienes, R., Marques, M. J. 2011. Soil and water conservation dilemmas associated with the use of green cover in steep vineyards. *Soil & Tillage Research*, 117: 211–223
- Schütte, R., Plaas, E., Gómez, J. A., Guzmán, G. 2020. Profitability of erosion control with cover crops in European vineyards under consideration of environmental costs. *Environmental Development* (v tisku) <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100521> (31. 8. 2020)
- Simončič, J., Mavrič Štrukelj, M., Brdnik, M., Štabuc, R., Novak, E. 2017. Slovenski vinogradi. V: Zbornik prispevkov. 5. slovenski vinogradniško-vinarski kongres, Šentjernej, Slovenija, 12. maj 2017. Čuš F., Košmerl T., Vanzo A. (ur.). Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 2-36
- SI-STAT (Statistični urad Republike Slovenije). Arhiv podatkov www.stat.si dostopano 22. 10. 2020
- Vertačnik, G., Bertalančič, R. 2017. Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961-2011. 3. Značilnosti podnebja v Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje
- Vidic, N. J., Prus, T., Grčman, H., Zupan, M., Lisec, A., Kralj, T., Vrščaj, B., Ruprecht, J., Šporar, M., Suhadolc, M., Mihelič, R., Lobnik, F. 2015. Tla Slovenije s pedološko karto v merilu 1: 250 000. Grčman, H., Vidic, N. J., Zupan, M., Lobnik, F., Jones, A., Montanarella L. (ur.). Ljubljana, Evropska komisija, Skupni raziskovalni center (JRC)
- Virto, I., Imaz, M. J., Fernández-Ugalde O., Urrutia I., Enrique A., Bescansa P. 2012. Soil quality evaluation ... permanent cover crops in semi-arid vineyards. Organic matter, physical and biological soil properties. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10, 4: 1121-1132
- Vrščič, S., Lešnik, M. 2010. Vinogradništvo. Ljubljana, Kmečki glas: 403 str.
- Zhao, Y., Hu, X., Li, X. 2020. Analysis of the intra-aggregate pore structures in three soil types using X-ray computed tomography. *Catena*, 193, 104622, doi: 10.1016/j.catena.2020.104622: 9 str.
- Zrnec Drobňjak, T. 2020. Učinek ozelenitve tal v vinogradih na lastnosti tal, ... v Mediteranski klimi. Diplomsko delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Zupanc, V., Pintar, M., Podgornik, M. 2018. Olive production on cultivated terraces in northern Istria. *Annales : anali za istrske in mediteranske študije, Series historia et sociologia*, ISSN 1408-5348, letn. 28, št. 4, str. 795-810, doi: 10.19233/ASHS.2018.48.

Žlahtni jagodnjak (*Fragaria ananassa*) kot del poljedelskega kolobarja

Darinka KORON¹²⁹ in Nika CVELBAR WEBER¹³⁰

Izvleček

V Sloveniji žlahtni jagodnjak (jagodo) pridelujemo na približno 120 ha površin. Standardno tehnologijo predstavlja pridelava enkrat rodni sort v tleh, prekritih s črno folijo, pod tuneli. V nasadih se po drugem letu pridelave pogosto pojavijo izčrpanost tal, zasičenost s škodljivimi mikroorganizmi ter prerazmnožitve posameznih škodljivcev. Jagoda v tla izloča avtotoksine, ki zavirajo dolgotrajno rast na istem mestu. Za uspešno rast in dober, zdrav pridelek, je pomembna priprava tal, vključno s kolobarjenjem. Pri izboru in vrstenju rastlin ima velik pomen usmerjenost kmetije. Največ pridelovalcev med dvema zasaditvama jagode, površine poseje s travo ali travno deteljnimi mešanicami. Posamezni pridelovalci pred sajenjem tla zasejejo z ajdo ali križnicami za podor. Posevke v kolobarju razdelimo na skupino tistih, ki so primerni za obdobje po izkrcitvi starega nasada jagode, na skupino posevkov v vmesnem obdobju in na skupino posevkov, primernih za setev neposredno pred sajenjem jagode. V fiksnih rastlinjakih je kolobarjenje jagode nepreizkušeno. V tehnologije vse pogostejše vključujemo kolobarjenje v kombinaciji z alternativnimi metodami razkuževanja. Na jagodi smo izvedli večje število poskusov z zelenimi podori (bio-razkuževanje ali biofumigacija) in solarizacijo. Kot najugodnejše se je izkazalo kolobarjenje, ki v zadnji fazi (pred sajenjem), vključuje podor križnic v kombinaciji s solarizacijo ali podor mešanih posevkov.

Ključne besede: tehnologije pridelave jagode, preskrbljenost tal s hranili, uravnavanje škodljivcev in bolezni, pridelek

Strawberry (*Fragaria ananassa*) as a part of crop rotation

Abstract

In Slovenia strawberry is grown on approximately 120 ha. The standard technology is the production of June bearing varieties in soil covered with black foil, under tunnels. After the second year of cultivation, many problems arise, such as soil depletion and occurrence of harmful pests and diseases. The strawberry plants release autotoxins into the soil, which disable a long-term growth in the same place. Soil preparation, including crop rotation, is important for successful growth, healthy crop and high yield. Agricultural system and the orientation of the farm are of great importance in the selection of plants and its rotation. Most growers' saw grass or grass clover mixture between two plantings seasons of strawberry. Some growers also include buckwheat or brassica species for green manure incorporation. Crops included in crop rotation are divided into a group of those suitable for the period after elimination of an old strawberry plantation, a group of crops in the intermediate period and a group of crops suitable for sowing immediately before planting strawberries. In stationary greenhouses strawberry crop rotation is untested. In last years, we are upgrading the crop rotation with alternative methods of fumigation. A large number of experiments with incorporated cover crops for green manure (biofumigation) and solarization were performed on strawberries. Crop rotation, which in the last phase (before planting) includes incorporation of brassica manure in combination with solarization or a mix of different cover crops, proved to be the most favourable.

Key words: strawberry technologies, soil fertility, managing pests and diseases, yield

1 UVOD

V Sloveniji žlahtni jagodnjak (jagodo) že več desetletij letno pridelujemo na površinah od 100 do 120 ha. Standardno tehnologijo predstavlja pridelava enkrat rodni sort v tleh, prekritih s

¹²⁹ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: darinka.koron@kis.si

¹³⁰ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: nika.weber@kis.si

črno folijo. Tri četrtine nasadov je prekritih s tuneli. Večji delež pridelovalcev jagodo prideluje dve rodni leti. Jagoda je poleg lubenice in melone ena izmed 'sadnih' vrst, ki jih pridelujemo kot poljščine ali vrtnine. Intenzivna pridelava jagode ima zelo dolgo tradicijo. Pri pridelavi na majhnih površinah in v vrtovih so tehnologije zelo primerljive gojenju vrtnin ali okrasnih trajnic. Pridelovalci so v preteklosti, zaradi povečanega povpraševanja postopoma prilagodili tehnologije pridelave. Jagodo so začeli pridelovati v večjih nasadih, na poljedelskih površinah. Glede na to, da je jagoda rastlina s plitvim in zelo občutljivim koreninskim sistemom, za ugodno rast zahteva zelo rodovina, zračna tla in ustrezno namakanje. Zaradi visokih pridelkov, se v tleh zelo hitro pojavi pomanjkanje posameznih hranil. Izčrpanosti tal se pridruži zasičenost tal z mikroorganizmi, ki povzročajo bolezni in prerazmnožitve posameznih škodljivcev (strune, ogrci, ogorčice, rilčkarji, voluhar). Jagoda v času svoje rasti v tla izloča avtotoksine, ki zavirajo njeno dolgotrajno rast na istem mestu. V evoluciji razvoja se je jagoda na navedene razmere prilagodila s posebnim načinom vegetativnega razmnoževanja s pritlikami, ki se ukoreninijo na ustrezno oddaljenem mestu od matične rastline. Za uspešno rast in dober, zdrav pridelek morajo pridelovalci rastlinam zagotoviti optimalne rastne razmere. Pri jagodi je za doseganje tega cilja en najpomembnejših tehnoloških ukrepov priprava tal.

Namen prispevka je predstaviti posebnosti izbire in priprave tal za nasad jagode, ustrezne in neustrezne predkulture za jagodo, pridelano po standardni tehnologiji v tunelih ter rezultate poskusa o pomenu pravilne izvedbe podora.

1.1 Posebnosti izbire in priprave tal za nasad jagode

Od poljščin in vrtnin, ki jih pridelujemo na poljedelskih površinah, se jagoda razlikuje po tem, da sadike zaradi občutljivosti na preveliko vlago v tleh in zahteve po zračnih tleh, sadimo na visoke grebene, prekrite s folijo. Poleg tega, jagodo po standardni tehnologiji sadimo v času največje poletne vročine (hlajene ali frigo sadike, zelene sadike). Posamezni pridelovalci zaradi posebnih tehnologij pridelave (večkrat rodne sorte jagode, sajenje sadik višje kakovosti za pozno pridelavo, zelene sadike), sajenje izvedejo zgodaj spomladi ali pozno poleti. Pri standardnem načinu pridelave moramo tla za sajenje pripraviti od začetka junija do začetka julija. Priprava tal za nasad jagode sovпада s pripravo tal za strniščne dosevke. Do tega obdobja moramo na izbranih površinah predkulture podorati ali pospraviti pridelek. Pred pripravo površine za sajenje tla pognojimo, če založnega gnojenja nismo izvedli že pri predkulturi. Površine moramo namakati.

1.2 Kolobarjenje jagode na prostem

Glede na to, da želimo s kolobarjenjem ustvariti čim bolj smiselno razporejenost rastlin in optimalnost bioloških, organizacijskih in prostorskih vplivov med tlemi in rastlinami (Bavec, 2001), je razumevanje kolobarjenja jagode nujno. Sadjarji smo dolga leta tehnološke ukrepe priprave tal zanemarjali in se povsem oddaljili od znanja poljedelcev. V svetu so desetletja tla pred zasaditvijo jagode kemično razkuževali. V Sloveniji smo v preteklosti pred pričetkom priprave tal pogosto površino poškopili s herbicidi, tla pognojili z mineralnimi gnojili, jih prekrili s črno folijo in zasadili. Ozaveščenost pridelovalcev se je z uvajanjem integrirane (IP) in ekološke (EKO) pridelave v slovenskem sadjarstvu povečevala. Danes je vse več tistih, ki se poslužujejo premišljenega in načrtovanega kolobarjenja. Pri pridelovalcih jagode največji problem predstavlja razpoložljivost površin za nasade. Vzrok za pomanjkanje površin sta velikost (majhnost), razdrobljenost kmetij in strmi, nagnjeni tereni. V IP pridelavi naj bi se z

jagodo na isto površino ponovno vrnilo po treh letih, pri EKO pridelavi pa šele po petih ali več letih.

Najpogostejše je izbor vrst rastlin ali mešanic v kolobarju prilagojen založenosti tal z organsko snovjo in fizikalnim lastnostim tal (podorine) ter prisotnosti posameznih škodljivcev oz. mikroorganizmov, ki povzročajo bolezni korenin. Cilj vseh, ki obdelujejo kmetijske površine, je doseganje ustreznih velikih hektarskih pridelkov (jagod in vmesnih kultur) ob sočasnem ohranjanju rodovitnosti tal (Iljaš, 2011).

Pri izboru in vrstenju rastlin v kolobarjenju ima velik pomen tudi usmerjenost kmetije. Živinorejske kmetije dajejo prednost krmnim rastlinam, poljedelske žitom ali križnicam, vrtnarske vrtninam in sadjarske travnikom (praha oz. počitek tal). V Sloveniji največji del pridelovalcev površine med dvema zasaditvama jagode zatravi s travami ali travno deteljnimi mešanicami. Nekateri v spomladanskih mesecih pred zasaditvijo tla zasejejo z ajdo ali križnicami.

1.3 Kolobarjenje jagode v zavarovanem prostoru

V zavarovanem prostoru (fiksni tuneli in rastlinjaki) naj bi bila jagoda posajena večji del leta, oziroma z največ enoletnim presledkom med posameznima zasaditvama. Po izkopu starih rastlin jagode, naj bi površino zasejali z rastlinami za podor (križnice) ali z rukolo, ki prav tako s svojim koreninskim sistemom razkužuje tla.

Če želimo jagodo v zavarovanem prostoru kombinirati z rastlinami, ki sicer niso najboljše predkultura jagode (solata, krompir), se moramo odločiti za enoletno pridelavo, ki omogoča obvladovanje bolezni in škodljivce jagode na enostavnejši način.

1.4 Kombinacije kolobarjenja in drugih metod za izboljšanje tal ter pasti nepravilne izvedbe ukrepov

Utrujenosti tal, na katerih več let zapored gojimo jagodo, je v svetu zelo velik problem. Konvencionalne tehnologije pridelovanja jagode dovoljujejo razkuževanje tal, vnos velikih količin mineralnih gnojil in uporabo širokega spektra fitofarmaceutskih sredstev. Zaradi navedenih tehnologij se primerne površine za gojenje jagode zmanjšujejo tudi na prostranih ravninskih območjih jagodičarsko zelo razvitih držav (Kalifornija, Španija). Za mnoge pridelovalce ni rešitev pridelave jagod le v pridelavi zunaj tal (gojenje v substratih), temveč tudi v preizkušanju najrazličnejših ukrepov za izboljšavo (oživitev) tal. V preizkušanju so številne nekemične alternativne metode za razkuževanje tal, ki so usmerjene v preprečevanje bolezni korenin z biološko aktivnimi tretiranjem tal. Med njimi so tudi aerobno in anaerobno razkuževanje tal s pomočjo zelenega podora, uporaba pare in moke ogrščice, bio-razkuževanje in solarizacija (Blake, 2015; Shrestha in sod. 2014; Seigies in sod., 2006; Pinkerton, 2002). Nepravilno izvajanje posameznih alternativnih ukrepov lahko močno vpliva na rast jagode in posredno na količino pridelka.

2 MATERIAL IN METODE

Izbir primernih in neprimernih predkultur je nastal na osnovi strokovnih navodil tujih pridelovalcev jagode, dolgoletnih praktičnih izkušenj v poskusno pridelovalnem nasadu jagodičja v Poskusnem sadovnjaku Kmetijskega inštituta Slovenije na Brdu pri Lukovici ter na osnovi praktičnih izkušenj pridelovalcev jagode po Sloveniji. V poskusnem sadovnjaku na Brdu pri Lukovici (jagodičje) so tla globoka, ilovnata, s pH med 5 in 6, organsko snovjo okrog

3,5 %, z zelo malo dostopnega fosforja (od 3 do 12 mg/100 g tal) in veliko dostopnega kalija (od 27 do 48 mg/100 g tal).

Kolobarjenje na površinah, kjer pridelujemo jagodo, v poskusno pridelovalnem nasadu jagodičja izvajamo več kot 30 let. Rodovitnost tal vzdržujemo izključno s kolobarjenjem in občasnim gnojenjem s fosforjevimi gnojili (Hiperkorn).

Poskus podoravanja rastlin za razkuževanje smo izvajali na jagodah sorte Marmolada, pridelanih po standardni tehnologiji, v nasadu na prostem (odprti tunel od cvetenja do zaključka obiranja), v petih obravnavanjih in treh ponovitvah. V vsakem obravnavanju je bilo 20 rastlin. Poskus je potekal v sklopu večjega števila poskusov o vplivu alternativnih metod razkuževanja na preskrbljenost tal s hranili, količino in kakovost pridelka ter prisotnost škodljivih in koristnih mikroorganizmov v tleh (Koron, 2014). V predstavljenem poskusu so alternativne metode razkuževanja tal s podori žametnica (1), ajda (2), kemično razkuževanje z dazometom (Basamid) kot kontrola (3), bela gorjušica (4), bela gorjušica v kombinaciji s solarizacijo (5). Podor žametnice (1), ajde (2) in bele gorjušice (4) smo izvedli pet dni pred sajenjem jagode. Podor bele gorjušice v obravnavanjih (5) smo izvedli šest tednov pred sajenjem. Po podoru smo tla pri obravnavanju prekrili s prozorno folijo (solarizacija). Kemično razkuževanje smo prav tako izvedli 6 tednov pred sajenjem jagode. Spremljali in vrednotili smo rast in rodnost rastlin.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Primerne predkulture za nasade jagode

Rastlin, primernih za predkulture pri napravi nasada jagode, je veliko. Razdelimo jih na skupino tistih, ki so primerne za obdobje po izkrčitvi starega nasada jagode, na skupino tistih, ki rastejo v vmesnem obdobju, in na skupino tistih, ki so primerne za gojenje neposredno pred pripravo tal za sajenje novega nasada jagode. Primernost posameznih predkultur moramo presoditi tudi glede na to, kakšen vpliv imajo na tla po podoravanju ali spravilu. Pomemben je vpliv na fizikalne lastnosti tal (struktura tal), na kemične lastnosti tal (hranila), na škodljive in koristne mikroorganizme ter na rast plevelov (Mohler in Johnson, 2009).

Povečanje organske mase v tleh dosežemo z gnojenjem s hlevskim gnojem predkulturi (ne direktno jagodi) ali z zelenim gnojenjem (podorine). Za povečanje deleža humusa so primerne tudi večletne trave in detelje. Organska snov pomembno prispeva pri zadrževanju vode. Je tudi življenjski prostor koristnih mikroorganizmov, ki uravnavajo prisotnost škodljivih organizmov in s tem pomembno prispevajo k zmanjšanju izredno dolgoživih spor patogenih gliv (Carroll in sod. 2012;). Kolobarjenje je za jagodo pomembno tudi zato, ker zelo veliko mikroorganizmov, ki povzročajo bolezni, v tleh ostaja zelo dolgo obdobje (do 15 let).

Po izkrčitvi starega nasada jagode posejemo prezimne enoletne posevke, da tla preko zime ostanejo pokrita ali trajne posevke (trave, detelje). Pred sajenjem novega nasada jagode sejemo neprezimne kulture, kot so bela gorjušica, facelija, ajda in druge. Pri sestavljanju kolobarnih členov za jagodo zelo težko sledimo norfolškemu kolobarju, zato želimo negativne učinke slabega vrstenja rastlin omiliti z gnojenjem s kompostom in uležanim hlevskim gnojem ter setvijo rastlin za podor (Iljaš, 2011). Poseben izziv predstavlja kolobarjenje v ekološki pridelavi, ki za jagodo zahteva petletni kolobar. Triletni kolobar ustrezno razširimo glede na usmerjenost kmetije. Med manj pogosto posejanimi rastlinami sta tudi žametnica in sudanska trava, ki imata bio-razkuževalno delovanje. V preglednici 1 so predstavljeni možni predposevki in njihov vpliv na rast jagode, ter predlogi kolobarja.

