



Slovensko agronomsko društvo

Slovenian Society of Agronomy

Novi izzivi v agronomiji 2023

ZBORNIK SIMPOZIJA

New challenges in agronomy 2023

PROCEEDINGS OF SYMPOSIUM

Laško 2023



Slovensko agronomsko društvo

Slovenian Society of Agronomy

**NOVI IZZIVI
V AGRONOMIJI 2023**

ZBORNIK SIMPOZIJA

**NEW CHALLENGES
IN AGRONOMY 2023**

PROCEEDINGS OF SYMPOSIUM

Laško, 2023

Simpozij Novi izzivi v agronomiji 2023 z mednarodno udeležbo
Laško, 26. in 27. januar 2023

Zbornik simpozija

Uredniki (po abecednem vrstnem redu)

dr. Barbara Čeh,	Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije
dr. Peter Dolničar,	Kmetijski inštitut Slovenije
dr. Aleš Kolmanič,	Kmetijski inštitut Slovenije
prof. dr. Denis Stajnko,	Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede
asist. dr. Igor Šantavec,	Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani
Igor Škerbot,	Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Zavod CE

Recenzenti (po abecednem vrstnem redu)

dr. Barbara Čeh, izr. prof. dr. Andreja Čerenak, doc. dr. Jure Čop, doc. dr. Zalika Črepinšek, dr. Peter Dolničar, Ana Karničnik Klančnik, doc. dr. Darja Kocjan Ačko, dr. Aleš Kolmanič, dr. Boštjan Naglič, prof. dr. Martin Pavlovič, dr. Sebastjan Radišek, prof. dr. Denis Stajnko, dr. Andreja Sušnik, asist. dr. Igor Šantavec, Igor Škerbot

Prispevki so najmanj dvojno recenzirani. Za jezikovno pravilnost odgovarjajo avtorji. S poslanim prispevkom se avtorji strinjajo s tiskano in spletno objavo zbornika. Uredniki zbornika ne odgovarjajo 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, 2023
Copyright © Slovensko agronomsko društvo

CIP - Kataložni zapis o publikaciji

Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

63(082)

NOVI izzivi v agronomiji (simpozij) (2023 ; Laško)

Novi izzivi v agronomiji 2023 = New Challenges in Agronomy 2023 : zbornik simpozija = proceedings of symposium : [Laško, 26. in 27. januar 2023] / [uredniki Barbara Čeh ... et al.]. - Laško : Slovensko agronomsko društvo = Slovenian Society of Agronomy, 2023

ISBN 978-961-94613-3-4

COBISS.SI-ID 138166787

Kazalo

Rodovitnost tal

Vpliv sistema obdelave tal na izbrane lastnosti tal

Effect of tillage system on selected soil properties

Urša PEČAN, Rok MIHELIČ, Marina PINTAR in Damijana KASTELEC 8

Ohranitveno kmetijstvo – zakaj, kje smo v Sloveniji in kako prilagodimo strategijo gnojenja

Conservation agriculture - why, where we are in Slovenia and how to adjust the fertilization strategy

Rok MIHELIČ 16

25 years of «Oberacker» for a climate-friendly and soil-conserving agriculture of the future

Podnebju in tlom prijazno ohranitveno kmetijstvo na primeru 25-letnega poskusa Oberacker

Andreas CHERVET, Claudia MAURER in Wolfgang G. STURNY 24

Ugotavljanje količine izpustov CO₂ iz tal pri različnih sistemih obdelave tal

Determining the amount of soil CO₂ emissions from different tillage systems

Anže ROVANŠEK in Robert LESKOVŠEK 31

Preliminarna ocena vpliva konvencionalne in ohranitvene obdelave tal na zbitost tal

Preliminary assesment of influence of conventional and conservational soil tillage on soil compaction

Matic NOČ, Matjaž GLAVAN, Rok MIHELIČ, Marko ZUPAN, Vesna ZUPANC, Urša PEČAN, Luka ŽVOKELJ, Jure FERLIN, Slavko KRPIČ, Katarina KRESNIK, Davor MRZLIČ in Marina PINTAR 39

Sestava talnih mikrobnih združb v odvisnosti od intenzivnosti obdelave tal v ekološki pridelavi

Dependence of soil microbial community composition on tillage intensity in organic farming

Sara PINTARIČ, Nataša ŠIBANC, Rok MIHELIČ, Klemen ELER in Marjetka SUHADOLC 46

Vpliv konvencionalne in ohranitvene obdelave tal na vodno bilanco tal v treh povodjih

Impact of conventional and conservational soil tillage on soil water balance in three river basins

Vesna ZUPANC, Matjaž GLAVAN, Matic NOČ, Rok MIHELIČ, Marko ZUPAN, Urša PEČAN, Luka ŽVOKELJ, Miha CURK, Jure FERLIN, Slavko KRPIČ, Katarina KRESNIK, Timotej HORVAT, Davor MRZLIČ, Uroš IPAVEC in Marina PINTAR 53

Vpliv obdelave medvrstnega prostora v vinogradu na status vode v tleh

Effect of inter-row tillage of vineyards on soil water status

Tanja ZRNEC DROBNJAK, Denis RUSJAN, Marko ZUPAN, Helena GRČMAN in Vesna ZUPANC 60

Kmetijstvo širše**Okolje, podnebje, prehrana prebivalstva – kam greš, kmetijstvo?**

Environment, climate, population nutrition – where are you going, agriculture?

Anton TAJNŠEK 68

Privzem težkih kovin v konopljo na neonesnaženih tleh

Uptake of heavy metals by hemp grown in uncontaminated soil

Barbara ČEH, Bojan ČREMOŽNIK in David GERŠAK 73

Zrnate stročnice v prehrani ljudi – rezultati projekta EIP

Grain legumes in human nutrition – project results EIP

Blaž CIGIČ, Manca OZVATIČ, Darja KOCJAN AČKO, Silva GROBELNIK MLAKAR

in Tomaž POLAK 81

Razvoj protokolov za registracijo in preizkušanje ekoloških sort poljščin v Sloveniji – primeri razvoja in preverjanja protokolov za ozimno in jaro pšenico, ozimno piro, ajdo ter koruzo za zrnje

Development of protocols for registration and testing of organic crop varieties in Slovenia - examples of protocol development and testing for winter and spring wheat, winter spelt, buckwheat, and maize for grain

Aleš KOLMANIČ, Simon OGRAJŠEK, Andrej ZEMLJIČ, Peter DOLNIČAR, Marion CHAMPALLIER, Martina BAVEC, Franci BAVEC, Manfred JAKOP in

Vladimir MEGLIČ 89

Pridelovanje poljščin in vrtnin**Vpliv zeolita na pridelavo soje in ozimne pšenice v poljedelskem kolobarju na vodovarstvenih območjih**

Influence of soil amended with zeolite on agronomic performance in a soybean–winter wheat crop rotation field experiment on the water protection areas

Marko FLAJŠMAN, Filip VUČAJNK, Darja KOCJAN AČKO in Rok MIHELIČ..... 97

Vpliv roka žetve na pridelke in kakovost ozimne pšenice

Impact of harvest delay on winter wheat yields and quality

Aleš KOLMANIČ, Simon OGRAJŠEK in Andrej ZEMLJIČ 105

Primerjava rezultatov metod za oceno izpustov toplogrednih plinov, nastalih pri različnih načinih pridelave poljščin

Comparison of the results of methods for estimating greenhouse gas emissions from different methods of crop production

Denis STAJNKO, Andi ŠPACAPAN, Erik RIHTER in Rok MIHELIČ 113

Razvoj prekrivnih dosevkov in vpliv na zapleveljenost v različnih sistemih obdelave tal

Cover crop development and weed suppression effect under different tillage systems

Sergeja ADAMIČ in Robert LESKOVŠEK..... 120

Primerjava dveh metod ugotavljanja izpiranja dušika zaradi gnojenja s hlevskim gnojem v zimskem obdobju

Comparison of two methods of determining nitrogen leaching due to fertilization with farmyard manure in the winter period

Robert LESKOVŠEK 128

Vpliv globine sajenja in pinciranja na rast in pridelek melon

Influence of planting depth and pruning on the growth and yield of melon

Kristina UGRINOVIĆ in Mojca ŠKOF 136

Vpliv načina zasnoave posevka na razvoj rastlin in pridelek motovilca

The influence of the crop establishment method on the plant development and the yield of lamb's lettuce

Kristina UGRINOVIĆ, Damjana ŽNIDAR in Mojca ŠKOF 143

Preskušanje vrednosti za pridelavo različnih sort rožmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) v celinskih razmerah SlovenijeTesting the value for the cultivation and use of different foreign varieties of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in the continental conditions of Slovenia

Nataša FERANT in Barbara ČEH 149

Pridelovanje krme**Pridelek in kakovost silaže prezimnih dosevkov in njihovih mešanic**

Yield and silage quality of winter hardy cover crops and their mixtures

Robert LESKOVŠEK in Branko LUKAČ 155

Analiza pridelka krme s travinja glede na režim košnje in leta z različnim vremenom

Analysis of grassland forage production as a function of cutting frequency and climatic condition

Anastazija GSELMAN, Uroš KOTNIK in Miran PODVRŠNIK 163

Kmetijska tehnika**Analiza registriranih traktorjev v Sloveniji**

Analyse of registered tractors in Slovenia

Tomaž POJE 170

Napredne tehnologije na primeru samovoznih silažnih kombajnov

Advanced technologies on the example of self-propelled forage harvesters

Tomaž POJE 177

Genetika, žlahtnjenje**Uporaba tehnik tarčnega preurejanja genomov v podporo žlahtnjenju**

Application of genome editing techniques to support breeding

Ester STAJIČ in Urban KUNEJ 185

Pregled, inventarizacija in monitoring rastlinskih genskih virov za prehrano in kmetijstvo, ki se ohranjajo *in situ* na kmetijskih gospodarstvih

Survey, inventarization and monitoring of plant genetic resources for food and agriculture maintained on-farm in Slovenia

Jelka ŠUŠTAR VOZLIČ, Zlata LUTHAR, Gregor OSTERC, Valentina USENIK, Janko VERBIČ, Dea BARIČEVIČ, Stanko VRŠIČ, Anastazija JEŽ KREBELJ, Nataša FERANT, Igor ŠANTAVEC, Kristina UGRINOVIČ, Katja ŠUKLJE ANTALICK, Andrej ZEMLJIČ in Branko LUKAČ 191

Varstvo rastlin

Učinkovitost uporabe hladne plazme na zmanjšanje vsebnosti mikotoksinov na koruznem zrnju

Efficacy of cold plasma at reducing mycotoxin content on maize grains

Aleš KOLMANIČ, Simon OGRAJŠEK, Breda JAKOVAC STRAJN, Gabrijela TAVČAR KALCHER, Janja BABIČ, Pia STARIČ, Matic RESNIK in Ita JUNKAR..... 198

Možnosti uporabe zmanjšanih odmerkov herbicidov pri pridelavi soje s konvencionalno in ohranitveno obdelavo tal

Possibilities of using reduced doses of herbicides in soybean cultivation with conventional and conservation soil tillage

Aleš KOLMANIČ, Simon OGRAJŠEK, Andrej ZEMLJIČ in Manfred JAKOP 206

Okolje

Sočasna proizvodnja električne energije in hrane - Agrofotovoltaika

Simultaneous electricity and food production - Agrivoltaics

Blaž GERMŠEK, Tomaž POJE, Miran KAVREČIČ in Tomi MEDVED 214

Uporaba prečiščene odpadne vode za namakanje: rezultati in spoznanja iz izvedenih poskusov

Using treated wastewater for irrigation: experimental results and lessons learned

Špela ŽELEZNIKAR, Gašper LESKOVAR, Nina KACJAN MARŠIČ, Tjaša GRIESSLER-BULC, Damijana KASTELEC in Marina PINTAR 222

Nov spletni portal za prikazovanje sušnih razmer v Sloveniji

A new on-line portal for displaying drought conditions in Slovenia

Andreja SUŠNIK, Marko PUŠKARIČ, Andreja MODERC, Maja ŽUN in Živa VLAHOVIČ 230

Odziv fenološkega razvoja rastlin na spreminjanje podnebja v Sloveniji

The response of the phenological development of plants to climate change in Slovenia

Gal OBLIŠAR, Urša VILHAR in Gregor GREGORIČ 237

Prikaz vpliva višine snežne odeje na temperaturo tal - analiza za Mursko Soboto

The influence of the height of the snow cover on the soil temperature - analysis for Murska Sobota

Tjaša POGAČAR, Zala ŽNIDARŠIČ in Zalika ČREPINŠEK 243

Kmetijski ukrepi za ohranitev habitata bele in črne človeške ribice

Agricultural measures for protecting proteus habitat

Rozalija CVEJIČ, Miha CURK, Nina MALI, Janez MULEC, Metka PETRIČ, Marina PINTAR, Janko URBANC, Vesna ZUPANC in Mitja PRELOVŠEK 250

Ekonomika pridelave, trg

Vpliv spremembe cen kmetijskih inputov na ekonomsko učinkovitost pridelave poljščin

Impact of changes in agricultural input prices on the economic efficiency of crop production

Ana HITI DVORŠAK in Barbara ZAGORC 257

Samooskrba in blagovna menjava z izbranimi rastlinskimi proizvodi v Sloveniji

Self-sufficiency and foreign trade with selected crop products in Slovenia

Sara BELE in Ana HITI DVORŠAK 264

Življenje v tleh

Mikrobna biomasa ter številčnost bakterij, arhej in gliv v odvisnosti od obdelave tal

Microbial biomass and, bacterial, archaeal and fungal abundance in dependence of soil tillage

Anton GOVEDNIK, Rok MIHELIČ in Marjetka SUHADOLC..... 272

Vpliv sistema obdelave tal na izbrane lastnosti tal

Urša PEČAN¹, Rok MIHELIC², Marina PINTAR³ in Damijana KASTELEC⁴

Izvleček

Sistem obdelave tal ima lahko pomemben vpliv na fizikalne lastnosti tal. Namen prispevka je primerjava izbranih talnih lastnosti v odvisnosti od načina obdelave tal na hidromelioriranih, oglejenih meljasto ilovanato glinastih tleh v Ljubljani. Na poskusni parceli, ki je razdeljena na dva dela glede na obdelavo tal (konvencionalna obdelava (CT) in neposredna setev (NT)), smo na vsakem obravnavanju na petih lokacijah in treh globinah (10, 20 in 35 cm) spremljali različne lastnosti tal. Vzorčili smo 5 cm globoko plast za določitev vsebnosti organskega ogljika, gostote tal, nasičene hidravlične prevodnosti, vsebnosti vode pri poljski kapaciteti in točki venenja. Poleg tega smo na vsaki globini, kontinuirano merili vsebnost vode in temperaturo tal. Pri sistemu brez obdelave tal (NT) prihaja do razslojenosti organske snovi po globini tal. V zgornji plasti tal je organske snovi največ in z globino pada. Na CT je organska snov bolj enakomerno porazdeljena po globinah. Volumska gostota tal pri sistemu NT izrazito narašča z globino. Večja vsebnost organske snovi na globini 10 cm in večja gostota tal na 20 cm izboljšujeta zadrževanje vode v tleh na površini brez obdelave tal, kar se odraža tudi pri terenskih meritvah vsebnosti vode v tleh. Med različnima obdelavama tal ni razlik v laboratorijsko določeni nasičeni hidravlični prevodnosti tal. Glede temperature tal so se pokazale manjše razlike v sezonskem poteku pri različnih globinah in obdelavi tal. Na 20 cm so bila tla toplejša pri CT in na 35 cm pri NT.

Ključne besede: obdelava tal, organska snov, fizikalne lastnosti tal, vsebnost vode, MGI, oglejena tla

Effect of tillage system on selected soil properties

Abstract

Tillage systems can have significant effects on soil physical properties. The aim of this study is to compare selected soil properties as a function of tillage on hydromeliorated silty clay loam Gleysoil soils in Ljubljana. On the experimental plot, divided into two parts depending on the soil treatment (conventional tillage (CT) and no-till (NT)), different soil properties were monitored at five spatial locations and at three depths (10, 20 and 35 cm). A 5 cm deep layer was sampled to determine organic carbon content, soil bulk density, saturated hydraulic conductivity, water content at field capacity, and wilting point. In addition, water content and soil temperature were measured continuously at each depth. No-till (NT) results in stratification of organic matter. Topsoil contains the most organic matter which decreases with depth. At CT, the organic matter is more evenly distributed at depth. Soil bulk density in the NT system increases with depth. Higher organic matter content at 10 cm depth and higher soil density at 20 cm depth improve soil water retention at the surface without tillage, which is also reflected in the field measurements of soil water content. There are no differences between the two soil treatments in the hydraulic conductivity of the saturated soil determined in the laboratory. Soil temperature showed little seasonal variation at different depths and soil treatments. The soil was warmer at 20 cm depth under NT and at 35 cm depth it was warmer under CT.

Key words: soil tillage, organic matter, soil physical properties, water content, silty clay loam, gleysol

1 UVOD

Obdelava tal je kmetijska praksa, ki je v uporabi od takrat, ko se je človek iz lovca-nabiralca prelevil v poljedelca. Šele v 20. stoletju so močni vlečni stroji omogočili globoko oranje (do 30 cm), pri čemer se zgornjo, z rastlinskimi ostanki prekrito plast podorje. Zaradi zakopa

¹ Mag. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: ursa.pecan@bf.uni-lj.si

² Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

³ Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

⁴ Izr. prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: damijana.kastelec@bf.uni-lj.si

rastlinskih ostankov, globoko oranje omogoča nadzor nad nekaterimi rastlinskimi boleznimi, škodljivci in pleveli. Ugodno vpliva na preprečevanje zbitosti zgornjega sloja tal, čeprav v določenih primerih le začasno. Intenzivna globoka obdelava tal povzroča zračenje tal in posledično večjo aerobno mikrobovno aktivnost, kar pospešuje razgradnjo organske snovi oziroma mineralizacijo. Proces vpliva na zmanjšanje vsebnosti organske snovi v tleh. V izogib eroziji tal, izgubi organske snovi ter posledični degradaciji strukture tal, so pridelovalci začeli uporabljati različne sisteme ohranitvene obdelave tal (Hobbs, 2007; Lal in sod., 2007). Ohranitvena obdelava tal je nadpomenka za različne sisteme obdelave tal, kot sta sistem setve brez predhodne obdelave oziroma neposredna setev (»no-till«) in minimalna obdelava (Busari in sod., 2015). Pri kmetovanju brez obdelave tal, se rastlinske ostanke ohranja na površju. Setev poteka neposredno v tla, ki so prekrita z rastlinskimi ostanki, s časom prihaja do premeščanja rastlinskih ostankov v tla ob pomoči talnih organizmov (Lal in sod., 2007). Tla v sistemih ohranitvene obdelave imajo izrazito vertikalno orientirane makropore (Pagliai in sod., 2004), zaradi česar je infiltracija vode po padavinskih dogodkih izboljšana (Lampurlanes in sod., 2001). Zaradi ohranjanja organske snovi na površju, prihaja do globinske razslojenosti vsebnosti organskega ogljika. Sloj tal pod površjem ima višjo vsebnost organskega ogljika, kar se odraža v izboljšani strukturi tega sloja tal. V globljih slojih pa lahko, zaradi odsotnosti rahljanja, prihaja do zbijanja tal (Peigné in sod., 2018). Različna obdelava tal, lahko v odvisnosti od različnih pedoklimatskih razmer, različno vpliva na fizikalne lastnosti tal in količino pridelka (Strudley in sod., 2008).

Namen prispevka je primerjava izbranih lastnosti tal, odvisnih od načina obdelave tal na hidromelioriranih, oglejenih tleh, meljasto glinasto ilovnate teksture v Ljubljani.

2 MATERIALI IN METODE DELA

2.1 Poljski poskus

Vzorčenje tal in kontinuirane meritve vsebnosti vode v tleh ter temperature tal smo izvedli na večletnem poljskem poskusu na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani. Od leta 2015 se na poskusni površini izvajata konvencionalna obdelava tal (CT) z oranjem do globine 25 do 28 cm in predsetveno obdelavo ter primerjalno neposredna setev (brez predhodne obdelave tal (»no-till« NT). Med letoma 1999 in 2015 je bil del površine, (NT), minimalno obdelovan do globine 10 cm. Tla na poskusni površini so hidromeliorirana, oglejena, meljasto-glinasto-ilovnate (MGI) teksture. Meritve so bile na obeh obravnavanjih (CT, NT) izvedene na poskusni površini, velikosti 12 m × 20 m. Na površini obeh obravnavanj smo meritve talnih lastnosti in polurne kontinuirane meritve vsebnosti vode v tleh in temperature tal izvedli na petih sistematično določenih lokacijah na posamezni parceli. Na vsaki lokaciji so bile točkovne meritve volumnske gostote, vsebnosti vode in temperature izvedene na treh globinah (10, 20 in 35 cm) in meritve talnih lastnosti v slojih tal: 7,5 do 12,5 cm (v nadaljevanju poimenovano 10 cm), 17,5 do 22,5 cm (20 cm) in 32,5 do 37,5 cm (35 cm). Spodnja globina pri CT predstavlja pod brazdje, sloj tal pod ornico. V rastni dobi 2020 je na površini rastla soja *Glycine max* (L.) Merr.) in v rastni dobi 2021, koruza (*Zea mays* L.). Rast soje v letu 2020 je bila med površinama z različno obdelavo tal zelo podobna. Maja 2021 je bila količina padavin (248 mm) občutno višja, kot v letu 2020 (115 mm) (ARSO, 2022), kar je negativno vplivalo na vznik in mladostni razvoj koruze na NT.

2.2 Analize tal in meritve

V avgustu 2019 smo vzorčili porušene vzorce tal za določitev teksture in vsebnosti organskega ogljika (C_{org}). Analize so bile opravljene na Katedri za pedologijo in varstvo okolja na

Biotehniški fakulteti. Pred setvijo soje, maja 2020, smo vzorčili neporušene vzorce tal za laboratorijsko določitev krivulje vodozadrževalnih lastnosti tal z merilnim sistemom HYPROP (METER Group, Inc., Washington, ZDA), iz katerih smo odčitali vsebnost vode pri poljski kapaciteti (PK) oziroma matričnem potencialu -33 kPa. Metoda ni standardizirana, postopek sta podrobneje opisala Shokrana in Ghane (2020). Vzorčili smo tudi porušene vzorce tal za določitev točke venenja (TV) oziroma vsebnosti vode pri matričnem potencialu -1500 kPa, z uporabo tlačne posode (ISO 11274). Oktobra 2020 smo vzorčili neporušene vzorce tal za laboratorijsko določitev nasičene hidravlične prevodnosti (K_s) z metodo stalnega ali spremenljivega tlaka (Klute and Dirksen, 1986). Po končanih meritvah K_s smo iz razmerja med maso suhih tal in volumnom neporušenega vzorca tal določili volumsko gostoto tal (ρ_b). Kontinuirane meritve vsebnosti vode in temperature tal so bile izvedene v rastnih dobah 2020 in 2021 z merilniki SM150T (Delta-T Devices Ltd., Cambridge, VB). Meritve obeh spremenljivk so bile izvedene v polurnih časovnih intervalih, iz katerih smo izračunali dnevna in mesečna povprečja.

2.3 Statistična analiza

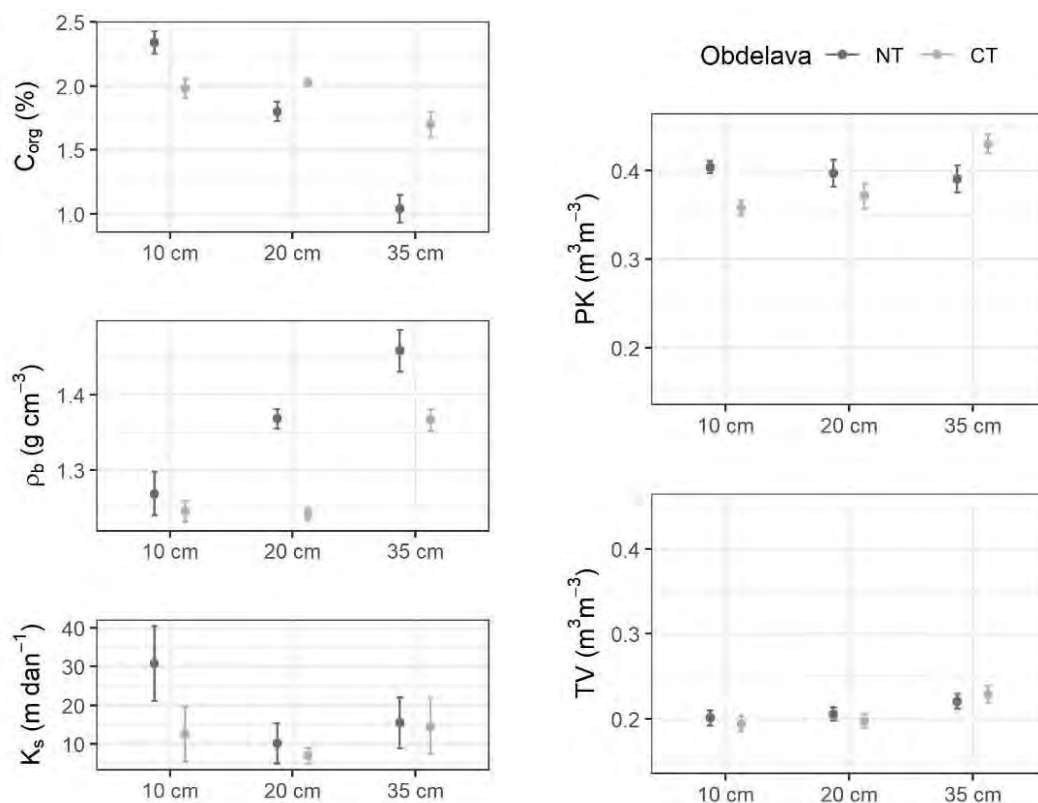
Razlike v ρ_b , K_s , PK in TV smo analizirali z uporabo linearne mešanega modela z dvema proučevanimi dejavnikoma in sicer obdelavo tal (NT in CT) in globino vzorčenja (10, 20 in 35 cm). Lokacijo vzorčenja na posamezni površini z različno obdelavo tal smo v modelu upoštevali kot slučajni vpliv. Na podoben način smo za vsako leto (2020 in 2021) analizirali mesečne podatke vsebnosti vode v tleh, vendar tako da smo poleg slučajnega vpliva lokacije, dodali še slučajni vpliv meseca v letu, saj različne razmere med rastno dobo tudi vplivajo na vsebnost vode v tleh. Ta vpliv je bil v kontekstu naše raziskave slučajen. Mesečne vrednosti temperature tal smo za vsako leto analizirali z uporabo linearne mešanega modela s tremi proučevanimi dejavniki: način obdelave tal, globina in mesec. Zaradi premajhne prostorske variabilnosti v temperaturi tal smo slučajni dejavnik lokacije izločili iz modela. Analize podatkov so bile izvedene s programsko opremo R, različica 4.1.1 (R Core Team 2021).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Talne lastnosti in povprečna mesečna vsebnost vode v tleh

Slika 1 prikazuje povprečne vrednosti in standardne napake analiziranih talnih lastnosti glede na način obdelave tal (CT, NT) in globino meritev (10 cm, 20 cm, 35 cm). Standardne napake prikazujejo natančnost povprečij, ki jo določa prostorska variabilnost meritev. Iz slike 1 je razvidno, da pri načinu NT prihaja do kopičenja organske snovi v zgornji plasti tal (7,5 do 12,5 cm), kar je skladno s študijami Morris in sod. (2010), Stockfisch in sod. (1999) in Bongiorno in sod. (2019). Rezultati statistične analize vpliva obdelave tal in globine meritev so prikazani v preglednici 1, ki prikazuje analizo variance modelov (ANOVA), ter v preglednici 2, ki prikazuje razlike povprečij po obravnavanjih in pripadajoče 95 % intervale zaupanja (IZ) v primerih, ko je le ta statistično značilna.