Preglednica 1: Pregled posevkov, primernih za kolobar jagode

Posevek (družine rastlin; posamezne rastline; mešanice rastlin)	Prednosti posevkov za tla	Slabosti posevkov za tla	Predlog kolobarja z odbranimi rastlinami
Trave (večletne)	Mirovanje tal.	Razmnožitev strun in ogrcev, ki objedajo korenine (majski hrošč, junjski hrošč).	stara jagoda* / trava trava trava (ajda ali ogrščica ali gorjušica ali jari ječmen) / nova jagoda**
Detelje (lucerna, črna detelja)	Bogatitev tal z dušikom; lucerna tla rahlja in obogati z dušikom		jagoda /detelja detelja detelja (ajda ali ogrščica ali gorjušica ali jari ječmen) / jagoda
Deteljno travne mešanice (DTM) in travno deteljne mešanice (TDM) (grahica, inkarnatka, mnogocvetna ali trpežna ljuljka) Trave in črna detelja	Pokritost tal; večji delež organske snovi.		jagoda /DTM DTM DTM (ajda ali ogrščica ali gorjušica ali jari ječmen) / jagoda
Facelija	Zatiranje strun; večji delež organske snovi		jagoda /ozimna pšenica ozimna pšenica / facelija /ozimni ječmen ozimni ječmen /bela gorjušica ajda /jagoda
Žita (ječmen, oves, pšenica, pira, rž)	Pokritost tal; rž zavira rast plevelov		jagoda / ozimna pšenica ozimna pšenica / ajda ali facelija/ozimni ječmen ozimni ječmen / inkarnatka inkarnatka /jagoda
Prezimni dosevki za ozelenitev in spomladanski podor (krmna ogrščica, trave, metuljnice, mešanice ozimnih žit).	Pokritost tal v zimskem času		Jagoda /prezimni dosevki pšenica ječmen mešanica za podor / jagoda
Prezimni dosevki križnic (krmni ohrovt, krmna ogrščica, krmna repica)	Visoka krmna vrednost in zimska ozelenitev površin; bio-razkuževanje		jagoda / prezimne križnice črna detelja črna detelja ajda /jagoda
Križnice za podor pred sajenjem novih jagod (bela gorjušica, oljna redkev, rjava gorjušica).	Zatiranje strun in ogorčic; bio- razkuževanje; obogatitev tal z organsko snovjo		jagoda / strniščni dosevek (oves, ječmen, facelija, sudanska trava) TDM TDM križnice za podor / jagoda

Ajda	Zatiranje plevelov; izkoriščanje dostopnega fosforja iz globljih plasti; obogatitev tal z organsko snovjo	Ob pozni žetvi ali podoravanju – gosto izraščanje ajde	Primeri ajde v kolobarju so navedeni v zgornjih predlogih.
------	---	--	--

* izkrčitev enoletnega ali dveletnega nasada po obiranju (od junija do avgusta)

** sajenje novega nasada jagode (od junija do avgusta)

3.2 Neprimerne predkulture za nasade jagode

Neprimerne rastline izčrpavajo tla, so gostiteljice bolezni in škodljivcev, ki napadajo jagodo in omogočajo razraščanje plevelnih rastlin. Med najbolj nezaželene predkulture spadajo rastline iz družine razhudnikovk, predvsem krompir in paradižnik, ki sta gostitelja jagodi zelo nevarne bolezni jagodna koreninska gniloba (*Phytophthora cactorum*). Od vrtnin kot predkulture niso primerne korenček, čebula, por, bob, repa, zelena, solata, endivija, kumare, grah in krompir, zaradi ogorčic. Zaradi privabljanja voluharja kot predkultura ni primeren radič. Neprimerne so tudi rastline, ki pripadajo isti družini kot jagoda (npr. malina).

Preglednica 2: Vpliv zelenega podora na kemične lastnosti tal, delež rastlin s poškodovanimi koreninami po prezgodnjem sajenju na posamezne podore in povprečni pridelek na grm v prvem letu po sajenju

Obravnavanje	P ₂ O ₅ (mg/100 g)	K ₂ O (mg/100 g)	N (%)	Organska snov (%)	Delež poškodovanih korenin (%)	Povprečni pridelek na grm (g)
Žametnica	3,1	25,0	0,24	4,0	25,8	235,4
Ajda	3,6	24,0	0,26	4,1	33,5	229,0
Dazomet (kemično razkuževanje - kontrola)	3,7	21,5	0,25	4,0	10,0	255,6
Bela gorjušica	2,8	21,5	0,25	4,1	26,1	211,6
Bela gorjušica + solarizacija	2,8	18,5	0,24	3,8	0,0	270,0

3.3 Kombinacije kolobarjenja in drugih metod za izboljšanje tal in pasti nepravilne izvedbe ukrepov

Zaradi časovne stiske pri izvedbi podora, smo sajenje jagode izvedli le 5 dni po zaoravanju žametnice, ajde in bele gorjušice. Zaradi izredno slabe začetne rasti sadik, smo preverili koreninski sistem sadik in ovrednotili delež poškodovanih (zakrnelih, zbitih, kolenčastih) korenin. Poskus nam je služil za orientacijo pri izvedbi ostalih poskusov. Ugotovili smo, da je bila količina dostopnega fosforja največja v obravnavanju s kemičnim razkuževanjem (kontrola) in najmanjša pri beli gorjušici (obravnavanji 4 in 5) (preglednica 2). Dostopni kalij je bil najvišji pri žametnici in najnižji pri beli gorjušici v kombinaciji s solarizacijo. Dušik in organska snov sta bila med obravnavanji izanečena. Količina hranil in organska snov, nista imeli neposrednega vpliva na količino pridelka. Kljub majhnim količinam fosforja in ustreznim

količinam kalija, dušika in organske snovi v tleh, je bil najvišji povprečni pridelek v obravnavanju s solarizacijo (obravnavanje 5). Najnižji je bil pridelek v obravnavanjih 2 in 4 (preglednica 2). Glede na to, da v obravnavanju 5 nismo zasledili poškodb korenin (preglednica 2) sklepamo, da je imela najugodnejši vpliv na pridelek prav solarizacija, ki pospeši mineralizacijo zelenega podora. Prezgodnje sajenje jagode po podoravanju ima na rast rastlin zelo negativen vpliv. Predvidevamo, da je poškodbe korenin povzročilo anaerobno razkrajanje organske mase, podorane v tleh. Na osnovi tega poskusa so bili vsi nadaljni poskusi z zelenimi podori posajeni od dva do tri tedne po zaoravanju zelene mase. V nadaljnjih poskusih poškodb korenin nismo več zasledili.

4 SKLEPI

Tehnologije pridelave jagod po smernicah IP in EKO pridelave, morajo zaradi zagotavljanja ustrezne strukture tal uravnotežene preskrbljenosti tal s hranili ter ravnovesja med škodljivimi in koristnimi organizmi nujno vključevati kolobarjenje.

Kot člen kolobarjenja so primerne številne rastline (trave, detelje, žita, križnice, ajda, facelija in druge) in njihove mešanice, ki jih moramo v kolobar umestiti na tak način, da bodo ohranjale rodovitnost tal in obenem zagotavljale ekonomsko pridelavo posamezne kulture.

V kolobarju se moramo izogibati neprimernim rastlinam, ki v veliki meri pripomorejo k neustreznemu okolju za uspešno pridelavo jagode.

Z vključevanjem alternativnih metod razkuževanja je kolobarjenje učinkovitejše in je lahko ob ustreznih metodah tudi krajše.

Na podlagi poskusa smo ugotovili, da je poleg izbora ustreznih rastlin, zelo pomembna dosledna izvedba vseh priporočenih tehnoloških ukrepov, vključno z zamikom sajenja jagode zaradi poteka procesov razkrajanja podoranih rastlin za zeleno gnojenje.

5 LITERATURA

- Bavec, F., 2001. Pridelovanje nekaterih poljščin v ekološkem kolobarju.
- Blake, C., 2015. Grants to advance soil health research in strawberries, www.calstrawberry.com.
- Carroll, J., Pritts, M., Heidenreich, C. 2012. Production Guide for Organic Strawberries, Cornell University, NYS IPM Publication No. 226.
- Iljaš, D. 2011. Kolobar, Tehnološka navodila. KGZ Ljubljana, Oddelek za kmetijsko svetovanje, 1.8.2011.
- Koron, D. 2014. *Pomen alternativnih metod razkuževanja tal za razvoj arbuskularne mikorize jagode (Fragaria x ananassa Duch.) : doktorska disertacija = Importance of alternative soil disinfection for arbuscular mycorrhiza of strawberry (Fragaria x ananassa Duch.) : doctoral dissertation*. Ljubljana: [D. Koron], 2014
- Mohler, C.L., Johnson, S.E. 2009. Crop rotation on organic farms – a planing manual, Natural Resource, Agriculture and Engineering Service, PO Box 4557, Ithaca, NY 14852-4557.
- Pinkerton, J.N., Ivors, K.L., Reeser, P.W., Bristow, P.R., Window, G.E., 2002. The use of soil solarization for the management of soil-borne plant pathogens in strawberry and red raspberry production. *Plant Disease* 6, 645-651.
- Seigies, A.T., Pritts, M., 2006. Cover crop rotations alter soil microbiology and reduce replant disorders in strawberry. *Hort. Sci.* 41, 1303-1308.
- Shrestha, U., Wszelaki, A.L., Butler, D.M., Introduction to Anaerobic Soil Disinfection as a Fumigant Alternative, UT Extension SP 765-A, 2014.

Pridelovalne lastnosti lokalnih sort solate

Mojca ŠKOF¹³¹ in Kristina UGRINOVIC¹³²

Izvleček

Pri solati, ki ima v Sloveniji dolgo tradicijo pridelave, je izbor lokalnih sort zelo velik in pester. Lokalne sorte so razširjene predvsem v vrtničarski pridelavi, za tržne pridelovalce so zaradi manjših pridelkov, večje občutljivosti na boleznih in slabše prilagojenosti na sodobne tržne poti manj zanimive. V zadnjih letih se zanimanje za lokalne sorte pri potrošnikih povečuje, zato so postale bolj zanimive tudi za pridelovalce. V letih 2015–2017 smo izvedli več preskušanj 13 krhkolistnih glavnatih lokalnih sort v različnih spomladanskih in jesenskih oziroma jesensko-zimskih terminih pridelovanja tako na prostem kot v enostavnih zaščitnih prostorih. Vse lokalne sorte so primerne predvsem za spomladansko pridelavo, le nekatere lahko uspešno pridelamo tudi v jeseni, za jesensko-zimski termin pa preskušane sorte niso primerne. V optimalnih terminih pridelave, t. j. zgodaj spomladi (pobiranje konec maja začetek junija na prostem oziroma konec aprila v zaščitnem prostoru) so pridelki mnogih lokalnih sort povsem primerljivi s pridelki novejših sort, saj dosežejo tudi 40 t/ha. V jesenskem terminu (pobiranje začetek oktobra) je bil tržni pridelek najboljših lokalnih sort prek 30 t/ha, v jesensko zimskem terminu pa le dobrih 10 t/ha. Največ težav pri pridelavi lokalnih sort solate povzročajo hitro uhajanje v cvet ob visokih temperaturah, večinoma visoka občutljivost za solatno plesen *Bremia lactucae*, slabša obstojnost na njivi ter večja občutljivost za manipulacijo.

Ključne besede: *Lactuca sativa* L., krhkolistna solata, termini pridelave, pridelek, masa glave

Cultivation traits of lettuce local varieties

Abstract

Lettuce production in Slovenia has a long tradition, therefore the selection of local varieties is numerous and varied. Local varieties are popular mostly with home gardeners while they are less interesting for the market growers due to lower yields, higher susceptibility to diseases and poor manipulation resistance. In recent years the consumers' interest for local varieties is increasing, therefore the market growers are becoming interested in these varieties too. In the years 2015–2017, a series of trials with 13 batavia type local varieties in various spring and autumn or autumn-winter terms of cultivation (both outdoors and tunnels) were conducted. All local varieties are suitable mainly for spring production, only some can be successfully grown in autumn, for the autumn-winter period the tested varieties are not suitable. In optimal production terms, i.e., in early spring (harvesting at the end of May, beginning of June in the open field or at the end of April in a protected area), the yields of local varieties are completely comparable to the yields of newer varieties, as they reach 40 t/ha. In the autumn term (harvesting at the beginning of October) the market yield of the best local varieties was over 30 t/ha, and in the autumn-winter term only 10 t/ha. The most frequent problems in production of lettuce local varieties are early bolting, high sensitivity to lettuce mold *Bremia lactucae*, poor standing ability in the field and greater sensitivity to manipulation.

Key words: *Lactuca sativa* L., batavia lettuce, growing period, yield, head weight

1 UVOD

Solata je v Sloveniji ena od najpomembnejših zelenjadnic in najbolj razširjena solatnica, ki jo najdemo skoraj v vsakem, še tako majhnem vrtničku. V letu 2019 smo jo skupno pridelovali na 821 ha, od tega je bilo tržni pridelavi namenjenih 240 ha. Skupni pridelek je znašal 13.052 t, še dobrih 9.000 t pa smo uvozili (SURS, 2019).

¹³¹ Univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: mojca.skof@kis.si

¹³² Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: kristina.ugrinovic@kis.si

Z izrazom lokalne sorte označujemo vse sorte, ki so bile načrtno ali nenačrtno vzgojene v Sloveniji (domača, avtohtona...) in sorte, ki izvirajo od drugod, vendar jih v Sloveniji pridelujemo že dlje časa (udomačena, tradicionalna, stara...). Pri solati, ki ima v Sloveniji dolgo tradicijo pridelave, je izbor lokalnih sort zelo številen in pester. Lokalne sorte so razširjene predvsem v vrtičarski pridelavi, za tržne pridelovalce so bile zaradi nižjih pridelkov, večje občutljivosti na bolezni in slabše prilagojenosti na sodobne tržne poti manj zanimive. V zadnjih letih se zanimanje za lokalne sorte povečuje tako pri potrošnikih kot posledično pri pridelovalcih.

Zaradi zanimanja pridelovalcev smo v zadnjih letih v preskušanja sort na Kmetijskem inštitutu Slovenije vključili tudi lokalne sorte solate z namenom, da ovrednotimo njihovo vrednost za pridelavo in uporabo. Pri izbranih lokalnih sortah nas je predvsem zanimalo, katere sorte so najbolj primerne za posamezen termin pridelovanja tako na prostem kot v zaščitenem prostoru.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Zasnova poskusov

Poskusi so potekali v letih 2015, 2016 in 2017 na poskusnem polju Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah pri Ljubljani. V poskuse je bilo vključenih 13 lokalnih sort solate, ki vse pripadajo tipu krhkolistne glavnote solate: Posavka, Vegorka, Dalmatinska ledenka, Ljubljanska ledenka, Leda, Marija, Šempeterka, Belokriška, Anna, Bistra, Trnovska ledenka, Unicum in Tolminka.

Sorte smo preskušali v različnih terminih pridelave na prostem in v zaščitenem prostoru. V letu 2015 smo sorte preskušali v dveh jesensko-zimskih terminih pridelave v tunelu (JZ1-15/16t in JZ2-15/16t), v letu 2016 v dveh spomladanskih terminih na prostem (P2-16 in P3-16), jesenskem terminu na prostem (J1-16) in jesenskem terminu v neogrevanem tunelu (J2-16t), v letu 2017 v spomladanskem terminu v tunelu (P1-17t), v treh spomladanskih terminih na prostem (P1-17, P2-17 in P3-17) in dveh jesenskih terminih v neogrevanem tunelu (J2-17t in JZ1-17/18t).

Poskusi so bili zasnovani v treh ponovitvah z naključno razporeditvijo sort znotraj ponovitev. Na poskusni parceli, ki je merila 2,7 m² je bilo posajenih 18 rastlin. Sadili smo na gredice s tremi vrstami. Medvrstna razdalja in razdalja v vrsti je bila 30 cm.

2.2 Vzgoja sadik in oskrba rastlin

Sadike smo vzgajali v polistirenskih gojitvenih ploščah (104 celice) v ogrevanem plastenjaku Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah pri Ljubljani. Za preskušanje v spomladanskem terminu v plastenjaku (P1-17t) smo setev za vzgojo sadik opravili v začetku februarja (1. 2. 2017), presajanje pa sredi marca (16. 3. 2017). Za preskušanja v spomladanskem terminu na prostem smo setev za vzgojo sadik opravili v začetku februarja (1. 2. 2017) za najzgodnejši termin (P1-17), v začetku marca (7. 3. 2016 in 7. 3. 2017) za splošni spomladanski termin (P2) in za pozno spomladanski termin (P3) konec marca oziroma v začetku aprila (29. 3. 2016 in 3. 4. 2017). Sadike iz najzgodnejše setve smo na prosto presajali sredi marca (21. 3. 2017), iz srednje zgodnje setve v začetku aprila (12. 4. 2016 in 10. 4. 2017) in iz pozno spomladanske setve v začetku maja (5. 5. 2016 in 4. 5. 2017). Za preskušanje v jesenskem terminu na prostem (J16) smo začeli z vzgojo sadik v začetku julija (8. 7. 2016), presajanje smo opravili v začetku avgusta (9. 8. 2016). Za jesenski terminu v neogrevanem tunelu (J2) smo setev opravili konec julija (22. 7. 2016 in 24. 7. 2017), presajanje pa sredi avgusta (19. 8. 2016 in 18. 8. 2017). Za

preskušanja v jesensko zimskem terminu v tunelu (JZ) smo setev za vzgojo sadik opravili prvič v začetku avgusta (5. 8. 2015 in 8. 8. 2017) za presajanje sredi septembra (17. 9. 2015 in 19. 9. 2017) in drugič konec avgusta (20. 8. 2015) za presajanje konec septembra (24. 9. 2015).

V letu 2015 smo z osnovnim gnojenjem ob pripravi tal tunelu dodali 21 kg/ha N, 60 kg/ha P_2O_5 in 150 kg/ha K_2O . Predposevek je bil česen. V letu 2016 smo poskusno parcelo že jeseni pognojili s 40 t/ha hlevskega gnoja, ob spomladanski pripravi tal pa dodali še 102 kg/ha N, 60 kg/ha P_2O_5 , 270 kg/ha K_2O . Predposevek je bil grah. V jesenskem terminu preskušanja na prostem in v tunelu smo ob presajanju dodali še 50 kg/ha N, 50 kg/ha P_2O_5 , in 50 kg/ha K_2O . Na prostem je bil predposevek čebula, v tunelu pa česen. V letu 2017 smo spomladi v tunelu ki smo ga že jeseni pognojili s 20 t/ha hlevskega gnoja, ob pripravi tal dodali 102 kg/ha N, 60 kg/ha P_2O_5 in 270 kg/ha K_2O . Poskusna parcela na prostem je bila jeseni gnojena s 40 t/ha hlevskega gnoja, ob pripravi tal spomladi smo dodali še 28 kg/ha N, 80 kg/ha P_2O_5 in 120 kg/ha K_2O . V jesenskem terminu preskušanja v tunelu smo ob pripravi tal dodali 60 kg/ha N, 60 kg/ha P_2O_5 in 240 kg/ha K_2O , med rastjo pa smo dodali še 54 kg/ha N. Predposevek je bil tako kot leto poprej česen.

Oskrba vseh poskusov je potekala v skladu z uveljavljeno agrotehniko in je vključevala predvsem redno okopavanje, pletje in kapljično namakanje.

2.3 Meritve rastlin in vrednotenje pridelka

V vsakem terminu preskušanja smo sorte pobirali postopoma glede na zgodnost dozorevanja posamezne sorte. Za meritve posameznih rastlin smo z vsake poskusne parcele naključno izbrali po 3 povprečne rastline, jih stehali, očistili ter očiščenim rastlinam še enkrat stehali maso tržnega pridelka. Za določanje pridelka smo z vsake poskusne parcele pobrali vse rastline. Pridelek smo sortirali v tržni in netržni. Netržni pridelek so predstavljale vse netržne rastline (majhne, gnile, rastline s cvetnim stebлом) in vsi zunanji in poškodovani listi sicer tržnih rastlin. Očiščene rastline smo stehali kot tržni pridelek.

2.4 Statistična obdelava podatkov

Zbrane podatke o pridelkih smo za vsak poskus posebej statistično ovrednotili s programom Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Centurion, 2009) z enostavno analizo variance (ANOVA). Statistično značilnost razlik med povprečji posameznih sort smo določili z Duncanovim testom. Vsa testiranja smo opravili pri 95 % zaupanju ($p < 0,05$).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Spomladanski termini pridelovanja

Rezultati preskušanj v spomladanskih terminih so grafično prikazani na Sliki 1.

V zgodnjem spomladanskem terminu v neogrevanem plastenjaku v letu 2017, so se rastline po presajanju sredi marca zelo hitro in lepo razvijale. Marec je bil zelo topel in sončen, lepo vreme se je nadaljevalo tudi v aprilu (ARSO, 2017) in najzgodnejše sorte smo tako pobirali že konec aprila, torej dobrih 40 dni po presajanju. Povprečen tržni pridelek je bil nad 30 t/ha, pri sortah Posavka, Bistra, Dalmatinska ledenka, Trnovska ledenka in Tolminka nad 40 t/ha. Masa tržnega dela rastline je pri omenjenih sortah znašala med 600 in 800 g.

Na prostem smo v zgodnje spomladanskem terminu v letu 2017 poskus zasnovali pet dni kasneje kot v tunelu, Ker je bila pomlad topla, so se tudi na prostem rastline po presajanju lepo

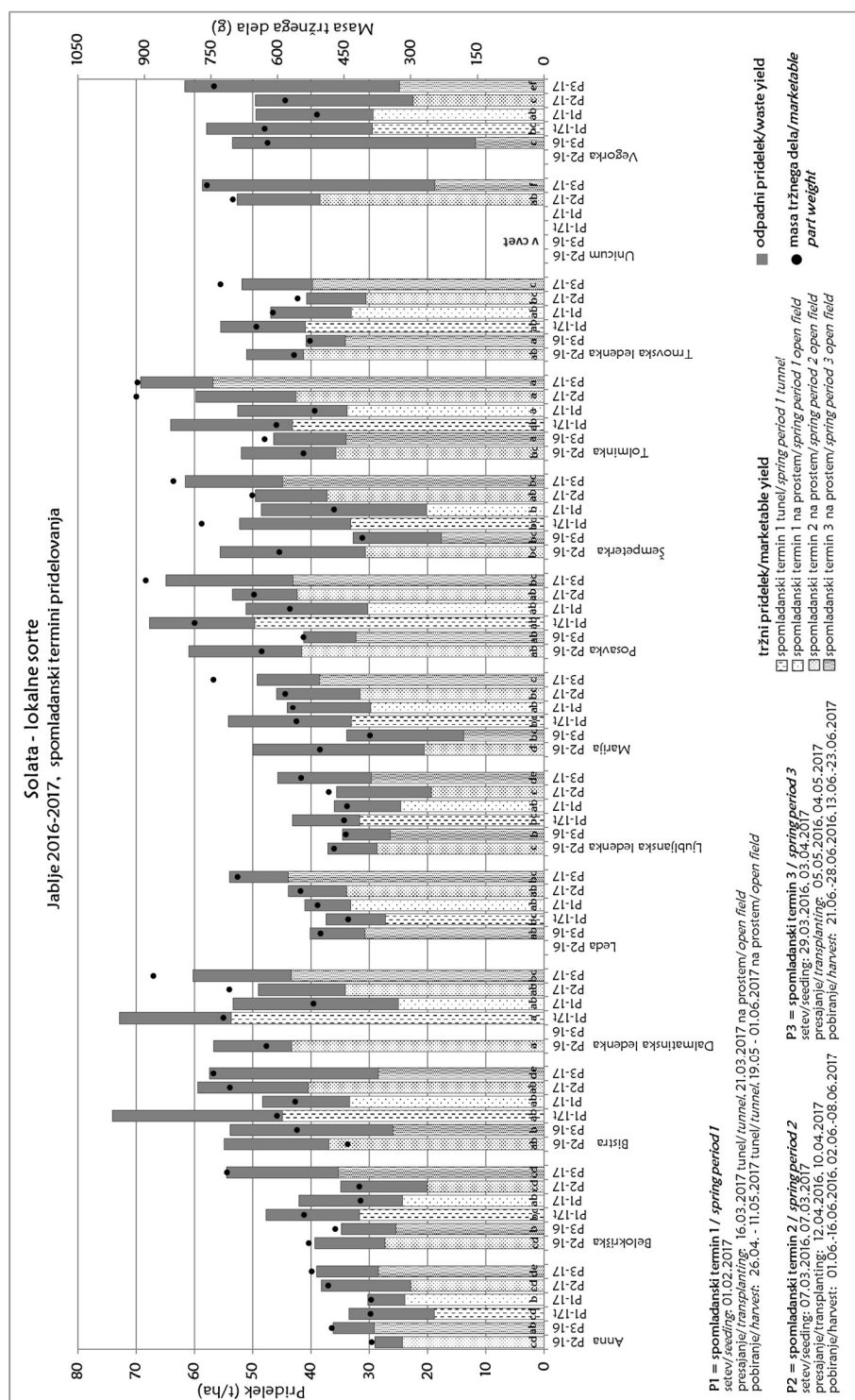
in hitro razvijale. Konec aprila je sledila ohladitev, ki so jo spremljale obilne padavine (ARSO, 2017), zato smo solato zaščitili s prekrivanjem s polipropilensko prekrivko. Kljub zaščiti smo pri občutljivejših sortah opazili poškodbe od mraza. Pridelek smo pobirali konec maja in v povprečju pobrali 26 t/ha tržnega pridelka. Masa tržnega dela je bila pri sortah Bistra, Leda in Tolminka, pri katerih smo pobrali največ pridelka, okoli 500 g.

V pridelavi najbolj običajnem spomladanskem terminu na prostem s presajanjem v prvi polovici aprila smo sorte preskušali v letu 2016 in 2017 in v obeh letih se je pokazal kot zelo ugoden termin za pridelavo lokalnih sort solate. V letu 2016 je bil začetek aprila topel in sončen, primerno ogreta so bila tudi tla (ARSO, 2016) in rastline so se po presajanju lepo razvijale. Konec meseca je sledila močna ohladitev s snegom, zato smo posevek prekrili s polipropilensko prekrivko. Sneg, ki je prekril rastline, večje škode ni povzročil, razen pri posameznih rastlinah smo opazili poškodbe od mraza. Ker se je tudi v maju nadaljevalo hladno in deževno vreme (ARSO, 2016), se je razvoj upočasnil, pri posameznih sortah pa smo imeli težave z napadom solatne plesni (*Bremia lactucae*). S pobiranjem pridelka smo začeli v začetku junija in v povprečju pobrali 33 t/ha tržnega pridelka. Po višini pridelka so izstopale sorte Dalmatinska ledenka, Posavka in Trnovska ledenka, pri katerih smo pobrali več kot 40 t/ha tržnega pridelka. Tudi v letu 2017 je toplemu začetku aprila sledila močna ohladitev konec meseca (ARSO, 2017), vendar smo s prekrivanjem s polipropilensko prekrivko rastline uspeli zaščititi. S pobiranjem pridelka smo tako kot leto poprej začeli v začetku junija, povprečno smo pobrali 32 t/ha tržnega pridelka, več kot 40 t/ha pa pri sortah Posavka, Bistra in Trnovska ledenka.

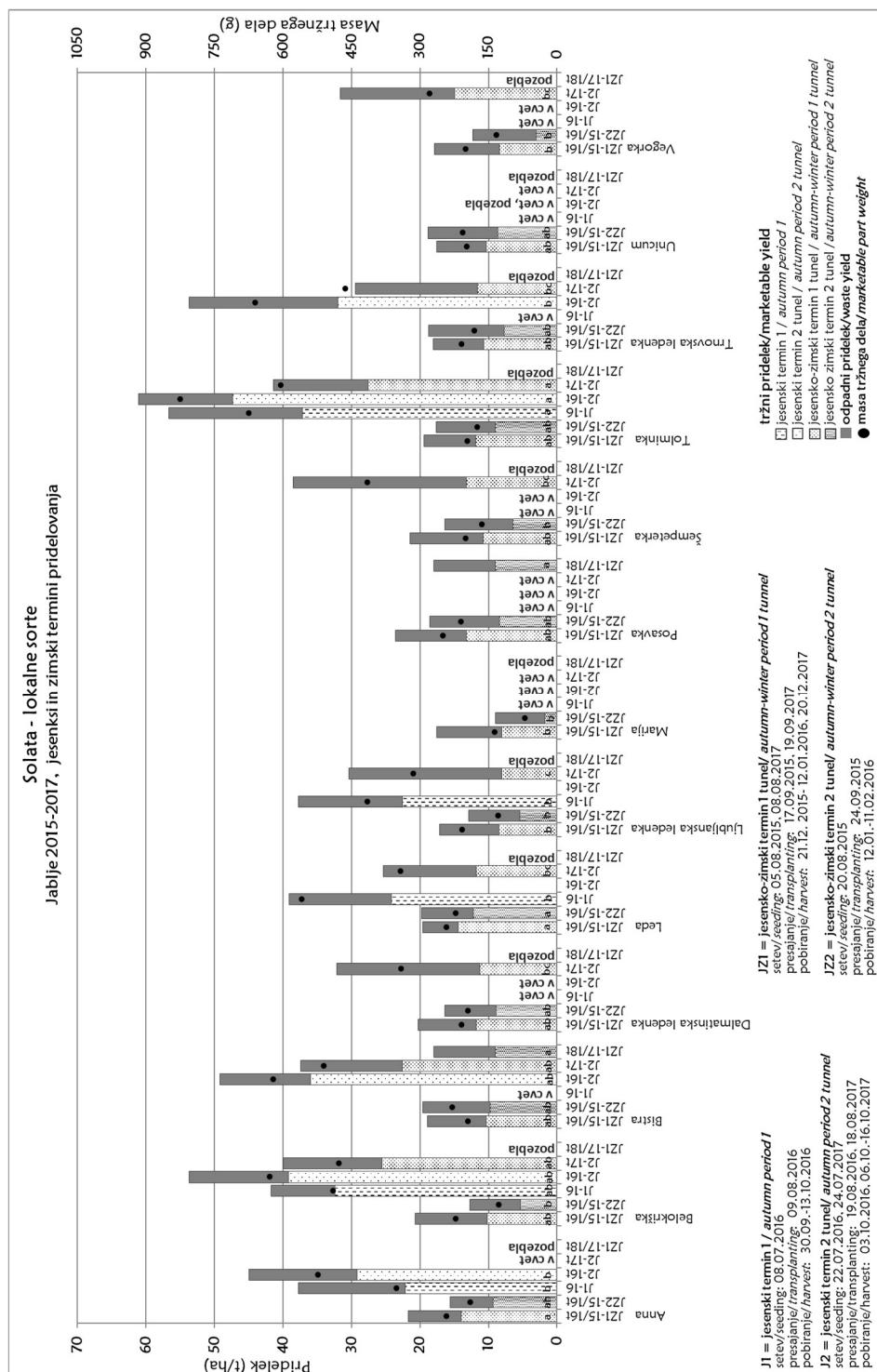
Pozno spomladanski termin pridelave s presajanjem v prvi dekadji maja se je v letu 2016 pokazal kot manj primeren. Zaradi obilnih padavin (ARSO, 2016) smo imeli veliko težav s solatno plesnijo (*Bremia lactucae*), na katero so vse lokalne sorte razmeroma občutljive. Pri vseh sortah z izjemo sort Leda in Tolminka so bile glave slabše zaprte oziroma delno odprte, veliko rastlin pa je predčasno ušlo v cvet. Dobro tretjino pobranega pridelka smo zato razvrstili med odpadni pridelek in v povprečju pobrali le 26 t/ha tržnega pridelka. Zaradi močnega napada in slabo zaprtih glav pa pridelka sort Unicum in Dalmatinska ledenka nismo pobirali. V letu 2017 so bile razmere za rast in razvoj solate ugodnejše, manj je bilo težav z boleznimi in solata je lepo oblikovala glave. S pobiranjem pridelka smo začeli teden dni prej (13.6.) kot v letu 2016 in povprečno pobrali 37 t/ha tržnega pridelka. Največji pridelek so poleg sort Leda in Tolminka, dosegle še Posavka, Šempeterka in Dalmatinska ledenka. Masa tržnega dela je pri teh sortah med 800 in 900 g.

3.2 Jesenski in jesensko zimski termini pridelovanja

Rezultati preskušanj v jesenskih in jesensko-zimskih terminih so grafično prikazani na Sliki 2. Poskus, zasnovan na prostem, v letu 2016 je potrdil, da je pridelava solate v jesenskih terminih manj zanesljiva in nepredvidljiva. Po presajanju v začetku avgusta, ki je bil topel in suh (ARSO, 2016), so sadike sprva zastale v rasti, vendar so si kasneje opomogle. Zelo toplo vreme se je nadaljevalo tudi v septembru, kar je povzročilo, da so rastline predčasno uhajale v cvet. Kot zelo občutljive za uhajanje v cvet so se izkazale sorte Posavka, Šempeterka in Marija, ki so pognale v cvet še predno so oblikovale glave.



Slika 1: Povprečni tržni in odpadni pridelek ter povprečna masa tržnega dela rastlin solate pri posameznih sortah pri spomladanskih terminih pridelovanja v poskusih v Jabljah v letih 2016 in 2017; različne črke v stolpcih pomenijo statistično značilno različen tržni pridelek znotraj posameznega termina pridelave (Duncan, $p < 0,05$).



Slika 2: Tržni in odpadni pridelek ter masa tržnega dela rastlin solate pri posameznih sortah v jesenskih in jesensko zimskih terminih pridelovanja v poskusih v Jabljah v letih 2015, 2016 in 2017; različne črke v stolpcih pomenijo statistično značilno različen tržni pridelek znotraj posameznega termina pridelave (Duncan, $p < 0,05$).

Pridelek ostalih sort smo pobirali v začetku oktobra. Kot zelo primerna se je pokazala predvsem sorta Tolminka, pri kateri je tržni del tehtal povprečno 670 g. Prve jesenske poskuse v tunelih smo zasnovali sredi avgusta in v letu 2016 se je pokazalo, da je bil termin presajanja prezgoden. V zelo topli jeseni (ARSO, 2017) so rastline razvile slabše zaprte glave, veliko rastlin pa je pognalo v cvet, še predno so oblikovale glavo. Tržnega pridelka tako nismo mogli pobrati pri sortah Marija, Šempeterka, Unicum in Posavka. Tako kot pri pridelavi na prostem se je kot najprimernejša pokazala sorta Tolminka, pri kateri smo pobrali 47 t/ha tržnega pridelka, masa posamezne tržne rastline je bila nad 800 g. Tudi poskus v letu 2017 je potrdil, da je zgodnja jesenska zasnova v tunelih tvegana, saj rastline zaradi visokih temperatur v zgodnjem obdobju rasti kasneje predčasno uhajajo v cvet. Pridelka zato nismo mogli pobrati pri sortah Posavka, Unicum, Marija in Anna. Pri ostalih sortah smo v začetku oktobra pobrali povprečno 15 t/ha tržnega pridelka, pri sortah Tolminka, Bistra in Belokriška pa preko 20 t/ha. V jesensko-zimskem terminu preskušanja v letu 2015 smo posevke zasnovali sredi septembra v neogrevanem tunelu in v tunelu z možnostjo dogrevanja. Po presajanju so se rastline razvijale zelo počasi, veliko težav smo imeli z glivičnimi boleznimi. Rastline so razvile majhne, slabo sklenjene glave, delež netržnih glav je bil pri vseh sortah visok. Pridelki so bili nizki, v povprečju smo pobrali manj kot 10 t/ha tržnega pridelka. Med preskušanimi sortami se je še kot najbolj primerna tudi za jesensko-zimski termin pridelave pokazala sorta Leda.

4 SKLEPI

Na osnovi večletnih poskusov s solato v različnih terminih pridelave lahko zaključimo, da so vse lokalne sorte primerne predvsem za spomladanski termin pridelave, nekatere pa lahko uspešno pridelujemo tudi v jesenskem terminu. V optimalnih terminih pridelave, t. j. zgodaj spomladi (pobiranje konec maja začetek junija na prostem oziroma konec aprila v zaščitenem prostoru) so pridelki nekaterih lokalnih sort povsem primerljivi s pridelki novejših sort, saj dosežejo tudi 40 t/ha (npr. Posavka, Bistra, Dalmatinska ledenka, Trnovska ledenka). V jesenskem terminu (pobiranje začetek oktobra) so se v preskušanjih najbolj obnesle sorte Belokriška, Bistra in Tolminka. Za ta temin pridelave je zelo pomembno, da posevkov ne zasujemo prezgodaj, ker uidejo v cvet, in ne prepozno (na prostem in tudi v zaščitenem prostoru brez ogrevanja), ker pride do poškodb zaradi nizkih temperatur. Največ težav pri pridelavi lokalnih sort solate povzročajo hitro uhajanje v cvet, večinoma velika občutljivost za solatno plesen *Bremia lactucae*, slabša obstojnost na njivi ter večja občutljivost za manipulacijo.

Zahvala. Preskušanja, ki so predstavljena v tem prispevku so bila financirana delno v okviru projekta Ciljno raziskovalnega programa »Zagotovimo si hrano za jutri« V4-1618 z naslovom "Ogroženost lokalnih sort zaradi genske erozije in njihova vrednost za pridelavo in uporabo" (pogodba št. 2330-16-000188) in delno v okviru strokovne naloge Posebno preizkušanje sort za opisno sortno listo (pogodba št. 2330-17-000111).