Preglednica 1 prikazuje p -vrednosti analize variance za vpliv globine meritev, obdelave tal ter njune interakcije na izbrane lastnosti tal. Pri ρ_b , PK in θ v letu 2021 je značilna interakcija med globino in obdelavo, kar pomeni, da na tleh z določeno obdelavo tal, merjene talne lastnosti nimajo enakega globinskega poteka. Pri vrednostih K_s je opaziti veliko variabilnost meritev, kar sovпада z ugotovitvami Hassler in sod., (2014). Ob upoštevanju slučajnega dejavnika lokacije med načinoma obdelave tal in globinami ni statistično značilnih razlik v povprečni vrednosti K_s . Na vrednost TV je značilno vplivala samo globina vzorčenja.



Slika 1: Povprečne vrednosti in standardne napake organskega ogljika (C_{org}), gostote tal (ρ_b), nasičene hidravlične prevodnosti (K_s), vsebnosti vode pri poljski kapaciteti (PK) in točki venenja (TV), prikazane glede na konvencionalno obdelavo (CT) in neposredno setvijo (NT) ter globino vzorčenja.

Preglednica 1: p -vrednosti za vpliv globine meritev, obdelave tal ter njune interakcije na gostoto tal (ρ_b), nasičeno hidravlično prevodnost (K_s), poljsko kapaciteto (PK), točko venenja (TV) ter vsebnost vode v tleh (θ) v letu 2021. Rezultat je statistično pomemben, če je p -vrednost manjša od 0,05.

Vir variabilnosti	ρ_b ($g\ cm^{-3}$)	K_s ($m\ dan^{-1}$)	PK ($m^3\ m^{-3}$)	TV ($m^3\ m^{-3}$)	θ v letu 2021 ($m^3\ m^{-3}$)
Globina	<0,0001	0,1431	0,0292	<0,0001	<0,0001
Obdelava	0,0042	0,2625	0,3895	0,8482	<0,0001
Globina : Obdelava	0,0138	0,3462	0,0030	0,0813	<0,0001

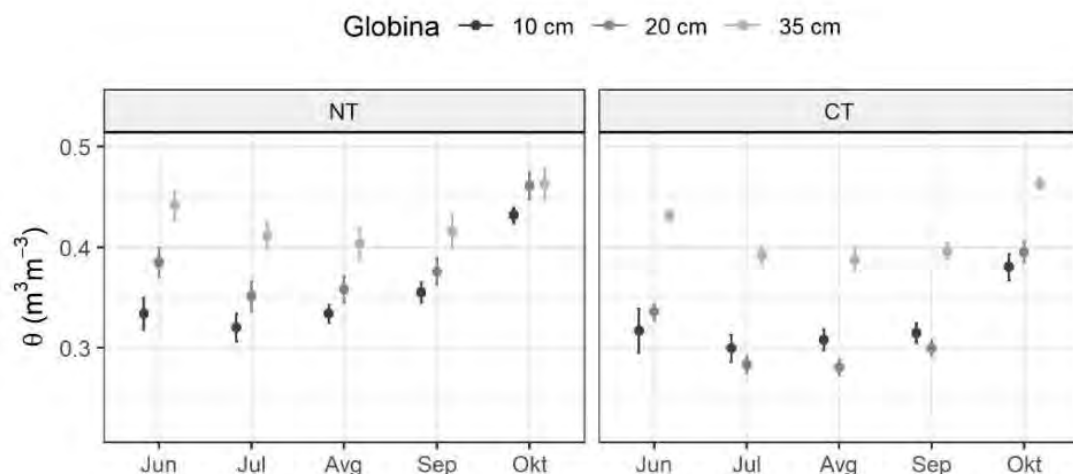
V preglednici 2 so predstavljene statistično značilne razlike v vrednostih izbranih talnih lastnosti. Med načinoma obdelave tal na globini 10 cm ni statistično značilnih razlik v povprečni ρ_b . Značilni razliki med obdelavama sta na globinah 20 cm in 35 cm. V obeh primerih je povprečna gostota tal nižja pri CT. Pri načinu obdelave NT so statistično značilne razlike v povprečni ρ_b med vsemi globinami, ρ_b z globino narašča. Pri načinu obdelave CT je ρ_b tal značilno višja na globini 35 cm v primerjavi z zgornjima globinama. Tudi Sokolowski in sod.

(2020) poročajo o večji gostoti tal ter povečevanju le-te z globino pri NT. Statistično značilne razlike v povprečni vsebnosti vode pri PK so le med globlinami pri načinu obdelave CT. Vsebnost vode pri PK je na 35 cm višja kot na globini 10 cm in višja kot na globini 20 cm. Razlike v povprečni vsebnosti vode pri TV, ki je odvisna predvsem od teksture tal, so značilne samo glede na globino vzorčenja. Ne glede na obdelavo tal sta statistično značilni razliki v povprečni vsebnosti vode pri TV med globlinama 10 cm in 35 cm ter med globlinama 20 cm in 35 cm. V obeh primerih je vsebnost vode pri TV višja na globini 35 cm.

Preglednica 2: Razlike povprečij za izbrane lastnosti tal: za vsak način obdelave med globlinami in za vsako globino med načinoma obdelave ter pripadajoči 95 % intervali zaupanja (IZ), za primere, ko je razlika statistično pomembna

Lastnost tal	Način obdelave	Globina tal	Spodnja meja 95 % IZ	Povprečna razlika	Zgornja meja 95 % IZ
ρ_b (g cm ⁻³)	NT	10 cm - 20 cm	-0,17	-0,10	-0,03
	NT	10 cm - 35 cm	-0,26	-0,19	-0,12
	NT	20 cm - 35 cm	-0,16	-0,09	-0,02
	CT	10 cm - 35 cm	-0,19	-0,12	-0,05
	CT	20 cm - 35 cm	-0,19	-0,13	-0,06
	NT - CT	20 cm	-0,03	0,13	0,22
	NT - CT	35 cm	-0,003	0,09	0,19
PK (m ³ m ⁻³)	CT	10 cm - 35 cm	-0,12	-0,07	-0,02
	CT	20 cm - 35 cm	-0,11	-0,06	-0,01
TV (m ³ m ⁻³)	CT in NT	10 cm - 35 cm	-0,04	-0,03	-0,02
		20 cm - 35 cm	-0,03	-0,02	-0,01
θ v letu 2021 (m ³ m ⁻³)	NT	10 cm - 20 cm	-0,05	-0,03	-0,01
	NT	10 cm - 35 cm	-0,09	-0,07	-0,05
	NT	20 cm - 35 cm	-0,07	-0,05	-0,03
	CT	10 cm - 35 cm	-0,11	-0,09	-0,07
	CT	20 cm - 35 cm	-0,12	-0,10	-0,08
	NT - CT	10 cm	0,01	0,03	0,05
	NT - CT	20 cm	0,01	0,01	0,08

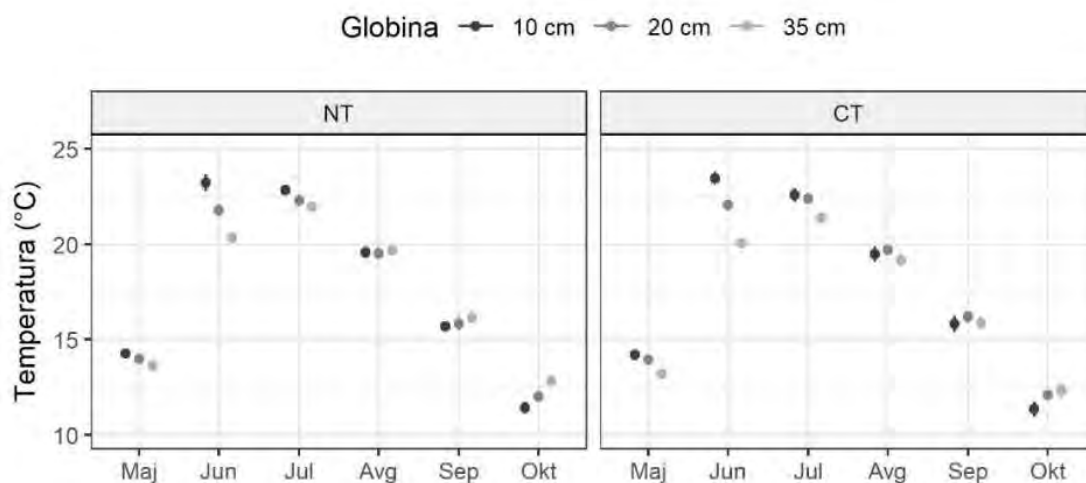
Slika 2 prikazuje povprečne mesečne vsebnosti vode (volumski delež; θ) in standardne napake v letu 2021 glede na način obdelave tal (CT, NT) in globino meritev (10 cm, 20 cm, 35 cm). Rezultati statističnega modela za primerjavo povprečne vsebnosti vode po globinah in med obdelavama so prikazani v Preglednici 2. Ob upoštevanju slučajnega dejavnika lokacije in meseca v letu je med različnima načinoma obdelave tal statistično značilna razlika v povprečni vsebnosti vode na globinah 10 cm in 20 cm. Na obeh globinah je vsebnost vode nižja pri CT v primerjavi z NT. Pri načinu obdelave NT so statistično značilne razlike v povprečni vsebnosti vode na vseh globinah, povprečna θ pa je najnižja na globini 10 cm in z globino tal narašča. Podobno je pri načinu obdelave CT, le da v tem primeru ni razlik v povprečni θ med globinama 10 cm in 20 cm.



Slika 2: Povprečna mesečna vsebnost vode v tleh (θ) in standardne napake v letu 2021 glede na obdelavo tal (brez oranja (NT), konvencionalna obdelava CT) in globino meritev

3.2 Mesečna temperatura tal

Slika 3 prikazuje povprečne mesečne temperature tal in standardne napake za leto 2021 glede na obdelavo tal in globino meritev. Z linearnim modelom smo povprečno mesečno temperaturo modelirali v odvisnosti od obdelave, globine tal in meseca v času rastne sezone. Vpliv meseca je pri tem nelinearen, modelirali smo ga s polinomom tretje stopnje. Pokazalo se je, da je tako opisan sezonski potek povprečne temperature tal v rastni dobi 2021 odvisen od globine tal ($p < 0,0001$) in je drugačen pri CT kot pri NT. Obstaja namreč statistično značilna interakcija med globino in obdelavo tal ($p = 0,0348$). Na globini 10 cm se sezonsko spreminjanje temperature tal med CT in NT ne razlikuje, na globini 20 cm pa je temperatura tal od sredine junija višja pri CT, medtem ko je na globini 35 cm ves čas višja pri NT.



Slika 3: Povprečna mesečna temperatura tal in standardne napake, v letu 2021, glede na obdelavo tal (NT, CT) in globino meritev

4 SKLEPI

V raziskavi smo ugotovili, da na slabo dreniranih meljasto-glinasto-ilovnatih tleh pri neposredni setvi (NT) prihaja do razslojenosti organske snovi. V zgornjem sloju tal (7,5 do 12 cm) je organske snovi največ in z globino pada. Na konvencionalno obdelani (CT) površini je organska snov bolj enakomerno porazdeljena po globinah. Posledično, gostota tal skupaj z odsotnostjo rahljanja tal pri NT, izrazito narašča z globino. Višja vsebnost organske snovi na globini 10 cm in večja gostota tal na 20 cm povzročata boljše zadrževanje vode v tleh na površini brez obdelave tal, kar se odraža tudi pri terenskih meritvah vsebnosti vode v tleh. Kar je lahko, v začetnih razvojnih fazah rastlin, kot smo opazili pri koruzi v letu 2021, škodljivo. Med različnima obdelavama tal ni razlik v laboratorijsko določeni nasičeni hidravlični prevodnosti tal, a so imele meritve veliko prostorsko variabilnost. Glede temperature tal so se pokazale manjše razlike v sezonskem poteku pri različnih globinah in obdelavi tal. Na 20 cm so bila tla toplejša pri CT in na globini 35 cm pri NT. Predvidevamo da je, zaradi večje gostote tal pri NT, toplotna prevodnost tal večja, zato se toplota kopiči globlje kot pri CT.

Zahvala. Avtorji se zahvaljujemo Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) za financiranje Programa usposabljanja mladih raziskovalcev ter programske skupine P4-0085.

5 LITERATURA

- ARSO. 2022. Agencija RS za okolje. Opazovani in merjeni meteorološki podatki v Sloveniji. <https://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (20.9.2022)
- Bongiorno, G., Bünemann, E.K., Oguejiofor, C.U., Meier J., Gort, G., Comans, R., Mäder, P., Brussaard, L., de Goede, R. 2019. Sensitivity of labile carbon fractions to tillage and organic matter management and their potential as comprehensive soil quality indicators across pedoclimatic conditions in Europe. *Ecological Indicators*, 99, 38-50. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.008>
- Busari, M.A., Kukal, S.S., Kaur, A., Bhatt, R., Dulazi, A.A., 2015. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research* 3, 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.05.002>
- Hassler, S.K., Lark, R.M., Zimmermann, B., Elsenbeer, H., 2014. Which sampling design to monitor saturated hydraulic conductivity? *European Journal of Soil Science* 65, 792–802. <https://doi.org/10.1111/ejss.12174>
- Hobbs, P.R., 2007. Conservation agriculture: what is it and why is it important for future sustainable food production? *The Journal of Agricultural Science; Cambridge* 145, 127.
- ISO 11274. Soil quality — Determination of the water-retention characteristic — Laboratory methods. 1998: 20 str.
- Klute, A., Dirksen, C., 1986. Hydraulic Conductivity and Diffusivity: Laboratory Methods, in: *Methods of Soil Analysis*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 687–734. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c28>
- Lal, R., Reicosky, D.C., Hanson, J.D., 2007. Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. *Soil and Tillage Research* 93, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.11.004>
- Lampurlanes, J., Angas, P., Cantero-Martinez, C., 2001. Root growth, soil water content and yield of barley under different tillage systems on two soils in semiarid conditions. *Field Crop. Res.* 69, 27–40. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00130-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00130-1)
- Morris, N.L., Miller, P.C.H., J.H. Orson, Froud-Williams, R.J., 2010. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment—A review. *Soil and Tillage Research* 108, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.03.004>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.07.002>

-
- Peigné, J., Vian, J.-F., Payet, V., Saby, N.P.A., 2018. Soil fertility after 10 years of conservation tillage in organic farming. *Soil and Tillage Research* 175, 194–204.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2017.09.008>
- R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing
- Shokrana, M.S.B., Ghane, E., 2020. Measurement of soil water characteristic curve using HYPROP2. *MethodsX* 7, 100840. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.100840>
- Sokolowski, A.C., Prack McCormick, B., De Grazia, J., Wolski, J.E., Rodríguez, H.A., Rodríguez-Frers, E.P., Gagey, M.C., Debelis, S.P., Paladino, I.R., Barrios, M.B., 2020. Tillage and no-tillage effects on physical and chemical properties of an Argiaquoll soil under long-term crop rotation in Buenos Aires, Argentina. *International Soil and Water Conservation Research* 8, 185–194.
<https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.02.002>
- 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.
[https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(99\)00063-X](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(99)00063-X)
- Strudley, M.W., Green, T.R., Ascough, J.C., 2008. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. *Soil and Tillage Research* 99, 4–48.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2008.01.007>

Ohranitveno kmetijstvo – zakaj, kje smo v Sloveniji in kako prilagodimo strategijo gnojenja

Rok MIHELIC⁵

Izvleček

Ohranitveno kmetijstvo (OK) izboljšanje kakovosti tal ter celotnega agroekosistema dosega z minimalnimi mehanskimi posegi v tla, stalno pokritostjo tal z rastlinami ali rastlinskimi ostanki tudi neposredno po setvi ter s pestrim kolobarjem, s čim več rastlinskimi vrstami. Za regeneracijo tal je ključno, da OK izvajamo permanentno, več let na isti površini. V Sloveniji smo začeli s poljskimi poskusi minimalne obdelave tal brez oranja v 90ih letih 20. stoletja ter na prelomu stoletja osnovali prve dolgoletne poljske poskuse v sodelovanju kmetovalcev, raziskovalcev, kmetijskih svetovalcev in podjetij. V primerjavi s konvencionalno obdelavo se je v tleh povečala vsebnost organskega ogljika (SOC) v zgornjih 0–10 cm, razlike pod 10 cm niso signifikantne. Predvsem gnojenje s kompostom v sistemu minimalne obdelave je izrazito povečalo SOC v primerjavi z oranimi tlemi, kar kaže na upočasnitev mineralizacije dodane organske snovi. Teksturno težja tla skozi čas vežejo več SOC. V lahkih tleh se je pri minimalni obdelavi signifikantno povečala vsebnost dostopnega fosforja v zgornjih 10 cm. V teksturno težjih tleh je pri OK značilno manjša vsebnost nitrata dušika, kar lahko negativno vpliva na razvoj rastlin in na velikost pridelkov. Imobilizacija dušika zaradi lignoceluloznih ostankov v prvih nekaj letih minimalne obdelave zahteva do 20 odstotkov več pognojene dušika, kot je priporočeno za konvencionalno obdelana tla.

Ključne besede: Ohranitveno kmetijstvo, obdelava, SOC, dolgoletni poljski poskusi, rodovitnost tal

Conservation agriculture - why, where we are in Slovenia and how to adjust the fertilization strategy

Abstract

Conservation agriculture (OK) improves the quality of the soil and the entire agroecosystem with minimal mechanical interventions, permanent soil coverage with plants or plant residues even directly after sowing, and with a varied crop rotation, with as many plant species as possible. The key to soil regeneration is to carry out OK permanently, for several years on the same surface. In Slovenia, we started with field trials of minimal tillage without ploughing in the 90s of the 20th centuries, and at the turn of the century we established the first long-term field trials in cooperation with farmers, researchers, agricultural consultants, and companies. Compared to conventional ploughing, the content of organic carbon (SOC) in the soil increased in the upper 0-10 cm, the differences below 10 cm are not significant. Compost fertilization in the minimum tillage system markedly increase SOC compared to ploughed soils, indicating a retardation of the mineralization of the added organic matter. Texturally heavier soils bind more SOC over time. In light soils, the content of available phosphorus in the upper 10 cm increased significantly with minimal tillage. Soils at OK with a heavier texture typically have a lower content of nitrate nitrogen, which can have a negative impact on plant development and on the yield. Nitrogen immobilization from lignocellulosic residues requires up to 20 percent more N than recommended for conventionally cultivated soils during the first few years of minimum tillage.

Key words: Conservation agriculture, tillage, SOC, long-term field trials, soil fertility

1 UVOD

Po drugi svetovni vojni se je tudi v Sloveniji kmetijstvo začelo intenzivirati, zaradi doseganja večjih pridelkov in zagotavljanja prehranske varnosti prebivalstva. To je v bistvu temeljilo na intenzivnejši uporabi obdelave tal in FFS v sistemih, ki vključuje redno oranje in obdelavo tal

⁵ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

za pripravo setvišča in za zatiranje plevela. Zmanjšana naravna produktivnost tal je bila kompenzirana z rabo izboljšanih sort, z večjo uporabo gnojil, z večjo uporabo fitofarmaceutskih sredstev in z rabo vse bolj dovršenih kmetijskih strojev ter orodji. Te prakse so sprva pozitivno vplivale na pridelavo poljščin, vendar marsikje za ceno degradacije tal, vetrne ali vodne erozije, onesnaženja podzemne vode in pospešene mineralizacije organske snovi v tleh ter s tem večjega izpusta ogljikovega dioksida (CO₂) (Kopittke in sod., 2019).

Programi za ohranjanje tal in vode so v ZDA že pred več kot 50 leti pripeljali do razvoja vrste praks, kot so oranje po plastnicah, zmanjšano obdelovanje tal in ne-obdelovanje (»no-till«), ki so bile vključene v skupni izraz, imenovan ohranitvena obdelava tal. V obdobju med obdobjem 1970 in 1997 so kmetje, svetovalni agronomi in raziskovalci pridobili dovolj izkušenj in strokovnega znanja, da so lahko opredelili ključne sestavine trajnostnega sistema, ki so ga poimenovali ohranitveno kmetijstvo. Ta izraz sta leta 1997 v španščini prvič predlagala soavtorja Rolf Derpsch in Theodor Friedrich in definicijo je leta 1998 sprejela tudi Organizacija ZN za prehrano in kmetijstvo (FAO).

2 OHRANITVENO KMETIJSTVO (OK)

Ohranitveno kmetijstvo (OK) je način kmetovanja, ki temelji na treh stebrih za ohranitev in izboljšanje kakovosti tal ter celotnega agro-ekosistema:

1. **nič ali minimalni mehanski posegi v tla** (poseg v tla največ do 10 cm globine tal ter površinsko gledano največ 25 % celotne površine, en delovni element pa lahko poškoduje največ 15 cm širok pas). Predvsem skrbimo za ohranitev naravne slojevitosti, brez obračanja slojev in s tem v čim večji meri ohranjamo življenjski prostor talnim organizmom, ki potem vzpostavljajo biološko kondicijo tal: strukturno obstojnost in poroznost, sposobnost infiltracije padavinske vode in njeno zadržanje v talnih porah ter sproščanje hranil v rastlinam dostopno obliko. Za uspešno pridelavo pri minimalnih posegih v tla potrebujemo ustrezne stroje, ki se v času robotizacije in računalniškega programiranja ter sistemov daljinskega zaznavanja, pospešeno razvijajo. Kmet za opravila potrebuje dva- do trikrat manj časa, v strojnem parku potrebuje manj strojev. Čeprav začetna investicija na prehodu v nov sistem nekaj stane, je dolgoročna rentabilnost minimalne obdelave večja, zato tak sistem že brez finančnih spodbud kmetje vse bolj sprejemajo.
2. **stalna pokritost tal** z glavnimi posevki ali dosevki in/ali rastlinskimi ostanki (vsaj 30 % površine tal stalno pokrite, tudi neposredno po setvi). Tla morajo biti ves čas pokrita, po možnosti z živimi rastlinami, med spravi in setvijo novega posevka pa naj tla prekrivajo rastlinski ostanki prejšnje poljščine. Pokrita tla so zavarovana pred vetno in vodno erozijo; čez poletje so pod zastirko tla hladnejša, izhlapevanje vode je manjše, življenje v tleh pa bogatejše.
3. **diverzifikacija: pestro vrstenje poljščin oz. kolobar**, s čim več rastlinskimi vrstami. Skrbimo za pestrost poljščin s pravilnim vrstenjem, po možnosti z vsaj občasno setvijo mešanih posevkov, tudi s pisanimi cvetočimi rastlinami, ki privabljajo koristne žuželke. Vključujemo metuljnice, ki s pomočjo simbioze s fiksatorji vežejo zračni dušik in izboljšajo njegovo bilanco v agroekosistemu. Rastline, ki s fotosintezo iz zraka vežejo CO₂ in tvorijo organske spojine, kar 20 do 30 % (celo do 40 %) tako vezanega ogljika med rastjo sprostijo skozi korenine v obliki »tekoče organske hrane« ter s tem neposredno prehranjujejo talne organizme ki gradijo humus.

Ključno je, da ohranitveno kmetijstvo izvajamo trajno, več let na isti površini. Tla so namreč odporen sistem, ki se na srečo počasi pokvari, vendar potrebuje tudi dolgo časa za regeneracijo. Rolf Derpsch pravi: "*Ne smemo pozabiti, da je potrebnih približno 5 let neprekinjenega ne-*

obdelovanja tal (no-till), da dosežemo pozitivne učinke na kakovost tal, in traja približno 20 let, da izkoristimo vse prednosti sistema." (Kassam in sod., 2022).

OK je kmetijski koncept, ki se v svetu vztrajno uveljavlja in sedaj pokriva površino 205 milijonov hektarjev (14,7 % svetovnih obdelovalnih površin, v EU 5,2%, letna rast v EU je 26 %). V obdobju zadnjih 10 let beležimo rast OK v svetu za približno 10 Mha letno (Kassam in sod., 2022).

V celoti pravilno izvajanje z uporabo ustreznih sejalic, primernih sort, uravnoteženega gnojenja in s prilagojenimi praksami za zatiranje plevelov, bolezni in škodljivcev izboljša stabilnost pridelka (merilo odpornosti na podnebne spremembe) v različnih tleh, podnebnih in sistemih pridelave. Ena izmed najbolj preskušanih prednosti sistemov OK je njihova sposobnost izboljšanja zadrževanja vode v tleh. Vzdrževanje žetvenih ostankov in zastirk na površini tal izboljša vodno bilanco tal in s tem posevkov. Zmanjšana je erozija, infiltracija je izboljšana, izgube vode bodisi zaradi izhlapevanja ali odtekanja pa so zmanjšane, kar omogoča, da imajo rastline več razpoložljive vode v sušnih obdobjih ali letih. Še posebej se pozitivni učinki kažejo v toplejših in bolj suhih regijah, kjer so pogosto doseženi večji pridelki zaradi znižanja temperature tal in povečanja zaloga vode v tleh (Mrabet in sod., 2022).

3 GNOJENJE V SISTEMU OK

Običajno se v sistemu OK zmanjša izpiranje hranil, saj se voda v glavnem prenaša skozi makro pore (obvodni tok) in ne izpira matrice tal. Nevarnost izpiranja se bi povečala le v primeru, če bi se gnojilo (mineralno ali organsko) apliciralo neposredno pred intenzivnimi padavinami, ki lahko povečata izpiranje skozi makropore.

Prakse gnojenja v sistemih OK bi morale vključevati naslednje štiri splošne vidike (Kassam in Friedrich, 2009):

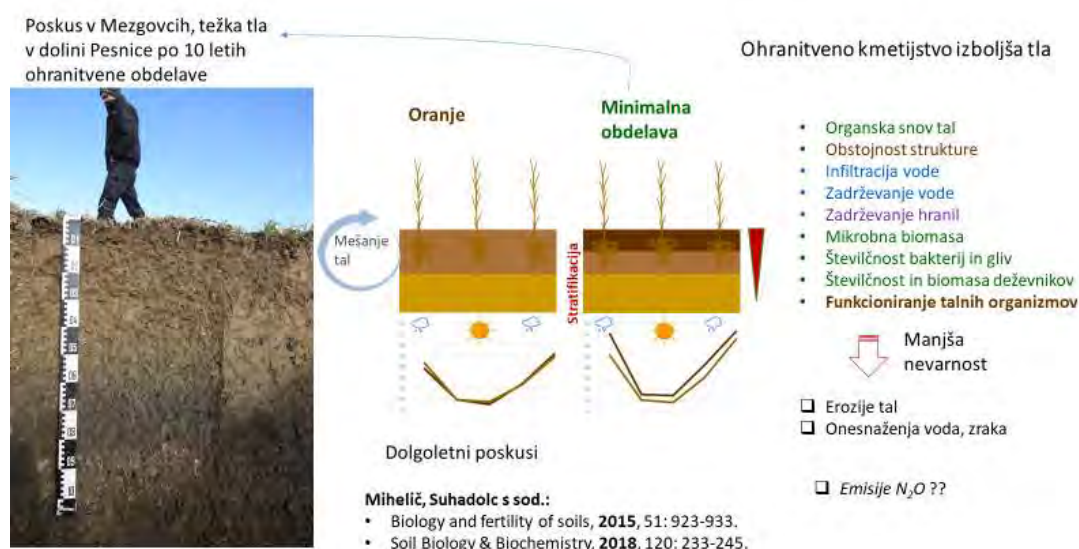
- (i) pozornost je treba namenjati krepitvi in varstvu bioloških procesov v tleh (poudarek na povečanju vsebnosti organske snovi in strukturi tal);
- (ii) Zagotavljati ustrezno velikost pridelkov biomase in biološko fiksacijo dušika za ohranjanje zadostnih zalog energije in hranil v tleh za podpiranje višjih ravni biološke aktivnosti in za prekrivanje tal;
- (iii) Skrbeti za ustrezen nivo dostopnosti vseh potrebnih hranil med rastno dobo, da se zadovoljijo potrebe (smotrna uporaba mineralnih in organskih gnojil);
- (iv) reakcija tal (pH) se mora vzdrževati v sprejemljivem območju za učinkovito delovanje vseh ključnih kemičnih in bioloških procesov v tleh.