5 LITERATURA

- ARSO. 2015. Mesečni bilten Agencije RS za okolje, 22, 7-12.
ARSO. 2016. Mesečni bilten Agencije RS za okolje, 23, 1-12.
ARSO. 2017. Mesečni bilten Agencije RS za okolje, 24, 1-12.
SURs. 2019. Podatkovni portal SI-STAT. Dostopno na:
https://pxweb.stat.si/SiStatDb/pxweb/sl/30_Okolje/

Obdelava mikroalg za biostimulacijo kmetijskih rastlin

Lara RESMAN¹³³, Primož OVEN¹³⁴, Jani BERTONCELJ¹³⁵ in Rok MIHELIC¹³⁶

Izvleček

Mikroalge so široka skupina mikroskopsko majhnih fotosintetskega sposobnih organizmov, ki jih gojimo tudi na odpadnih vodah, digestatu bioplinarn in drugih agro-živilskih odpadkah, iz katerih lahko mikroalge reciklirajo tudi do 95% odstotkov dušika in fosforja. Mikroalge lahko predelamo v gnojila, biostimulanse, biodizel ali bioplin in tako sledimo zakonitostim krožnega gospodarstva, ko odpadna rastlinska hranila ponovno uporabimo pri pridelavi hrane ali energije. Mikroalge, predelane v biostimulanse, so vir rastlinskih makro- in mikro-hranil, aminokislin in fitohormonov, ki omogočajo boljšo rast, razvoj in večjo odpornost rastlin. V rastlinjaku na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani gojimo v sodelovanju s podjetjem Algen d.o.o. mikroalge za proizvodnjo biostimulansov v okviru evropskega projekta Water2REturn, katerega namen je proučiti inovativne tehnologije za čiščenje odpadnih voda. S postopkom visokotlačne homogenizacije pridelanih mikroalg, smo nameravali povečati fitostimulativno delovanje celične vsebine mikroalg. V testih na rastlinah bele gorjušice (*Sinapsis alba* L.) ter kumar (*Cucumis sativus* L.) smo merili avksinom in citokininom podobne biostimulativne učinke pridobljenega ekstrakta iz visokotlačno obdelanih in neobdelanih mikroalg. Z uporabo visokotlačne homogenizacije nismo povečali biostimulativnega učinka, iz česar sklepamo, da mikroalge biostimulativne učinkovine (npr. fitohormone) sproščajo tudi izvencelično.

Ključne besede: mikroalge, biostimulansi, visokotlačna homogenizacija, biostimulativni učinki

Treatment of microalgae for biostimulation of agricultural plants

Abstract

Microalgae are a broad group of microscopically small photosynthetic organisms that can also be cultivated in wastewater, biogas digestate and other wastewater from the agricultural and food industry. Microalgae recycle up to 95% nitrogen and phosphorus, which can be processed into fertilizers, biostimulants, biodiesel or biogas, thus following the laws of the circular economy: waste nutrients are reused in food or energy production. Microalgae processed into biostimulants are a source of plant macro and micronutrients, amino acids and phytohormones, so that plants can grow better and become more resistant. In the greenhouse of the Department of Agronomy of Biotechnical Faculty in Ljubljana, in cooperation with the company Algen d.o.o., we cultivate microalgae for the production of biostimulants as part of the European project Water2REturn, which aims to present innovative technologies for wastewater treatment. The produced biomass was processed by high-pressure homogenization, followed by an experiment on white mustard (*Sinapsis alba* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.), in which the auxin- and cytokinin-like biostimulatory effects of the obtained extract and untreated microalgae were measured. The high-pressure homogenization did not increase the biostimulatory effect compared to untreated microalgae, from which it can be concluded that microalgae release also extracellular biostimulants (e.g. phytohormones).

Key words: microalgae, biostimulants, high-pressure homogenisation, biostimulative effects

1 UVOD

Izraz mikroalge združuje široko skupino enoceličnih fitoplanktonskih vrst: cianobakterije, dinoflagelate, diatomeje ter zelene flagelate. Mikroalge so ubikvitarni mikroorganizmi, ki

¹³³ Univ. dipl. mikr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: lara.resman@bf.uni-lj.si

¹³⁴ Red. prof. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: primozen.oven@bf.uni-lj.si

¹³⁵ Mag. inž. les, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: jani.bertoncelj@bf.uni-lj.si

¹³⁶ Dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

prispevajo pomemben delež biomase sladkih in slanih voda ter tal. Globalno so alge zadolžene za približno 50% svetovne proizvodnje kisika ter prav toliko fiksacije ogljikovega dioksida, zato imajo pomembna vloga pri regulaciji globalne bilance ogljika. Tiste, ki fiksirajo dušik, so pomembne pri pridelavi riža in ostalih poljščin (Fu in Secundo, 2016).

Mikroalge so pri pretvarjanju sončne v kemično energijo s fotosintezo učinkovitejše kot višje rastline, zato ima uporaba teh organizmov in njihova visoka produkcija vrednih bioloških substanc velik komercialni potencial. V zadnjih desetletjih so razvili številne produkte iz mikroalg, od biogoriv do različnih organskih kemikalij ter prehranskih dodatkov (Priyadarshani in Rath, 2012). Poleg tega so mikroalge zelo uporabne tudi v okoljskih tehnologijah – npr. mikroalžno-bakterijski konzorciji imajo velik bioremediacijski potencial pri detoksifikaciji okoljskih onesnaževal v tleh, odstranjujejo presežke hranil ter organska in kovinska onesnaževala. Mikroalge štejemo med zelo učinkovite fotosintetske organizme, ki odstranjujejo hranila iz odpadnih voda v aerobnih postopkih čiščenja, kjer izboljšajo oskrbo s kisikom, porabljajo CO₂, ki ga pri dihanju sproščajo heterotrofni mikroorganizmi, in zmanjšajo potrebo po energiji, potrebni za bakterijsko oksidacijo snovi v odpadni vodi (Harun in sod., 2010).

Uporaba mikroalg, gojenih na odpadnih vodah, kot biostimulansov za rastline, se v zadnjih letih kaže kot ekonomsko obetavnejša možnost. Takšna biomasa je namreč za druge namene (npr. prehrano, farmakološke učinkovine) neuporabna, visoki stroški, povezani s proizvodnjo mikroalg, zahtevajo produkt z visoko dodano vrednostjo, trg biostimulansov pa narašča (Acién in sod., 2016).

1.1 Mikroalge v agronomiji

Alge se lahko v kmetijstvu uporabljajo kot gnojila, ali kot rastlinski biostimulansi. Večina raziskav o uporabi alg v kmetijstvu ali tistih, z že razvitimi komercialnimi produkti, je na osnovi makroalg (morske alge), saj jih možno lahko pridobiti iz obalnih območij in jih je v primerjavi z mikroalgami tudi lažje predelati (Tuchy in sod., 2013). Obstajajo tudi industrijski obrati za pridelavo in aplikacijo mikroalg v kmetijstvu, vendar je obseg te industrije še v povojih (Priyadarshani in Rath, 2012). Številne raziskave dokazujejo pozitivne učinke mikroalg in njihovih ekstraktov v kmetijstvu: npr. cianobakterije in zelene alge lahko proizvajajo koristne regulatorje rasti, kot so indol očetna kislina (IAA), giberelinska kislina (GA), indol-maslena kislina (IBA) ter hlapne maščobne kisline (Gayathri in sod., 2017), njihovi ekstrakti lahko zavirajo rast patogenih bakterij (Ördög in sod., 2004), povečajo rast in razvoj nekaterih rastlin (Grzesik in Romanowska-Duda, 2015), njihova aktivnost izboljša strukturo tal in poroznost z izločanjem polisaharidov ter služi (Prasanna in sod., 2013). Za uporabo v kmetijstvu se večinoma uporabljajo ekstrakti mikroalg, nanešeni foliarno (Plaza in sod., 2018), medtem ko netretirane mikroalge uporabijo za aplikacijo v tla (Renuka in sod., 2017).

1.2 Tretiranje mikroalg

Pri uporabi mikroalg, namenjenih predelavi v različne farmacevtske, kozmetične, prehranske učinkovine ter kot surovina za bioplin ali bioetanol, je učinkovitost procesa omejena zaradi njihove trpežne celične stene, večinoma sestavljene iz celuloze, hemiceluloze in lignina. Z namenom, da izboljšajo te procese ali da pridejo do vsebine njihovih celic in željenih znotrajceličnih metabolitov, so razvili številne postopke tretiranja mikroalg: mehanske (ultrazvok, mikrovalovi, sonifikacija, visok tlak, termalno tretiranje), kemične (alkalno in kislo okolje), biološke (encimi, bakterijski razkroj ali kombinacije več postopkov (Rodrigues in sod., 2015)).

Tudi raziskovalci, ki uporabljajo mikroalge kot biostimulanse pri pridelavi kmetijskih rastlin, večinoma uporabljajo termalno tretirane (Grunert et al., 2016) hidrolizirane mikroalge ali celične ekstrakte (Mutale-Joan in sod., 2020), vendar tudi uporaba netretiranih mikroalg v agronomiji ni redka (Grzesik in Romanowska-Duda, 2014). Ker se želimo izogniti neželenim, toksičnim topilom, pri proizvodnji biostimulansov navadno uporabljamo encimske in mehanske hidrolize oziroma njihove kombinacije (Michalak in Chojnacka, 2014; Romero García in sod., 2012).

Visokotlačna homogenizacija se pogosto uporablja v industriji, pri čemer homogenizator povzroči močan strižni stres, ki vodi v učinkovit razpad celic. Potrebni tlak je odvisen od različnih struktur celične stene in različnih vrst mikroorganizmov (Wang in sod., 2015).

2 MATERIAL IN METODE DELA

Matično kulturo mikroalg smo iz inokuluma vzgojili s strokovno pomočjo projektnega partnerja, podjetja Algen d.o.o., s katerim sodelujemo tudi pri nadaljnji vzgoji mikroalg. Kot vir hranil za mikroalge uporabljamo tekoči del, ki nastane po separaciji digestata iz mešanice živilskih odpadkov podjetja KOTO d.o.o., od koder smo dobili tudi začetni inokulum mikroalg. Mikroalge gojimo v odprtih bazenih (Slika 1), zato imamo v njih pestro združbo, sestavljeno iz več različnih vrst mikroalg, bakterij ter členonožcev. Sestava združbe se v odprtih bazenih spreminja v odvisnosti od razmer okolja, predvsem je sezonsko variabilna glede na svetlobo in temperaturo okolja. V naših bazenih prevladujejo vrste mikroalg iz rodu *Scenedesmus* (Slika 1). Odprti bazeni so opremljeni s senzorskim sistemom za uravnavanje pH s pomočjo dovajanja CO₂, temperaturnim senzorjem ter merilcem elektroprevodnosti. Prirast mikroalg merimo z vsebnostjo celotne suhe snovi (TS) in suspendirane suhe snovi (TSS) ter optične gostote pri 665 nm: OD665 in pri 789 nm: OD780). Biomaso z mikroalgami iz bazenov pridobivamo s tehniko sedimentacije, pri čemer pridobimo koncentrat, t.i. goščo, ki vsebuje do 20 g/L s.s. Koncentrirana mikroalgna gošča je v primerni koncentraciji lahko takoj uporabna kot biostimulans za rastline. V kolikor želimo zagotoviti večjo dostopnost rastlinskih hranil in učinkovin z biostimulativnimi učinki, jo je potrebno predhodno tretirati.



Slika 1: Levo: gojenje mikroalg na Oddelku za agronomijo v treh odprtih bazenih. Na desni strani slike je viden usedalnik, kjer se zbira koncentrirana biomasa mikroalg. Desno: mikroalge rodu *Scenedesmus* v bazenih pod svetlobnim mikroskopom pri 400 x povečavi.

Pridobljeno goščo smo precdili skozi 100 µm sito in razdelili na dva dela: M (netretirana biomasa) in PM (del namenjen za visokotlačno homogenizacijo). Na Oddelku za lesarstvo (BF, LJ) smo PM najprej homogenizirali s pomočjo naprave Ultra turrax IKA pri 14000 obratih v trajanju 1 minute. S celotno količino vzorca PM smo najprej izpeljali prvi prehod skozi

visokotlačni homogenizator GEA Panda PLUS pri tlaku 650 bar (PM1) in nato še drugi prehod pri 450 bar (PM2). Vzorcem smo pred in po obdelavi izmerili elektroprevodnost, celotno suho snov, suspendirano suho snov in raztopljeno suho snov (TS, TSS, TDS) (Classen in sod., 2013); raztopljene oblike ogljika (DOC) (Vario TOC cube, Elementar, Nemčija), mineralni dušik ($\text{NO}_3\text{-N}$ in $\text{NH}_4\text{-N}$) smo določili kolorimetrično (Gallery, Thermo Fisher Scientific, ZDA). Na UV/VIS spektrofotometru Lambda BIO 20 (Perkin Elmer, ZDA) smo izmerili absorbanco supernatanta v UV spektru pri 260 nm ter sproščene proteine v supernatanu (Bradford, 1976). Pod svetlobnim mikroskopom smo pri 400x povečavi pregledali stanje alg pred in po obdelavi ter izmerili indeks vitalnosti alg z zakasnjeno fluorescenco (DFI; Berden-Zrimec in sod., 2008) pred in po obdelavi. Biostimulativni učinek M in PM (po drugem prehodu) smo preverili s kalilnim testom (Phytotestkit, MicroBioTests inc., 2020) z belo gorjušico (*Sinapsis alba* L.). Avksinom in citokininom podobne učinke smo določili s testoma formacije nadomestnih korenin na kalicah kumar (*Cucumis sativus* L.) ter ekspanzije (odpiranja) kotiledonov kumar (Zhao in sod., 1992).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Po visokotlačni homogenizaciji se v supernatantu suspenzije mikroalg povišajo elektroprevodnost (EC), vsebnosti raztopljenih snovi (TDS), raztopljenih oblik mineralnega dušika ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$), raztopljeni organski ogljik (DOC) in topni proteini (Preglednica 1). Poviša se tudi absorbanca supernatanta pri 260 nm, ki pokaže vsebnost metabolitov v suspenziji. Suha snov celotnega vzorca (TS) in suspendirane snovi (TSS) se zaradi homogenizacije značilno ne spremenijo. Zaznati je upad fotosintetske aktivnosti alg, kar se odraža z upadom indeksa DFI. Mikroskopija vzorcev po drugi strani ni pokazala očitnega razpada alg (rezultati niso predstavljeni).

Glede na rezultate meritev fizikalno-kemičnih parametrov, obarvanje supernatantov ter upad fotosintetske aktivnosti alg smo sklepali, da je bila visokotlačna homogenizacija mikroalg uspešna, ter da več prehodov izboljša učinkovitost homogenizacije. Tudi Spiden in sod. (2013) so pri proučevanju učinkovitosti visokotlačne homogenizacije ugotovili, da je razpad celic naraščal s številom prehodov; pri njih je bil tlak potreben za lizo 50% celic odvisen od vrste mikroalg in je znašal 170, 1070, in 2000 barov za *Tetraselmis* sp., *Chlorella* sp., in *Nannochloropsis* sp. Menimo, da bi z višjim tlakom tudi v naši raziskavi dosegli boljšo učinkovitost razpada celic, vendar na tej aparaturi zaradi narave materiala nismo mogli preseči 650 barov.

Kot dobra parametra za hitro določanje uspešnosti homogenizacije sta se pokazala predvsem izgled/barva supernatanta in elektroprevodnost. S kasnejšimi spektrofotometričnimi meritvami supernatanta pri valovni dolžini 260 nm, meritvami sproščenih, raztopljenih suhih snovi ter raztopljenih oblik ogljika lahko sklepamo, da so se sprostile vsebine mikroalgnih celic po homogenizaciji, četudi pod svetlobnim mikroskopom ni bilo opaziti večjih poškodb celic.

Kalilni test z belo gorjušico je pokazal, da imata oba vzorca (M in PM) pri koncentraciji 2 g TS/L pozitiven vpliv na kalilni indeks. Na sliki 2 je prikazan kalilni indeks, ki pokaže, da imajo netretirane mikroalge (M) za 20% večji kalilni indeks, visokotlačno tretirane pa 17% višjega kot kontrola (deionizirana voda). t-test je pokazal značilno razliko med povprečjem dolžine kalčkov posameznega obravnavanja in kontrolo ($p < 0,05$).

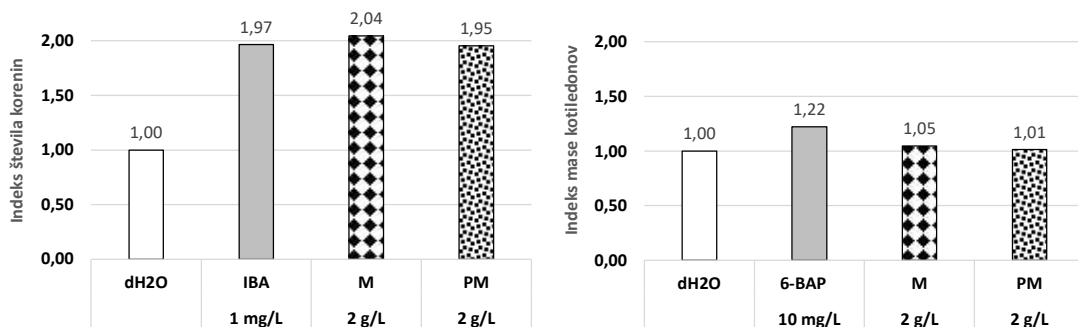
Preglednica 1: Fizikalno-kemične meritev suspenzije in supernatantov mikroalg pred (M) visokotlačno homogenizacijo, po prvem prehodu (PM1) ter po drugem prehodu (PM2).

	TS	TDS	TSS	EC	NH ₄ -N	NO ₃ -N	DOC	PROTE- INI	ABS	DFI
Vzorec	g/L	g/L	g/L	μS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	260 nm	cpm
M	10,2	2,42	8,00	1186	0,30	8,20	795	60	0,35	315000
PM1	11,6	3,48	7,58	1273	0,50	304	1300	500	1,03	285000
PM2	11,3	4,03	7,23	1295	1,60	711	1536	670	1,46	240000



Slika 2: Kalilni test z belo gorjušico. Levo: kalilni indeks. M – netretirane mikroage, PM – mikroalge po visokotlačni homogenizaciji, dH₂O – deionizirana voda, kontrola. Sredina in desno: kalčki po treh dneh kalitve.

Največji biostimulativen učinek mikroalg smo opazili pri testiranju avksinom podobnih učinkov v testu formacije nadomestnih korenin na kalicah kumar. Pripravka M in PM pri koncentraciji mikroalg 2 g TS/L imata izrazito pozitiven vpliv na pojavnost korenin (104% in 95% več kot kontrola dH₂O), njun učinek je podoben učinku pozitivne kontrole (1 mg/L IBA – indol-butirična kislina) (slika 3, slika 4). Po drugi strani ni opaziti citokininom podobnega efekta, tako M kot PM se v indeksu mase kalic (relativni delež v primerjavi s kontrolo dH₂O) statistično ne razlikujeta od negativne kontrole.



Slika 3: Določanje avksinom in citokininom podobnih aktivnosti na kumarah. Levo: avksinski učinek – relativni delež oz indeks nadomestnih korenin na kumarah v primerjavi z dH₂O; desno: citokininomski učinek - indeks mase kalic kumar. M – netretirane mikroage, PM – mikroalge po visokotlačni homogenizaciji, IBA – indol-butirična kislina (pozitivna kontrola za avksinski učinek), 6-BAP – 6-benzilaminopurin (pozitivna kontrola za citokinski učinek), dH₂O – deionizirana voda (negativna kontrola).

Navarro-López in sod. (2020) so s podobnimi testi določevanja biostimulativnosti mikroalge *Scenedesmus obliquus* ugotovili, da je bil biostimulativen tako pripravek mikroalg pred tretiranjem kot tudi ekstrakti po različnih tretiranjih. Največji vpliv na kalitev kreše in največji citokininom podobni efekt na kumarah so imele mikroalge brez tretiranja, medtem ko so največji avksinom podoben učinek na kumarah imele mikroalge po encimski hidrolizi bodisi brez bodisi brez predhodne lize celic z ultrasonikacijo.