4 OK V SLOVENIJI (NEKATERI RAZISKOVALNI REZULTATI)

V Sloveniji smo začeli s poljskimi poskusi uporabe reducirane obdelave tal brez oranja že v 90ih letih 20. stoletja, ko smo na iniciativo prof. dr. Franca Lobnika, ki je navezal sodelovanje z ameriškim ministrstvom za kmetijstvo, dobili prvo pravo sejalnico za direktno ali neposredno setev (Buffalo planter). Po začetnih demonstracijskih poskusih smo ugotovili, da so spremembe v tleh počasne, in da za zanesljive rezultate potrebujemo dolgoletne poljske poskuse. Prva dva dolgoletna poljska poskusa sta bila zasnovana leta 1999 na laboratorijskem polju v Ljubljani (poskus »TillComp«, težka, oglejena tla MGI teksture) in l. 2000 v Moškanjcih (poskus »Rašica«; plitva tla na prodnatem aluviju Drave; ilovnate teksture). V poskusih plitvo obdelavo primerjamo s konvencionalno obdelavo tal (osnovna obdelava z oranjem). V Ljubljani je poskus primerjave intenzitete obdelave tal razdeljen še na 4 pod-obravnavanja z gnojenjem: s kompostom, s kompostom + NPK, samo NPK in kontrolo brez gnojenja. V letu 2011 smo oblikovali še dva poljska poskusa na področju Moškanjcev; enega na težkih oglejenih tleh v Pesniški dolini (poskus »Kumrovo«) in drugega ponovno na plitvih tleh Dravske naplavine

(poskus »Mamino«), blizu poskusa »Rašica«. Na teh dveh poskusih imamo od leta 2017, ko smo za izvajanje poskusov pridobili dve sodobni sejalnici za neposredno setev GreatPlains (eno za presledno setev z natančnim odlaganjem semena, npr. setev koruze in drugo za strnjeno setev poljščin z ozko medvrstno razdaljo, npr. strna žita), primerjavo treh načinov obdelave: oranje do globine 28 cm (O), ohranitveno obdelavo do globine 10 cm (E) in neposredno setev brez obdelave (NT). To so do sedaj edini večletni poskusi neposredne primerjave različnih načinov oz. intenzitete obdelave tal v Sloveniji (opisi poskusov v Mihelič in sod., 2000; Turk in Mihelič, 2013; Kaurin in sod., 2015 in 2018). Obstajajo še drugi tovrstni poljski poskusi, vendar s krajšim trajanjem. Pri dolgoletnih poskusih gre za sodelovanje kmetovalcev (vodilna je kmetija Majerič), raziskovalcev, kmetijskih svetovalcev in podjetij.

V teh poskusih smo ugotovili značilne spremembe v tleh, večinoma v skladu s poročili znanstvenih pregledov iz sveta (slika 1).



Slika 1: Povzetek rezultatov sprememb v tleh po dolgoletnem prakticanju minimalne obdelave tal po načelih sistema ohranitvenega kmetijstva v primerjavi s konvencionalno obdelavo tal z oranjem

V primerjavi s konvencionalno obdelavo se je v tleh povečala vsebnost organskega ogljika (SOC) v zgornjih 0–10 cm. V poskusih, kjer od leta 2017 prakticiramo tudi sistem neposredne setve oz. »no-till«, se je izrazito povečala vsebnost organske snovi tudi v povrhnjici tal (0–1 cm). Razlike med SOC v plasteh tal pod 10 cm niso signifikantne. Predvsem gnojenje s kompostom v sistemu minimalne obdelave (TillComp: NT-ORG in NT-MIX) je izrazito povečalo vsebnost SOC v primerjavi z oranimi tlemi, kar kaže na upočasnitev mineralizacije dodane organske snovi pri zmanjšani intenziteti obdelave. Teksturno težja tla (Pesnica in BF-polje) skozi čas vežejo več organskega ogljika kot teksturno lažja tla (preglednica 1).

Prav tako je gnojenje s kompostom v zgornjih 10 cm v sistemu NT izrazito povečalo vsebnost dostopnega fosforja in kalija, medtem ko pri obravnavanju z mineralnim gnojenjem v težjih tleh do povečanja vsebnosti dostopnih hranil ob zmanjšani intenziteti obdelave tal ni prišlo (slika 2).

Preglednica 1: Vsebnost organskega ogljika (%) v tleh (SOC) v odvisnosti od obdelave tal in globine vzorčenja. Oznake: E – minimalna obdelava, O – orano, NT – no till, Nto – No till 5 let po oranju, Nte – No till 5 let po minimalni obdelavi. MIN – mineralno gnojenje, MIX – kombinacija, gnojenja z mineralnimi gnojili in kompostom, ORG- gnojenje s kompostom

Polje (tekstura, ob postavitvi poskusa)	Obdelava	Globina vzorčenja			
		0-1	0-10	10-20	30-60
Gorišnica – “Mamino” (po 10 letih) (23 – 25 % gline; I)	Nto	1,9	1,6	1,5	0,8
	Nte	2,4	2,1	1,6	1,0
	E	2,3	2,0	1,8	1,1
	O	1,6	1,5	1,5	0,9
Pesnica- “Kumrovo” (po 10 letih) (50 – 55 % gline; MG-G)	Nto	3,6	3,0	2,8	1,8
	Nte	3,7	3,2	2,7	1,8
	E	3,5	3,1	2,5	1,7
	O	2,8	2,6	2,6	1,8
Rašica (po 21 letih) (16-18 % gline; I)	MT	-	1,9	1,5	0,7
	O	-	1,4	1,4	0,6
BF polje (po 21 letih) “TillComp” (26 % gline, 40 % finega melja; MGI)	NT-0	3,8	2,8	2,1	0,7
	NT-MIN	4,0	2,7	2,1	0,8
	NT-MIX	5,0	3,4	2,3	0,7
	NT-ORG	7,6	3,8	2,4	0,8
	O-0	2,3	2,0	1,9	0,6
	O-MIN	2,4	2,1	2,1	0,6
	O-MIX	2,6	2,5	2,4	0,6
	O-ORG	3,3	2,5	2,3	0,8

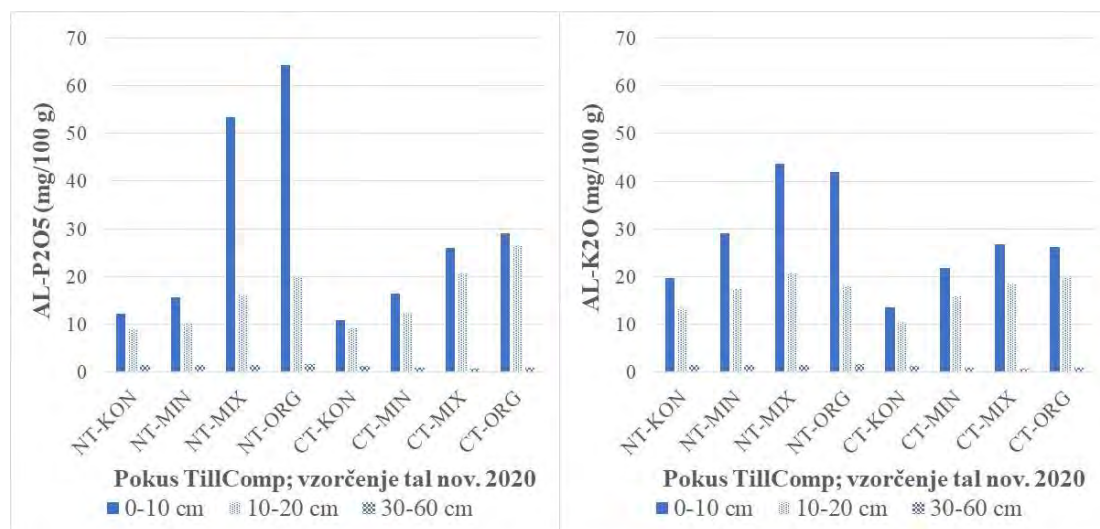
Preglednica 2: Dolgoletni poljski poskus „Rašica“ po 20 letih; sept. 2020 (plitva, lahka tla na dravskem aluviju; gnojenje enako na vseh obravnavanjih); MT = plitva obdelava (0-10 cm) kontinuirano od 1999; NT = no-till od 2017, prej MT; CT = konvencionalna obdelava s plugom (25 cm globoko) kontinuirano od 1999

		P ₂ O ₅ (mg 100 ⁻¹ g ⁻¹)		K ₂ O (mg 100 ⁻¹ g ⁻¹)		pH	
Globina (cm)		24.11.2011	17.12.2019	24.11.2011	17.12.2019	24.11.2011	17.12.2019
MT	0-10	37,1±2,3	41,8±0,9	47,9±7,1	50,0±7,6	6,1	6,7
	10-20	34,1±3,5	39,0±8,0	30,4±5,2	42,2±8,4	6,2	6,7
	30-60	7,4±4,2	9,2±3,1	18,3±3,8	27,4±5,9	6,5	6,6
CT	0-10	35,2±3,1	32,0±2,1	38,1±5,7	46,9±6,1	6,1	6,4
	10-20	36,1±3,5	33,8±1,2	32,4±3,1	59,1±6,6	6,2	6,4
	30-60	8,9±1,3	7,1±1,8	23,0±5,0	25,9±2,4	6,3	6,3

V lahkih tleh na dolgoletnem poskusu »Rašica« se je signifikantno povečala vsebnost dostopnega fosforja v zgornjih 10 cm tal pri minimalni obdelavi (MT) (preglednica 2). Na splošno se razpoložljivost hranil zgornjih slojev tal v sistemih brez obdelave poveča zaradi povečane vlage v tleh zaradi ostankov in zaradi delovanja talnih organizmov, ki imajo na razpolago več organske snovi oz. hrane.

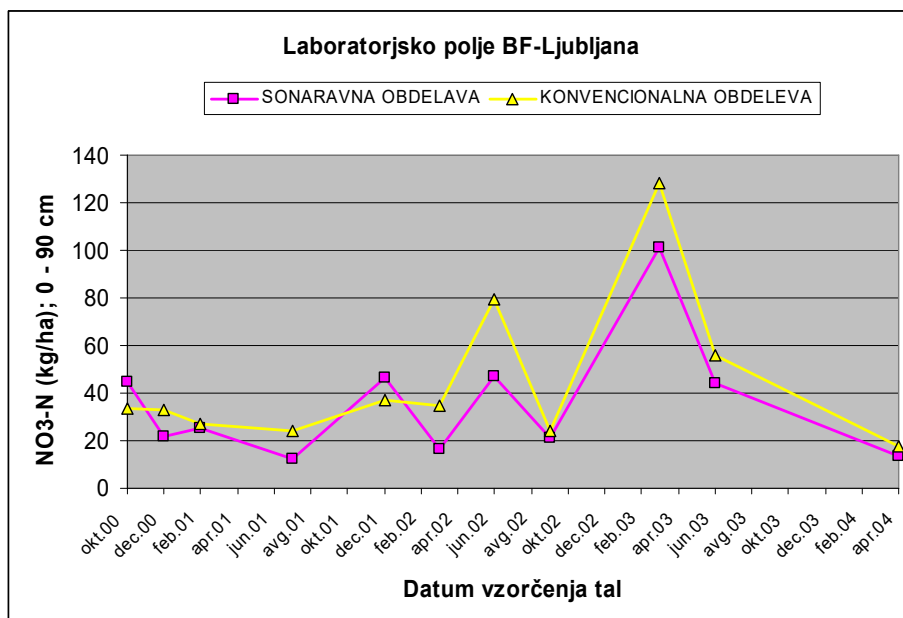
V teksturno težjih tleh – MGI, v humidni klimi, kjer je spomladi nižja temperatura tal in višek vode (poskus TillComp v Ljubljani), opazamo, da je v kritičnih fazah vegetativnega razvoja

rastlin (predvsem od pomladi do zgodnjega poletja) v tleh značilno manjša vsebnost nitratnega dušika, kar lahko negativno vpliva na razvoj rastlin in s tem posledično tudi na pridelek. Vsebnost organske snovi v zgornjem sloju tal je večja, vsebnost nitratnega dušika pa v povprečju manjša za 16 kg/ha (med rastno dobo tudi več), kar vse skupaj kaže na zmanjšanje mineralizacije pri minimalni obdelavi tal (slika 3). V letih 2002 in 2003 je bila na polju posejana koruza. Vsebnosti nitratnega dušika v tleh v začetku junija 2002 so lahko rezultat mineralizacije N in štartnega gnojenja 9. maja z NPK (26 kg N/ha), naslednje leto, konec aprila 2003, pa smo vrh vsebnosti izmerili pred začetkom gnojenja (slika 3).



Slika 2: Vsebnost rastlinam dostopnega fosforja in kalija v težkih oglejenih tleh na polju BF (poskus TillComp); 21 let po začetku poskusa. MT = plitva obdelava (0 -10 cm) kontinuirano od 1999; NT = no-till od 2017, prej MT; CT = konvencionalna obdelava s plugom (25 cm globoko) kontinuirano od 1999

Kratkotrajna imobilizacija dušika zaradi lignoceluloznih ostankov (C/N razmerje nad 20), ki se počasi razgrajujejo, zlasti v težkih tleh, v prvih nekaj letih minimalne obdelave zahteva do 20 odstotkov več dušika, kot je priporočeno, da nadomestimo del dušika, ki ga imobilizira povečana količina organskih ostankov snov na površini ali v pomešana v zgornjih 10 cm tal. Po nekaj letih povečanje količine organske snovi kompenzira nižjo stopnjo mineralizacije in poveča oskrbo rastlin z dušikom. Za ustvarjanje organsko bogatega, rodovitnega sloja tal moramo skupaj z lignoceluloznimi ostanki tla gnojiti z dušikom, fosforjem, žveplom in drugimi esencialnimi elementi, da ustvarimo hranilno ravnotežje in dobimo t.i. »hranilni humus«. Priporoča se uporaba štartnega dušika 20 do 30 kg/ha (ter morda tudi ustrezne količine P, S, Zn, Mn), lahko tudi v vrste ob setvi semen poljščine, par cm stran od vrstice semena in par cm globlje (da ne poškodujemo semena). Takšno gnojenje je še posebej priporočljivo v sistemih brez obdelave (no-till) za preprečevanje počasne rasti zaradi nizkih temperatur tal v zgodnjih fazah razvoja toploljubnih poljščin, npr. koruze (Niehues in sod., 2004).



Slika 3: Dinamika nitratnega dušika v tleh poskusa TillComp v Ljubljani

Izgleda, da so lažja, bolj skeletna, dobro odcedna tla v Moškanjcih bolj primerna za prehod na ohranitveno obdelavo kot težja in slabo odcedna tla v Ljubljani. Pomembna je tudi klima: v Ljubljani je več padavin, kar v težjih bolj zbitih tleh še dodatno otežuje pridelavo poljščin. Neugodne razmere za posevke spomladi (bolj zbita, hladnejša tla) omogočajo konkurenčno prednost plevelni flori.

5 SLOVENSKO ZDRUŽENJE ZA OHRANITVENO KMETIJSTVO

Znanstvena spoznanja je bilo potrebno razširiti v kmetijsko prakso, zato smo 4. 11. 2015 na ustanovnem sestanku najprej neformalno, nato pa januarja 2016 z uradno registracijo ustanovili Slovensko združenje za ohranitveno obdelavo in rodovitnost tal (SZOORT). Povabljeni so bili vsi, ki so želeli prispevati k ozaveščanju ter širjenju ideje ohranitvene obdelave tal. Ime smo spremenili v Slovensko združenje za ohranitveno kmetijstvo (SZOK) ob včlanitvi v Evropsko federacijo za ohranitveno kmetijstvo (ECAF) spomladi leta 2018, ko smo ugotovili, da zgolj sprememba načina obdelave ni dovolj, saj je za izboljšavo tal in posredno celotnega agro-ekosistema potrebno slediti vsem trem temeljem ohranitvenega kmetijstva. V združenju nas je trenutno okrog 70 članov, večina je kmetovalcev, poleg raziskovalcev in svetovalcev, ki so svojimi praktičnimi izkušnjami, ob pomoči znanstvenih spoznanj, trasirajo pot ohranitvenim načinom kmetovanja.

Zahvala. Zahvaljujemo se Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Ministrstvu za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo za sofinanciranje raziskovalnih projektov CRP in aplikativnih znanstvenih projektov v vseh letih izvajanja dolgoletnih poljskih poskusov. Trenutno so poljski poskusi omogočeni s projekti CRP ReC-Till (V4-2022) in EU programom EJP Soil ID: 862695. Zahvaljujemo se kmetiji Majerič za sodelovanje pri zasnovi in vodenju vseh naših dolgoletnih poljskih poskusov. Prav tako se zahvaljujemo kmetiji Korošec iz Moškanjcev za dolgoletno sodelovanje pri poskusu »Kumrovo«. Zahvala podjetjema Agromag

d.o.o. in MRebernik d.o.o. za stalno pomoč pri izvajanju poskusov ter podjetju IGM Zagorje d.o.o. za začetno pomoč pri pripravi poskusnih polj z meliorativnim apnjenjem tal.

6 LITERATURA

- Kopittke P.M., Menzies N.W., Wang P., McKenna B.A., Lombi E. 2019. Soil and the intensification of agriculture for global food security, *Environment International*, 132, 2019, ISSN 0160-4120, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078>.
- Mrabet, R., Singh, A., Sharma, T., Kassam, A., Friedrich, T., Basch, G., Moussadek, R., Gonzalez-Sanchez, E. 2022. Conservation Agriculture: Climate Proof and Nature Positive Approach. G. Ondrasek, & L. Zhang (Eds.), *Resource Management in Agroecosystems*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.108890>
- Kassam, A., Friedrich, T. 2009. Nutrient Management in Conservation Agriculture: A Biologically-Based Approach to Sustainable Production Intensification. 23-26. 7th Conservation Agriculture Conference, Dnipropetrovsk, Ukraine, 23-26 July 2009.
- Kassam, A.; Friedrich, T.; Derpsch, R. 2022. Successful Experiences and Lessons from Conservation Agriculture Worldwide. *Agronomy* 2022, 12, 769. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040769>
- Niehues B.J., Lamond R.E., Godsey C.B., Olsen C.J. 2004. Starter Nitrogen Fertilizer Management for Continuous No-Till Corn Production. *Agronomy*, 96, 5, 1412-1418.
- Kaurin A., Mihelič R., Kastelec D., Grčman H., Bru D., Philippot L., Suhadolc M. 2018. Resilience of bacteria, archaea, fungi and n-cycling microbial guilds under plough and conservation tillage, to agricultural drought. *Soil biology & biochemistry*. 2018, vol. 120, str. 233-245.
- Kaurin A., Mihelič R., Kastelec D., Suhadolc M., Schlöter 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. *Biology and fertility of soils*. 2015, 51, 8, str. 923-933.
- Turk A., Mihelič R., Wheat straw decomposition, N-mineralization and microbial biomass after 5 years of conservation tillage in Gleysol field. 2013. *Acta agriculturae Slovenica*. letn. 101, št. 1, str. 69-75.
- Mihelič R., Pačnik T., Lobnik F. 2000. Vpliv sonaravne obdelave na nekatere pokazatelje kakovosti tal. V: Tajnšek, A.(ur.), Šantavec, I.(ur.). *Novi izzivi v poljedelstvu 2000 : zbornik simpozija*, [Moravske Toplice, 14. in 15. december 2000]. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, 2000. Str. 269-272.

25 years of « Oberacker » for a climate-friendly and soil-conserving agriculture of the future

Andreas CHERVET⁶, Claudia MAURER⁷ and Wolfgang G. STURNY⁸

Abstract

The 25-year studies of the long-term field experiment “Oberacker” in Switzerland reveal that Conservation Agriculture in line with a long-standing continuous no-tillage system is a suitable alternative to the conventional plough system. Lack of soil mixing under no-tillage leads to changes of chemical, physical, and biological soil properties. In a continuous long-term no-tillage system, nutrient availability in the topsoil, soil aeration in the subsoil, supply of plant available soil water and biodiversity of earthworms and arbuscular mycorrhizal fungi increased. Partially higher yields, labour saving and more frequent remunerations make the no-tillage system profitable. It has become an alternative to the traditional plough system – also, but not exclusively, in areas being prone to soil erosion and nitrate leaching. Due to appropriate green manure mixtures, glyphosate use has been reduced towards zero. The detected residues were only slightly increased in the upper 5 cm of the no-tillage topsoil, but with no soil biological impacts. Target for the future of Conservation Agriculture is a holistic approach that takes into account simultaneously a low-input (relay) cropping system based on N- and P-recycled fertilizers – with maximum energy and resource efficiency – while pollutant inputs are reduced to the max.

Key words: no-tillage, mouldboard ploughing, soil ecosystem services, yield, glyphosate substitution

Podnebju in tlom prijazno ohranitveno kmetijstvo na primeru 25-letnega poskusa Oberacker

Izvleček

25-letna študija dolgoletnega poljskega poskusa »Oberacker« v Švici je pokazala, da je ohranitveno kmetijstvo z večletnim neprekinjenim sistemom brez obdelave tal (no-till) primerna alternativa običajnemu konvencionalnemu sistemu z uporabo pluga. Odsotnost mešanja tal pri sistemu brez obdelave tal vodi do sprememb kemičnih, fizikalnih in bioloških lastnosti tal. V neprekinjenem dolgoletnem poskusu brez obdelave tal se je povečala razpoložljivost hranil v zgornji plasti tal, zračnost tal v podtalju, oskrba rastlin z dostopno vodo v tleh in biotska raznovrstnost deževnikov ter število arbuskularnih mikoriznih gliv. Sistem brez obdelave tal je dobičkonosen, zaradi nekoliko višjih pridelkov, prihranka pri delu in večjega števila tržnih pridelkov v kolobarju. Postal je alternativa tradicionalnemu sistemu obdelave tal s plugom – tudi, vendar ne izključno, na območjih, ki so nagnjena k eroziji tal in izpiranju nitratov. Zaradi ustreznih dosevkov – mešanic za zeleno gnojenje – se je uporaba glifosata zmanjševala vse do popolne opustitve. Nekoliko povečane količine ostankov glifosata so bile ugotovljene le v zgornjih 5 cm plasti tal v sistemu brez obdelave tal, vendar brez bioloških vplivov na tla. Ohranitveno kmetijstvo želi v prihodnosti holistično pristopati k pridelavi hrane, kar pomeni, da ima zaradi kroženja N in P gnojil nizke vhodne stroške in učinkovito izrablja energijo ter naravne vire, hkrati pa v največji možni meri zmanjšuje vnose onesnaževal v tla.

Ključne besede: direktna setev, lemežni plug, ekosistemske storitve tal, pridelek, nadomestki glifosata

1 INTRODUCTION

Since the late 1950s agricultural production on arable land has been strongly intensified. Switzerland is characterized by sloping and undulating areas as well as a cool and wet climate with annual precipitations of 1000 mm and more. Therefore, soil erosion is a major concern in

⁶ Bern Office of Agriculture & Nature, Soil Conservation Service, Ruetti 5, CH-3052 Zollikofen, e-mail: andreas.chervet@be.ch

⁷ Bern Office of Agriculture & Nature, Soil Conservation Service, e-mail: claudia.maurer@be.ch

⁸ SWISS NO-TILL, Oberdorf 7, CH-2514 Ligerz, e-mail: sturny@no-till.ch

arable farming. In addition, axle-loads of farm machinery have increased significantly during the last decade resulting in pronounced soil compaction and decreased soil quality. A strategy of action introducing a practicable cropping system, which combines the conservation of natural resources with economic benefits, was required. Conservation Agriculture (CA) – in particular no-tillage (no-till; NT) based on Manitoban experiences from the early 1980s (Sturny, 1982) – fulfils both these criteria.

In the canton of Berne, CA is being encouraged with financial incentives since 1993, also in areas being prone to soil erosion and nitrate leaching (Schwarz et al., 2007) – including a farmer-to-farmer approach. Innovative private contractors made a valuable contribution to promoting NT techniques among farmers. At the same time, countrywide awareness about NT was successfully raised through consulting, publications, field trials and demonstration plots, field days as well as the national discussion platform SWISS NO-TILL (www.no-till.ch).

2 MATERIALS AND METHODS

NT and conventional plough (PL) tillage have been compared without fallow period and application of mineral fertilizer only, in the long-term field trial “Oberacker” at INFORAMA Ruetti in Zollikofen (near Berne) since 1994. The slightly humic sandy loam is a deep and nutrient-rich soil. Crops were grown in a six-year crop rotation (peas, winter wheat, field beans, winter barley, sugarbeets, silage corn) in a strip trial with six adjoining plots. The objectives are to demonstrate advantages and disadvantages of a NT and PL system and to work out solutions for perceived problems.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Soil and water

Chervet et al. (2006) show a threefold increased infiltration rate for NT as compared to PL. The main causes of delayed infiltration on PL plots are destroyed earthworm channels and layer boundaries, which have been formed by compaction and smear layers on the furrow bottom, as well as by “straw mattresses”, and silting due to intensive soil tillage. In particular, large earthworm species such as *Lumbricus terrestris* increasingly dieback by soil loosening, and the number of water-conducting channels is diminished (Maurer-Troxler, 2005). In the PL system, plant residues are ploughed in so that evaporation rate of the soil surface is increased, while the NT system has a higher water-holding capacity (Fig. 1): with little evaporation – in particular in dry periods – more water remains for transpiration. This results in better crop yields and a more active soil life in harmony with the accumulation of organic matter. Although the distribution of C_{org} and nutrients differed significantly between NT and PL, stocks of C_{org} and of all investigated nutrients were similar in both systems. Unlike in the PL system, C_{org} , N_{tot} , K and Mg were concentrated in the surface layer in the NT system; in addition, the pH was lower and P and Ca had slight concentration maxima at around 20 cm depth (Martinez et al., 2016). With the occurrence of the predicted climate changes, there will be a redistribution of annual precipitation and an intensification of individual precipitation events: in the future, with a roughly equal total amount of precipitation, more rain will fall in winter, while there may be more frequent pronounced dry periods in summer. Under such conditions, the higher infiltration and storage capacity as well as the continuous water supply in the no tilled, undisturbed soil uses the water resources more sparingly than a production system with intensive, full-inversion tillage.

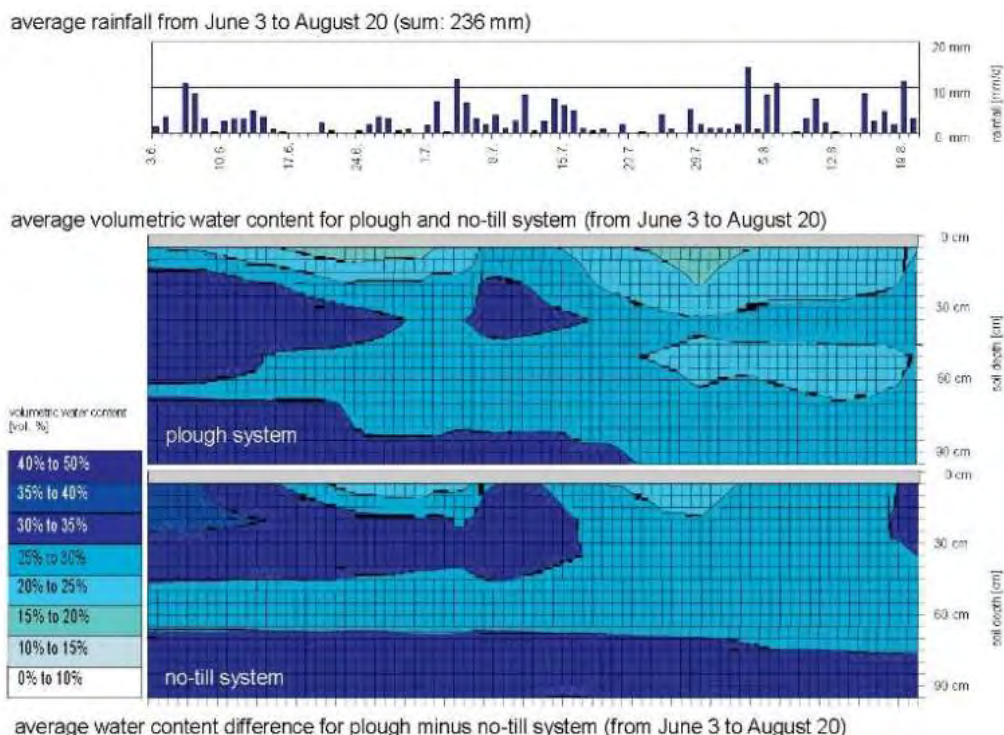


Figure 1: Water content differences for no-tillage (NT) and plough (PL); long-term field trial Oberacker

3.2 Fertilization

Precision placement of mineral nutrients is of particular importance in CA, since fertilizer is not being incorporated into the soil. Yield losses due to lack of nutrients or toxicity problems are only possible with the use of non-specialized implements. With correct placement, no losses in yield were found after a longer transition phase according to a New Zealand study (Baker and Afzal, 1981). Zihlmann et al. (2006) showed NT soils being similar to PL soils with respect to nitrogen supply. However, in the case of NT a lag phase in nitrogen mineralization was observed, which may be related to reduced aeration of the topsoil. Nitrogen losses to groundwater (nitrate) and to the atmosphere (nitrous oxide) should be cut down by an ammonium-based N-fertilization strategy, especially in spring crops such as sugarbeets and corn. It was also shown that the application amount of nitrogen fertilization in the case of NT with adapted crop rotation can be lowered for winter cereals.