Slika 4: Nadomestne korenine na kalicah kumar po 7 dneh. Levo: dH₂O – deionizirana voda (negativna kontrola), desno: PM 2 g/L - mikroalge po visokotlačni homogenizaciji.

4 SKLEPI

Netretirane mikroalge in tretirane mikroalge z visokotlačno homogenizacijo imajo v vseh testih zelo podobne učinke pri stimulaciji rasti korenin in oblikovanju biomase kalic kumar, zato lahko sklepamo, da z uporabo tega postopka nismo povečali biostimulativnega učinka mikroalg, tako kot smo predvidevali. Nasprotno je iz testov biostimulativnosti očitno, da tudi netretirane mikroalge povzročijo biostimulativne učinke, iz česar lahko sklepamo, da mikroalge biostimulativne učinkovine (npr. fitohormone) sproščajo tudi zunajcelično (ekstracelularno). Potrebne bi bile nadaljnje analize pripravkov, ki bodo pokazale, ali in v kolikšni meri so se iz celic mikroalg ob visokotlačni homogenizaciji sprostile te učinkovine oziroma, koliko jih je bilo v mediju prisotnih že pred tretiranjem.

Vsekakor obstaja še veliko manevrskega prostora za izboljšanje učinkovitosti visokotlačne homogenizacije mikroalg, predvsem v smislu predhodne oslabitve celic pred tem postopkom. Po drugi strani je takšna homogenizacija primerna tudi kot prvi korak pri kombinaciji različnih metod tretiranja, npr. kot prva faza tretiranja mikroalg pred nadaljnjo encimsko hidrolizo.

5 LITERATURA

- Acien, F. G., Gómez-Serrano, C., Morales-Amaral, M. M., Fernández-Sevilla, J. M., Molina-Grima, E. 2016. Wastewater treatment using microalgae: how realistic a contribution might it be to significant urban wastewater treatment? *Applied Microbiology and Biotechnology*. 100, 21: 9013–9022 |
- Berden Zrimec, M., Drinovec, L., Molinari, I., Zrimec, A., Fonda Umani, S., Monti, M. 2008. Delayed fluorescence as a measure of nutrient limitation in *Dunaliella tertiolecta*. *Journal of photochemistry and photobiology. Biology*, 92, 1: 13-18
- Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72: 248-254.
- Classen, J., Chandler, W., Huie, R., Osborne, J. 2013. A Centrifuge-Based Procedure for Suspended Solids Measurements in Lagoon Sludge. *Transactions of the ASABE*. 56. 747-752.
- EBIC. 2020. The European Biostimulant Industry Council <http://www.biostimulants.eu/> (15.11.2020)
- Fu, P. in Secundo, F. (2016). Algae and Their Bacterial Consortia for Soil Bioremediation. *Chemical Engineering Transactions*, 49, 427–432.
- Gayathri, M., Shunmugam, S., Thajuddin, N., Muralitharan G. 2017. Phytohormones and free volatile fatty acids from cyanobacterial biomass wet extract (BWE) elicit plant growth promotion. *Algal Research*, 26: 56–64.

- Grzesik, M. in Romanowska-Duda, Z.. 2014. Improvements in Germination, Growth, and Metabolic Activity of Corn Seedlings by Grain Conditioning and Root Application with Cyanobacteria and Microalgae. Polish Journal of Environmental Studies. 23: 1147-1153.
- Grzesik, M., Romanowska-Duda, Z. 2015. Ability of cyanobacteria and green algae to improve metabolic activity and development of willow plants. Polish Journal of Environmental Studies, 24, 3: 1003–1012.
- Grunert, O., Coppens, J., Van Den Hende, S., Vanhoutte, I., Boon, N., Haesaert, G., Gelder, L. 2016. The application of microalgae as a slow-release fertilizer: tomato cultivation as a model.
- Harun, R., Singh, M., Forde, G. M., Danquah, M. K. 2010. Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Michalak, I., Chojnacka, K. 2014. Algal extracts: Technology and advances. Engineering in Life Sciences. 14, 6: 581-591.
- Mutale-Joan, C., Benhima, R., Elmernissi, N., Kasmi, Y., Karim, L., Sbabou, L., Youssef, Z., El Arroussi, H. 2020. Screening of microalgae liquid extracts for their bio stimulant properties on plant growth, nutrient uptake and metabolite profile of *Solanum lycopersicum* L. Scientific Reports 10.
- Navarro-López, E.; Ruíz-Nieto, A., Ferreira, A., Acien F.G., Gouveia, L. 2020. Biostimulant Potential of *Scenedesmus obliquus* Grown in Brewery Wastewater. Molecules 25:664.
- Ördög, V., Stirk, W. A., Lenobel, R., Bancířová, M., Strnad, M., Van Staden, J., Németh, L. 2004. Screening microalgae for some potentially useful agricultural and pharmaceutical secondary metabolites. Journal of Applied Phycology, 16, 4: 309–314.
- Phytotestkit, MicroBioTests inc. 2018. <http://www.microbiotests.be/toxkits/phytotestkit.pdf> (15.11.2020)
- Plaza, B. M., Gómez-Serrano, C., Acien-Fernández, F. G., Jimenez-Becker, S. 2018. Effect of microalgae hydrolysate foliar application (*Arthrospira platensis* and *Scenedesmus* sp.) on *Petunia x hybrida* growth. Journal of Applied Phycology, 30, 4: 2359–2365.
- Prasanna, R., Babu, S., Rana, A., Kabi, S. R., Chaudhary, V., Gupta, V., Pal, R. K. 2013. Evaluating the establishment and agronomic proficiency of cyanobacterial consortia as organic options in wheat-rice cropping sequence. Experimental Agriculture, 49, 3: 416–434.
- Priyadarshani, I., Rath, B. 2012. Commercial and industrial applications of micro algae – A review. Journal of Algal Biomass Utilization, 3(4): 89–100.
- Renuka, N., Prasanna, R., Sood, A., Bansal, R., Bidyarani, N., Singh, R., Shivay, Y.S., Nain, L., Ahluwalia, A. S. 2017. Wastewater grown microalgal biomass as inoculants for improving micronutrient availability in wheat. Rhizosphere, 3: 150–159.
- Rodriguez, C., Alaswad, A., Mooney, J., Prescott, T., Olabi, A.G. 2015. Pre-treatment techniques used for anaerobic digestion of algae. Fuel Processing Technology. 138: 765-779.
- Romero García, J.M., Acien Fernández, F.G., Fernández Sevilla, J.M. 2012. Development of a process for the production of l-amino-acids concentrates from microalgae by enzymatic hydrolysis. Bioresource Technology, 112: 164-170.
- SIST ISO 14255:1999 Kakovost tal - Določevanje topnih dušikovih frakcij.
- Spiden, E.M. in sod. 2013. Quantitative evaluation of the ease of rupture of industrially promising microalgae by high pressure homogenization. Bioresour Technol. 2013 Jul;140:165-71.
- Tuchy, L., Chowańska, J., Chojnacka, K. 2013. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth: Review. Chemik, 67(7): 636–641.
- W2R 2020. Water2Return: REcovery and REcycling of nutrients TURNing wasteWATER into added-value products for a circular economy in agriculture. <https://water2return.eu/> (15.11.2020)
- Wang, D., Li, Y., Hu, X., Su, W., Zhong, M. 2015. Combined Enzymatic and Mechanical Cell Disruption and Lipid Extraction of Green Alga. Int. J. Mol. Sci., 16:7707-7722.
- Zhao, Z.R., Wu, Z.L., Huang, G.Q. Li, G.R. 1992. An improved disk bioassay for determining activities of plant growth regulators. Journal of Plant Growth Regulation, 11: 209-213

Kakovost komposta iz hmeljevine glede na način kompostiranja

Lucija LUSKAR¹³⁷, Julija POLANŠEK¹³⁸ in Barbara ČEH¹³⁹

Izvleček

Kompostiranje hmeljevine je eden od načinov zapiranja krogotoka hranil na hmeljarski kmetiji. V iskanju najbolj optimalnega režima za kompostiranje smo preizkusili 6 različnih načinov kompostiranja hmeljevine na hmeljarskih kmetijah, v nekontroliranih pogojih kompostiranja. Uporabili smo postopke, ki jih izvajajo hmeljarji v praksi; prekrivanje / neprekrivanje kupa, mešanje kupa / brez mešanja, dodajanje učinkovitih mikroorganizmov (EM), dodajanje bioogljja in dodajanje gnojevke. Po sedmih mesecih kompostiranja smo preverili kemijske lastnosti in vpliv kompostov na kalitev in rast rastlin. Vsi komposti so vsebovali več makrohranil (C, N, P, K) kot jih navadno vsebujejo komposti. Največ celokupnega dušika bilo pri kompostiranju, kjer je potekala fermentacija s pomočjo EM pod črno folijo. Veliko dušika je bilo pri kompostiranju z dodano gnojevko. Kompostiranje z bioogljem in *Folsomia candida* pod črno folijo je vsebnost celokupnega P povečala kar za 208 %, pri kompostiranju Toptex folijo brez dodatkov je vsebnost celokupnega K znašala 133 % v primerjavi z vhodno hmeljevino. Koncentracija amonijskega dušika se je zmanjšala v vseh kompostih. Kompostni vodni ekstrakti (1:5 w/v) so dobro vplivali na kalitev semen vrtno kreše. Kompost brez dodatkov in z majhnimi delci hmeljevine (obravnavanje 5), ki smo ga v času kompostiranja 2x premešali, je bil najbolj razgrajen in podoben humusu.

Ključne besede: hmeljevina, kompost, kompostiranje, kakovost komposta, sestava komposta, rastni test, kalitveni test

Quality of hop compost according to the approach to composting

Abstract

Composting of hop biomass after harvest is one of the ways to close the nutrient cycle on hop farms. In search for the most optimal way of composting we were testing 6 different protocols of composting hop on the hop farms under uncontrolled conditions. We used the procedures, which are carried out by hop growers themselves on farms; those are covering / not-covering compost piles, turning / not-turning, adding effective microorganisms, biochar and manure. After seven months of composting, chemical characteristics and compost's effect on germination and plants growth were analysed. All of the composts exceeded the concentration of macronutrients (C, N, P, K) of usual composts. Compost 3 (EM and black foil - where fermentation took place) contained the most total nitrogen. A lot of total nitrogen was also in pile 6, where the manure was added. In compost 4 (biochar and *Folsomia candida* and covered by black foil) the content of total phosphorus increased for 208 %. In compost pile 1 (without additives and covered by Toptex foil) the total potassium increased for 133 % in comparison (1:5 w/v) to input material. The concentration of ammonium nitrogen decreased in all composts. Compost water extracts had good effect on seeds germination of cress. Compost that was turned twice, without additives and with small fragments of hop stems (observation 5) was among all sampled composts the most degraded and most similar to humus.

Key words: hop biomass after harvest, compost, composting, compost quality, compost composition, growth test, germination test

¹³⁷ Mag. biotehnol., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, e-pošta: lucija.luskar@ihps.si

¹³⁸ Mag. inž. hort., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, e-naslov: julija.polansek@ihps.si

¹³⁹ Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, e-pošta: barbara.ceh@ihps.si

1 UVOD

Kompostiranje hmeljevine je eden izmed načinov zapiranja krogotoka hranil na hmeljarski kmetiji. V Sloveniji letno nastane približno 23.000 t hmeljevine (Čeh in sod., 2019), zato je preučevanje različnih načinov predelave tega odpadka zelo pomembno. Hmeljevina, ki ostane po obiranju, je prepletena z vrstico. V primeru, da je le ta biorazgradljiva, na koncu procesa dobimo uporaben kompost brez potrebe po presejevanju. V primeru uporabe polipropilenske vrvice, ki se trenutno v glavnem uporablja v pridelavi hmelja v Sloveniji, pa je po kompostiranju potrebno presejevanje in odvoz plastike na odlagališča.

Hmeljevina je po kemijski sestavi primerna za kompostiranje (Čeh in sod., 2019). Večina mikroorganizmov za rast potrebuje organske ogljikove spojine, kot tudi makro (N, P, K, Mg, S) in mikroelemente. Eden pomembnejših elementov poleg ogljika je dušik (N), ki je potreben je za sintezo beljakovin, aminokislin in DNK. Ko zaloge N poidejo, se postopek kompostiranja upočasni (Streminska in Raviv, 2016). Ozko C:N razmerje (13) v hmeljevini omogoča hitro razgradnjo biomase, kar opazimo v hitrem povišanju temperature, ki lahko naraste do 70 °C že v enem dnevu (Luskar in Čeh, 2020).

Vsaka biomasa ima svoje posebnosti, kot so vsebnosti hranil, sestava ogljikovih hidratov, velikost delcev in nenazadnje tudi trajanje procesa kompostiranja. Kvaliteta končnega komposta je odvisna od starosti, zrelosti, vsebnosti hranil, fizikalnih lastnosti in kontaminacij z mikroorganizmi, pesticidi in kemikalijami (Emino in Warman, 2004). Ko je kompostiranje končano, mora biti kompost stabilen in zrel, kar pomeni, da je mikroba aktivnost znatno zmanjšana in da je kompost netoksičen za rastline (Sæbø in Ferrini, 2006). Organski razgradni produkti, amonijski dušik, težke kovine in ostanki pesticidov se morajo med kompostiranjem metabolizirati ali imobilizirati, tako da kompost izgubi fitotoksične lastnosti. Preverjanje posameznih snovi v kompostu z natančnimi analitičnimi metodami je drago, prav tako z njimi ne ugotovimo kumulativnega učinka na rastline (Luo in sod., 2017). Kalitveni in rastni test sta preprosta testa, s katerima lahko preverimo učinek komposta na kalitev in rast rastlin (Warman, 1999).

Hmeljarji v praksi uporabljajo različne dodatke za kompostiranje, kot so učinkoviti mikroorganizmi, bioogljje, gnojevka, idr., ki naj bi izboljšali proces kompostiranja. Te postopke smo želeli preveriti s poskusom ter na koncu analizirati nastali kompost. V iskanju najbolj optimalnega režima za kompostiranje smo preizkusili šest različnih načinov kompostiranja hmeljevine na hmeljarskih kmetijah, kjer pogoji kompostiranja niso kontrolirani. Po sedmih mesecih kompostiranja smo preverili kemijske lastnosti in vpliv kompostov na kalitev in rast rastlin ter skušali razbrati najbolj primeren postopek kompostiranja hmeljevine.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poskus kompostiranja je potekal od septembra 2019 do maja 2020 in je obsegal šest kupov hmeljevine (preglednica 1). Štiri kupe smo postavili na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) in dva na kmetijah. Vsak kup smo naredili tako, da smo po obiranju hmelja z enega hektarja iz približno 15 t hmeljevine, prepletene z BioTHOP biorazgradljivo vrstico, narejeno iz polimerizirane mlečne kisline (PLA), z nakladačem oblikovali trapezoidni kompostni kup, višine 2 m. Vsi kupi so bili sestavljeni iz celotne mase hmeljevine (listi in trte), razlika je bila v dodatkih za kompostiranje, pogostosti mešanja kupa in uporabi prekrivke. Vhodno hmeljevino smo analizirali na kemijske parametre. Podrobnosti o postavitvi kupov 1–5 so opisane v članku Luskar in Čeh (2020). Kupu 6 smo po 30-ih dneh dodali 3,5 m³ gnojevke in ga premešali.

Preglednica 1: Lastnosti kompostnih kupov v poskusu

Oznaka	Lokacija	Velikost delcev	Dodatek	Pokrivka	Št. mešanj
1	IHPS	10–30 cm	/	Toptex*	1
2	IHPS	10–30 cm	EM	Toptex	3
3	IHPS	10–30 cm	EM	Črna folija	/
4	IHPS	10–30 cm	bioogljje in <i>Folsomia candida</i>	Črna folija	/
5	Hmeljar	2–20 cm	/	/	2
6	Hmeljar	2–20 cm	gnojevka	/	1

*Perforirano pokrivno folijo, ki po opisu proizvajalca ohranja optimalne razmere vlažnosti, odvaja padavinske vode s površine in preprečuje izsuševanje

Po sedmih mesecih kompostiranja smo iz sredice vsakega komposta odvzeli po 3 vzorce in v njih analizirali kemijske in biološke parametre. Vzorce so na kemijsko sestavo analizirali v laboratoriju KGZS MB. pH in amonijski dušik (SIST ISO 14255:1999, poglavje 7, modificirana) sta bila določena v sveži snovi, ostali parametri: humus (W&B, modificirana), organski C (Metoda po W&B), skupni dušik (SIST ISO 11261:1996), kalij (SIST EN ISO 6869:2001, modificirana), fosfor (SIST ISO 6491:1999, modificirana), baker in cink (SIST ISO 11047:1999) pa v posušenih vzorcih. Vlogo smo določili po 24-urnem sušenju na 60 °C.

Kalilni test z vrtno krešo (*Lepidium sativum* L.) je bil prirejen po Zuocconi in sod. (1981). Pripravili smo ekstrakte kompostov (1:5 w/v). 60 g komposta in 300 ml destilirane vode smo stresali 1 uro na 120 o./min in jih 1 h pustili na sobni temperaturi, da so se večji delci posedli. Iz vsakega komposta smo pripravili 3 ekstrakte. Po inkubaciji smo vzorce prefiltrirali. Prefiltrirano tekočino smo prelili v falkonke in jih centrifugirali 10 minut na 2000 o./min. Supernatant smo po centrifugiranju prelili v čiste čaše. Na petrijevke (90 mm) smo položili filter papir in ga nakapljali s 5 ml dobljenega ekstrakta, za kontrolo pa destilirano vodo. Na filter papir smo nato položili 10 semen vrtno krešo v treh ponovitvah za vsak ekstrakt. Petrijevke smo zalepili s parafilmom in inkubirali 48 ur pri 25 °C v temi. Sledilo je štetje kalečih semen in merjenje dolžine korenčic (radikul). Iz rezultatov smo izračunali indeks kalivosti (KI).

$$KI (\%) = \frac{(\text{povpr. dolžina kalic} \times \text{število kalečih semen vzorca})}{(\text{povpr. dolžina kalic kontrola} \times \text{število kalečih semen kontrola})} \times 100 \%$$

Komposte smo presejali skozi 5 mm sito in ga v razmerju 1:1 (v/v) mešali s komercialnim substratom ((S25 – Biotray + Eco-mix 70L/45EP – Gramoflor (Nemčija)). 1 L mešanice smo porabili za polnjenje sadilnih lončkov (2r = 12 cm). Za kontrolo smo uporabili komercialni substrat brez komposta. Poskus smo naredili v štirih ponovitvah za vsak kompost. Vsak lonček smo zalili in vanj posejali 10 semen kitajskega zelja (*Brassica rapa* L. ssp. *Pekinensis*). Rast je potekala v rastni komori pri 24 °C (dan) / 17 °C (noč) s 13-urno fotoperiodo. Po 21-tih dneh smo pregledali, koliko semen je vzklilo in stehali svežo zeleno maso rastlin.