3.3 Plant protection

With the abandonment of intensive soil tillage in CA and particularly in NT, weed control becomes a key issue: in general, monocots and perennial weeds develop better than dicots and annual weeds. Long-term NT, combined with adequate weed control, is supposed to lessen weed infestation as compared to PL (Linke, 1998).

In contrast, the PL system provides improved emergence conditions to the field crop, but also the perfect setting for the development of weeds. Soil disturbance through tillage transports seeds of past vegetation periods to the surface and will accelerate the vegetative propagation of light induced germination. Ploughing is not a permanent solution to weed problems. That's why development and application of alternative cropping systems, combining different measures and

techniques, is urgently needed and has the potential to reduce herbicide applications. The most effective and non-chemical method for environmentally sound plant production is based on green manure and crop rotation (Fig. 2, left) – if need be, on “electro herbicide” (Fig. 2, right). Chervet et al. (2007) showed a significant reduction of glyphosate use gradually decreasing towards zero (Fig. 3) in the 25 years of the long-term field trial Oberacker: thanks to a competitive, appropriate mixture of green manure species, consistent shift between grain and foliage plants, permanent soil cover and root penetration. Such a longstanding NT system is economical and ready to be put into continuous agronomical practice (Chervet, 2016). Both systems are being established further and optimized with regard to environmental sustainability and by significantly reducing the application of glyphosate (Sturny et al., 2007).



Figure 2: No-tillage (NT) in frost-sensitive green manure mixtures is conducted without use of a total herbicide such as glyphosate (left). A prototype based on electricity should enable weed control with abandonment of non-selective herbicides (right); both pictures from long-term field trial Oberacker

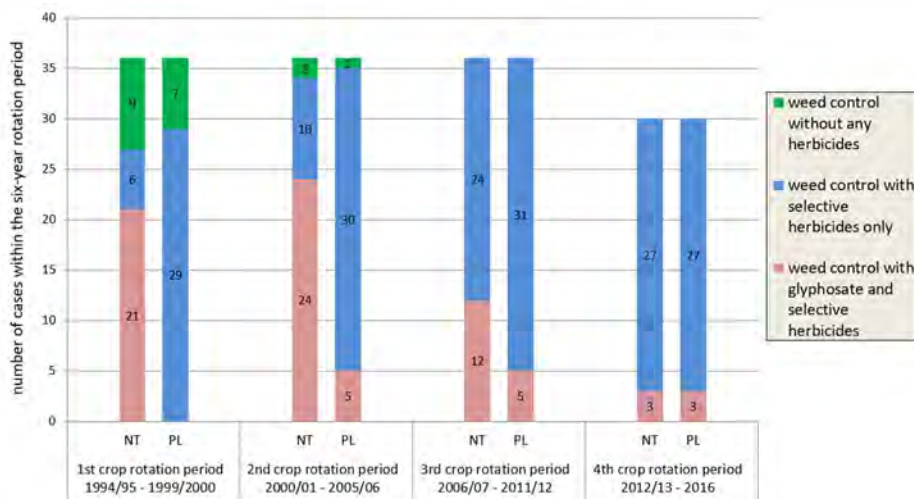


Figure 3: Weed control herbicide strategy for no-tillage (NT) and plough (PL); long-term field trial Oberacker

3.4 Crop yields

The average yields of the various crops in the selected experimental years from 1995 to 2014 are represented in Table 1. Considering all crops over 20 years, the average yield in NT was

102.6% of that in the PL system; but this difference was not statistically significant ($p=0.28$). Winter cereals (winter wheat, winter barley) and legumes (field beans and peas) however had significantly higher yields in the NT system than in PL soils, but lower for root and tuber crops (sugarbeets, potatoes). The difference in corn yield between NT and PL was marginal. We conjecture that one of the reasons for the high crop yields in NT in the Oberacker long-term field experiment was the well-balanced crop rotation, including cover crops; another reason is more supply of plant available soil water in dry periods (Martinez, 2016).

Table 1: Average crop yields (1995-2014): all crop yields are given in $dt\ ha^{-1}$ (cereals: 14% moisture content; grain legumes: 15% moisture content; corn: dry matter; potatoes: fresh weight; sugarbeets: $mt\ sugar\ ha^{-1}$). n : number of experimental years; cropping system: no-till (NT) vs. plough (PL). Values followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$); long-term field trial Oberacker

Crop	n	NT	MP	% (MP=100)
Winter barley	20	65.9 a	62.2 b	105.9
Sugarbeets	20	11.5	11.9	96.6
Silage corn	20	199.9	198.7	100.6
Winter wheat	19	55.0 a	51.9 b	105.9
Spring peas	8	42.5 a	37.3 b	113.7
Spring field beans	6	30.9 a	26.3 b	117.3
Winter rye	6	59.5	58.6	101.5
Winter peas	5	32.1 a	26.6 b	120.9
Potatoes	5	341.1 b	399.5 a	85.4
Hay meadow	2	1)	1)	1)
Soybeans	2	26.3	29.4	89.7
Winter field beans	1	23.6	29.0	81.2
Spring wheat	1	60.5	49.7	121.5
Average all crops				102.6

¹⁾ not evaluated

3.5 Profitability and Sustainability

Yields and archived records of the field operations provide the basis for cost-effectiveness calculations. For each crop grown from 2009 to 2014, the direct costs (seed, fertilizer, and plant protection products) as well as the machinery costs and the employment of third parties were compiled. Soil tillage, seeding, crop maintenance and harvesting are carried out with commercial machines by contractors. The profit margin I is obtained by subtracting the costs from the revenues. The profit margin II includes the profit margin I plus ecological contributions such as proof of ecological performance, resource efficiency, and integrated production (Fig. 4).

3.6 Ecology and Economy

Taking into account a wide range of energy requirements, West and Marland (2002) developed net carbon balances for different crops and determined CO_2 emission of $72\ kg\ ha^{-1}$ for ploughing, $45\ kg\ ha^{-1}$ for reduced tillage, and $23\ kg\ ha^{-1}$ for NT. The economic potential of CA has been recognized for quite some time, still the percentage of not permanently ploughed acreage remains low in Europe (Chemnitz and Weigelt, 2015). For economic assessments lower labour, machine, and fuel costs are essential and – in the case of CA – offer remarkable

advantages especially in the areas of PL and NT (Hollmann, 1994; Tebrügge, 1994). This is due to a reduction in energy use and of wear through lower soil tillage intensity.

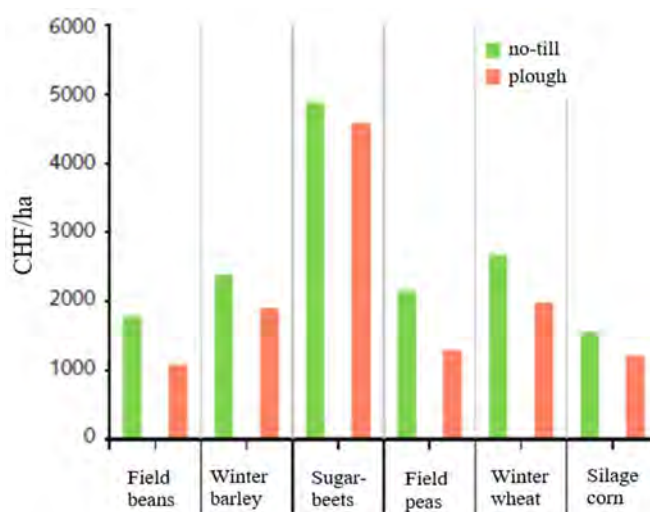


Figure 4: Average profit margin II (CHF/ha) of crops grown between 2009 and 2014 with regard to cropping system (no-till [NT] vs. plough [PL]); long-term field trial Oberacker

4 CONCLUSIONS

Studies of the long-term field experiment Oberacker in Switzerland show that soils will change after 25 years of no-tillage crop production. Lack of soil mixing under NT leads to changes of chemical, physical, and biological soil properties. CA in line with a long-standing continuous NT system is a suitable alternative to the conventional PL system. Ploughed topsoils do indeed create better germination and development conditions shortly after sowing, which is particularly beneficial for tuber and root crops. At the same time, however, the risk of compaction increases in the subsoil, especially under wet conditions. In contrast, higher nutrient availability in the topsoil, increased biodiversity of earthworms and arbuscular mycorrhizal fungi, enhanced aeration of the subsoil and greater supply of plant available soil water under no-tillage result in higher yields for legumes and cereals. That leads to a biologically active soil of stable structure and thus of high load capacity, reduces vehicle traffic and consumption of fuel and presents an overall more favorable life cycle assessment. Cost accounting shows that no-tillage is still economical compared to other cropping systems as a result of increased yields, ecological contributions, and labour saving. It also contributes valuably to erosion control. The C_{org} - and N_{tot} -contents under no-tillage are significantly higher in the topsoil layer than after ploughing. Nevertheless, over the entire profile no higher C-sequestration was observed in no-tilled than in ploughed soil.

Despite higher application rates in NT than in the PL system, neither more glyphosate nor more of the breakdown product AMPA was detected in the soil. Merely an accumulation was found in the uppermost 5 cm of the NT soil. But no reduction in the amount and species diversity of earthworms and arbuscular mycorrhizal fungi could be observed – on the contrary: in all crops there are significantly more species under NT ($\bar{x}$ 18.5) as compared to PL ($\bar{x}$ 13.2).

An important and simple figure for enforcement is the maximum carrying axle load. Wheel loads >5 t mean that, especially in wet growing seasons, the number of trafficable days without risk of subsoil compaction is counted (Gut et al., 2015).

Overall, the aim for CA and the future is a low-input (relay) cropping system based on N- and P-recycled fertilizers with maximum energy and resource efficiency while pollutant inputs are reduced to the max. This requires changes in the way how to drive on and till the soil. In order to preserve the functionality of our soils and to keep more of the environmental compartments intact, a holistic approach is needed that takes several concerns into account simultaneously: protecting the climate, conserving the soil, maintaining the landscape, reducing natural hazards, keeping waters clean and – last but not least – producing our food.

5 LITERATURE

- Baker, C.J., Afzal, C.M., 1981. Some thoughts on fertilizer placement in direct drilling. In: Proceedings of the Conservation Tillage Seminar, Christchurch, New Zealand, Monsanto (NZ) Ltd, Johnsonville, New Zealand, 343-354.
- Chemnitz, C., Weigelt, J. (Eds.), 2015. Soil Atlas: Facts and figures about earth, land and fields. Heinrich-Böll Stiftung, Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS). Berlin, Potsdam, 66 p.
- Chervet, A., Ramseier, L., Sturny, W.G., Weisskopf, P., Zihlmann, U., Müller, M., Schafflützel, R., 2006. Bodenwasser bei Direktsaat und Pflug. *Agrarforschung* 13, 162-169.
- Chervet A., Gubler L., Hofer P., Maurer-Troxler C., Müller M., Ramseier L., Streit B., Sturny W.G., Weisskopf P., Zihlmann U., 2007. Direktsaat im Versuch und in der Praxis – Erkenntnisse aus einem langjährig eingesetzten Direktsaatsystem. *Agrarforschung* 14 (8), I-VI.
- Chervet A., Sturny W.G., Tschannen S., Fehr M., Keller M., 2016. Direktsaat zahlt sich aus. *UFA-Revue* 7-8, 30-32.
- Gut, S., Chervet, A., Stettler, M., Weisskopf, P., Sturny, W.G., Lamandé, M., Schjønning, P., Keller, T., 2015. Seasonal dynamics in wheel load-carrying capacity of a loam soil in the Swiss Plateau. *Soil Use and Management* 31, 132-141.
- Hollmann, P., 1994. Ökonomische Bewertung der Ergebnisse. In: Abschlussbericht des FuE-Vorhabens 87 UM 01 – Einführung von Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung in die Praxis, Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig, 137-153.
- Linke C., 1998. Direktsaat – eine Bestandsaufnahme unter besonderer Berücksichtigung technischer, agronomischer und ökonomischer Aspekte. Dissertation. Institut für Agrartechnik in den Tropen und Subtropen, Universität Hohenheim, 482 S.
- Martinez, I., Chervet A., Weisskopf, P., Sturny W.G., Etana A., Stettler M., Forkman J., Keller T., 2016. Two decades of no-till in the Oberacker long-term field experiment: Part I. Crop yield, soil organic carbon and nutrient distribution in the soil profile. *Soil & Tillage Research* 163, 141-151.
- Maurer-Troxler C., Chervet A., Ramseier L., Sturny W.G., 2005. Bodenbiologie nach zehn Jahren Direktsaat und Pflug. *Agrarforschung* 12 (10), 460-465.
- Schwarz, R., Chervet A., Hofer P., Sturny W.G., Zuber M., 2007. Kanton Bern fördert Ressourcen schonenden Ackerbau. *Agrarforschung* 14 (3), 128-133.
- Sturny, W.G. 1982. Sugarbeet (*Beta vulgaris* L.) production under minimum and zero tillage. M.Sc. thesis, University of Manitoba, Winnipeg, 147 p.
- Sturny W.G., Chervet A., Maurer-Troxler C., Ramseier L., Müller M., Schafflützel R., Richner W., Streit B., Weisskopf P., Zihlmann U., 2007. Direktsaat und Pflug im Systemvergleich – eine Synthese. *Agrarforschung* 14 (8), 350-357.
- Tebrügge, F., 1994: Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen unter den Aspekten von Bodenschutz und Ökonomie. In: Tebrügge, F. & M. Dreier [Hrsg.]: Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen hinsichtlich ihrer Arbeitseffekte und deren langfristigen Auswirkungen auf den Boden. Wiss. Fachverlag Dr. Fleck, Gießen, 5-16.
- West, T.O., Marland, G., 2002. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 91, 217-232.
- Zihlmann U., Weisskopf P., Müller M., Schafflützel R., Chervet A., Sturny W.G., 2006. Stickstoffdynamik im Boden bei Direktsaat und Pflug. *Agrarforschung* 13 (5), 198-203.

Ugotavljanje količine izpustov CO₂ iz tal pri različnih sistemih obdelave tal

Anže ROVANŠEK⁹ in Robert LESKOVŠEK¹⁰

Izvleček

Tla so velik zalogovnik ogljika in imajo ključno vlogo v globalnem ciklu ogljika. Izpusti ogljikovega dioksida (CO₂) iz tal oz. dihanje tal, ki nastaja pri bioloških procesih v tleh, je glavni vir CO₂, ki ga sproščajo kopenski ekosistemi. Z namenom ugotavljanja sezonske dinamike izpustov CO₂ v poljedelski pridelavi smo v letih 2021 in 2022 na Kmetijskem inštitutu Slovenije izvajali meritve dihanja tal pri različnih sistemih obdelave tal, v zaporednih posevkih koruze in pšenice. Poljski poskus je bil izveden v okviru trajnega poskusa s konvencionalno in minimalno obdelavo tal ter sistemom brez obdelave tal (angl. no-till). Meritve dihanja tal so bile izvedene s prenosnim sistemom za merjenje CO₂, opremljenim s komoro za merjenje izpustov iz tal, približno enkrat na mesec in pogosteje ob izvajanju osnovnih in dopolnilnih postopkov obdelave tal. Meritve so pokazale, da se tla v veliki meri odzivajo na antropogene motnje, vendar se je kratkotrajno povečanje izpustov CO₂ vmilo na izhodiščne ravni najkasneje v enem dnevu. Rezultati 17-mesečnega spremljanja dihanja tal so pokazali, da so bili skupni izpusti najvišji v sistemu konvencionalne obdelave tal z oranjem (59.852 kg). V sistemu minimalne obdelave so bili manjši za 6,4 %, v sistemu brez obdelave pa so bili manjši za 14,9 %. Rezultati nakazujejo, da lahko z manjšanjem intenzitete obdelave zmanjšamo izgube organskega ogljika iz obdelovanih tal. Naši podatki nakazujejo, da imajo postopki oz. sistemi obdelave tal precejšen vpliv na količino izpustov CO₂ in predstavljajo realno možnost zmanjšanje izpustov iz kmetijskih zemljišč in povečanje zaloga ogljika v tleh.

Ključne besede: CO₂, izpusti, kmetijstvo, ogljikov dioksid, dihanje tal, obdelava tal

Determining the amount of soil CO₂ emissions from different tillage systems

Abstract

Soils are a large reservoir of carbon and play a key role in the global carbon cycle. The main source of carbon dioxide (CO₂) released by terrestrial ecosystems is soil respiration produced by biological processes. In order to determine the seasonal dynamics of CO₂ emissions in arable crop production, soil respiration measurements were carried out in the period from 2021 and 2022 in successive crops of maize and wheat at the permanent field trial conducted at the Agricultural Institute of Slovenia. Within the experiment, conventional, minimum and a no-tillage system are practiced. Measurements of soil respiration were carried out with a portable CO₂ measurement system equipped with a soil chamber for measuring soil emissions, approximately once a month and more intensively immediately after the tillage. Our results showed that tillage operations induced short-term increase of CO₂ emissions, however they returned to the initial levels within a day at the latest. The results of 17 months of monitoring of soil respiration showed that total emissions are the highest in the conventional tillage system using moldboard plough (59,852 kg), while 6,4 %, lower values were determined in the minimum tillage system. The greatest 14,9 % reduction of CO₂ emissions was observed in the no-till system. The results of our study showed, that the intensity of tillage operations largely affects the amount of organic carbon lost from the cultivated soil. Our study indicates that the tillage systems have a significant impact on the amount of CO₂ emissions and represent a real possibility of reducing emissions from agricultural land and increasing carbon stocks in the soil.

Key words: CO₂, emissions, agriculture, carbon dioxide, soil respiration, tillage

1 UVOD

Izpusti ogljikovega dioksida (CO₂) iz tal oz. dihanje tal nastanejo dihanja talnih živali, mikrobov in korenin ter v so največji meri rezultat razgradnje organske snovi v tleh (Schlesinger in

⁹ Mag. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: anze.rovanse@kis.si

¹⁰ Dr., univ. dipl. inž. kmet., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: robert.leskovsek@kis.si

Andrews, 2000). Organska snov, katere del predstavlja tudi organski ogljik v tleh (SOC), je pomemben del naravnega cikla ogljika (C), ki nastaja z razgradnjo odmrlih rastlin, živali in mikrobov. Tla in rastline služijo kot naravni regulatorji za uravnavanje CO₂ v ozračju. CO₂ se veže v rastlinsko biomaso skozi fotosintetske procese, sintetizirana organska snov pa služi kot hrana za živali in rastline, ki se po koncu življenjskega cikla vrnejo v tla. Ostanki rastlin, živali in mikrobov v tleh počasi razpadajo in se mineralizirajo, s čimer nastaja SOC. Med procesi mineralizacije se del organskega ogljika, ki je odporen na razgradnjo, veže v tla in nastaja bolj obstojna oblika organskega ogljika v tleh, ki ji pravimo humus. Del C iz organske snovi se pri razpadanju sprošča kot CO₂ nazaj v ozračje (Chan, 2008). Organski ogljik v tleh, ki je odporen na razgradnjo, deluje kot zaloga ogljika in ima pomembno vlogo pri uravnavanju življenja na planetu Zemlja (Ontl in Schulte, 2012). SOC ima številne ugodne učinke na lastnosti tal, ki znatno prispevajo k rodovitnosti tal (Wander in Drinkwater, 2000).

Tla vsebujejo približno dvakrat večjo količino ogljika (C) kot ga je vezanega v kopenski biomas (Schlesinger in Andrews, 2000). Po nekaterih ocenah je globalna masa organskega ogljika v tleh večja od celotne skupne mase ogljika v ozračju in živi biomas (Ciais in sod., 2013). Dihanje tal je glavni vir CO₂, ki ga sproščajo kopenski ekosistemi, in predstavlja drugi največji vir izmenjave ogljika med ekosistemi in ozračjem (Raich in Schlesinger, 1992).

Tla so neobnovljiv naravni vir in se v veliki meri odzivajo na antropogene motnje. Že manjše spremembe v globalni masi organskega ogljika v tleh imajo lahko izrazite učinke na atmosferske koncentracije CO₂ in s tem na podnebne spremembe (Jones in sod., 2005). Razlike v odzivu tal na motnje seveda obstajajo, predvsem med različnimi vrstami kmetijskih zemljišč, vendar splošni trend bilance ogljika v tleh za Slovenijo kaže, da pri sedanji praksi na obdelovalnih zemljiščih povprečno letno izgubimo 0,05 t/ha ogljika. S povečanjem vnosa ogljika v tla za 5 %, bi lahko pričakovali pozitivne trende in povečevanje zalog ogljika v tleh (Bergant in sod., 2022). Podobno predvidevajo tudi Lal in sod. (1998), ki ugotavljajo, da je vračanje izgubljenega ogljika v tla nedvomno realna možnost sekvestracije ogljika in s tem zmanjševanja količin CO₂ v ozračju.

Obdelava tal povzroči sproščanje CO₂, ki je ujet v zračnih porah in pogosto poveča kratkoročni izpust CO₂ iz tal (Reicosky in Lindstrom, 1993). Prior in sod. (2004) so ugotovili, da se količina CO₂, sproščena v ozračje, razlikuje pri različnih sistemih obdelave tal, pri čemer je izgubljena količina povezana z obsegom in jakostjo motnje. Obdelava tal in vnos rastlinskih ostankov v tla povečujeta mineralizacijo ogljika in atmosferske tokove tudi v daljšem časovnem obdobju, kar nakazuje, da bi lahko izgube ogljika iz obdelovanih tal zmanjšali z zmanjševanjem intenzivnosti obdelave tal (Dao, 1998).

Z namenom primerjanja dinamike in količine CO₂ izpustov iz poljedelske pridelave smo na Kmetijskem inštitutu Slovenije v letih 2021 in 2022 izvedli raziskavo, kjer smo v okviru trajnega poljskega poskusa z različnimi sistemi oz. intenzivnostjo obdelave tal spremljali sezonsko dinamiko izpustov CO₂. Dodaten cilj raziskave je bil ugotoviti intenzivnost dihanja tal neposredno po izvedbi posameznih različnih postopkov obdelave tal (oranje, predsetvena obdelava).

2 MATERIALI IN METODE DELA

Raziskava je bila izvedena v obdobju od marca 2021 do konca julija 2022 na površini infrastrukturnega centra Jablje, Kmetijskega inštituta Slovenije '46°0'28.7"N'14°3'26.0"E, 309 m n. m.). Po opravljeni žetvi soje so bili vsi rastlinski ostanki puščeni na površini oz. z obdelavo zadelani v tla. Na poskusni lokaciji prevladujejo plitva tla, meljasto-ilovnate teksture. Tla vsebujejo visok delež proda, zaradi česar so dobro propustna in imajo slabo vodno-zadrževalno sposobnost. Analiza pred začetkom izvajanja poskusa je pokazala, da so tla bazične

reakcije (pH 7,6) ter čezmerno preskrbljena z dostopnim fosforjem (40 mg/100 g P_2O_5) in čezmerno s kalijem (37 mg/100 g K_2O). Tudi vsebnost organske snovi je relativno visoka in je znašala 4,7 % (CON in MIN) ter 5,0 % (NT).

Obravnavanja v poskusu predstavljajo trije različni sistemi obdelave tal. Konvencionalni sistem obdelave (CON), pri katerem je bila osnovna obdelava tal opravljena z oranjem do 20 cm, sistem minimalne obdelave tal (MIN), kjer se je za osnovno obdelavo uporabilo krožno brano do globine 8 cm, in sistem brez obdelave tal (NT), kjer obdelave tal ni bilo in se je setev izvajala s sejalnico za direktno setev sejalnico. Pri sistemih CON in MIN je bila po osnovni obdelavi izvedena tudi predsetvena priprava tal s predsetvenikom.

V letu 2021 je bila na poskusnem polju posejana koruza za zrnje, po žetvi pa ji je sledila ozimna pšenica. Vsi rastlinski ostanki (slama in koruznica) so ostali na površini oz. so bili zadelani v tla. Agrotehnični ukrepi varstva rastlin so bili pri vseh obravnavanjih enaki in niso imeli vpliva na rezultate poskusa. Glavni tehnološki ukrepi setve, žetve in obdelave tal so navedeni v preglednici 1.

Preglednica 1: Glavna tehnološka opravila v posameznem sistemu obdelave tal

	Datum	Ukrep	Sistem
KORUZA	10. 11. 2020	Krožna brana	MIN
	3. 3. 2021	Oranje	CON
	28. 4. 2021	Predsetvenik	CON, MIN
	30. 4. 2021	Setev	CON, MIN, NT
	4. 10. 2021	Žetev	CON, MIN, NT
PŠENICA	17. 10. 2021	Oranje	CON
	19. 10. 2021	Krožna brana	MIN
	19. 10. 2021	Predsetvenik	CON, MIN
	20. 10. 2021	Setev	CON, MIN, NT
	14. 7. 2022	Žetev	CON, MIN, NT

Meritve dihanja tal so bile izvedene s prenosnim sistemom za merjenje fotosinteze LI-6400XT (LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska), opremljenim s komoro za merjenje izpustov CO_2 iz tal (LI-6400-09). Prostornina sistema je 991 cm^3 , izmerjena površina tal, kjer se meritev opravlja, pa 81 cm^2 . Analizatorja CO_2 in vodne pare sta pritrjena neposredno na komoro, mešanje zraka v zgornjem prostoru komore pa se doseže z mešalnim ventilatorjem analizatorja plina in pripadajočimi razdelilnik. Med meritvijo se zrak izčrpava na vrhu komore skozi vstopni kanal analizatorja in vstopi v optično pot analizatorja plina. Zrak se po prehodu skozi analizator vrne skozi izhodne kanale analizatorja v razdelilnik blizu površine tal. Za meritev pretoka CO_2 v tleh so bile uporabljene trajno nameščene PVC manšete, ki smo jih vsaj 3 h pred izvajanjem meritev vstavili 3 cm v tla in so služile kot vmesnik med tlemi in komoro. S tem smo se izognili motnjam tal oz. mešanju ter premeščanju talnih delcev pri vstavljanju merilne komore v tla, ki lahko povzročijo višje izpuste CO_2 . Analizator izračuna dihanje tal (EFFLUX) iz linearne funkcije povečevanja koncentracije CO_2 v merilni komori in ga poda v enoti $\mu mol\ s^{-1}m^{-2}$.

Meritve izpustov smo izvajali približno enkrat mesečno ter intenzivneje v obdobju pred in po obdelavi tal. Meritve smo izvajali v dopoldanskem času med 9.00 in 11.00 uro. To časovno okno je bilo izbrano na podlagi študij, v katerih so ugotovili, da so meritve v tem času najbližje približku povprečne vrednosti dnevnih izpustov (Lou in sod., 2003; Shi in sod., 2011). Znotraj posameznega postopka obdelave tal smo meritve izvajali v štirih ponovitvah (štiri trajno

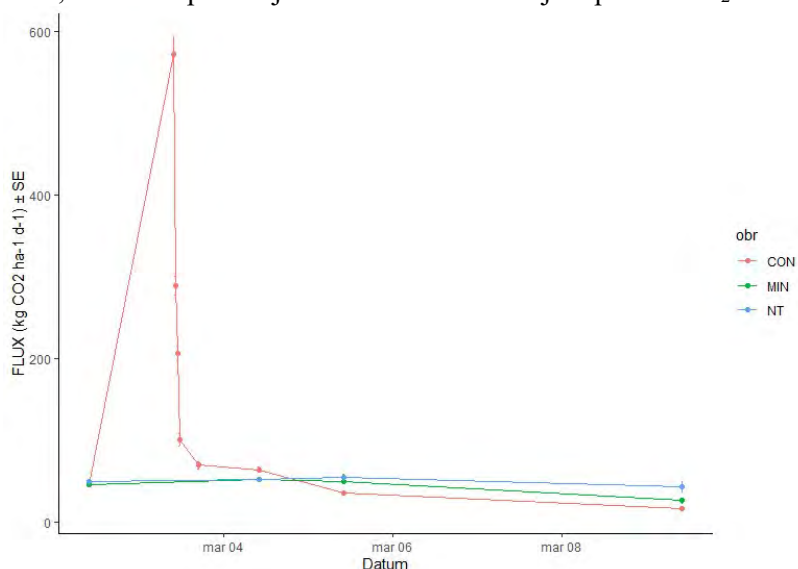
nameščene manšete), vrednost ene ponovitve predstavlja povprečje treh zaporednih meritev, ki jih aparat za merjenje izvede avtomatsko.

Ocena skupnih izpustov CO₂ v obdobju trajanja poskusa je bila zaradi majhne frekvence meritev izračunana z linearnim približkom kot vsota dnevnih povprečij, izračunanih iz linearnih funkcij med zaporednimi merjenji. V izračunu dolgoročnih izpustov niso zajeti kratkotrajno povišani izpusti CO₂, ki nastanejo zaradi sproščanja iz talnih por kot posledica obdelave tal in lahko trajajo od nekaj ur ali celo nekaj dni.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Vpliv načina obdelave tal na kratkotrajno povišanje izpustov CO₂ iz tal

Ob izvajanju osnovne obdelave tal in predsetvene priprave tal pred setvijo kornice v letu 2021 smo izpuste CO₂ takoj po obdelavi in nekaj naslednjih dni spremljali bolj pogosto. Izkazalo se je, da je največje izpuste CO₂ povzročilo oranje, pri čemer so se izpusti CO₂ povečali za več kot 10-krat (slika 1). Eno uro po obdelavi so se vrednosti več kot prepolovile in po sedmih urah dosegle vrednosti, ki so bile primerljive z začetno vrednostjo izpustov CO₂.



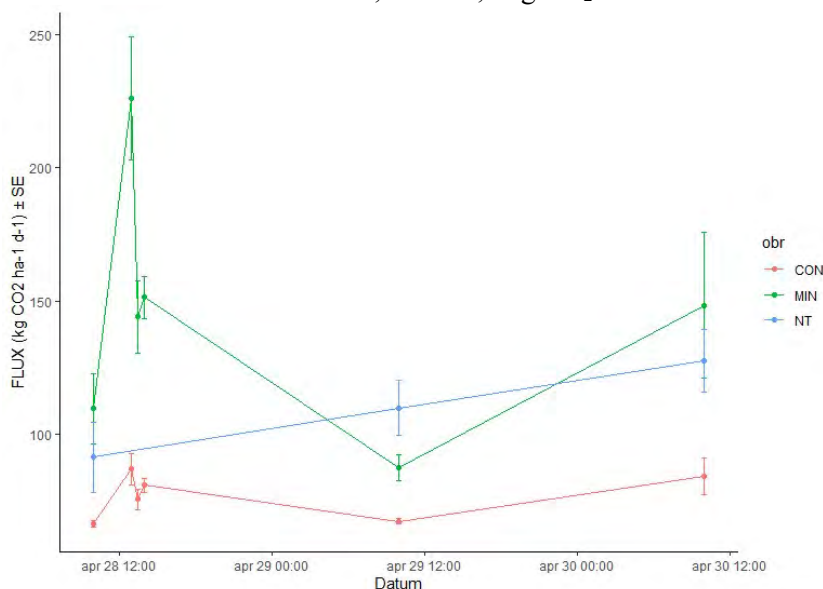
Slika 1: Dinamika izpustov CO₂ v različnih sistemih obdelave tal (CON = sistem konvencionalne obdelave, MIN = sistem minimalne obdelave, NT = sistem brez obdelave tal) pri izvedbi oranja v sistemu CON (3. 3. 2021)

Podobno dinamiko smo izmerili tudi pri dopolnilni obdelavi tal s predsetvenikom v sistemu minimalne obdelave tal (slika 2), pri kateri porast izpustov CO₂ ni dosegla tako velike vrednosti, kot so bile izmerjene pri oranju. Tudi v tem primeru so se izpusti v eni uri močno zmanjšali. Ob merjenju po 24 urah je bil izpust že manjši kot pred obdelavo, kar je lahko posledica upada populacije mikroorganizmov po obdelavi.

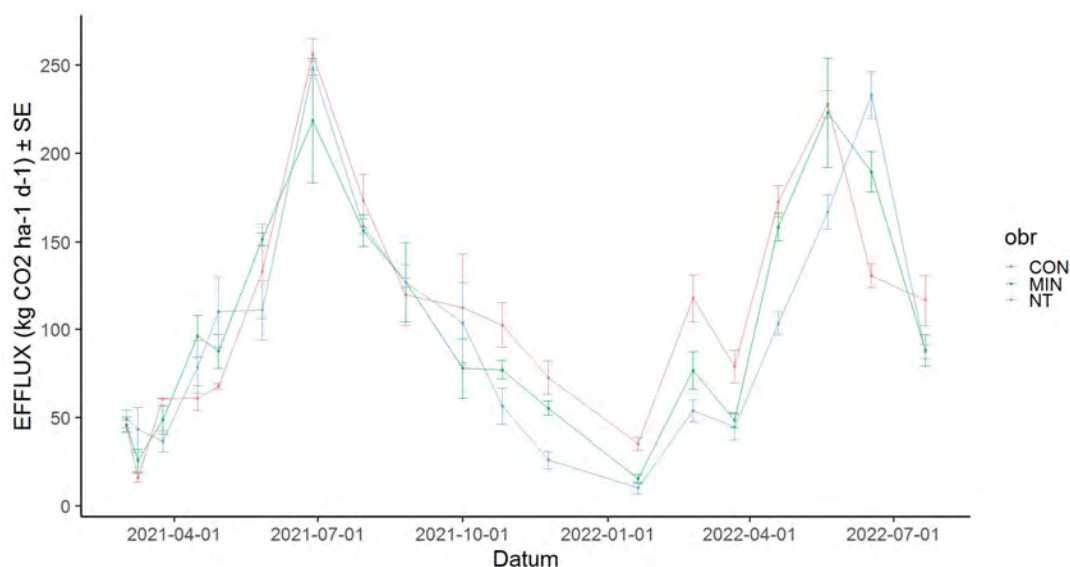
3.2 Dinamika izpustov CO₂ skozi celoten poskus

V splošnem so bile spremljane količine izpustov CO₂, pri vseh obravnavanjih najnižje v zimskem obdobju in se povečevale do sredine poletja, ko so dosegle svoj vrhunec (slika 3). Proti jeseni je dihanje tal upadlo in se do konca rastne sezone zmanjšalo na vrednosti, ki so primerljive z vrednostmi ob začetku rastne sezone spomladi. To kaže na močno povezavo mikrobiološke aktivnosti in temperature tal. Povprečne dnevne vrednosti izpustov CO₂ v

zimskih mesecih, so znašale med 10,3 in 117,7 kg CO₂ ha⁻¹ dan⁻¹, v poletnih mesecih pa so se povprečne dnevne vrednosti izpustov gibale med 87,2 in 256,0 kg CO₂ ha⁻¹ dan⁻¹. Podobne vrednosti so na obdelovanih tleh zabeležili tudi Maljanen in sod. (2008), ki so v posevku ječmena skozi leto beležili vrednosti med 9,6 in 264,0 kg CO₂ ha⁻¹ dan⁻¹.



Slika 2: Dinamika izpustov CO₂ v različnih sistemih obdelave tal (CON = sistem konvencionalne obdelave, MIN = sistem minimalne obdelave, NT = sistem brez obdelave tal) pri izvedbi predsetvene obdelave tal s predsetvenikom v sistemih CON in MIN (28. 4. 2021)



Slika 3: Vpliv različnih sistemov obdelave tal na dinamiko izpustov CO₂ skozi celotno obdobje trajanje poskusa

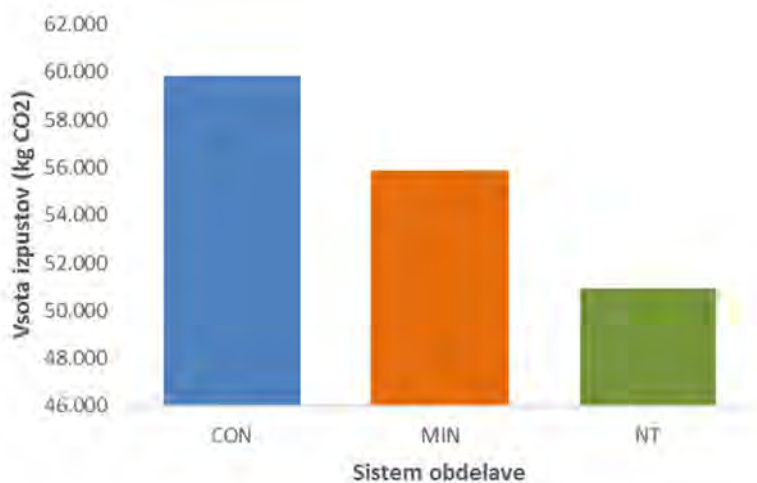
V začetku rastne sezone kornja je bilo najbolj intenzivno dihanje tal zaznано v sistemu minimalne obdelave (MIN), kjer je bila predsetvena obdelava izvedena z dvema prehodoma s

predsetvenikom, kar lahko nakazuje na visoko mikrobiološko aktivnost v zgornjem sloju tal, bogatem z rastlinskimi ostanki, ki smo ga izdatno prezračili. Na vrhuncu in tudi koncu sezone je bilo dihanje v sistemu minimalne obdelave najnižje.

V sistemu konvencionalne obdelave (CON) je bila konec marca, po izvedeni osnovni obdelavi tal–oranju, intenzivnost dihanja najnižja. To je lahko povezano s porušitvijo ekosistema in propadom mikroorganizmov zaradi porušenja njihovega življenjskega okolja ob izvedbi oranja. Intenzivnost dihanja tal se je nato povečevala do vrhunca sezone (julij in avgust), ko je bila največja količina izdihanega CO₂ izmerjena prav v sistemu konvencionalne obdelave tal. Kljub+ višji začetni vrednosti izdihanega CO₂ v sistemu brez obdelave (NT) konec meseca marca, so se vrednosti v začetku aprila znižale, kar gre morda pripisati počasnejšemu segrevanju neobdelanih tal.

Najvišji izpusti pri spremljanju dihanja tal v posevku ozimne pšenice so bili skozi celotno rastno obdobje (od oktobra 2021 do junija 2022) izmerjeni v sistemu konvencionalne obdelave tal. Večji padec, oziroma razlika med sistemi obdelave tal je nastopila šele v mesecu juniju leta 2022 (slika 3). Upad mikrobiološke aktivnosti na vrhuncu poletja je tako sezonske narave in je posledica izrazitega pomanjkanja padavin. Podoben padec izpustov smo zabeležili tudi pri drugih sistemih obdelave tal, vendar šele mesec dni kasneje. Iz tega sklepamo, da so se konvencionalno obdelana tla, ki slabše zadržujejo vlogo, izsušila hitreje kakor manj intenzivno obdelana tla. Zaradi tega je prišlo do zgodnejšega upada mikrobiološke aktivnosti v tleh in dihanja korenin in posledično padca vrednosti CO₂ izpusta.

V obdobju trajanja poskusa je bila po naši oceni celotna vsota dnevnih povprečij izpustov v sistemu konvencionalne obdelave tal 59.852 kg CO₂ (slika 4). Izpusti v sistemu minimalne obdelave so bili za 6,7 % nižji, v sistemu brez obdelave pa celo za 14,9 %. V izračunu niso zajeta kratkotrajna povišanja izpustov, ki so nastala zaradi obdelave, ob njihovem upoštevanju pa bi bile razlike med sistemi obdelave tal še večje. Podobno so ugotovili tudi Ruis in sod. (2022), ki so v 26 mesecih spremljanja razlik med oranimi tlemi in neobdelanimi tlemi ugotovili 1,4 krat manjše izpuste na neobdelanih tleh v kolobarju soje in koruze.



Slika 4: Ocena celotne količine CO₂ izpusta v različnih sistemih obdelave tal (CON =) skozi celotno obdobje trajanje poskusa

Ocenjena količina izpustov CO₂ je visoka in najverjetneje precenjena zaradi prenizke frekvence sezonskih meritev in nezanesljivosti izračuna dnevnih povprečij z linearnim približkom. Do napake je lahko prišlo tudi pri oceni dnevnega povprečja, saj je bila opravljena samo ena dnevna

meritev, čeprav smo izbrali najbolj optimalno časovno okno za izvajanje meritev (med 9.00 in 11.00 uro) (Lou in sod., 2003; Shi in sod., 2011). Akinremi in sod. (1999) so s primerjavo kontinuiranih meritev in enkratnih merjenj ugotovili, da so lahko dnevna povprečja pri meritvah med 9.00 in 15.00 uro precejšena. Potrebno se je zavedati tudi, da lahko velik del izpustov CO₂ predstavlja dihanje rastlinskih korenin, ki ga z našo metodo nismo mogli izločiti. Po nekaterih ocenah znaša ta delež kar 50–70 % (Biscoe in sod., 1975; Da Costa in sod., 1986; Chapman, 1979).

4 SKLEPI

Rezultati dolgoročnega spremljanja izpustov CO₂ v posevku koruze in ozimne pšenice nakazujejo, da so izpusti skozi rastno sezono pri minimalni obdelavi tal, obdelanih s krožno brano in predsetvenikom, vsaj 6,4 % manjši kakor v sistemu konvencionalne obdelave tal z oranjem in predsetvenikom. Še večje zmanjšanje količin CO₂ smo izmerili v sistemu brez obdelave tal z direktno setvijo, kjer smo izmerili 14,9 % manjše izpuste CO₂ kot pri konvencionalni obdelavi. Neposredno po izvedbi obdelave tal se iz talnih por sprostijo precejšnja količina CO₂, ki močno, vendar kratkotrajno, poveča dihanje tal. To povečanje izpustov CO₂ je bilo pri predsetveni obdelavi bistveno manjše kot pri osnovni obdelavi tal z oranjem. Naši podatki kažejo, da se po obdelavi tal kratkotrajno povečani izpusti CO₂ zelo hitro močno zmanjšajo in dosežejo izhodiščno raven že po nekaj urah.

Zahvala. Raziskava je nastala v okviru ciljnega raziskovalnega projekta "Zmanjšanje emisij toplogrednih plinov in povečanje vezave C v tla z ohranitveno obdelavo tal"- Rec-Till (V4-2022) ter programske skupine Kmetijstvo naslednje generacije (P4-0431). Za finančno pomoč se zahvaljujemo Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) in Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP). Za tehnično pomoč in optimalno izvedene agrotehnične ukrepe se zahvaljujemo sodelavcem Kmetijskega inštituta Slovenije, oddelku za Infrastrukturni center Jablje.

5 LITERATURA

- Akinremi O. O., McGinn S. M. and McLean H. D. J. 1999. Effects of soil temperature and moisture on soil respiration in barley and fallow plots. *Can. J. Soil Sci.* 79: 513
- Bergant J., Kastelic P., Vrščaj B., 2022. Ocena vezave organskega ogljika v tla kmetijskih zemljišč v Sloveniji. Preteklost in prihodnost, GIS v Sloveniji 16. ZRC SAZU, Založba ZRC. Ljubljana.
- Biscoe P. V., Scott R. K., Monteith, J. L. 1975. Barley and its environment III. Carbon budget of the stand. *J. Appl. Ecol.* 12: 269–291
- Chan Y. 2008. Increasing soil organic carbon of agricultural land, *Primefact*, 735, 1-5
- Chapman S. B. 1979. Some interrelationship between soil and root respiration in lowland Calluna heathland in southern England. *J. Ecol.* 67: 1–20
- Ciais P., Sabine C., Bala G., Peters W. 2013. Carbon and Other Biogeochemical Cycles. V: T. F. Stocker, D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. 465-570
- Da Costa J. M. N., Rosenberg N. J., Verma S. B. 1986. Respiratory release of CO₂ in alfalfa and soybean under field conditions. *Agric. For. Meteorol.* 37: 143–157
- Jones C., McConnell C., Coleman K., Cox P., Falloon P., Jenkinson D., Powlson D. 2005. Global climate change and soil carbon stocks; predictions from two contrasting models for the turnover of organic carbon in soil. *Global Change Biology*, 11, 154–166
- Lal R., Kimble J.M., Follett R.F., Stewart B.A. (Eds.). 1998. *Soil Processes and the Carbon Cycle*. CRC Press, Boca Raton, FL, 609 str.

- Lou, Y. S., Li, Z. P., & Zhang, T. L. 2003. Carbon dioxide flux in a subtropical agriculture soil of China. *Water, Air, Soil Pollution*, 149, 281-293.
- Maljanen, M., Martikainen, P. J., Walden, J., & Silvola, J. 2008. CO₂ exchange in an organic field growing barley or grass in eastern Finland. *Global Change Biology*, 7(6), 679–692
- Ontl T. A., Schulte L. A.. 2012 Soil carbon storage *Nature Education Knowledge*, 3, 35
- Prior S. A., Raper R. L., Runion G.B. 2004. Effect of implement on soil CO₂ efflux: fall vs. spring tillage *Trans. ASAE*, 47, 367-373
- Raich J.W., Schlesinger W.H., 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus* 44B: 81-99
- Reicosky D.C. , Lindstrom M.J. 1993. Fall tillage method: effect on short-term carbon dioxide flux from soil. *Agron. J.*, 85, 1237-1243
- Ruis S. J., Blanco-Canqui H., Jara P. J., Jin V. L. 2022. No-till farming and greenhouse gas fluxes: insights from literature and experimental data. *Soil and Tillage Research*, vol. 220
- Schlesinger W., Andrews J. 2000. Soil Respiration and Global Carbon Cycle. *Biogeochemistry*. 48, 7-20
- Shi X., Xiaoping Z., Xueming Y., McLaughlin N. B., Liang A., Fan R. 2012. An appropriate time-window for measuring soil CO₂ efflux: a case study on a Black soil in north-east China, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 62:5, 449-454
- Wander M. M., Drinkwater L. E. 2000. Fostering soil stewardship through soil quality assessment. *Appl. Soil Ecol.*, 15(1), 61-73

Preliminarna ocena vpliva konvencionalne in ohranitvene obdelave tal na zbitost tal

Matic NOČ¹¹, Matjaž GLAVAN¹², Rok MIHELIC¹³, Marko ZUPAN¹⁴, Vesna ZUPANC¹⁵, Urša PEČAN¹⁶, Luka ŽVOKELJ¹⁷, Miha CURK¹⁸, Jure FERLIN¹⁹, Slavko KRPIČ²⁰, Katarina KRESNIK²¹, Timotej HORVAT²², Davor MRZLIČ²³, Uroš IPAVEC²⁴ in Marina PINTAR²⁵

Izvleček

Zbitost tal je pomembna oblika degradacije tal, ki slabša pridelovalno sposobnost tal ter hkrati vpliva na druge procese, kot sta gibanje vode v talnih porah in pojav erozije zaradi površinskega odtoka vode. V prispevku obravnavamo meritve zbitosti tal na treh območjih v Sloveniji, v povodju Pesnice, v povodju Ledave in v Vipavski dolini v letu 2022. Na vsakem območju smo izbrali 6 njiv. Meritve zbitosti tal so bile opravljene na njivskih površinah z ohranitveno (3 njive) in konvencionalno obdelavo tal (3 njive). Upor tal je bil za 0,5 MPa večji pri ohranitveni obdelavi tal v globini od 5 do 20 cm.

Ključne besede: zbitost tal, penetrometer, konvencionalna obdelava tal, ohranitvena obdelava tal

Preliminary assesment of influence of conventional and conservational soil tillage on soil compaction

Abstract

Soil compaction is an important form of soil degradation that affects soil productivity while influencing other processes, such as the movement of water in soil pores or the acceleration of surface erosion through increased surface water runoff. In this paper, we discuss measurements of soil compaction in three areas in Slovenia, the Pesnica valley, the Ledava valley and the Vipava valley/. The measurements of soil compaction were performed on arable land with conservation and conventional tillage (three plots each). The resistance of the soil was 0.5 MPa higher with conservation tillage at a depth of 5 to 20 cm.

Key words: soil compaction, penetrometer, conventional soil tillage, conservational soil tillage

1 UVOD

Zrak in voda, temeljna naravna vira za obstoj življenja, sta v poroznem sistemu tal med seboj povezana in obravnavati ju je treba celovito in kot enovit sistem. Zaradi neprimerne upravljanja, preveč intenzivne rabe so tla in tudi talna voda izpostavljena degradaciji (FAO, 2021). V zadnjih desetletjih smo zaradi pozidave trajno izgubili večje površine najboljših kmetijskih tal. Zaradi te izgube pridelovalnega potenciala je potrebno kakovost obstoječih tal zaščititi z ustrežno rabo. Z izbranimi kmetijskimi ukrepi za zadrževanje vode v tleh lahko vodno

¹¹ Mag. med. fiz., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: matic.noc@bf.uni-lj.si

¹² Doc. dr., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: matjaz.glavan@bf.uni-lj.si

¹³ Doc. dr., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

¹⁴ Doc. dr., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: marko.zupan@bf.uni-lj.si

¹⁵ Doc. dr., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si

¹⁶ Mag. inž. agr., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: ursa.pecan@bf.uni-lj.si

¹⁷ Mag. inž. agr., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: luka.zvokelj@bf.uni-lj.si

¹⁸ Dr., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: miha.curk@bf.uni-lj.si

¹⁹ Dipl. inž. agr. (UN), Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: jure.ferlin@bf.uni-lj.si

²⁰ Inž. agr., KGZS-Zavod MS, e-pošta: slavko.krpic@kgzs-ms.si

²¹ Univ. dipl. ing. agr., KGZS-Zavod Mb e-pošta: katarina.kresnik@kgzs-mb.si

²² Univ. dipl. ing. agr., KGZS-Zavod Mb e-pošta: timotej.horvat@kmetijski-zavod.si

²³ Univ. dipl. ing. agr., KGZS-Zavod GO e-pošta: davor.mrzlic@go.kgzs.si

²⁴ Dipl. ing. agr. in hort., KGZS-Zavod GO, e-pošta: uros.ipavec@go.kgzs.si

²⁵ Prof. dr., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

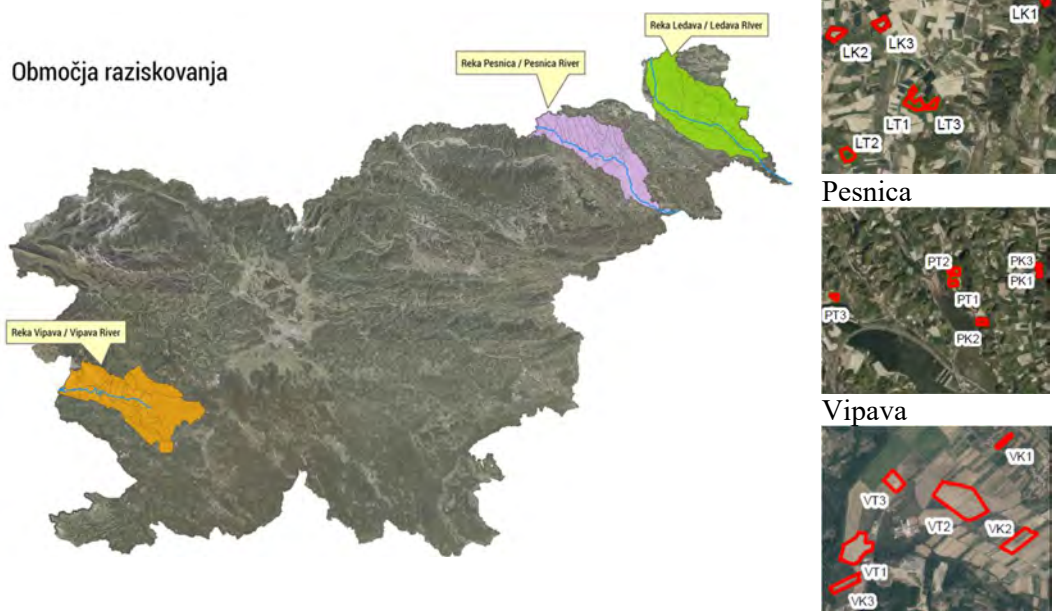
bilanco izboljšamo in s tem vsaj delno prilagodimo odpornost kmetijskih zemljišč na podnebne spremembe ter ohranimo kmetijske površine v funkciji pridelave hrane. Ohranitveno kmetijstvo je način kmetovanja, ki v veliki meri zmanjšuje negativne vplive intenzivnega kmetijstva na rodovitnost tal in okolje (Mihelič in Suhadolc, 2019). Za ohranitev in izboljšanje kakovosti tal temelji na treh postavkah: brez ali z minimalnimi posegi v tla (ohranitvena obdelava tal), stalna pokritost tal s poljščinami ali dosevky ter raznolik kolobar, s čim več rastlinskimi vrstami (Mihelič in Suhadolc, 2019).

S pristopom ohranitvene obdelave tal zmanjšamo tudi pogostost prehodov z mehanizacijo na kmetijskih površinah, kar pozitivno vpliva na manjšo zbitost tal. Zbitost tal je pomembna oblika degradacije tal, ki slabša pridelovalno sposobnost tal (Prus, 2007) ter hkrati vpliva na druge procese, kot sta gibanje vode v porah tal in pojav erozije na površini zaradi hitrega pojava površinskega odtoka vode. Do procesa zbijanja talnih delcev na površini ali v globini profila tal pride pri mehanski obdelavi tal zaradi pritiska stičnih točk kmetijskih strojev (npr. kolesa, noge vlečnih ali kotaljenih delovnih organov). Zaradi mehanske obremenitve se talni delci, povezani v strukturne agregate, stisnejo, zmanjša se obseg por. Intenzivnost in trajnost deformacije plasti tal je odvisna od obremenitve, lastnosti tal in predvsem količine vode v tleh v času mehanske obremenitve (Prus, 2007).

V prispevku prikazujemo meritve zbitosti tal na treh območjih v Sloveniji, v povodju reke Pesnice (v nadaljevanju PESNICA), v povodju reke Ledave (v nadaljevanju LEDAVA) in v Vipavski dolini. Meritve zbitosti tal so bile opravljene na njivskih površinah z ohranitveno in konvencionalno obdelavo tal.

2 MATERIALI IN METODE

Obravnavali smo tri povodja, dve povodji v SV Sloveniji, povodje reke Pesnice in Ledave in eno na Z Slovenije, povodje reke Vipave (slika 1).



Slika 1: Izbrana tri povodja – Ledava, Pesnica in Vipava in mikrolokacije poskusnih ploskev

Na vsaki izmed lokacij Pesnica, Ledava in Vipavska dolina je bilo izbranih šest parcel. Od teh šestih so bile na posamezni lokaciji tri obdelane na ohranitveni način (direktna setev) in tri s konvencionalno obdelavo tal (oranje z lemežnim plugom; globine preglednica 1). Na območju Pesnice in Ledave so zemljišča pod trajnostno obdelavo od leta 2020. V Vipavski dolini na treh parcelah s trajnostno obdelavo ta traja več kot 10 let (preglednica 1).