Rezultate smo obdelali z računalniškima programoma Excel in Statgraphics Centurion XVI.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Kemijska sestava komposta

Vlaga vhodnega materiala je bila podobna kot vlaga končnih kompostov (preglednica 2). Kupi 3, 4 in 6 izstopajo z večjo vsebnostjo vlage. Pri kupih 3 in 4 večjo vlažnost pripisujemo

pokritosti s črno folijo, pri kupu 6 pa je za večjo vlažnost poskrbela gnojevka, s katero je bil kup prelit. Kup 1 je bil najbolj suh, kar smo opazili tudi med vzorčenjem. Idealen kompost naj bi imel okoli 55 % vlage, vendar je to odvisno od velikosti delcev in načina kompostiranja (Rynk, 1992). Oarga Mulec in sod. (2016) pa povzemajo po McFarland-u (2000), da je primerna vsebnost suhe snovi v kompostu med 30 in 50 %, čemur se naši komposti precej približajo (preglednica 2).

Preglednica 2: Hranila v hmeljevini pred in po kompostiranju (kompostni kupi 1-6)

Hranila	Vhodni material	1	2	3	4	5	6
Vlaga (% v sveži masi)	69,68 ± 6,00	63,09 ± 0,59 c*	66,95 ± 3,30 bc	78,60 ± 1,36 a	74,94 ± 0,43 a	69,34 ± 5,35 b	75,39 ± 0,45 a
pH v vodi (v sveži masi)	/	8,32 ± 0,07 ab	8,31 ± 0,25 ab	8,75 ± 0,20 c	8,62 ± 0,26 bc	8,18 ± 0,05 a	8,16 ± 0,11 a
pH v KCl (v svežem)	/	7,96 ± 0,16 ab	8,29 ± 0,04 bc	8,57 ± 0,05 c	8,33 ± 0,52 bc	8,04 ± 0,01 ab	7,82 ± 0,11 a
N – cel. (% v sušini)	2,66 ± 0,16	3,36 ± 0,16 ab	2,83 ± 0,25 a	4,17 ± 0,08 c	3,65 ± 0,21 bc	3,22 ± 0,65 ab	3,78 ± 0,09 bc
NH₄ (mg/ kg v sveži masi)	263,16 ± 112,83	59,32 ± 7,68 c	17,94 ± 7,95 a	24,10 ± 2,22 ab	22,50 ± 4,02 ab	18,31 ± 2,58 a	31,67 ± 7,38 b
P – cel. (% v sušini)	0,25 ± 0,04	0,40 ± 0,02 ab	0,37 ± 0,02 a	0,43 ± 0,01 ab	0,78 ± 0,11 c	0,43 ± 0,05 ab	0,44 ± 0,01 b
K – cel. (%v sušini)	1,11 ± 0,39	2,60 ± 0,04 c	2,30 ± 0,29 c	2,58 ± 0,33 c	2,34 ± 0,15 c	1,43 ± 0,26 b	0,92 ± 0,18 a
Humus (% v sušini)	58,80 ± 3,19	65,37 ± 7,87 ab	64,75 ± 10,56 ab	71,38 ± 1,92 ab	58,45 ± 2,37 a	57,99 ± 9,97 a	75,21 ± 2,81 b
C – org. (% v sušini)	34,10 ± 1,84	37,92 ± 4,57 ab	37,56 ± 6,12 ab	41,40 ± 1,11 ab	33,90 ± 1,38 a	33,64 ± 5,78 a	43,62 ± 1,63 b
C/N razmerje	12,8 ± 1,00	11,3	13,3	9,9	9,3	10,4	11,5
N/P/K razmerje	10/0,9/4,2	10/1,2/7,7	10/1,3/8,1	10/1/6,2	10/2,1/6,4	10/1,3/4,4	10/1,2/2,4

*Enaka črka v vrstici znotraj enega parametra označuje, da med vrednostmi (stolpci 1–6) ni statistično značilne razlike (Duncanov test, $p < 0,05$).

pH v vodi je bil najvišji v kupu 3 (8,75), najnižji pa v kupu 6 (8,16). Kupa 3 in 4 sta imela anaerobne pogoje, kar je verjetno razlog za višji pH od ostalih kupov. Visoke vrednosti pH (> 8) v začetni kompostni fazi skupaj s povečano temperaturo, lahko povzročijo izgube dušika zaradi prekomernega izhlapevanja amonijaka (Diaz in sod., 2007). Hachicha in sod. (2009) in Rynk (1992) navajajo optimalno pH območje zrelega komposta med 6,0 in 8,5, medtem ko Juárez in sod. (2015) predlagajo primeren pH med 8 in 8,5. Bolj kot končen pH komposta je pomembna njegova raba, saj različne rastline potrebujejo različen pH za optimalno rast (Van der Wurff in sod., 2016).

Humusa je bilo statistično značilno največ v kupu 6 (75 % v suhi snovi), najmanj pa v kupih 4 in 5 (58 %), kjer je vsebnost humusa ostala podobna kot na začetku (59 %). Vsi komposti dosegajo zadostno količino organskega ogljika za kompost prvega razreda (>15 %) (Ur. L. RS, 99/2013, 3557, pr. 4). Organske mase je bilo v primerjavi s komposti drugih raziskav veliko, saj je bil delež organskega ogljika v suhi snovi okoli 38 %, kar je več kot v raziskavi Milinković

in sod. (2019), kjer je imel kompost iz zelenega odpada 12,35 % organskega ogljika. Dobljene vrednosti so podobne vrednostim kompostiranja črne detelje ali oljne ogrščice (35 % in 40 %) (Tejada in sod., 2009). Delež ogljika tekom kompostiranja najpogosteje upade, delež dušika pa se poveča (Epstein, 1997). Ogljik se izgubi v obliki CO₂ zaradi mikrobne respiracije (Ryckeboer in sod., 2003).

Največ celokupnega dušika je imel kup 3 (4,17 %), kar je verjetno posledica mikrobne fermentacije in preprečevanja izpiranja, saj je bil kup pokrit. Glede na vhodno hmeljevino se je celokupni N v kupu 3 po kompostiranju povečal za 57 %. Paulin in O'Malley (2008) navajata, da delež dušika v kompostu redko preseže 2 %, kar v našem primeru ne drži, saj so vsi komposti imeli več kot 2,8 % dušika. Podobne vrednosti celokupnega dušika so izmerili tudi v kompostih iz črne detelje (4,1 %) (Tejada in sod., 2009). Vsebnost dušika se je v primerjavi z vhodno hmeljevino povečala pri vseh kupih.

Tudi delež K in P se je povečal v primerjavi z vhodnim materialom. Delež K in P se je povečal bolj kot delež N, kar lahko razberemo iz N/P/K razmerja. V kompostnem kupu 4 se je prisotnost celokupnega P povečala kar za 208 % v primerjavi z vhodno hmeljevino. Za 133 % pa se je povečala prisotnost celokupnega K v kompostnem kupu 1. Priporočena vsebnost K je 0,6–1,7 % v suhi snovi, kar naši komposti presegajo, in 0,4–1,1 % P v suhi snovi (Mona, 2003), čemur naši komposti ustrezajo. Največ celokupnega dušika je imel kup 3, kjer je potekala fermentacija, veliko pa ga je bilo tudi v kupu 6, kjer je bila dodana gnojevka.

Koncentracija amonijskega dušika se je zmanjšala v vseh kompostih, kar je dober znak zrelosti komposta. V primerjavi z vhodno hmeljevino se je koncentracija v kompostnih kupih 2 in 5 zmanjšala za 93 %. Po biološki razgradnji komposta naj vsebnost amonijskega dušika ne bi presegala 600 mg/kg sveže mase. Takšen kompost ne oddaja neprijetnega vonja (Van der Wurff, 2011), kar velja tudi za analizirane komposte.

Razmerje C/N se med kompostiranjem običajno zmanjša. V našem primeru se je sorazmerno povečala vsebnost ogljika in dušika, kar bistveno ni spremenilo razmerja, ki je zato ostalo podobno kot na začetku. C/N razmerje se je najbolj zmanjšalo v kompostnem kupu 4, za 28 %. V literaturi najdemo zelo različne podatke o hranilnih v vhodnih substratih za kompostiranje. Rynk (1992) navaja, da je priporočljivo razmerje za kompostiranje med ogljikom (C) in dušikom (N) 20–40, medtem ko Brodie (1993) svetuje nekoliko širše razmerje C:N, in sicer 30 : 50. Podobno razmerje navajajo tudi Román in sod. (2015), in sicer od 35 na začetku kompostiranja do 15 na koncu. Cooperband in sod. (2003) navajajo povprečne kemijske lastnosti vhodnih substratov, med katerimi je tudi listje, ki ima razmerje C:N = 27, medtem ko Hitman in sod. (2013) poročajo o uspešnem kompostiranju rastlinskega materiala z nekoliko ožjim razmerjem C:N, to je 22. Začetno razmerje med C in N (13) je v hmeljevini nižje od priporočenega razmerja za kompostiranje, vendar je na podlagi izkušenj opaziti, da se celotna hmeljevina (listje + trta) kompostira bolje kot same trte, ki imajo sicer bolj primerno C:N razmerje (23). Če je razmerje nižje od 20, lahko pride do uhajanja dušika v obliki amonijaka, česar v našem poskusu nismo preverjali.

3.2 Kalilni test s krešo in rastni test s kitajskim zeljem

Čeprav so kemijski parametri komposta dobri, se lahko zgodi, da rast rastlin na takšnem kompostu vseeno ni uspešna. V izogib težavam je priporočljivo opraviti test fitotoksičnosti, ki lahko neposredno pokaže vpliv komposta na rast rastlin. Na rast vpliva tako kompost kot tudi plini, ki se iz komposta izločajo.

V splošnem kompostni ekstrakt v primerjavi s kontrolo pozitivno vpliva na skupno dolžino radikul, število kalečih semen in posledično na kalitveni indeks (preglednica 3). Povprečna

skupna dolžina radikul je bila v primerjavi s kontrolo značilno večja, najbolj v ekstraktu komposta 6, ki mu sledi ekstrakt komposta 5, vendar se število kalečih semen med ekstrakti in kontrolo ne razlikuje. V vseh obravnavanjih kalitveni indeks znaša nad 145 %, kar po navedbah Zucconi in sod. (1981) pomeni, da se lahko substrat uporablja kot gnojilo. Fitotoksičnosti komposta ni bilo zaznati v nobenem od obravnavanj ($KI < 65$). Najvišji kalitveni indeks smo izračunali pri ekstraktu iz kupa 5, ki je bil za 138 % boljši kot pri kontroli. Kalitveni test je lahko pokazatelj stresnih ali drugih neakutnih toksikoloških učinkov na razvoj rastlin (Tiquia in sod., 1998), česar pri naših kompostih nismo opazili.

Nekatere snovi bolj kot na kalitev vplivajo na rast rastlin, zato smo pripravili rastni test, ki je bolj občutljiv od kalitvenega (Warman, 1999). Kot navajajo Van der Wurff in sod. (2010), je rast uspešnejša v zrelejših kompostih. V splošnem se povprečno število poganjkov ni statistično razlikovalo med komposti in kontrolo razen v primeru komposta 2, kjer je bilo število poganjkov statistično značilno manjše kot v ostalih primerih. V nobenem od obravnavanj kalivost semen kitajskega zelja ni padla pod 59 %. Semena so najslabše kalila v kompostih iz kupov 1 in 2. Masa poganjkov je bila v vseh kompostih manjša kot pri kontroli razen pri kompostu 6, kjer smo opazili statistično značilno povečanje mase vseh poganjkov. Povprečna masa enega poganjka je bila najmanjša v primeru komposta 2 in najboljša v primeru komposta 6, kjer je bila značilno večja od kontrole.

Preglednica 3: Primerjava povprečne skupne dolžine radikul, števila vzklih semen in kalitveni indeks pri vodni kreši na ekstraktih, pripravljenih iz različnih kompostnih kupov ter primerjava povprečnega skupnega št. poganjkov, mase poganjkov, mase enega poganjka in kalivosti semen pri kitajskem zelju

Kompost	Kalitveni test s krešo			Rastni test s kitajskim zeljem			
	Skupna dolžina radikul (mm)	Število kalečih semen	KI (%)	Št. poganjkov	Kalivost (%)	Masa poganjkov (g)	Masa 1 poganjka (g)
1	28,82 ± 3,9 bc	9,33 ± 0,72 a	156 ± 25 b	5,75 ± 2,22 ab	72 ± 28 Ab	1,02 ± 0,38 a	0,18 ± 0,05 ab
2	31,36 ± 5,2 cd	9,67 ± 0,58 a	176 ± 35 bc	4,75 ± 0,96 a	59 ± 12 A	0,71 ± 0,29 a	0,15 ± 0,03 a
3	26,87 ± 7,5 bc	9,44 ± 0,72 a	147 ± 32 b	7,25 ± 1,50 b	91 ± 19 B	1,42 ± 0,06 ab	0,20 ± 0,05 abc
4	26,30 ± 2,6 b	9,44 ± 0,38 a	145 ± 15 b	7 ± 0,82 b	88 ± 10 B	2,17 ± 0,38 b	0,31 ± 0,04 cd
5	34,51 ± 2,5 d e	9,44 ± 0,28 a	238 ± 21 c	7,5 ± 1,29 b	94 ± 16 B	2,19 ± 0,33 b	0,29 ± 0,04 bcd
6	36,90 ± 5,1 e	9,44 ± 0,96 a	148 ± 30 b	8 ± 0,82 b	100 ± 10 B	4,30 ± 1,42 d	0,54 ± 0,18 e
K	19,2 ± 1,7 a	9,88 ± 0,22 a	100 a	8 ± 1,41 b	100 B	3,22 ± 0,37 c	0,40 ± 0,06 d

*Enaka črka v stolpcu znotraj enega parametra označuje, da med vrednostmi ni statistično značilne razlike (Duncanov test, $p < 0,05$).

Iz bioloških testov je razvidno, da 20 % kompostni ekstrakti dobro vplivajo na kalitev semen vrtnih kreše. Mešanica komposta in substrata (1:1) iz kupov 1–3 slabo vpliva na kalitev in rast kitajskega zelja, kar lahko kaže na nezrelost kompostov, medtem ko so komposti iz kupov 4–6 pokazali boljši vpliv na maso poganjkov kitajskega zelja.

4 SKLEPI

Vsebnost vlage v vseh 6 preučevanih kompostnih kupih, ki so se razlikovali glede na pristop h kompostiranju (prekrivanje neprepustno / prepustno folijo oziroma brez prekrivanja ter različni dodatki za kompostiranje in število mešanj kupa), je bila po 7 mesecih primerna. Prav tako je bila zadostna količina organskega ogljika za kompost prvega razreda ($>15\%$). Vsi komposti so imeli več kot $2,8\%$ dušika. Vsebnost dušika se je v primerjavi z vhodno hmeljevino povečala v vseh kupih. Največ celokupnega dušika je imel kup 3, kjer je zaradi pokritosti s črno folijo in prisotnosti učinkovitih mikroorganizmov potekala anaerobna razgradnja, veliko pa ga je bilo tudi v kupu 6, kjer je bila dodana gnojevka.

Tudi delež K in P je bil v kompostih večji v primerjavi z vhodnim materialom in sicer bolj kot delež N. V kupu 4 (bioogljje in *Folsomia candida* in pokrito s črno folijo) se je vsebnost celokupnega P povečala kar za 208% , v kompostnem kupu 1 (brez dodatkov in pokrito s Toptex folijo) pa vsebnost celokupnega K za 133% v primerjavi z vhodno hmeljevino. Priporočena vsebnost K je $0,6\text{--}1,7\%$ v suhi snovi, kar naši komposti presegajo, in $0,4\text{--}1,1\%$ P v suhi snovi, čemur naši komposti ustrezajo.

Koncentracija amonijskega dušika se je zmanjšala v vseh kompostih, kar je dober znak zrelosti komposta. Vsebnost amonijskega dušika naj ne bi presegala 600 mg/kg sveže mase, čemur ustrezajo vsi analizirani komposti.

Povprečna skupna dolžina radikul je bila v primerjavi s kontrolo v kompostih hmeljevine značilno večja, najbolj v ekstraktu komposta 6 (vmešana gnojevka, brez pokrivanja, mešanje 1x), ki mu sledi ekstrakt komposta 5 (brez dodatka brez pokrivanja, 2x mešanje).

V vseh obravnavanih kalitveni indeks znaša nad 145% , torej se lahko substrat uporablja kot gnojilo. Fitotoksičnosti komposta ni bilo zaznati v nobenem od obravnavanj ($KI < 65$). Vsi komposti stimulirajo kalitev in rast radikule semen vrtna kreše.

Glede na rastni test s kitajskim zeljem so najboljše rezultate pokazali komposti 4, 5 in 6, kar kaže na učinkovitejšo kompostiranje manjših delcev hmeljevine (5 in 6) ter ugoden vpliv bioogljja (4) in gnojevke (6) na razgradnjo. Kompost brez dodatkov in majhnimi delci hmeljevine (5), ki smo ga v času kompostiranja 2x premešali, je bil izmed vseh vzorčenih kompostov najbolj razgrajen in podoben humusu. Njegove lastnosti kažejo na primernost za uporabo, zato menimo, da je takšen način kompostiranja hmeljevine učinkovit. Za definiranje natančnejših parametrov kompostiranja bodo potrebni dodatni poskusi.

Opazili smo, da v preučevanem času (7 mesecev) dolge trte ($> 10\text{ cm}$) ne razpadejo, prav tako ne dolge BioTHOP vrvice, zato je smiselno hmeljevino z vrvicami na obiralnem stroju narezati na delce, krajše od 5 cm .

Zahvala. Raziskava in članek sta nastala v okviru evropskega projekta LIFE BioTHOP Vpeljava biorazgradljive vrvice v hmeljišča in uporaba hmeljevine v novih industrijskih produktih. Projekt je sofinanciran v okviru programa LIFE Evropske Unije, Ministrstva za okolje RS, občin Spodnje Savinjske doline (Braslovče, Polzela, Prebold, Tabor, Vransko in Žalec) in Združenja hmeljarjev

Slovenije. Za vsebino prispevka so odgovorne avtorice in v nobenem primeru Evropska Komisija.

5 LITERATURA

Brodie, H. L. Multiple component compost recipe maker. American Society of Agricultural Engineers. Meeting (USA). 1994; 94:3020-3063.

Cooperband, L. The art and science of composting. Center for Integrated agricultural systems. 2002.

Čeh, B., Luskar, L., Čremožnik, B. Hmeljevina kot vhodni material za kompostiranje. Hmeljarski bilten.

- 2019; 26:81-90.
- Diaz, L. F., Bertoldi, M., Bidlingmaier, W., Stentiford E. Compost science and technology. Elsevier. 2007.
- Emino E. R.in Warman P. R. Biological assay for compost quality. Compost Science & Utilization. 2004; 12(4), 342-348.
- Epstein, E. Basic Concepts. V: The Science of Composting. Epstein E. , 1997. Lancaster, Technomic Publishing Inc. 1991; 19-52.
- Hachicha, S., Sellami, F., Cegarra, J., Hachicha, R., Drira, N., Medhioub, K., Ammar, E. Biological activity during co-composting of sludge issued from the OMW evaporation ponds with poultry manure—Physico-chemical characterization of the processed organic matter. Journal of Hazardous Materials, 2009; 162(1), 402-409.
- Hitman, A., Bos, K., Bochs, M. van der Kolk, A. Fermentation versus composting. Feed innovation services. Wageningen. 2013.
- Juárez, M. F. D., Prähauser, B., Walter, A., Insam, H., Franke-Whittle, I. H. Co-composting of biowaste and wood ash, influence on a microbially driven-process. Waste management. 2015; 46, 155-164.
- Luo, Y., Liang, J., Zeng, G., Chen, M., Mo, D., Li, G., Zhang, D. Seed germination test for toxicity evaluation of compost: Its roles, problems and prospects. Waste Management. 2018; 71, 109-114.
- Luskar, L., Čeh, B. Dinamika in razporeditev temperature v kompostnih kupih iz hmeljevine. Hmeljarski bilten. 2020; 27:84-99.
- McFarland, M. J. Biosolids engineering. McGraw-Hill Education. 2001.
- Milinković, M., Lalević, B., Jovičić-Petrović, J., Golubović-Čurguz, V., Kljujev, I., Raičević, V. Biopotential of compost and compost products derived from horticultural waste—effect on plant growth and plant pathogens' suppression. Process Safety and Environmental Protection. 2019; 121:299-306.
- Mona, B. Compost testing and analysis Service—interpretation of results, Newbridge. 2003.
- Oagara Mulec, A., Mihelič, R., Walochnik, J., Griessler Bulc, B. Composting of the solid fraction of blackwater from a separation system with vacuum toilets - Effects on the process and quality. Journal of Cleaner Production. 2015; 112, 4683-4690.
- Paulin, B., O'Malley P. Compost production and use in horticulture. 2008.
- Román, P., Martínez, M. M., Pantoja, A. Farmer's compost handbook Experience in Latin America. 2015. Dostopno na: <http://www.fao.org/3/a-i3388e.pdf> (oktober 2020)
- Ryckeboer, J., Mergaert, J., Vaes, K., Klammer, S., De Clercq, D., Coosemans, J., Insam, H., Swings, J. A survey of bacteria and fungi occurring during composting and self-heating processes. Annals of Microbiology. 2003; 53 (4), 349-410.
- Rynk, R., Van de Kamp, M., Willson, G. B., Singley, M. E., Richard, T. L., Kolega, J. J., Hoitink, H. A. On-Farm Composting Handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 1992.
- Sæbø, A., Ferrini, F. The use of compost in urban green areas—A review for practical application. Urban forestry & urban greening. 2006; 4(3-4), 159-169.
- Streminska, M. A., Raviv, M. Microbiology of the composting process V: Handbook for composting and compost use in organic horticulture, Biogreenhouse COST Action FA 1105.
- Tejada, M., Hernandez, M. T., Garcia C. Soil restoration using composted plant residues: Effects on soil properties. Soil and Tillage Research. 2009; 102(1), 109-117.
- Tiquia, S.M., Tam, N.F.Y., Hodgkiss, I.J. Changes in chemical properties during composting of spent pig litter at different moisture contents. Agric. Ecosyst. Environ. 1998; 67, 79–89.
- Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata. Uradni list RS (99/2013). 2013; 99: 10787.
- Van der Wurff, A.W.G., Fuchs, J.G., Raviv, M., Termorshuizen, A.J.199 Handbook for composting and compost use in organic horticulture. BioGreenhouse, 2016.
- Warman, P. R. Evaluation of Seed Germination and Growth Tests for Assessing Compost Maturity, Compost Science & Utilization. 1999; 7:3, 33-37.
- Zucconi, F. Evaluating toxicity of immature compost. Biocycle. 1981; 22(2), 54-57.

Zmanjšanje emisij vonjav iz goveje in prašičje gnojevke z dodatkom biooglja

Nataša BELŠAK ŠEL¹⁴⁰, Dušan KLINAR¹⁴¹, Klavdija RIŽNAR¹⁴², Žiga ŠVEGLJ¹⁴³, Vid ŽITKO¹⁴⁴ in Rok MIHELIC¹⁴⁵

Izvleček

V pilotnih poskusih na štirih kmetijah smo izvedli poskuse, pri katerih smo v gnojevko zamešali bioogljje, pridobljeno s pirolizo ostankov žit (plev) in papirniškega mulja v treh razmerjih z gnojevko: 0, 4 (priporočena količina proizvajalca) in 40 kg biooglja/m³ gnojevke. Zanimal nas je vpliv dodanega biooglja na emisije neprijetnega vonja iz aerobno oziroma anaerobno obdelovane gnojevke med 14 dnevnim skladiščenjem. Tri obravnavane gnojevke so bile iz govedorejskih kmetij in ena iz prašičerejske. Uporabili smo sistem zajemanja plina z vonjem iz vzorcev na kmetiji in jih v zrakotesni vreči prenesli v laboratorij, kjer smo z dinamično olfaktometrijo skladno s standardom SIST EN 13725:2006 izmerili koncentracija neprijetnih vonjav (Ou/m³). Bioogljje je že v malem odmerku (4 kg/m³) izrazito zmanjšalo tvorbo in izhajanje neprijetnih vonjav, tako iz goveje kot iz prašičje gnojevke, zato njegovo uporabo v ta namen priporočamo. 10-krat večji odmerek biooglja je bil še bolj učinkovit, vendar je tak odmerek za kmetije (pre)drag. Mešanje oz. aeracija gnojevke je izrazito povečala emisije vonjav iz gnojevke v prvih 14 dneh, zato priporočamo anaerobno skladiščenje gnojevke.

Ključne besede: bioogljje, prašičja gnojevka, goveja gnojevka, emisije neprijetnih vonjav

Reduction of odor emissions from cattle and pig slurry with the addition of biochar

Abstract

On four farms, pilot trials were conducted, in which biochar obtained by pyrolysis of cereal residues (chaff) and papermill sludge was mixed with slurry in three proportions: 0, 4 (recommended amount by the producer) and 40 kg biochar/m³ slurry. The effect of biochar on odour emissions from aerobically and anaerobically treated slurry during 14-day storage was investigated. The three slurries came from cattle farms and one from pig farm. We used a gas capture system to take samples on the farms and transferred them in an airtight bag to the laboratory, where the concentration of unpleasant odors (Ou/m³) was measured by dynamic olfactometry in accordance with the SIST EN 13725: 2006 standard. Even in a small dose (4 kg/m³) biochar significantly reduced the formation and emission of unpleasant odours from both cattle and pig slurry, so its use is highly recommended. A 10 times higher dose of biochar was even more effective, but such a dose is too expensive for the farms. Mixing or aeration of slurry significantly increased the odour emissions in the first 14 days, so we recommend anaerobically storage of slurry.

Keywords: biochar, pig slurry, cattle slurry, odour emissions

1 UVOD

Gnojevka je tekoče organsko gnojilo, zmes seča in blata, brez nastilja. Večinoma vsebuje še več ali manj vode, ki izvira iz molzišč, napajalnikov, čiščenja hlevov, podtalnice ali deževnice. Gnojevka je lahko zaradi razredčitve z vodo zelo različna. Bolj kot je razredčena, manj ima

¹⁴⁰ Dr., ZRS Bistra Ptuj, e-pošta: natasa.belsak.sel@bistra.si

¹⁴¹ Dr., ZRS Bistra Ptuj, e-pošta: dušan.klinar@bistra.si

¹⁴² Dr., ZRS Bistra Ptuj, e-pošta: klavdija.riznar@bistra.si

¹⁴³ Dipl. uni. meteorol., Studio okoje d.o.o., Ljubljana, e-pošta: info@studiookolje.si

¹⁴⁴ Mag. inž. hort., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: vid.zitko@bf.uni-lj.si

¹⁴⁵ Dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

sušine in s tem manj hranil. Na gnojilno vrednost gnojevke vplivajo še osnovna krma, dodatek močnih krmil, mineralno gnojenje in namen reje (Goličnik, 2001).

V živinskih gnojilih dušik večinoma nastopa v organski in amonijski obliki. Amonijski dušik, ki ga je veliko v gnojevkah in gnojnicah, se delno pretvori v hlapni in toksični amonijak. Hlapni amonijak nastaja v gnojevki, če je pH nad 8,0. Izhlapevanje je pospešeno v toplem in vetrovnem vremenu. Izgube dušika, ki pri tem nastanejo, so lahko velike in pomenijo ekonomsko škodo. Izhlapeli amonijak poslabša klimo v hlevu in bivanjske razmere za živino. Ima neprijeten dražec vonj, ki po gnojenju z živinskimi gnojili zelo moti prebivalce v bližini hlevov in pognojjenih površin. Povzroča lahko tvorbo kislega dežja in s tem uničuje gozdove in vodotoke (Mihelič in Grčman, 2011).

Gnojevka vsebuje veliko mikroorganizmov, med katerimi so lahko tudi patogeni. Če je v gnojevki dovolj kisika, prevladujejo aerobni procesi, sicer pa anaerobni. Na splošno velja, da je aerobni razkroj hitrejši in poteka brez neprijetnega vonja, pri anaerobnem razkroju pa se pojavljajo vmesni produkti, hlapne spojine, ki imajo močan vonj: amonijak (NH_3), sulfidi in hlapne organske spojine, kot so maščobne kisline, fenoli in indoli (Hobbs in sod., 2000; Goličnik, 2001). Pri aerobnih procesih navadno sodeluje veliko število mikroorganizmov, pri anaerobnih pa je to število manjše. Ob respiratorni aktivnosti mikroorganizmov se organsko vezani dušik v gnojevki pretvarja v sečnino, nato v amonij, ki je v ionski obliki nestabilen in se v kislem okolju veže v topne ali delno topne soli, kot so npr. amonijev nitrat, amonijev (hidrogen)karbonat, amonijev sulfat, v bazičnem okolju gnojevke pa se del amonija pretvori v plinski amonijak (NH_3), ki lahko izhlapeva iz gnojevke. Proces tvorbe amonijaka se izrazito začne pri pH >8,0; $\text{pK} = 9,25$, ter se pospešuje pri večanju temperature gnojevke (Kunz in Mukhtar, 2016). Emisije NH_3 so še posebej pomemben vir vonja v goveji gnojevki (Vaddella in sod., 2011). Podobnim procesom so izpostavljeni tudi drugi, organsko vezani elementi. Med skladiščenjem gnojevke prihaja tudi do plinastih emisij toplogrednih plinov, kot so metan, ogljikov dioksid in didušikov oksid (Leytem in sod., 2011).

Spojine amonijaka in sulfida iz živinske gnojevke lahko prispevajo k onesnaženju zraka ter imajo druge škodljive vplive na ekosisteme. Gnojenje z gnojevko je težko uskladiti z vremenskim dogajanjem, kondicijo tal (vodno-zračni režim tal), primernostjo posevka za gnojenje oz. njegovih potreb po hranilih, kar lahko povzroči nenamerno odtekanje in izpiranje hranil, kadar uporaba gnojevke presega potrebe poljščin (Carpenter in sod., 1998).

Človek na približno 4 cm^2 površine olfaktornega epitela v nosu zaznava vonj kot prijeten, nevtralen ali neprijeten dražljaj. Občutek vonja sprožijo spojine velikega števila različnih lahkih hlapnih snovi organskega ali anorganskega porekla, lahko pa ga oblikuje tudi enotna snov. Vonj se lahko opredeli kot subjektivni občutek, oblikovan v kognitivnih procesih, ki izhaja iz interakcije hlapnih kemičnih komponent zraka in vohalnega organa (Hedner in sod., 2010).

V evropskem standardu SIST EN13725:2006 je 1 enota vonja (1 Ou) definirana s točno določeno koncentracijo referenčnega plina n-butanol, ki je certificiran referenčni material. Evropska referenčna masa vonja (EROM) je sprejeta referenčna vrednost, ki je enaka 123 μg plina n-butanol (CAS-Nr.71-36-3). Če v 1 m^3 nevtralnega plina pri standardnih pogojih izhlapi 1 EROM (123 μg plina n-butanol), je to ena enota vonja v kubičnem metru zraka (1 Ou/ m^3). V standardu SIST EN 13725:2006 je definiran tudi prag zaznavanja vonja Z_{50} , pri katerem zazna vonj 50 odstotkov populacije (Brancher in sod., 2017).

Bioogljje (angl. biochar) je z ogljikom bogat material, proizveden s pirolizo ali uplinjanjem biomase ob minimalni prisotnosti kisika (Lehmann, 2007). Bioogljje, ki ustreza karakteristikam mednarodnega združenja za bioogljje (IBI; <https://biochar-international.org/>) in evropskega združenja EBC (<http://www.european-biochar.org/en>), je bilo proizvedeno trajnostno, njegova uporaba pa je varna tudi v kmetijskih sistemih. Bioogljje, proizvedeno v skladu s standardi EBC,

izpolnjuje vse zahteve trajnostne proizvodnje in izkazuje negativen ogljični odtis (vezava ogljika). Ti standardi zagotavljajo ekološko trajnostno nabavo in proizvodnjo surovin iz biomase za proizvodnjo biooglja, skladnost s standardi emisij in okolju varno skladiščenje (Mihelič in sod., 2019).

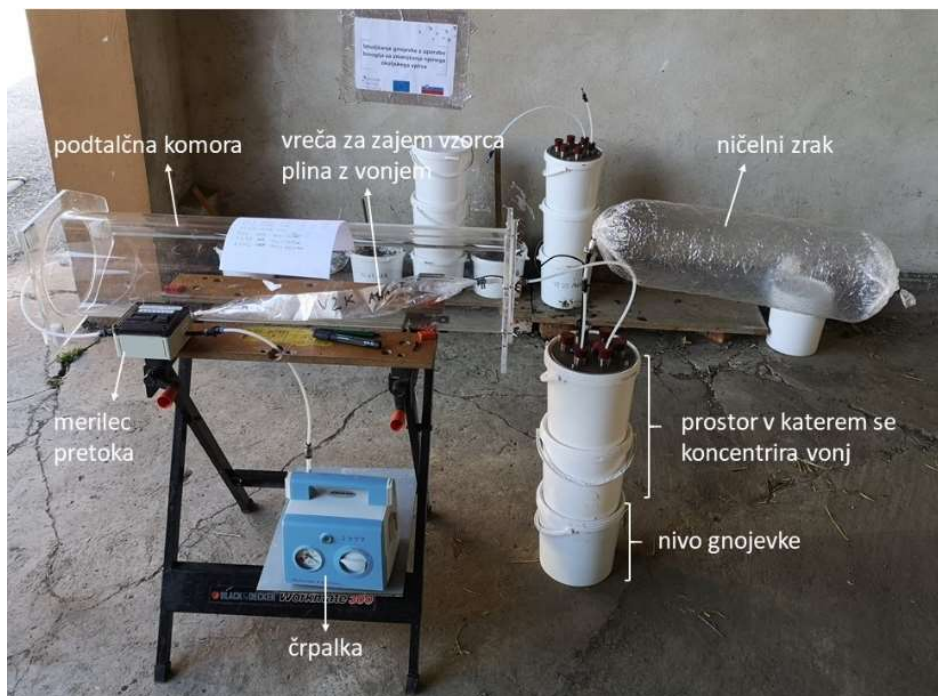
Zaradi velike specifične površine ter prostornine in visoke zmogljivosti kationske izmenjave je bioogljje zelo učinkovito pri vezavi amonijaka in ostalih substanc neprijetnega vonja, ki so pogosto tudi toksične. Z uporabo biooglja lahko del dušika iz gnojevke izmenljivo vežemo in je na tak način kasneje dostopen rastlinam. Izpiranje hranil iz gnojevke je upočasnjeno, kar ne varuje zgolj podtalnice, ampak tudi preprečuje zakisanje tal. Gnojevka, obdelana z bioogljem, spodbuja aktivnost tal in nastajanje humusa. Schmidt (2014) ugotavlja, da se lahko gnojilna učinkovitost gnojevke z dodatkom biooglja skoraj podvoji (odvisno od pedo-klimatskih in agro-ekoloških razmer).

2 MATERIAL IN METODE DELA

V okviru EIP pilotnega projekta »Izboljšanje gnojevke z uporabo biooglja za zmanjšanje njenega okoljskega vpliva« smo na štirih kmetijah zasnovali poskus, kjer smo v gnojevko zmešali različno količino biooglja. Pri tem smo spremljali primerjavo med aerobnimi in anaerobnimi obdelavami gnojevke. Na treh kmetijah smo za poskus uporabili govejo gnojevko, na eni pa prašičjo gnojevko. Pilotni poskus so potekali v 6 L vedrih, v katerih smo za poskuse uporabili 4 L gnojevke, v katere smo zamešali dve različni količini biooglja in kontrolo brez dodanega biooglja iz žitnih plev in papirniškega mulja (proizvajalec Sonnenerde GmbH). Za manjši odmerek smo upoštevali priporočilo proizvajalca biooglja, 4 kg biooglja/m³ gnojevke, za primerjavo pa smo dali 10-kratno količino priporočene količine biooglja, 40 kg biooglja/m³ gnojevke. Zasnova pilotnih poskusov na kmetijah z označenimi vzorci je prikazana v preglednici 1. S poskusom smo želeli preveriti, kako bioogljje pri različnih odmerkih, načinih »zorenja gnojevke« (aerobno, anaerobno) in tipih gnojevke (goveja, prašičja) vpliva na sproščanje in emisijo neprijetnih vonjav. Kakovostni parametri uporabljenega biooglja so prikazani v preglednici 2.

V članku prikazujemo postopek ter rezultate spremljanja tvorbe neprijetnega vonja iz gnojevke. Poskus na kmetijah je trajal 14 dni. Meritve koncentracij smo opravili štirikrat: na dan priprave vzorcev za poskus (dan 0), nato pa ponovili analizo vonja 1., 7. in 14. dan poskusa. Zajem in meritve vonja smo naredili še na kmetiji 2 in kmetiji 3, ki sta govedorejski kmetiji, le da smo na teh dveh kmetijah opravili zajem in meritve vonja le na 1. in 14. dan poskusa in samo na vzorcih V1 AER in V1 ANAER (vzorca z dodano priporočeno vsebnostjo biooglja ter pod aerobnimi in anaerobnimi pogoji; Pregl. 1).

Sistem za zajem vzorcev vonja je prikazan na Sliki 1: iz vedra z vzorcem gnojevke, ki je pokrit z zrakotesnim pokrovom, se črpa zrak v zrakotesno vrečo za zajem vzorca plina z vonjem. Za uravnavanje tlaka v vedru z gnojevko skrbi nameščena vreča s plinom čistega zraka brez vonjav (ničelni zrak). Vrečo napolnjeno z vzorcem plina emitiranega iz gnojevke smo prenesli v laboratorij, kjer smo vrečo priklopili na napravo olfaktometer in po standardnem postopku merili intenziteto vonjav (Ou/m³).



Slika 21: Sistem zajemanja plina z vonjem na pilotnem poskusu na kmetiji

Meritve vonja so se izvajale v laboratoriju za dinamično olfaktometrijo skladno s standardom SIST EN 13725:2006. Meritve se izvajajo pri sobni temperaturi (293 K), normalnem atmosferskem pritisku (101,3 kPa) in vlažnosti zraka po ISO 10780. Metoda olfaktometrije temelji na občutljivosti človeškega nosu, zato mora ustrezen preizkuševalec zaznavati povprečno koncentracijo vonja, ki ga zaznava najširša populacija.