Preglednica 1: Povodje in regija, nadmorska višina (m), letne padavine (ARSO, mm), način obdelave, tekstura tal in začetek načina obdelave ter kolobar

Povodje/ Regija	nmv (m)	Letne padavine (ARSO)	Način obdelave	Tekstura tal	Začetek načina obdelave	kolobar
Ledava Pomurska	260-290	798 mm (Murska Sobota, 1981–2010)	Konvencionalna (oranje do 22 cm)	GI/I		koruza za silažo-oz. pšenica-ozelenitev DTM + krmna ogrščica (2021–2022)
			Ohranitvena (direktna setev)	MGI/I	2020	DTM-koruza za silažo-oz. pšenica- DTM (2020–2022)
Pesnica Podravska	250-270	893 mm (Maribor, 1981–2010)	Konvencionalna (oranje do 25 cm)	MGI/MG		DTM-koruza-koruza- oz. ječmen-koruza- koruza-oz. pšenica- DTM (2016–2022)
			Ohranitvena (direktna setev)	MGI/MG	2020	koruza-oz. pšenica- koruza-oz. ječmen- koruza-oz. pšenica (2017–2022)
Vipava Goriška	50-80	1365 mm (Bilje, 1981– 2010)	Konvencionalna (oranje do od 25 do 27cm)	MGI/GI		koruza-oz. pšenica- oljna ogrščica (2021–2022)
			Ohranitvena (direktna setev)	MG/MGI	2010	koruza-oz. pšenica- oljna ogrščica (2021–2022)

Za meritve zbitosti smo uporabili električni penetrometer (Eijkelkamp), ki avtomatično beleži upornost tal. Penetrometer je izmeril vrednost tlaka oziroma upor tal (MPa) na razmaku 1 cm v profilu tal od 0 do 80 cm (81 točk). Na območju Pesnice in Ledave smo opravili meritve v aprilu 2022, po večjih padavinah v mesecu marcu. Na vseh treh povodjih smo meritve izvedli v oktobru 2022, po večjih padavinah v mesecu septembru 2022 (65,6 mm v povodju Ledave, 140,2 mm v povodju Pesnice in 273,8 mm v Vipavski dolini). V obeh terminih so bila tla konsolidirana, pred obdelavo oziroma setvijo. Na vsaki izmed šestih parcel smo v mreži 3 x 6 točk v razmaku 5 m naredili 18 globinskih penetrometrijskih profilov. Za analizo rezultatov smo uporabili povprečja 18 profilov in rezultate grafično prikazali.

Uporabili smo linearno regresijo, s pomočjo katere smo kvantitativno ovrednotili razlike med zbitostjo tal konvencionalno obdelanih površin in površin pod ohranitveno obdelavo v

obravnavanih terminih meritev. Za testiranje razlik v zbitosti tal glede na obdelavo tal smo od 81 točk, kolikor jih elektronski penetrometer izmeri, uporabili šest globin 5, 10, 15, 20, 25 in 30 cm (nekoliko globlje, kot je globina oranja). Glavna dejavnika sta bila način obdelave njiv (2 načina) in globina meritev (6 obravnavanj), ter interakcije obeh. Ker imamo globinske meritve ponovljene na posameznih njivah, smo uporabili mešani model (paket »lme4« in funkcija lmer() v R, s katerim smo ovrednotili variabilnost njiv, ki je morebiti prisotna v podatkih. Upoštevali smo tudi, da po posameznih globinah ostanki morebiti niso homogeni.

Če smo zaznali statistično značilno interakcijo med obdelavo tal in globino, smo s pomočjo paketa emmeans izračunali post-hoc parne primerjave med trajnostno in konvencionalno obdelavo tal na posamezni globini (6 parnih primerjav). Pri izvedbi parnih primerjav smo upoštevali popravek multivariatne t-porazdelitve (adjust = »mvt«).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

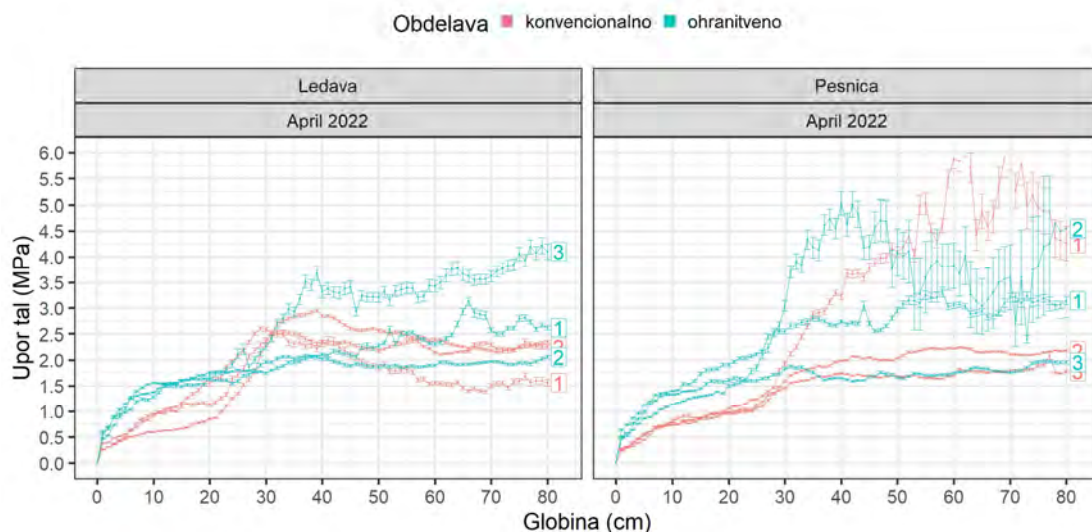
Na sliki 2 so prikazana povprečja in standardne napake zbitosti tal 18 (prostorskih) ponovitev na posamezni globini za vsako izmed šestih njiv v Pesnici in Ledavi za april 2022. V povodju Ledave so vidne razlike v zbitosti tal med ohranitvenim in konvencionalnim načinom obdelave (na teh smo izmerili nekoliko manjšo zbitosti tal). Meritve v mesecu oktobru 2022 so pokazale razlike med poskusnimi ploskvami v Vipavski dolini in poskusnimi ploskvami v Pesnici in Ledavi.

Oktobra 2022 smo v povodju Ledave zaznali podoben trend kot aprila 2022, odstopa zgolj ena poskusna ploskev pod konvencionalno obdelavo. Na poskusnih ploskvah v povodju Pesnice v oktobru 2022 nismo zaznali enake situacije kot aprila 2022, kar bi lahko razložili s prisotnostjo rastlin na poskusnih ploskvah pod konvencionalno obdelavo (Slika 2 in 3), zaradi česar izmerimo podoben globinski potek upora tal pri obeh načinih obdelave tal.

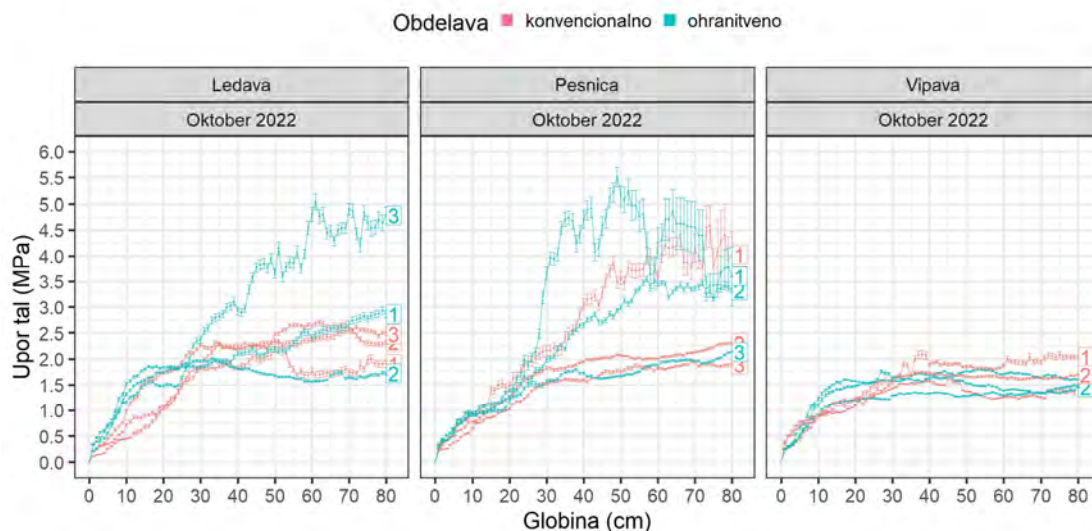
Meritve upora tal na poskusnih ploskvah v povodjih Pesnice in Ledave oktobra 2022 so podobne meritvam na ploskvah v aprilu 2022. V povodju Vipave so bile oktobra 2022 razlike na poskusnih ploskvah manjše kot v povodju Pesnice in Ledave ($\pm 0,2$ MPa).

Za meritve na poskusnih ploskvah v povodju Pesnice aprila 2022 lahko potrdimo statistično značilno interakcijo obdelave tal in globine za razlike v zbitosti tal ($p = 0,031$). S pomočjo parnih primerjav smo razlike med trajnostno in konvencionalno obdelavo tal potrdili na globinah 5 cm ($p = 0,047$), 10cm ($p = 0,046$), 15cm ($p = 0,020$), 20 cm ($p = 0,015$), ter 25 cm ($p = 0,011$). Razlike trajnostne – konvencionalne njive so v velikostnem redu $-0,5$ MPa. Na globini 5 cm so razlike enake $-0,47$ MPa s standardno napako za razlike $\pm 0,13$ MPa. Na globini 10 cm so razlike $-0,51$ MPa, s standardno napako za razlike $\pm 0,14$ MPa, na globini 15 cm pa so razlike $-0,63 \pm 0,12$ MPa, na globini 20 cm $-0,68 \pm 0,12$ MPa, na globini 25 cm pa $-0,72 \pm 0,17$ MPa. Oktobra 2022 v Pesnici ne zaznamo statistično značilnih razlik v trajnostnih njivah glede na konvencionalne njive.

Podobno smo pri meritvah na poskusnih ploskvah v povodju Ledave aprila 2022 zaznali statistično značilno interakcijo med globino in obdelavo tal ($p = 0,002$) in sicer smo s pomočjo parnih primerjav potrdili statistično značilne razlike v zbitosti tal med trajnostno in konvencionalno obdelavo tal na globini 10 cm ($p = 0,0502$) in 15 cm ($p = 0,045$). Na globini 20 cm smo zaznali mejno statistično značilne razlike ($p = 0,086$). Razlike trajnostno – konvencionalne njive so prav tako v velikostnem redu $-0,5$ MPa, in sicer so na globini 10 cm razlike v velikosti $-0,58 \pm 0,15$ MPa, podobno na globini 15 cm $-0,59 \pm 0,14$ MPa



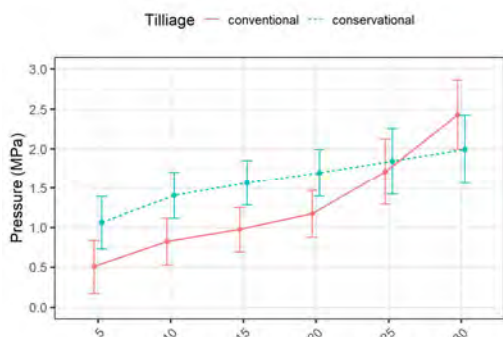
Slika 2: Prikaz povprečij in standardnih napak meritev upora tal (MPa) za 18 profilov za 3 poskusne ploskve pod ohranitveno (označeno z 1 do 3, modre krivulje) in 3 poskusne ploskve pod konvencionalno obdelavo tal (označeno z 1 do 3, rdeče krivulje) v oktobru 2022 na povodju Ledave in Pesnice



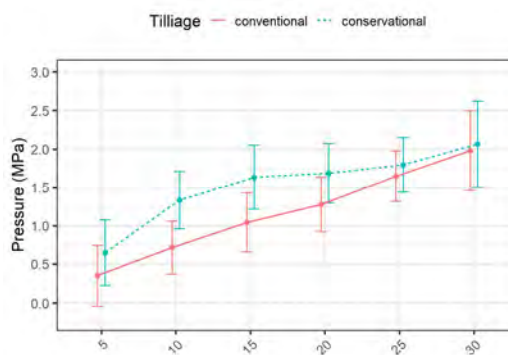
Slika 3: Prikaz povprečij in standardnih napak meritev upora tal (MPa) za 18 profilov za 3 poskusne ploskve pod ohranitveno (označeno z 1 do 3, modre krivulje) in 3 poskusne ploskve pod konvencionalno obdelavo tal (označeno z 1 do 3, rdeče krivulje) v oktobru 2022 na povodju Ledave, Pesnice in Vipave.

Oktobra 2022 v Ledavi prav tako potrdimo statistično značilno interakcijo med globino in obdelavo tal ($p = 0,003$). Po izvedbi parnih primerjav smo ugotovili statistično mejno statistično značilne razlike na globini 10 cm ($p = 0,087$) in 15 cm ($p = 0,097$). Razlike med ohranitveno obdelavo in konvencionalno obdelano poskusno ploskvijo so v velikosti $-0,62$ MPa za 10 cm in $-0,59$ MPa za 15 cm.

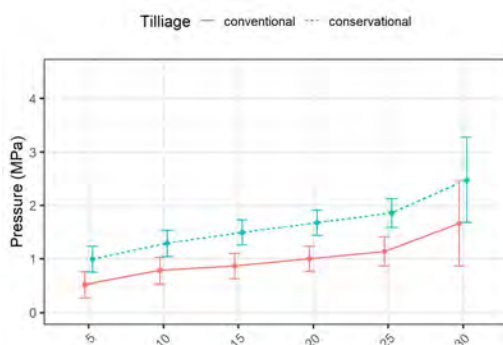
Ledava – April 2022



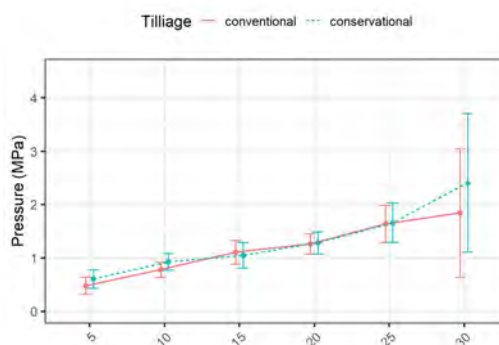
Ledava – Oktober 2022



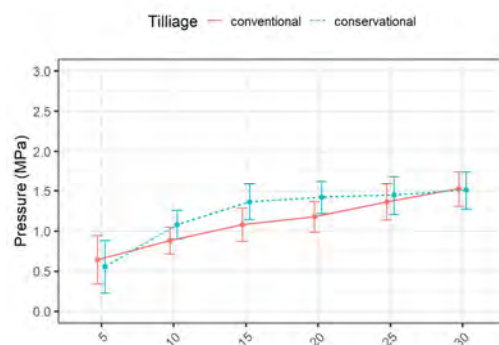
Pesnica – April 2022



Pesnica – Oktober 2022



Vipavska dolina – Oktober 2022



Slika 4: Prikaz ocenjenih modelskih povprečij in 95 % intervalov zaupanja za 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm in 30 cm globine glede na vrsto obdelave tal za Ledavo in Pesnico – april 2022 in oktober 2022 ter Vipavsko dolino (oktober 2022)

Pri rezultatih meritev na poskusnih ploskvah v Vipavski dolini oktobra 2022 smo potrdili statistično značilno interakcijo med obdelavo tal in globino ($p = 0,002$), vendar pa po izvedbi parnih primerjav razlik med trajnostnimi in konvencionalnimi njivami statistično značilnih razlik v zbitosti tal nismo mogli potrditi, saj so bile manjše (velikosti $-0,28$ MPa na globini 15 cm), kot so bile zaznane pri meritvah na poskusnih ploskvah v povodju Ledave in Pesnice (ob približno enaki variabilnosti zbitosti tal).

Za rast korenin je pomembno, da so tla porozna in obstaja kontinuum por v profilu, torej da ne obstaja plast, kjer bi bila tla tako kompaktna (zalizana), da ne bi bilo več makro- in srednje velikih por, skozi katere lahko prodirajo korenine. Taki "zalizani" plasti tal rečemo plazina, ki se lahko pojavi pri oranju, če orjemo vlažna tla, predvsem tista z večjim deležem gline. Po nekaterih raziskavah so kritične vrednosti, ki jih s penetrometrom izmerimo, in ki močno omejujejo ali ustavijo rast korenin, od manj kot 1 MPa do več kot 4 MPa (Ley in sod., 1995), odvisno od več dejavnikov (strukture tal, debeline korenin, tudi tipa penetrometra). Na naših opazovanih ploskvah so bile izmerjene vrednosti večinoma pod 3 MPa. Dane razlike lahko pojasnimo z globino oranja, ki je najbolj opazna v Ledavi aprila 2022 in oktobra 2022. Na ploskvah z ohranitveno obdelavo je upor narasel že pri majhnih globinah (5 cm) ter relativno zvezno naraščal, medtem ko je pri konvencionalno obdelanih njivah upor tal naraščal počasi in nato strmo narasel med 20 in 30 cm (sliki 2 in 3).

Zanimiva bi bila primerjava celotnih globinskih potekov zbitosti tal, kjer bi upoštevali vse globine in globinske poteke modelirali s pomočjo linearne oziroma kvadratne funkcije. V tem primeru pričakujemo, da bi zaznali razliko v trendu spreminjanja upora tal z globino med trajnostnimi in konvencionalnimi njivami (v območju 10–20 cm).

4 SKLEPI

Pri izračunu razlik v zbitosti tal smo razlike izračunali za 6 globin.

Upor tal je bil za 0,5 MPa večji pri ohranitveni obdelavi tal v globini od 5 do 20 cm (globina obdelave). Rezultati potrjujejo dosedanje ugotovitve, da je učinke ukrepov, kot je način obdelave tal, potrebno spremljati v večletnih poskusih.

Zahvala. Avtorji prispevka se zahvaljujejo kmetijam Ropič in Horvat iz povodja reke Pesnice, Gregorčič in Cernatič iz Vipavske doline ter Krpič in Zavec iz povodja reke Ledave za sodelovanje in vso podporo pri izvajanju ukrepov. Zahvaljujemo se Branku Majeriču za izvedbo obdelave tal in izvedbo direktne setve v SV Sloveniji. Zahvaljujemo se financierju ARRS za projekt CeVoTak L4–2625 ter programski skupini P4–0085.

5 LITERATURA

- FAO. 2021. The state of the world's land and water resources for food and agriculture – Systems at breaking point. Synthesis report 2021. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb7654en>
- Ley, G.J., Mullins, C.E., Lal, R. 1995. The potential restriction to root growth in structurally weak tropical soils. *Soil and Tillage Research*. 33(2), pp. 133–142 DOI 10.1016/0167-1987(94)00428-H
- Mihelič, R., Suhadolc, M. 2019. Ohranitvena obdelava tal v ekološkem kmetijstvu in njen vpliv na kakovost tal = Effects of conservation soil management in organic agriculture on soil quality. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2019 = New challenges in agronomy 2019 : zbornik simpozija = proceedings of symposium* : [Laško, 31. januar in 1. februar 2019]. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, 2019. Str. 15–21
- Pečan, U., Pintar, M., Mihelič, R., Kastelec, D. 2021. Prostorska in časovna variabilnost vsebnosti vode v tleh na izbrani njivi glede na intenzivnost obdelave tal = Spatial and temporal variability of soil water content in the selected field, according to the intensity of tillage. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2021 = New challenges in agronomy 2021 : zbornik simpozija = proceedings of symposium* : spletni simpozij, 2021. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo = Slovenian Society of Agronomy, 2021. Str. 126–132
- Prus T. 2007. Zbijanje in zaslanjevanje tal v Sloveniji. V: *Strategija varovanja tal v Sloveniji. Zbornik referatov konference o strategiji varovanja tal v Sloveniji*. Knapič M. (ur.). Ljubljana, Pedološko društvo Slovenije: 103–110
- R- emmeans <https://cran.r-project.org/web/packages/emmeans/emmeans.pdf>, dostopano 5. 1. 2023
- R- lmer <https://cran.r-project.org/web/packages/lme4/lme4.pdf> dostopano 5. 1. 2023

Sestava talnih mikrobnih združb v odvisnosti od intenzivnosti obdelave tal v ekološki pridelavi

Sara PINTARIČ²⁶, Nataša ŠIBANC²⁷, Rok MIHELIC²⁸, Klemen ELER²⁹ in Marjetka SUHADOLC³⁰

Izvleček

Različna intenzivnost obdelave tal ustvarja različne mikrookoljske razmere, kar določene mikrobnе vrste v tleh stimulira, druge pa zavira. V raziskavi smo proučevali vpliv treh načinov obdelave tal, in sicer konvencionalne obdelave z oranjem (ang. *conventional tillage*; CT), minimalne plitve obdelave brez obračanja tal (ang. *minimum tillage*; MT) in direktne setve (ang. *no-till*; NT) na sestavo mikrobnе združbe bakterij in gliv v rizosfernih tleh in koreninah rastlin. Raziskava je potekala v okviru dolgoletnega poljskega poskusa v Moškanjcih, ki je bil zasnovan leta 1999, leta 2014 pa preusmerjen v ekološki sistem pridelave, kar daje dodatno relevantnost rezultatom. Rezultati enkratnega vzorčenja leta 2019 so pokazali značilno večjo pestrost gliv v rizosfernih tleh pri zmanjšani intenzivnosti obdelave tal (MT, NT) v primerjavi s CT. Sestava združbe bakterij in gliv v tleh se je razlikovala med vsemi tremi načini obdelave tal. Zastopanost nekaterih taksonomskih skupin se je pri glivah med različnimi načini obdelave tal razlikovala, medtem ko pri bakterijskih skupinah značilnih razlik v zastopanosti nismo ugotovili. Na podlagi dobljenih rezultatov sklepamo, da manjša intenzivnost obdelave tal v ekološki pridelavi favorizira širši spekter mikroorganizmov v tleh, kar bi lahko prispevalo k večji prožnosti in stabilnosti njivskega agroekosistema.

Ključne besede: ohranitvena obdelava tal, ekološko kmetijstvo, biodiverziteta tal, bakterije, glive

Dependence of soil microbial community composition on tillage intensity in organic farming

Abstract

Different tillage intensities create different microenvironmental conditions that stimulate certain microbial species in the soil and suppress others. In this study, the effect of three tillage types, namely conventional tillage with a plough (CT), minimal shallow tillage without soil inversion (MT) and no-till (NT) on the composition of the microbial community of bacteria and fungi in the rhizosphere soil and plant roots. The study was performed within the long-term field experiment in Moškanjci, NE Slovenia, established in 1999 and converted to an organic farming system in 2014, which increases the significance of the results. The results of 2019 sampling showed significantly higher richness of fungi in the rhizosphere soil at reduced tillage intensity (MT, NT) compared to CT. Soil bacterial and fungal community composition also differed among all three tillage treatments. The abundance of some taxonomic groups differed among tillage treatments for fungi, while we found no significant differences in representation for bacterial groups. From the obtained results, we conclude that a reduced tillage intensity in organic farming favors a wider range of microorganisms in the soil, which could contribute to greater resilience and stability of the agroecosystem.

Key words: conservation tillage, organic farming, soil biodiversity, bacteria, fungi

1 UVOD

V agroekosistemi različne kmetijske prakse (obdelava tal, upravljanje z rastlinskimi ostanki, gnojenje, kolobar ...) značilno vplivajo na fizikalno-kemijske lastnosti tal ter s tem na talne

²⁶ Mag. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: sara.pintaric@bf.uni-lj.si

²⁷ Dr., Gozdarski inštitut Slovenije, e-pošta: natasa.sibanc@gozdis.si

²⁸ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

²⁹ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: klemen.eler@bf.uni-lj.si

³⁰ Izr. prof., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: marjetka.suhadolc@bf.uni-lj.si

organizme in ekosistemske funkcije, ki jih izvajajo. Uveljavljene kmetijske prakse, kot so obdelava tal s plugom, gnojenje z mineralnimi gnojili, uporaba fitofarmaceutskih sredstev in monokulture, imajo negativne vplive na biodiverzitetu tal (Babin in sod., 2019). Ekološka pridelava, ki temelji na uporabi organskih virov hranil, je ena izmed možnih pristopov v smeri večje okoljske trajnosti in učinkovitosti izrabe virov. Kot alternativa konvencionalni obdelavi tal (CT), t.i. oranju tal s plugom, se v Evropi in svetu vedno bolj zmanjšuje intenzivnost obdelave tal z uveljavljanjem bodisi minimalne plitve obdelave brez obračanja tal (MT), bodisi direktne setve brez obdelave tal (angl. *no-till*, NT). Znano je, da zmanjšana intenzivnost obdelave tal povečuje vsebnost organske snovi tal in ugodno vpliva na talne organizme (Li in sod., 2020). Poljski poskusi, kjer proučujejo vpliv različne intenzivnosti obdelave tal na fizikalno-kemijske lastnosti tal in talno mikrobioto (Heinze in sod., 2010; Kaurin in sod., 2015), se večinoma izvajajo v konvencionalnih sistemih kmetovanja, medtem ko so poskusi, kjer se zmanjšano intenzivnost obdelave proučuje v kombinaciji z ekološko pridelavo redkejši, predvsem zaradi težav s plevi. V Evropi obstaja le nekaj dolgoletnih poskusov z minimalno obdelavo tal v ekološkem sistemu kmetovanja (Sun in sod., 2016; Loaiza Puerta in sod., 2019; Krauss in sod., 2022; Mihelič in Suhadolc, 2019). Kombiniranih poskusov, ki bi vključevali tako primerjavo sistemov kmetovanja (konvencionalni vs. ekološki) in hkrati intenzivnosti obdelave tal (MT ali NT vs. CT) po našem vedenju ni. Študije, v katerih so preučevali vpliv obdelave tal na biodiverzitetu mikrobnih združb v konvencionalnih sistemih kmetovanja, kažejo na večjo pestrost mikrobnih združb v obravnavanih z zmanjšano intenzivnostjo obdelave tal (MT ali NT) v primerjavi z oranjem (Sharma-Poudyal in sod., 2017; Li in sod., 2020). Študije, v katerih preučujejo le vplive sistema kmetovanja, je praviloma obdelava tal konvencionalna, pa ugotavljajo večjo pestrost mikrobnih združb v tleh ekološke pridelave v primerjavi s konvencionalno pridelavo (Hartmann in sod., 2015).

Glavni cilj raziskave je bil ugotoviti odziv talnih mikrobnih združb na dolgoletno različno intenzivnost obdelave tal (konvencionalna obdelava z oranjem, minimalna obdelava, direktna setev) v ekološkem sistemu kmetovanja. Predvidevamo, da vsak od zgoraj omenjenih načinov obdelave tal ustvari v tleh specifičen habitat za talne mikroorganizme, kar se odrazi v spremenjeni pestrosti mikrobnih združb bakterij in gliv v tleh in koreninah poljščine.

2 MATERIALI IN METODE DELA

2.1 Opis poskusa in talnih razmer

Raziskavo smo izvedli na dolgoletnem poljskem poskusu Rašica v Moškanjcih, zasnovanem v letu 1999, v letu 2014 pa preusmerjenim iz konvencionalnega v ekološki sistem kmetovanja (Mihelič in Suhadolc, 2019). Poskus vključuje dve obravnavanji in sicer primerjavo konvencionalne obdelave (CT) z minimalno plitvo obdelavo brez obračanja tal (MT). V letu 2018 je bila v poskus vključena še direktna setev (NT) in sicer na ploskvi s predhodno minimalno obdelavo. Velikost površine posameznih parcel je 96 m² (12m x 8m). Dodatni podatki o poskusu so v prispevku Mihelič in Suhadolc (2019). Talne razmere v letu vzorčenja prikazuje preglednica 1.

2.2 Vzorčenje rizosfernih tal in korenin poljščine

V prispevku prikazujemo rezultate enkratnega vzorčenja v poletju leta 2019, ko je bil poskus zasejan z nizkim fižolom. V polni zrelosti fižola smo opravili vzorčenje rizosfernih tal in korenin fižola. Vzorčenje obeh komponent je potekalo na štirih naključno izbranih parcelicah na obravnavanje, na katerih smo izkopali po pet rastlin in ločili korenine in rizosferna tla okrog teh korenin. Rizosferna tla smo zamrznili na -20 °C in jih pri tej temperaturi hranili do uporabe

za nadaljnje molekularne analize. Korenine fižola smo sprali pod tekočo vodo ter jih ločili od nadzemnega dela rastline. Dali smo jih v papirnate vrečke in jih posušili v sušilniku na 40 °C.