Koncentracija neprijetnih vonjav (Ou/m^3) je določena na način, da se koncentracija razredčenega vonjalnega vzorca v mešanici s čistim zrakom povečuje po stopnjah do meje praga zaznavanja preizkuševalcev, ko vonj pri določeni koncentraciji zazna 50 % preizkuševalcev in dobi vtis "vonjam nekaj", s čimer se določi njihov prag zaznavanja vonja. Ocenjevalci pri dinamični olfaktometriji določajo vonj na dveh vonjalnih čašah olfaktometra. Na eni izhaja čist zrak, na drugi zrak z motečim vonjem. Na podlagi različnih redčitev vzorca in odgovorov preizkuševalcev se izračuna koncentracija vonja (Ou/m^3) v vzorcu onesnaženega zraka.

Preglednica 19: Zasnova pilotnih poskusov na kmetijah

Oznaka vzorca	Opis
K AER	kontrola (samo gnojevka), mešanje 2 x na dan
K ANAER	kontrola (samo gnojevka), brez mešanja, pokrito
V1 AER	dodatek 4 kg bioogljja/ m^3 gnojevke, mešanje 2 x na dan
V1 ANAER	dodatek 4 kg bioogljja/ m^3 gnojevke, brez mešanja, pokrito
V2 AER	dodatek 40 kg bioogljja/ m^3 gnojevke, mešanje 2x na dan
V2 ANAER	dodatek 40 kg bioogljja/ m^3 gnojevke, brez mešanja, pokrito

Preglednica 20: Podatki o bioogljju uporabljenemu v poskusu¹⁴⁶

Parameter	enota	vrednost
vsebnost ogljika		69,1
razmerje H/C _{org}		0,24
N kot Na ₂ O	masni %	0,5
P	masni %	0,0
K kot K ₂ O	masni %	1,4
Ca	masni %	2,5
Mg	masni %	0,1
maks. temperatura pirolize	°C	600
pH v CaCl ₂		8,7
specifična površina	m ² /g	247
vsebnost vode	masni %	32,2
nasipna gostota	kg/m ³	178

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Vrednost neprijetnega vonja (Ou) je bila večja pri prašičji gnojevki kot pri goveji gnojevki, kar je bil pričakovan rezultat (Pregl. 3). Na splošno so bile koncentracije vonja v vzorcih, ki smo jih mešali, večje kot pri vzorcih, kjer so bili vzpostavljeni anaerobnim pogojem in jih nismo mešali. Vzorce z aerobnim postopkom smo pomešali 15 minut pred zajemom vzorca, kar pomeni, da so hlapne komponente začele zelo aktivno izhajati iz gnojevke, kar se kaže pri rezultatih meritev parametrov vonja. Vzorcev izpostavljenih anaerobnim pogojem nismo mešali, kar pomeni, da so mnoge hlapne spojine ostale ujete v vzorcih. Pri bolj redki gnojevki je bioogljje plavalo na vrhu gnojevke in se je oblikovalo v neprepusten pokrov. To je bilo še posebej zaznavno pri količini 40 kg dodanega bioogljja na m³ gnojevke (V2). Pri gostejši gnojevki se je bioogljje popolnoma zmešalo z gnojevko. Vrednost smradu je padala z dnevi izvajanja poskusa. Na emisije neprijetnih vonjav je vplivala količina dodanega bioogljja, kar se še najlepše pokaže pri vzorcih, izpostavljenih anaerobnim razmeram, kjer na vrednost koncentracije vonja nismo vplivali z dodatnim mešanjem. Vrednosti parametrov vonja na koncu poskusa so bile nižje kot v začetku izvajanja poskusa (Pregl. 3).

Izhlapljanje lahko hlapnih komponent, ki povzročajo neprijeten vonj, je bilo intenzivnejše v začetku izvajanja poskusa. Iz značilnih razlik v Ou na govedorejskih kmetijah lahko sklepamo, da na intenzivnost vonja verjetno vpliva razredčenost gnojevke, osnovna krma ter dodatki močnih krmil. Vsaka gnojevka ima tudi svojo specifično združbo prisotnih mikroorganizmov, ki prav tako vplivajo na intenzivnost razgradnje in vonja gnojevke. Nobena od kmetij, vključenih v poskus, ne uporablja dodatkov za obdelavo oz. izboljšanje gnojevke.

Za primerjavo z našimi meritvami podajamo rezultate meritev emisij vonja iz tipičnih slovenskih živinorejskih farm: koncentracija vonja v odpadnem zraku iz ventilatorjev na objektu kokošje farme je znašala 181 Ou/m³, na objektu farme piščancev 406 Ou/m³, na objektu farme prašičev pa 512 Ou/m³ (Švegelj in sod., 2019). Gnojevke v našem poskusu so imele primerjalno močnejši vonj na začetku poskusa, na koncu poskusa (po 14 dneh) pa so se emisije vonjav iz gnojevok zmanjšale, še posebej izrazito pri dodatkih bioogljja in v sistemu anaerobne

¹⁴⁶ Podatki proizvajalca bioogljja dostopni na spletni strani: https://cdn-pf.niceshops.com/upload/file/sonnenerde_datenblatt_bio_pflanzenkohle.pdf

obdelave gnojevke, ker so bile vrednosti Ou/m^3 manjše kot emisije iz intenzivnih farm (pregl. 3).

Preglednica 21: Izmerjene koncentracije vonja (Ou/m^3) na vzorcih gnojev iz kmetij

	oznaka vzorca/ dan	K AER	V1 AER	V2 AER	K ANAER	V1 ANAER	V2 ANAER
kmetija 1 govedorejska kmetija	0	190,95	141,15	118,01	190,95	141,15	118,01
	1	63.816,10	5.686,02	601,72	39.102,41	4.742,83	604,13
	7	11.281,43	6.706,61	1.994,08	4.648,91	1.951,90	691,13
	14	1.322,75	656,11	743,83	241,41	237,58	119,08
kmetija 2 govedorejska kmetija	0						
	1		478,97			9.656,20	
	7						
	14		307,77			211,41	
kmetija 3 govedorejska kmetija	0						
	1		239,49			190,53	
	7						
	14		118,97			97,19	
kmetija 4 prašičerejska kmetija	0	41.105,74	2.568,92	1.815,55	41.105,74	2.568,92	1.815,55
	1	522.941,00	306.006,82	214,41	6.870,93	13.523,74	126,95
	7	31.656,90	7.913,41	290,22	11.281,43	944,68	249,26
	14	3.289,13	13.606,18	241,41	75.890,76	845,91	72,60

Bioogljje je izrazilo zmanjšalo emisije vonjav v vseh terminih in obravnavanjih, najbolj izrazilo 1. dan po dodatku bioogljja v gnojevko, ko je bilo zmanjšanje za velikostni red 100-krat pri goveji (iz $63.816 \text{ Ou}/\text{m}^3$ na $602 \text{ Ou}/\text{m}^3$), do 2400-krat pri prašičji gnojevki (K AER: $522.941 \text{ Ou}/\text{m}^3$ proti V2 AER: $214 \text{ Ou}/\text{m}^3$).

Aerobna obdelava je povečala tvorbo vonjav pri goveji gnojevki v celotnem opazovanem obdobju, zato bi svetovali kmetom, da gnojevke ne mešajo oz. zračijo.

Pri prašičji gnojevki je aeracija povečala emisije vonjav zgolj do 7. dne, 14. dan pa je aerobno obdelana prašičja gnojevka emitirala izrazilo manj vonjav kot anaerobna brez dodatka bioogljja. Oba testirana odmerka bioogljja sta izrazilo zmanjšala vonjave iz gnojev, še posebej V2. Ker je cena bioogljja na trgu okrog $1,5 \text{ €/kg}$, je odmerek $40 \text{ kg}/\text{m}^3$ gnojevke (pre)drag in ga zaradi tega ne moremo priporočati. Odmerek ($4 \text{ kg}/\text{m}^3$) predstavlja ekonomsko sprejemljiv strošek. Zmanjšanje emisij neprijetnih vonjav v zrak izboljša kakovost zraka v neposredni okolici kmetij in v območjih, kjer kmetje gnojijo z gnojevko, zato je uporaba dodatka bioogljja v gnojevko zelo pomembna za prebivalce v kmečkih in predmestnih okoljih in posredno za izboljšanje odnosov ter družbenega ugleda kmetov v ruralnem okolju.

4 SKLEPI

Že majhen dodatek za kmetijsko uporabo certificiranega bioogljja iz žitnih plev in papirniškega mulja v govejo in prašičjo gnojevko ($4 \text{ kg}/\text{m}^3$) je izrazilo zmanjšal tvorbo in izhajanje neprijetnih vonjav iz obeh tipov gnojevke. 10-krat večji odmerek bioogljja je bil še bolj učinkovit, vendar je tak odmerek za kmetije (pre)drag.

Ker se je izkazalo, da mešanje in aeracija gnojevke emisije vonjav izrazito poveča v prvih 14 dneh, priporočamo anaerobno skladiščenje gnojevke.

Sklenemo lahko, da je dodajanje bioogljja v priporočenem odmerku (4 kg/m³) priporočljiv trajnostnem ukrep za izboljšanje gnojevke v smislu zmanjšanja emisij neprijetnih vonjav. V nadaljevanju poskusov bomo ovrednotili pomen dodatka bioogljja na zmanjšanje emisij dušika in na povečanje gnojilne vrednosti gnojevke.

Zahvala. Objavljena raziskava je del EIP pilotnega projekta z naslovom »Izboljšanje gnojevke z uporabo bioogljja za zmanjšanje njenega okoljskega vpliva«. Naložbo sofinancirata Republika Slovenija in Evropska unija iz Evropskega kmetijskega sklada za razvoj podeželja.

5 LITERATURA

- Brancher, K. D. Griffiths, D. Franco, H. M. Lisboa, 2017. A review of odour impact criteria in selected countries around the world. *Chemosphere*, Volume 168: 1531-1570.
- Carpenter, S.R., N.F. Caraco, D.L. Correll, R.W. Howarth, A.N. Sharpley, and V.H. Smith. 1998. Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen. *Ecol. Appl.* 8(3): 559–568.
- Goličnik E. 2001. Stroj za mešanje in prezračevanje gnojevke. Diplomsko delo. Maribor, Fakulteta za kmetijstvo, Univerza v Mariboru: 1 – 12.
- Hedner M., M. Larsson, N. Arnold, G. M. Zucco, T. Hummel, 2010. Cognitive factors in odor detection, odor discrimination, and odor identification tasks. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 32:10, 1062-1067
- Hobbs, P.J., T. Misselbrook, M. Dhanoa, and K. Persuad. 2000. Development of a relationship between olfactory response and major odorants from organic wastes. *J. Sci. Food Agric.* (81): 188–193.
- Lehmann, J. (2007). Bio-Energy in the Black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(7), 381-387.
- Leytem, A.B., R.S. Dungan, D.L. Bjorneberg, and A.C. Koehn. 2011. Emissions of Ammonia, Methane, Carbon Dioxide, and Nitrous Oxide from Dairy Cattle Housing and Manure Management Systems. *J. Environ. Qual.* 40(5): 1383.
- Kunz, A, Mukhtar, S. 2016. Hydrophobic membrane technology for ammonia extraction from wastewaters. *Engenharia Agrícola*, 36(2), 377-386. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n2p377-386/2016>
- Mihelič R, Grčman H. 2011. Sadra: gnojilo, izboljševalec tal in ohranjevalec dušika v gnojevki. Ljubljana, Biotehniška fakulteta – oddelek za agronomijo. Kmečki glas, maj 2011: 8.
- Mihelič, R, Klinar, D., Belšak Šel, N., Rižnar, K., Grojzdek, M., Novosel, B., Žitko, V., Golob, J. 2019. Trajnostna proizvodnja bioogljja in njegova uporaba za izboljšanje tal - perspektiva za slovensko kmetijstvo? Novi izzivi v agronomiji 2019 zbornik simpozija. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, 2019. Str. 282-288 ISBN 978-961-94613-0-3.
- Schmidt, H.P., 2014. Treating liquid manure with biochar, the *Biochar Journal*, Arbaz, Switzerland. ISSN 2297-1114
- Švegelj, Ž., Dobeic, M., Butala, V., Prek, M., 2019, Strokovne podlage za vzpostavitev sistema za obvladovanje obremenjenosti zunanjega zraka z neprijetnim vonjem. Ministrstvo za okolje in prostor RS.
- Vaddella, V.K., P.M. Ndegwa, and H.S. Joo. 2011. Ammonia loss from simulated post-collection storage of scraped and flushed dairy-cattle manure. *Biosyst. Eng.* 110(3): 291–296.



Sodelujemo.

Skupaj s kmetovalci se razvijamo.

Izboljšujemo.

Z našimi proizvodi skrbimo za okolje.

Inoviramo.

Nenehno iščemo nove rešitve.

Življenja proizvajalcev in uporabnikov hrane izboljšujemo na način, da ohranjamo naravo za prihajajoče rodove.

LE NA TA NAČIN SMO LAHKO S SKUPNIMI MOČMI USPEŠNI.





Od setve do žetve!



RWA Slovenija, d. o. o.
Dolenjska cesta 250 a, 1291 Škofljica
t: 01 514 00 70, e: semena@agrosaat.si



www.agrosaat.si

Novost na evropskem tržišču - BGA organsko mineralno gnojilo

Janez Mlakar

Povzetek

Gre za revolucionarno gnojilo, saj na tržišču ni podobnega. Glavne sestavine BGA organsko mineralnega gnojila so urbani in ruralni odpadki, kot so rastlinski ostanki, žagovina, vejevje, koruzni stroki in listje. BGA organsko mineralno gnojilo je sestavljeno 70% iz organskih odpadkov in 30% iz mineralnega dela. Organski del prispeva k boljši kalivosti in razvoju rastlin, mineralni del pa je potreben, ko rastlina izčrpa organski del.

BGA organsko mineralno gnojilo je naravno in okolju prijazno gnojilo. Gre za trajnostni način pridelave pridelkov, saj kolobarjenje ni več potrebno, kar pomeni, da zemljo ne pustošimo. Ko se organska gnojila razgrajujejo, izboljšajo strukturo zemlje in povečujejo njeno sposobnost zadrževanja vode in hranilnih snovi.

Gnojenje z BGA organsko mineralnim gnojilom je priporočeno od februarja do novembra. Izumitelj dr. Zhang Jianmin je porušil koncept standardnega prehranjevanja rastlin. Prst, gnojila in rastline imajo vsaka svoj energijski spekter. Za normalno rast rastlina ne potrebuje le zadostne količine hranil, temveč predvsem energijsko harmoničen spekter vseh deležnikov. Če sta prst in gnojilo v harmoniji z energijskim spektrom rastlin, le-te lažje absorbirajo potrebna hranila za svojo rast. V kolikor prst in gnojilo nista harmonično povezana, rastline težje absorbirajo hranljive snovi za svojo rast.

BGA organsko mineralno gnojilo poveča vrednosti energetskega stanja prsti koristnih elementov in tako rastlinam omogoči, da lažje absorbirajo več hranil. Poleg tega BGA organsko mineralno gnojilo zniža vrednosti relativnega energetskega stanja nevarnih snovi, kot so virusi, glive, bakterije in težke kovine, ki rastlinam otežujejo absorpcijo hranil. Ker so tako močnejše rastline manj nagnjene k boleznim, se tako poveča njihov pridelek, izboljša kakovost kmetijskih proizvodov in izboljša tudi sama prst. Z merjenjem relativne vrednosti energetskega stanja prsti lahko pomagamo tudi diagnosticirati in zdraviti rastlinske bolezni, ki jih prenaša prst sama.

Rezultati preskusa tal EDX je prikazan v tabeli. Vrednosti predstavljajo fizično količino snovi v zunajjedrskem stanju gibanja elektronov, tj. "vrednost relativnega energijskega stanja". Rezultati odražajo resnično energijsko stanje snovi. Elemente z večjo vrednostjo relativnega energijskega stanja rastline lažje absorbirajo. Več informacij lahko najdete na www.bga.si.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Mo	Cl	Al	Virusi	Gljive	Bakterije
Pred uporabo BGA	3	2	2	1	1	2	1	2	2	1	2	2	1	3	4	2	5
Po uporabi BGA	13	12	11	5	4	4	4	5	5	4	4	5	0	1	1	1	1

- ☐ Boljša kvaliteta živil
- ☐ Večji donos
- ☐ Varčevanje z vodo
- ☐ Varovanje okolja
- ☐ Okrepljen imunski sistem rastlin



www.bga.si

info@bga.si

+386 40 900 095

Žipo

skupina
panvita

BREZPLAČNO SVETOVANJE

080 11 14

E: narocila.kmetijstvo@panvita.si



Jaz in Panvita za kmetijstvo!



PREHRANA ŽIVALI

Popolne in dopolnilne krmne ter mineralno-vitaminske mešanice



www.panvita.si

VRNIMO ZEMLJI ŽIVLJENJE IN OMOGOČIMO SPROSTITEV
»ZAKLENJENIH« HRANIL V TLEH.

AGRO APNO

ZA HITREJŠE DVIGOVANJE pH
1 TONA AGRO APNA VSEBUJE:

minimalno 95 % CaO (kalcijevega oksida).

LASTNOSTI AGRO APNA

Je živo apno, zdrobljeno v drobna zrna granulacija 3-9 mm, po zemljišču se lahko trosi s trosilnikom za mineralna gnojila. Deluje trikrat hitreje kot zmleti apnenec in ima takojšen učinek. V primeru setve se priporoča uporaba vsaj 2-3 tedne pred gnojenjem in setvijo, najbolje v času zime, ko rastline mirujejo.

PRIPOROČLJIVE KOLIČINE: Od 500–1.500 kg/ha za dobo dveh let, odvisno od tipa tal in vsebnosti pH. Pri AGRO APNU velja pravilo »malo ampak večkrat«.

DOBAVA: V big bag vrečah po 1 tono.

www.igm.si

Kontakt: marta.globokar@igm.si / 041-708-752



VRNIMO ZEMLJI ŽIVLJENJE IN OMOGOČIMO
SPROSTITEV »ZAKLENJENIH« HRANIL V TLEH.

APNENEC IGM

ZA POSTOPNO DVIGOVANJE pH

APNENEC IGM VSEBUJE:

do 95% CaCO₃ (kalcijevega karbonata), naravno vlago, ki je 4% - 6%.

LASNOSTI APNENCA IGM:

100% naravni material.

Učinkuje postopno, zato ni potrebno apnjiti vsako leto.

Pri trošenju se ne praši. Skladišči se na prostem.

Trosimo lahko tudi med rastno dobo rastlin - SKOZI CELO LETO.

S tedenskim zamikom lahko gnojite z naravnimi gnojili.

PRIPOROČLJIVE KOLIČINE:

Srednje težka tla 5 - 8 t/ha za dobo 3 - 4 leta.

Težka tla 8 - 10 t/ha za dobo 3 - 4 leta.

DOBAVA:

V razsutem stanju, s kamioni 10, 15, 20 ali 25 ton.

www.igm.si,

Kontakt: marta.globokar@igm.si tel: 03-56-55-583, (041-708-752)





AgroMag



2021

IZBIRA HIBRIDOV KORUZE

www.agromag.si