Preglednica 1: *Kemijske lastnosti tal v letu vzorčenja (2019) po obravnavanjih (CT, MT, NT) in dveh globinah (0–10 cm in 10–20 cm). Prikazana so povprečja štirih ponovitev*

	Org. snov [%]	N [%]	P ₂ O ₅ (mg/100g tal)	K ₂ O (mg/100g tal)	NO ₃ -N (mg/100g tal)	NH ₄ -N (mg/100g tal)	pH
0–10 cm							
CT	2,4	0,13	30,7	39,9	0,32	0,40	6,4
MT	3,2	0,18	44,4	59,6	0,54	0,45	6,7
NT	3,4	0,18	56,1	69,0	0,35	0,30	6,5
10–20 cm							
CT	2,4	0,13	30,2	36,6	0,40	0,36	6,4
MT	2,1	0,12	34,8	34,5	0,38	0,42	6,7
NT	2,2	0,13	51,6	40,5	0,19	0,25	6,4

2.3 Molekularna analiza bakterijskih in glivnih združb

Iz vzorcev rizijskih tal in korenin smo izolirali DNK z uporabo komercialno dostopnega kompleta PowerSoil DNA Isolation Kit (MoBIO Laboratories, Carlsbad, CA USA). Za določitev sestave bakterijskih združb smo z verižno reakcijo s polimerazo (PCR) na aparatu Applied Biosystems Veriti Thermal Cycler (Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, USA) pomnožili regijo 16S rRNA V3 in V4 (začetni oligonukleotidi 341f in 805r; Klindworth in sod., 2013). Za določitev sestave glivnih združb smo pomnožili ITS2 regijo (začetni nukleotidi ITS7f in ITS4r; White in sod., 1990; Ihrmark in sod., 2012). Temperaturni profil, pri katerem je potekalo pomnoževanje, je imel začetno denaturacijo pri 98 °C za 30 s, čemur je sledilo 25 ciklov pri 98 °C za 10 s, 60 °C za bakterije in 57 °C za glive za 20 s in 72 °C za 20 s ter končnim podaljšanjem pri 72 °C za 2 min. PCR produkte glivne in bakterijske regije smo poslali na sekvenciranje v laboratorij Medicinske fakultete Univerze v Mariboru. Branje sekvenc (sekvenciranje) je bilo izvedeno na Illumina MiSeq (2x300 ciklov, 15 % PhiX). Sekvence gliv in bakterij smo filtrirali po metodi Mothur (v.1.44.1; Schloss in sod., 2009) in sicer na podlagi 97 % podobnosti sekvenc (Mahnica in sod., 2020), kar nam je razločilo posamezne operativne taksonomske enote (OTU). Taksonomska klasifikacija reprezentativnih zaporedij je bila izvedena z uporabo podatkovne baze RDP mothur trainset v16 (Quast in sod., 2013) za celotno združbo bakterij in UNITE različice 8.2 ITS za celotno združbo gliv (Abarenkov in sod., 2020).

2.4 Statistična analiza

Pred statističnimi analizami smo za posamezni vzorec izračunali relativne frekvence OTU-jev, tako da smo število sekvenc posameznega OTU v vzorcu delili z vsoto sekvenc vseh OTU v vzorcu. Posebej za 16S rRNA in za ITS sekvence smo nato za vsakega od vrste vzorcev (rizosferna tla in korenine) kot mero pestrosti združbe izračunali število OTU. Z enosmerno ANOVA ter Tukeyevim post-hoc testom smo nato primerjali število OTU po obravnavanjih obdelave tal. Celokupno taksonomsko sestavo 16S in ITS združb za oba tipa vzorcev smo nadalje vrednotili z NMDS analizami (*vegan* paket v R okolju), katere rezultat so ordinacijski diagrami, iz katerih glede na bližino/oddaljenost posameznih točk sklepamo na podobnost/različnost vzorcev in obravnavanj. Statistične razlike v sestavi mikrobne združbe med obravnavanji obdelave tal smo pokazali z ADONIS testom (R paket *vegan*) ter parnimi

post-hoc ADONIS testi (paket *PairwiseAdonis*). Značilne razlike v zastopanosti ekoloških ali taksonomskih skupin med obravnavanji obdelave tal smo analizirali z linearnimi modeli za multivariatne podatke o številčnosti (paket *mvabund*).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

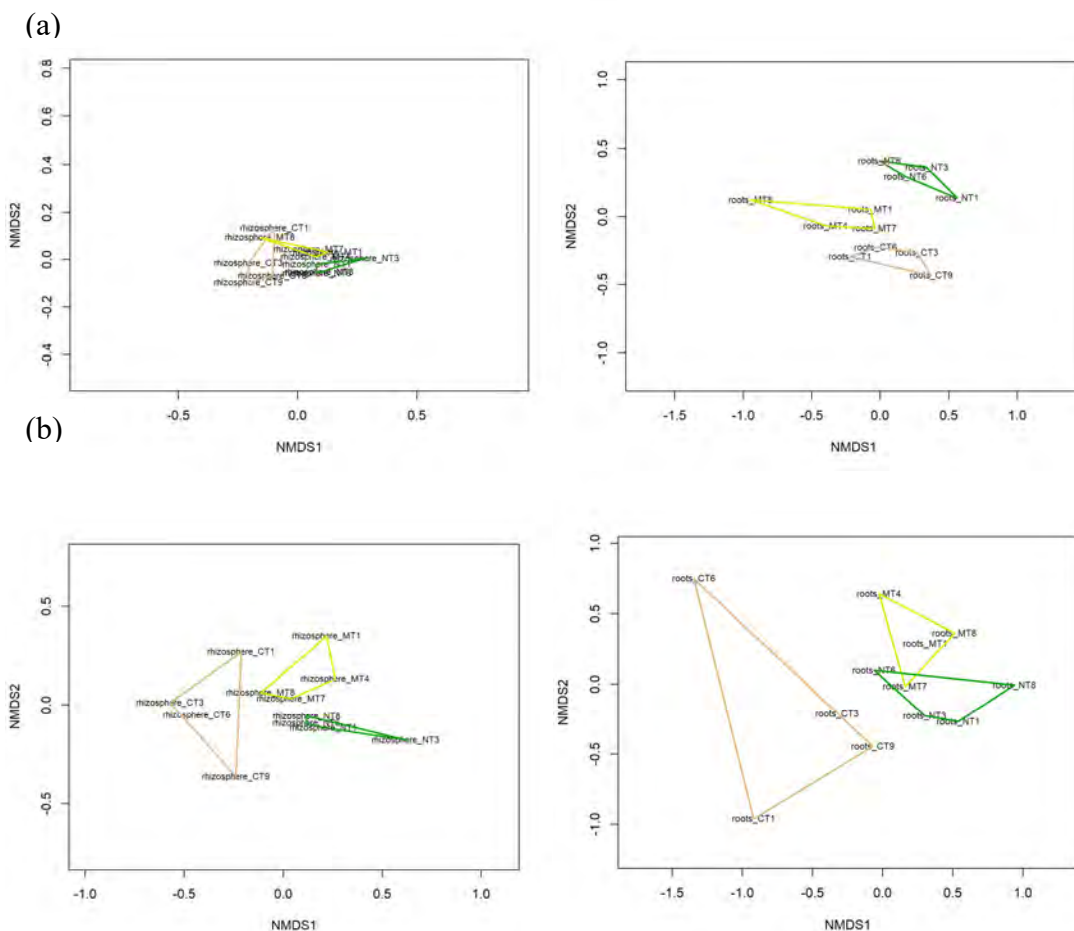
S to raziskavo smo dobili vpogled na odziv talnih mikrobnih združb na večletno različno intenzivnost obdelave tal v ekološkem sistemu pridelave. Talne mikrobnne združbe so dinamične, njihova sestava variira tako sezonsko, kot tudi med leti. Kljub temu pa rezultati enkratnega vzorčenja pomembno prispevajo k razumevanju ekoloških vplivov agrotehničnih ukrepov na spremembe v talnih mikrobnih združbah. Pokazali smo, da intenzivnost obdelave vpliva na sestavo proučevanih talnih mikrobnih združb, vendar se ti vplivi razlikujejo tako med bakterijami in glivami kot tudi med združbo le-teh v rizosfernih tleh ali koreninah fižola.

Po opravljenem filtriranju podatkov, opisanem v metodah, smo ugotovili 406 glivnih in 624 bakterijskih OTU. Različna obdelava tal ni vplivala na število bakterijskih OTU (preglednica 2), medtem ko smo pri zmanjšani intenzivnosti obdelave tal (MT in NT) ugotovili večje število glivnih OTU v rizosfernih tleh v primerjavi s CT (preglednica 2), kar si lahko razlagamo z bolj ugodnimi mikrookoljskimi razmerami za večje število teh mikroorganizmov v tleh z zmanjšano obdelavo, posebno z večjo vsebnostjo organske snovi (Wang in sod., 2017). Pri MT se tla plitvo obdelajo, vendar brez obračanja, pri NT pa obdelave ni, kar najbrž ustreza večjemu številu glivnih vrst, saj so bile pri tej obdelavi tal podzemne micelijske mreže manj poškodovane. Tudi večja pokritost tal z rastlinskimi ostanki pri MT in NT lahko pozitivno vpliva na pestrost glivne združbe (Li in sod., 2020). Poleg tega smo pri MT in NT zaznali tudi znatno večjo prisotnost plevelov, katerih biomasa in koreninski eksudati so lahko pomemben dejavnik oblikovanja mikrobnih združb. Kar se števila glivnih OTU tiče, so naši rezultati v skladu z nekaterimi drugimi študijami, v katerih prav tako ugotavljajo večjo pestrost gliv v sistemih zmanjšane intenzitete obdelave ali direktne setve glede na konvencionalno obdelavo z oranjem (Sharma-Poudyal in sod., 2017; Li in sod., 2020). Pozitiven vpliv zmanjšane intenzivnosti obdelave tal se je v naši raziskavi pokazal tudi v večji mikrobnbi biomasii v zgornjih 10 cm tal pri MT in NT, glede na CT. Povprečne vrednosti s standardno napako povprečja za mikrobnbi biomasni ogljik so pri MT znašale 369 ± 24 mg Cmic/kg s.s. tal, pri NT 325 ± 23 mg Cmic/kg s.s. tal, in pri CT 217 ± 16 mg Cmic/kg s.s. tal.

Preglednica 2: Povprečno število $\pm$ standardna napaka ugotovljenih operativnih taksonomskih enot (OTU) bakterijske in glivne združbe v rizosfernih tleh in koreninah fižola. Majhne črke označujejo statistično značilne razlike v povprečnem številu OTU bakterijske ali glivne združbe v rizosfernih tleh ali koreninah fižola med različnimi intenzitetami obdelave tal (CT – konvencionalna obdelava z oranjem, MT – minimalna obdelava, NT – direktna setev)

Rizosferna tla	Število OTU bakterij	Število OTU gliv
CT	516.8 $\pm$ 12.1 a	297.5 $\pm$ 6.2 a
MT	530.8 $\pm$ 5.6 a	330.7 $\pm$ 5.6 b
NT	526.8 $\pm$ 7.2 a	323.5 $\pm$ 5.1 b
Korenine		
CT	334.3 $\pm$ 20.2 a	105.7 $\pm$ 23.3 a
MT	290.3 $\pm$ 29.8 a	171.2 $\pm$ 16.5 a
NT	342.5 $\pm$ 22.6 a	171.5 $\pm$ 9.2 a

Različna intenzivnost obdelave tal je značilno vplivala na sestavo bakterijskih združb (slika 1). Bakterijska združba pri NT se je značilno razlikovala od bakterijske združbe na obdelovanih tleh (MT, CT), med katerima pa nismo opazili razlik. Kljub značilnemu vplivu obdelave tal na pestrost bakterij (preglednica 2), pa nismo ugotovili razlik v zastopanosti posameznih taksonomskih skupin bakterij med obravnavanji z različno intenzivnostjo obdelave tal.



Slika 1: Ordinacija NMDS (a) združbe bakterij in (b) gliv v rizosfernih tleh (leva slika) in koreninah (desna slika), označenih glede na različno intenzivnost obdelave tal (CT – konvencionalna obdelava z oranjem, MT – minimalna obdelava, NT – direktna setev). Številke ob kraticah obdelave tal so ponovitve posameznega obravnavanja obdelave tal.

V rizosfernih tleh so bile najštevilčnejše bakterije iz debla Actinobacteria (29 % pri CT, 33 % pri MT, 37 % pri NT) in Proteobacteria (31 % pri CT, 29 % pri MT, 27 % pri NT), medtem ko so bile v koreninah najštevilčnejše bakterije iz debla Firmicutes (26 % pri CT, 40 % pri MT, 19 % pri NT) in Proteobacteria (30 % pri CT, 34 % pri MT, 43 % pri NT). Gledano v splošnem, bakterije iz debla Actinobacteria in Proteobacteria številčno prevladujejo v rizosfernih tleh (Dong in sod., 2017; Delgado-Baquerizo in sod., 2018). Tudi v nekaterih študijah poročajo o večji zastopanosti hitrorastočih koptotrofnih bakterij iz debla Actinobacteria pri konvencionalni obdelavi, pri minimalni obdelavi pa o večji prevladi bakterij iz debla Acidobacteria, Planctomycetes in Verrucomicrobia, za katere je značilno, da uspevajo v s hranili bolj siromašnih okoljih (Navarro-Noya in sod., 2013; Ramirez-Villanueva in sod., 2015).

Intenzivnost obdelave tal je v splošnem značilno vplivala tudi na taksonomsko sestavo združbe gliv tako v rizosfernih tleh kot koreninah fižola, pri čemer so razlike največje med CT in preostalima dvema načinoma obdelave tal (MT, NT) (slika 1). V rizosfernih tleh je bila največja zastopanost gliv iz debla Ascomycota (87 % pri CT, 89 % pri MT, 92 % pri NT), v koreninah pa iz debla Ascomycota (60 % pri CT, 48 % pri MT, 81 % pri NT) in Basidiomycota (39 % pri CT, 52 % pri MT, 18 % pri NT). Najštevilčnejše so bile glive iz reda Sordariomycetes (deblo Ascomycota), zlasti v rizosfernih tleh pri MT (73 %) in NT (76 %). Glive iz tega reda naj bi bile med najpomembnejšimi pri razgradnji rastlinskih ostankov v kmetijskih tleh, zlasti v začetnih fazah razgradnje (Ma in sod., 2013).

4 SKLEPI

Ekološke razmere (le te se nanašajo na ekologijo tal, na okolje v katerem živijo organizmi) so pri vsakem od preučevanih načinov obdelave tal (CT, MT, NT) dovolj specifične, da se tako v rizosferi kot v samih koreninah poljščine oblikuje svojstvena združba talnih bakterij in gliv. Domnevamo, da je ta specifičnost razmer v tleh z različno intenzivnostjo obdelave posledica tako neposrednih učinkov same obdelave tal (bolj ali manj intenzivno mešanje tal, zračenje in rušenje talnih agregatov in mikoriznih mrež) kot tudi posrednih učinkov različne obdelave tal na vsebnost talne organske snovi in z njo povezanih lastnosti tal, rast poljščine in plevelov, pokrovnost z organskimi ostanki idr. Večje razlike so se v splošnem kazale med konvencionalno obdelavo z oranjem (CT) in preostalima, ohranitvenima načinoma obdelave (MT in NT), kar dopolnjuje tudi naše predhodne ugotovitve o večji mikrobni biomasi v tleh pri zmanjšani intenzivnosti obdelave tal. Pestrost mikrobih združb (tu izražena kot število OTU) se je med obravnavanji nekoliko manj razlikovala; spet pa smo zaznali večjo pestrost pri obeh načinih zmanjšane intenzivnosti obdelave, vendar le pri združbi gliv.

Zahvala. Raziskavo je omogočilo sofinanciranje Agencije za raziskovalno dejavnost RS (ARRS) in Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano v okviru aplikativnega projekta L4-9315 in CRP projekta V4-2022 (ReC-Till), ter sredstva ARRS v okviru MR Sara Pintarič in programske skupine P4-0085 in P4-0107. Avtorji se zahvaljujejo tudi dr. Aleksandru Mahničju in dr. Maji Rupnik (NLZOH) za storitev sekvenciranja in bioinformatike.

5 LITERATURA

- Abarenkov, K., Zirk, A., Piirmann, T., Pöhönen, R., Ivanov, F., Nilsson, R. H., in sod. 2020. UNITE QIIME release for Fungi. doi: 10.15156/BIO/786385
- Babin, D., Deubel, A., Jacquiod, S., Sørensen, S. J., Geistlinger, J., Grosch, R., et al. (2019). Impact of long-term agricultural management practices on soil prokaryotic communities. *Soil Biol. Biochem.* 129, 17–28. doi: 10.1016/j.soilbio.2018.11.002.
- Delgado-Baquerizo, M., Oliverio, A. M., Brewer, T. E., Benavent-gonzález, A., Eldridge, D. J., Bardgett, R. D., et al. (2018). A global atlas of the dominant bacteria found in soil. *Science* (80-.). 325, 320–325.
- Dong, W., Liu, E., Yan, C., Tian, J., Zhang, H., and Zhang, Y. (2017). Impact of no tillage vs. conventional tillage on the soil bacterial community structure in a winter wheat cropping succession in northern China. *Eur. J. Soil Biol.* 80, 35–42. doi: 10.1016/j.ejsobi.2017.03.001.
- Hartmann, M., Frey, B., Mayer, J., Mäder, P., and Widmer, F. (2015). Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. *ISME J.* 9, 1177–1194. doi: 10.1038/ismej.2014.210.
- Heinze, S., Rauber, R., and Joergensen, R. G. (2010). Influence of mouldboard plough and rotary harrow tillage on microbial biomass and nutrient stocks in two long-term experiments on loess derived Luvisols. *Appl. Soil Ecol.* 46, 405–412. doi: 10.1016/j.apsoil.2010.09.011.
- Ihrmark, K., Bödeker, I. T. M., Cruz-Martinez, K., Friberg, H., Kubartova, A., Schenck, J., et al. (2012).

- New primers to amplify the fungal ITS2 region - evaluation by 454-sequencing of artificial and natural communities. *FEMS Microbiol. Ecol.* 82, 666–677. doi: 10.1111/j.1574-6941.2012.01437.x.
- Kaurin, A., Mihelič, R., Kastelec, D., Schlöter, M., Suhadolc, M., and 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. doi: 10.1007/s00374-015-1037-9.
- Klindworth, A., Pruesse, E., Schweer, T., Peplies, J., Quast, C., Horn, M., et al. (2013). Evaluation of general 16S ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing-based diversity studies. *Nucleic Acids Res.* 41, 1–11. doi: 10.1093/nar/gks808.
- Krauss, M., Wiesmeier, M., Don, A., Cuperus, F., Gattinger, A., Gruber, S., et al. (2022). Reduced tillage in organic farming affects soil organic carbon stocks in temperate Europe. *Soil Tillage Res.* 216. doi: 10.1016/j.still.2021.105262.
- Li, Y., Song, D., Liang, S., Dang, P., Qin, X., Liao, Y., et al. (2020). Effect of no-tillage on soil bacterial and fungal community diversity: A meta-analysis. *Soil Tillage Res.* 204. doi: 10.1016/j.still.2020.104721.
- Loaiza Puerta, V., Six, J., Wittwer, R., van der Heijden, M., and Pujol Pereira, E. I. (2019). Comparable bacterial-mediated nitrogen supply and losses under organic reduced tillage and conventional intensive tillage. *Eur. J. Soil Biol.* 95, 103121. doi: 10.1016/j.ejsobi.2019.103121.
- Ma, A., Zhuang, X., Wu, J., Cui, M., Lv, D., Liu, C., et al. (2013). Ascomycota Members Dominate Fungal Communities during Straw Residue Decomposition in Arable Soil. *PLoS One* 8, 1–9. doi: 10.1371/journal.pone.0066146.
- Mahnic, A., Breskvar, M., Dzeroski, S., Skok, P., Pintar, S., and Rupnik, M. (2020). Distinct Types of Gut Microbiota Dysbiosis in Hospitalized Gastroenterological Patients Are Disease Non-related and Characterized With the Predominance of Either Enterobacteriaceae or Enterococcus. *Front. Microbiol.* 11, 1–10. doi: 10.3389/fmicb.2020.00120.
- Navarro-Noya, Y. E., Gómez-Acata, S., Montoya-Ciriaco, N., Rojas-Valdez, A., Suárez-Arriaga, M. C., Valenzuela-Encinas, C., et al. (2013). Relative impacts of tillage, residue management and crop-rotation on soil bacterial communities in a semi-arid agroecosystem. *Soil Biol. Biochem.* 65, 86–95. doi: 10.1016/j.soilbio.2013.05.009.
- Quast, C., Pruesse, E., Yilmaz, P., Gerken, J., Schweer, T., Yarza, P., et al. (2013). The SILVA ribosomal RNA gene database project: Improved data processing and web-based tools. *Nucleic Acids Res.* 41, 590–596. doi: 10.1093/nar/gks1219.
- Ramirez-Villanueva, D. A., Bello-López, J. M., Navarro-Noya, Y. E., Luna-Guido, M., Verhulst, N., Govaerts, B., et al. (2015). Bacterial community structure in maize residue amended soil with contrasting management practices. *Appl. Soil Ecol.* 90, 49–59. doi: 10.1016/j.apsoil.2015.01.010.
- Schloss, P. D., Westcott, S. L., Ryabin, T., Hall, J. R., Hartmann, M., Hollister, E. B., et al. (2009). Introducing mothur: Open-source, platform-independent, community-supported software for describing and comparing microbial communities. *Appl. Environ. Microbiol.* 75, 7537–7541. doi: 10.1128/AEM.01541-09.
- Sharma-Poudyal, D., Schlatter, D., Yin, C., Hulbert, S., in Paulitz, T. (2017). Long-term no-till: A major driver of fungal communities in dryland wheat cropping systems. *PLoS One* 12, 1–17. doi: 10.1371/journal.pone.0184611.
- Sun, H., Koal, P., Liu, D., Gerl, G., Schroll, R., Gattinger, A., et al. (2016). Soil microbial community and microbial residues respond positively to minimum tillage under organic farming in Southern Germany. *Appl. Soil Ecol.* 108, 16–24. doi: 10.1016/j.apsoil.2016.07.014.
- Wang, Z., Li, T., Wen, X., Liu, Y., Han, J., Liao, Y., et al. (2017). Fungal communities in rhizosphere soil under conservation tillage shift in response to plant growth. *Front. Microbiol.* 8, 1–11. doi: 10.3389/fmicb.2017.01301.
- White, T. J., Bruns, S., Lee, S., and Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR Protoc. A Guid. to Methods Appl.*, 315–322. doi: citeulike-article-id:671166.

Vpliv konvencionalne in ohranitvene obdelave tal na vodno bilanco tal v treh povodjih

Vesna ZUPANC³¹, Matjaž GLAVAN³², Matic NOČ³³, Rok MIHELIC³⁴, Marko ZUPAN³⁵, Urša PEČAN³⁶, Luka ŽVOKELJ³⁷, Miha CURK³⁸, Jure FERLIN³⁹, Slavko KRPIČ⁴⁰, Katarina KRESNIK⁴¹, Timotej HORVAT⁴², Davor MRZLIČ⁴³, Uroš IPAVEC⁴⁴ in Marina PINTAR⁴⁵

Izvilleček

Zaradi neenakomerne razporeditve padavin in vse pogostejših ekstremnih vremenskih razmer so kmetijske površine v Sloveniji čedalje bolj ranljive zaradi suše. V prispevku obravnavamo količino vode in temperature tal za poskusne ploskve, obdelane z ohranitveno in konvencionalno obdelavo tal, na treh območjih v Sloveniji (povodja Ledave, Pesnice in Vipave). Rezultati nakazujejo, da je v tleh, ki se obdelujejo ohranitveno, na začetku rastne sezone (v aprilu) več vode v tleh (območje Vipave). To pomeni, da ima ohranitvena obdelava pozitiven vpliv na založenost tal z vodo, saj takšna tla kasneje vstopijo v stanje suše kot konvencionalno obdelana. Rezultati meritev kažejo, da je bilo v opazovanem obdobju na območju Vipavske doline na zemljiščih s trajnostno obdelavo več vode. Na območju Pesnice in Ledave ni bilo statistično značilnih razlik v količini vode med parcelami z različnimi načini obdelave.

Ključne besede: voda v tleh, bilanca vode, konvencionalna obdelava tal, ohranitvena obdelava tal

Impact of conventional and conservational soil tillage on soil water balance in three river basins

Abstract

Due to the uneven distribution of precipitation and increasingly frequent extreme weather conditions, agricultural areas in Slovenia are increasingly vulnerable to drought. In this paper we discuss the water balance of experimental plots treated with conservation and conventional tillage in three areas in Slovenia (case studies Ledava, Pesnica and Vipava). The results indicate that sustainably managed soils have more soil water at the beginning of the growing season (Vipava). This means that they enter a state of drought later than conventionally managed ones. The results of the measurements show that in the area of the Vipava Valley there is more water on the sustainably managed soils. In the area of Pesnica and Ledava we could not find statistically significant differences in the amount of water.

Key words: soil water, water balance, conventional soil tillage, conservational soil tillage

³¹ Doc. dr., Biotehniška fakulteta UL, 1000 Ljubljana, e-pošta: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si

³² Doc. dr., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: matjaz.glavan@bf.uni-lj.si

³³ Mag. med. fiz., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: matric.noc@bf.uni-lj.si

³⁴ Doc. dr., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

³⁵ Doc. dr., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: marko.zupan@bf.uni-lj.si

³⁶ Mag. inž. agr., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: ursa.pecan@bf.uni-lj.si

³⁷ Mag. inž. agr., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: luka.zvokelj@bf.uni-lj.si

³⁸ Dr., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: miha.curk@bf.uni-lj.si

³⁹ Dipl. inž. agr. (UN), Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: jure.ferlin@bf.uni-lj.si

⁴⁰ Inž. agr., KGZS-Zavod MS, e-pošta: slavko.krpic@kgzs-ms.si

⁴¹ Univ. dipl. inž. agr., KGZS-Zavod Mb e-pošta: katarina.kresnik@kgzs-mb.si

⁴² Univ. dipl. inž. agr., KGZS-Zavod Mb e-pošta: timotej.horvat@kmetijski-zavod.si

⁴³ Univ. dipl. inž. agr., KGZS-Zavod GO e-pošta: davor.mrzlic@go.kgzs.si

⁴⁴ Dipl. inž. agr. in hort., KGZS-Zavod GO, e-pošta: uros.ipavec@go.kgzs.si

⁴⁵ Prof. dr., Biotehniška fakulteta UL, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Upravljanje z naravnimi viri, kot so tla in voda, je v preteklosti pomenilo izvedbo večjih hidrotehničnih ukrepov, kot so izgradnja osuševalnih sistemov in regulacije vodotokov. To je omogočilo razmere za intenzivno kmetijsko pridelavo na težkih tleh v delih rečnih ravnic, a hkrati povzročilo spremembe v vodnem krogu. Predvsem je to pomembno spremenilo sposobnosti krajine za zadrževanje vode (Strosser in sod., 2014). Sicer je količina vode v tleh kmetijskih zemljišč lahko zelo spremenljiva. Odvisna je od količine padavin, lastnosti tal, topografije in obdelave tal. Med pomembnejše načine upravljanja z zemljišči uvrščamo različne sisteme obdelave tal. Različni načini obdelave tal, kot so konvencionalna obdelava, sistemi minimalne obdelave in sistemi setve brez predhodne obdelave tal, vplivajo na fizikalne in kemijske lastnosti tal (Mihelič in Suhadolc, 2019; Blanco-Canqui in sod., 2017), od katerih sta odvisni infiltracija (sprejem in pretok vode v talnem profilu) in vodo zadrževalne lastnosti tal (Pečan in sod., 2021).

V Sloveniji je na večini ozemlja ugodna vodna bilanca, vendar postaja zaradi neenakomerne razporeditve padavin in vse pogostejših ekstremnih vremenskih razmer (visoke temperature) čedalje bolj ranljiva zaradi suše. Posledice podnebnih sprememb, ki prinašajo izjemne dogodke, kot so suše, poplave in s tem povezane erozijske procese, povzročajo degradacijo tal in slabšanje kakovosti tal in sposobnosti le-teh za zadrževanje vode.

V prispevku obravnavamo vodno bilanco tal na treh območjih v Sloveniji: v povodju Pesnice, in Ledave ter v Vipavski dolini, ki se razlikujejo glede na podnebje (subpanonsko oziroma submediteransko). Meritve količine vode in temperature tal so bile opravljene na njivskih površinah z ohranitveno in konvencionalno obdelavo tal.

2 MATERIALI IN METODE

Poljske poskuse za ugotavljanje vpliva malih ukrepov na zadrževanje vode in preprečevanje erozije tal v tleh smo zasnovali na treh območjih v Sloveniji (povodja rek Pesnice, Ledave in Vipave). Na vsaki od lokacij smo določili šest parcel. Od šestih parcel na posamezni lokaciji so tri obdelane z ohranitveno obdelavo tal (direktna setev) in tri s konvencionalno obdelavo. V Vipavski dolini so tri parcele pod ohranitveno obdelavo več kot 10 let, na območju Pesnice in Ledave pa dve leti (od leta 2020) (opis glej Noč in sod., 2023, v tem zborniku).

Na vsaki od parcel smo na eni točki namestili postajo za merjenje količine vode in temperature tal. Za meritve količine vode in temperature tal smo uporabili SM-150t (Delta T UK) na treh globinah (15, 30 in 50 cm), priključene na avtomatski pomnilnik (IoT center, Slovenija). Vsaka poskusna ploskev je bila opremljena z avtomatskim dežemerom. Z meritvami smo začeli v juliju 2021. V prispevku prikazujemo rezultate meritev količine vode in temperature tal v obdobju od julija 2021 do septembra 2022.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

V obravnavanem obdobju od julija 2021 do oktobra 2022 je na poskusnih ploskvah zapadlo 799,8 mm padavin na območju Ledave, 1056,2 mm na območju Pesnice in 1139,6 mm na območju Vipave (preglednica 1).

Preverili smo, če so tla poskusnih ploskev pod ohranitveno obdelavo bolj preskrbljena z vodo kot tla pod konvencionalno obdelavo, in sicer na globinah 10 cm, na 30 cm in 50 cm. Na območju reke Pesnice na prikazu grafov mesečnih povprečij in standardnih napak za ohranitveno in konvencionalno obdelovanih njiv vidimo, da značilnih razlik v vsebnosti vode ni, razen npr. avgusta 2022 in marca / aprila 2022 (slika 2).

Za območje reke Vipave lahko na podlagi mesečnih povprečij in standardnih napak potrdimo, da je bilo na teh poskusnih ploskvah več vode v času rastne dobe 2021 in 2022. Vsebnost vode

v tleh pod ohranitveno obdelavo je višja od konvencionalne obdelave, zlasti na globini 0–30 cm (Liu in sod., 2017). V zimskih mesecih ne opazimo razlik v povprečni mesečni vsebnosti vode (nahaja se znotraj variabilnosti njiv – standardnih napak) (slika 3). V povprečju je vsebnost vode na ploskvah, obdelanih na ohranitven način, večja, vendar razlike niso statistično značilne.

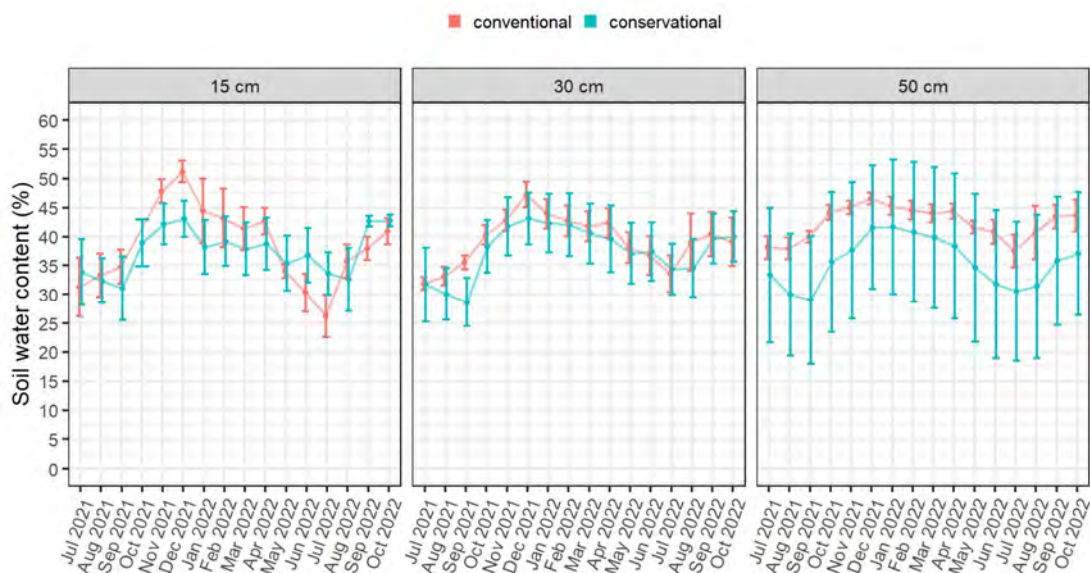
Preglednica 1: Mesečne padavine (mm) na območju Ledave, Pesnice in Vipave od julija 2021 do septembra 2022.

<i>Leto</i>	<i>Mesec</i>	<i>Ledava (mm)</i>	<i>Pesnica (mm)</i>	<i>Vipava (mm)</i>
2021	Jul	74,2	36,2	96,6
	Aug	110,8	107	69,2
	Sep	65,6	63,6	85,6
	Okt	35,8	75,8	66
	Nov	36,2	79,8	130,8
	Dec	44,2	60,2	90,6
2022	Jan	20	22,8	36,6
	Feb	17,6	11,8	41,8
	Mar	15,4	24,2	26,8
	Apr	49,8	83,8	50,2
	Maj	66	128,6	26,4
	Jun	64,2	78,6	55
	Jul	71,4	53,6	34,4
	Aug	63	90	55,8
	Sep	65,6	140,2	273,8

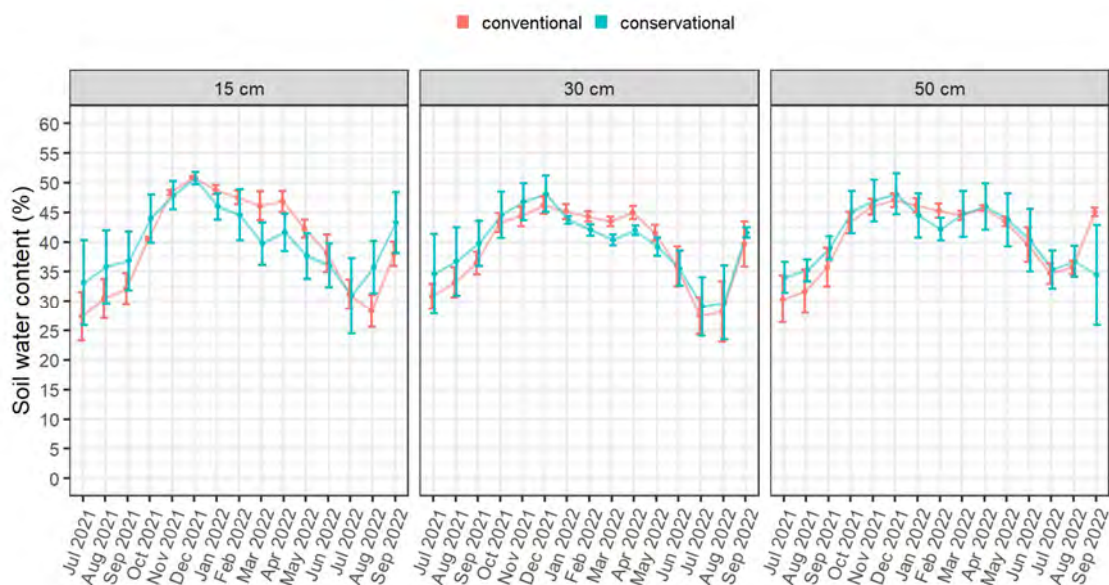
Preverili smo, ali imajo tla parcel z ohranitveno obdelavo nižje temperature v rastni dobi in višje temperature v zimskem obdobju v primerjavi s tlemi parcel s konvencionalno obdelavo. Na poskusnih parcelah na območju reke Ledave razlik v povprečni mesečni temperaturi tal glede na način obdelave tal (trajnostna ali konvencionalna) nismo ugotovili (slika 4).

Povprečna vrednost temperature tal poskusnih ploskev na območju reke Pesnice je bila v tleh, ki so konvencionalno obdelana, v letu 2022 nekoliko višje, vendar so razlike podobnega velikostnega reda, kot so pripadajoče standardne napake (variabilnost) temperature danih treh njiv (slika 5).

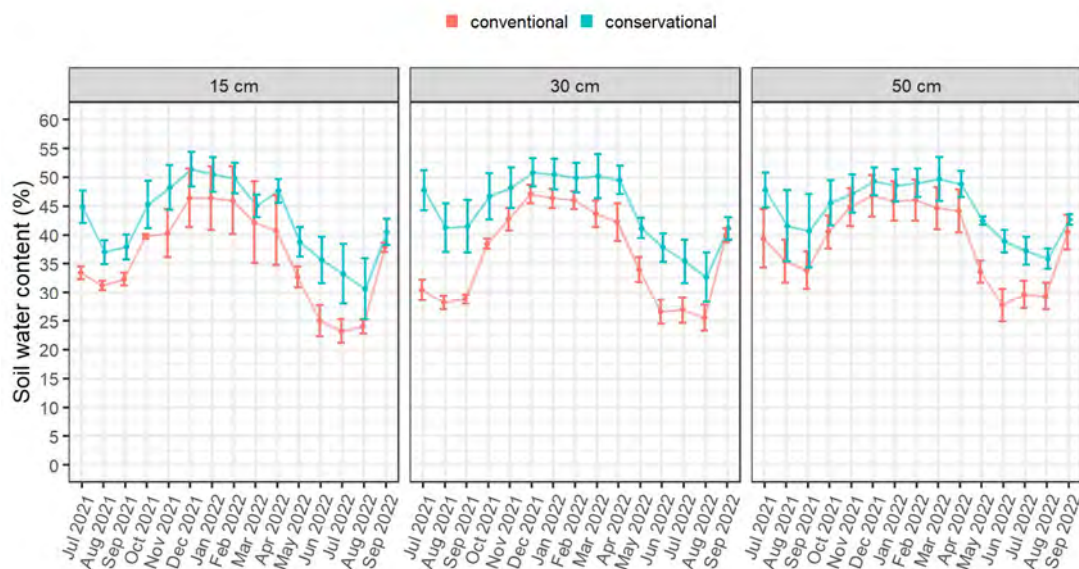
Za območje reke Vipave smo na poskusnih ploskvah ugotovili, da imajo tla parcel z ohranitveno obdelavo višje temperature v rastni dobi in nižje temperature v zimskem obdobju v primerjavi s tlemi parcel s konvencionalno obdelavo, in sicer za zimske mesece (januarja je bila temperatura tal na 15 cm 5,2 °C oziroma 3,5 °C za konvencionalno oziroma ohranitveno, februarja je bila temperatura tal na 15 cm 6,2 °C oziroma 5,1 °C za konvencionalno oziroma ohranitveno, slika 6) in za mesec maj in julij 2022 na globinah 15 in 30 cm (npr. 14,5 °C oziroma 18,0 °C za konvencionalno oziroma ohranitveno na 15 cm, slika 6). Prav tako opazimo razlike v avgustu 2021 (slika 6).



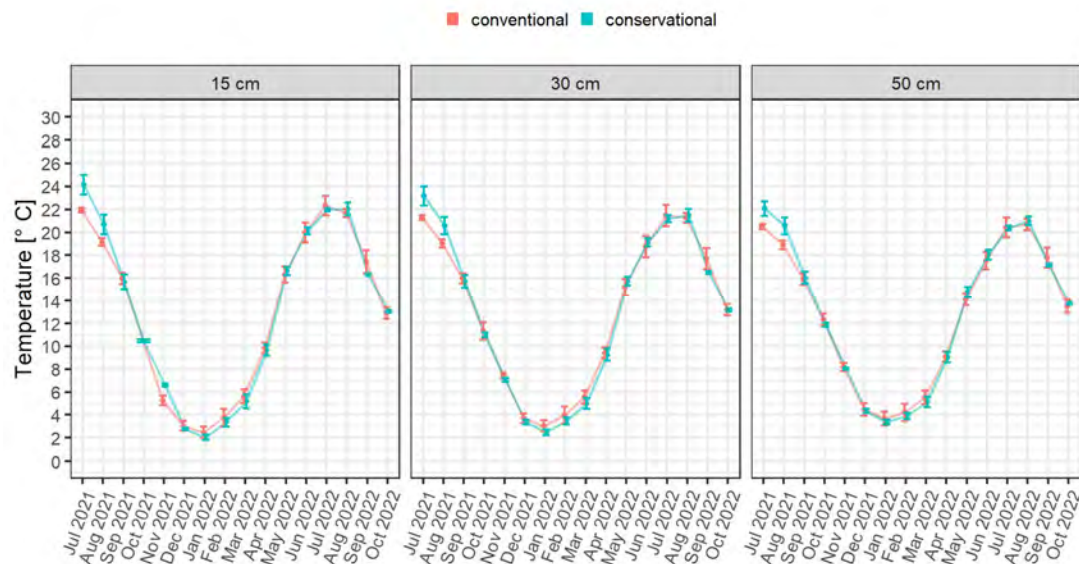
Slika 1: Grafi mesečnih povprečij in standardnih napak za količino vode (vol %) na 15, 30 in 50 cm globine za poskusne ploske pod konvencionalno in ohranitveno obdelavo tal na območju reke Ledave, julij 2021–oktober 2022



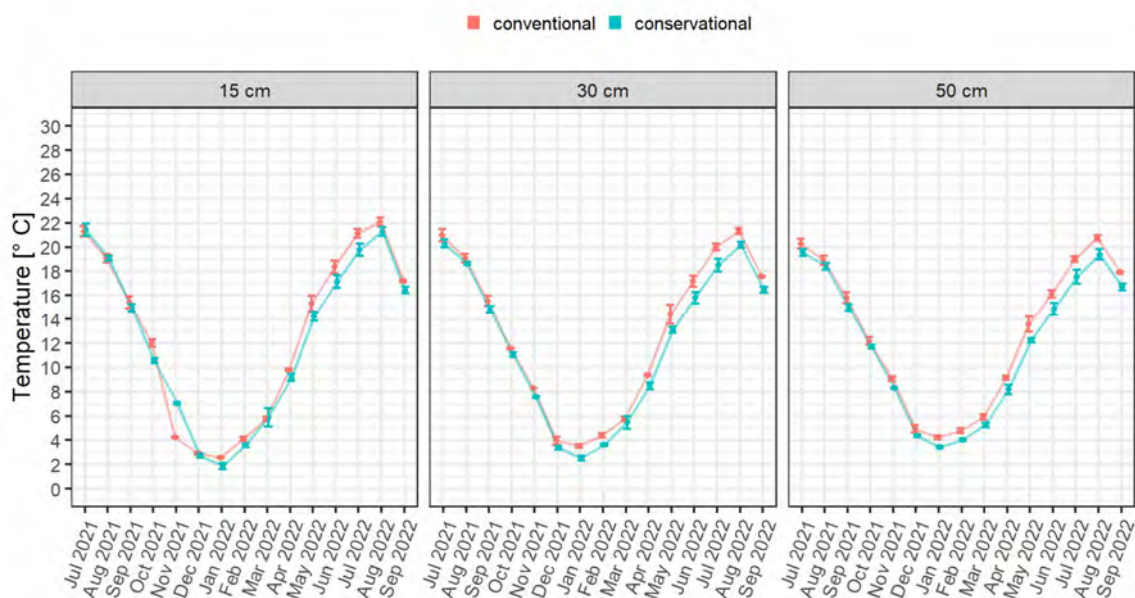
Slika 2: Grafi mesečnih povprečij in standardnih napak za količino vode (vol %) na 15, 30 in 50 cm globine za poskusne ploske pod konvencionalno in ohranitveno obdelavo tal na območju reke Pesnice, julij 2021–oktober 2022



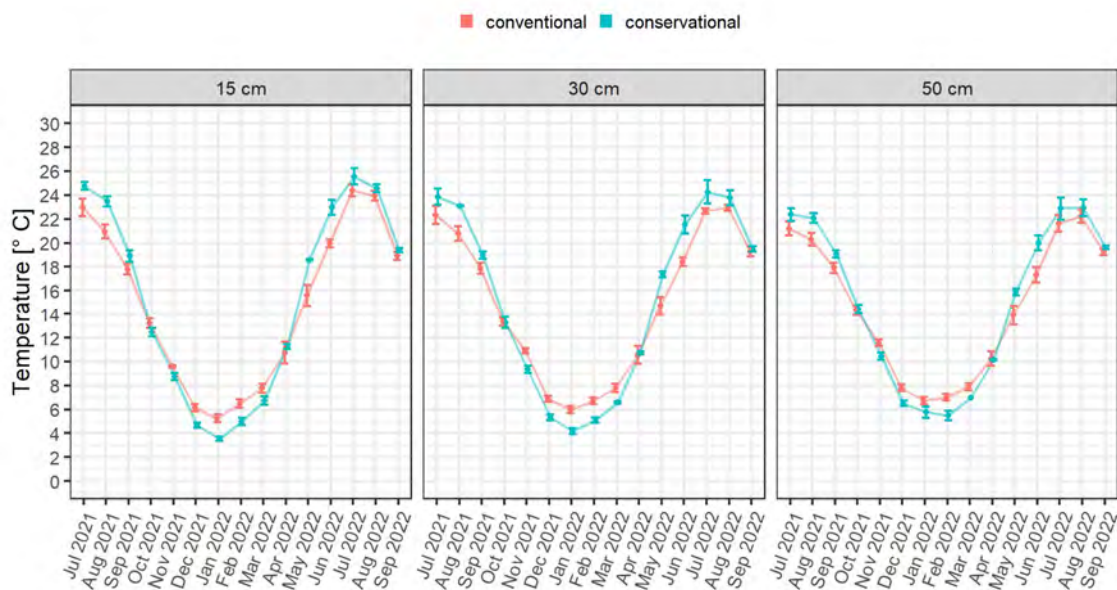
Slika 3: Grafi mesečnih povprečij in standardnih napak za količino vode (vol %) na 15, 30 in 50 cm globine za poskusne ploske pod konvencionalno in ohranitveno obdelavo tal na območju reke Vipave, julij 2021–oktober 2022



Slika 4: Grafi mesečnih povprečij in standardnih napak za temperaturo tal na 15, 30 in 50 cm globine za poskusne ploske pod konvencionalno in ohranitveno obdelavo tal na območju reke Ledave, julij 2021–oktober 2022



Slika 5: Grafi mesečnih povprečij in standardnih napak za temperaturo tal na 15, 30 in 50 cm globine za poskusne ploske pod konvencionalno in ohranitveno obdelavo tal na območju reke Pesnice, julij 2021–oktober 2022



Slika 6: Grafi mesečnih povprečij in standardnih napak za temperaturo tal na 15, 30 in 50 cm globine za poskusne ploske pod konvencionalno in ohranitveno obdelavo tal na območju reke Vipave, julij 2021–oktober 2022

4 SKLEPI

Rezultati kažejo, da so med tremi obravnavanimi lokacijami (Ledava, Pesnica in Vipava) razlike v vsebnosti vode v tleh tekom rastne sezone in tudi v temperaturi tal. Rezultati meritev kažejo, da je na območju Vipavske doline na zemljiščih s trajnostno obdelavo več vode. Na območju Pesnice in Ledave statistično značilnih razlik v količini vode med načini obdelave tal nismo ugotovili.

Zahvala. Avtorji prispevka se zahvaljujejo kmetijam Ropič in Horvat iz povodja reke Pesnice, Gregorič in Cernatič iz Vipavske doline ter Krpič in Zavec iz povodja reke Ledave za sodelovanje in vso podporo pri izvajanju ukrepov. Zahvaljujemo se Branku Majeriču za izvedbo obdelave tal in no-till setve v SV Sloveniji. Zahvaljujemo se financerju ARRS za projekt CeVoTak L4-2625 ter programski skupini P4-0085.

5 LITERATURA

- Blanco-Canqui, H., Wienhold, B.J., Jin, V.L., Schmer, M.R., Kibet, L.C., 2017. Long-term tillage impact on soil hydraulic properties. *Soil and Tillage Research* 170, 38-42.
- Mihelič, R., Suhadolc, M. 2019. Ohranitvena obdelava tal v ekološkem kmetijstvu in njen vpliv na kakovost tal = Effects of conservation soil management in organic agriculture on soil quality. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2019 = New challenges in agronomy 2019 : zbornik simpozija = proceedings of symposium* : [Laško, 31. januar in 1. februar 2019]. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, 2019. Str. 15-21
- Liu S., Zhang X.-Y., Yang J., Drury C.F. 2013. Effect of conservation and conventional tillage on soil water storage, water use efficiency and productivity of corn and soybean in Northeast China. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 63 (5), pp. 383 – 394 DOI: 10.1080/09064710.2012.762803
- Pečan, U., Pintar, M., Mihelič, R., Kastelec, D. 2021. Prostorska in časovna variabilnost vsebnosti vode v tleh na izbrani njivi glede na intenzivnost obdelave tal = Spatial and temporal variability of soil water content in the selected field, according to the intensity of tillage. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2021 = New challenges in agronomy 2021 : zbornik simpozija = proceedings of symposium : spletni simpozij*, 2021. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo = Slovenian Society of Agronomy, 2021. Str. 126-132
- Strosser, P., Delacámara, G., Hanus, A., Williams, H., Jaritt, N., European, C., Directorate-General for the, E., Acteon, Imdea, Amec Foster, W., 2014. A guide to support the selection, design and implementation of natural water retention measures in Europe : capturing the multiple benefits of nature-based solutions. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Vpliv obdelave medvrstnega prostora v vinogradu na status vode v tleh

Tanja ZRNEC DROBNJAK⁴⁶, Denis RUSJAN⁴⁷, Marko ZUPAN⁴⁸, Helena GRČMAN⁴⁹ in Vesna ZUPANC⁵⁰

Izvleček

Z obdelavo tal vplivamo na lastnosti tal in obliko reliefa ter na vodno bilanco tal. V vinogradu Purissima (Vinakoper d.o.o.) smo preverili vodni režim v tleh medvrstnega prostora z rastlinsko odejo in brez. Na globinah 20 cm, 40 cm in 60 cm smo kontinuirano merili temperaturo tal (T_{tal}), vsebnost (cm^3/cm^3) in matrični potencial vode (pF) v tleh ter slanost tal (mS/cm). Izmerjena T_{tal} je najbolj nihala na 20 cm v medvrstnem prostoru brez rastlinske odeje, manj na 40 cm in 60 cm pri obeh načinih vzdrževanja medvrstnega prostora. V tleh brez rastlinske odeje je matrični potencial vode v tleh tekom rastne dobe bolj izenačen kot v tleh z rastlinsko odejo. Najvišja izmerjena elektroprevodnost talne raztopine je bila v času večje vsebnosti vode v tleh. Pri večletni stalni izmenični obdelavi medvrstnega prostora vinograda so se površine medvrstnih prostorov brez rastlinske odeje preoblikovale v blage terase, ki delujejo kot infiltracijski bazeni.

Ključne besede: vinograd, obdelava medvrstnega prostora, rastlinska odeja, status vode v tleh, temperatura tal, elektroprevodnost, vodni potencial, infiltracijski bazeni

Effect of inter-row tillage of vineyards on soil water status

Abstract

Tillage affects soil properties and landform, thereby influencing the water balance of the soil. In the Purissima vineyard (Vinakoper d.o.o.), the water balance in the soil of the inter-row space was studied with and without plant cover. Soil temperature ($^{\circ}\text{C}$), soil water content (cm^3/cm^3), soil water tension (pF), and soil salinity (mS/cm) were measured continuously at depths of 20 cm, 40 cm, and 60 cm. Measured soil temperature varied most at 20 cm depth in the inter-row space without green cover, less at 40 cm and 60 cm for with or without plant cover. In soils without plant cover, the water potential was more uniform over the growing season than in soils with plant cover. The highest measured electrical conductivity of the soil solution was in the period with higher soil water content. During several years of continuous, alternating cultivation of the inter-row space in the vineyard, the areas of the inter-row space without vegetation cover were transformed into terraces that act as infiltration basins.

Key words: vineyard, inter-row space treatment, plant cover, soil water status, soil temperature, electrical conductivity, water tension, infiltration basins

1 UVOD

Obdelava medvrstnega prostora v vinogradih lahko bistveno vpliva na kakovost ter vodno bilanco tal in s tem na rastne razmere trte (Delpuech in Metay, 2018). Vinska trta razmeroma dobro prenaša sušna obdobja. Posledice pomanjkanja padavin na vinsko trto med rastno dobo lahko nekoliko ublažijo dobro pripravljena in rodovitna tla (Rusjan, 2002). Kakovost tal lahko izboljšamo z zatavljenim medvrstnim prostorom, vendar je predvsem na območjih mediteranske in submediteranske klime, kjer se večina vinogradov tudi nahaja (OIV, 2022), večja nevarnost pomanjkanja vode zaradi kompeticije vinske trte z zeleno odejo za dosegljivo vodo (Vršič in Lešnik, 2005). Ker je v mediteranski klimi višek padavin dosežen v zimskem

⁴⁶ Dipl. inž. agr. (UN), Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: tanjatara.zd@gmail.com

⁴⁷ Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: denis.rusjan@bf.uni-lj.si

⁴⁸ Dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: marko.zupan@bf.uni-lj.si

⁴⁹ Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: helena.grcman@bf.uni-lj.si

⁵⁰ Dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si

času in ne v času rasti (Giorgi in Lionello, 2008), je odnos med trto in zeleno odejo kompleksnejši. Zelena odeja pripomore tudi k zmanjšanju erozije, kar je ključnega pomena v vinogradih z nagibi večjimi od 10 % (Ruiz-Colmenero in sod., 2011).

Obenem je medvrstna obdelava medvrstnega prostora stalna praksa v aridnih območjih, saj se s tem prekine kapilarni dvig in zmanjša evaporacija vode iz tal (Buesa in sod., 2021). Pri večletni obdelavi tal medvrstnih prostorov vinograda pride do oblikovanja površine medvrstnih prostorov v blage terase, ki imajo funkcijo infiltracijskih bazenov. Ti dodatno pripomorejo k zadrževanju padavinske vode na površju tal ter posledično manjšem površinskem otekanju in boljši infiltraciji (Lieskovsky in Kenderessy, 2012).

Zanimalo nas je, kakšno je stanje vode v tleh pod stalno rastlinsko odejo v primerjavi s tlemi, ki so redno obdelana in rastlinske odeje nimajo. V prispevku obravnavamo kontinuirane meritve količine vode v tleh in temperaturo tal v medvrstnem prostoru vinograda, ki se nahaja na območju s submediteranskim podnebjem.

2 MATERIAL IN METODE

Poskus smo izvedli v vinogradu Purissima (45.573713°N, 13.773444°E, v lasti Vinakoper d.o.o.). Trte sorte 'Merlot' so zasajene vzdolž plastnic, starost vinograda je okvirno 15 let, od tretjega leta postavitve vinograda medvrstni prostor trajno izmenično obdelujejo. Medvrstno površino brez rastlinske odeje večkrat letno obdelujejo z rahljalniki, do globine 20–30 cm, na ozelenjenem medvrstnem prostoru pa tri do štirikrat letno mulčijo oziroma kosijo. Rastlinske ostanke puščajo na površini medvrstnega pasu. Zatiranje plevelov v vrsti je mehansko z okopavanjem, pletjem ali košnjo. Tla v vinogradu so evtrična rjava na flišu, srednje globoka (globina 60 cm) do ponekod plitva s teksturo glinene ilovice (GI) (Grčman in sod., 2010; Vidic in sod., 2015; Zrnec Drobnjak in sod., 2022). Povprečen odstotek organske snovi v ozelenjenem medvrstnem prostoru je na globini do 20 cm 3,1 % in 1,5 % v medvrstnem prostoru brez rastlinske odeje. Opravljena je bila tudi osnovna kemijska analiza tal medvrstnega prostora obravnavanega območja iz združenega vzorca vrst ozelenjenega dela in vrst brez rastlinske odeje (preglednica 1).

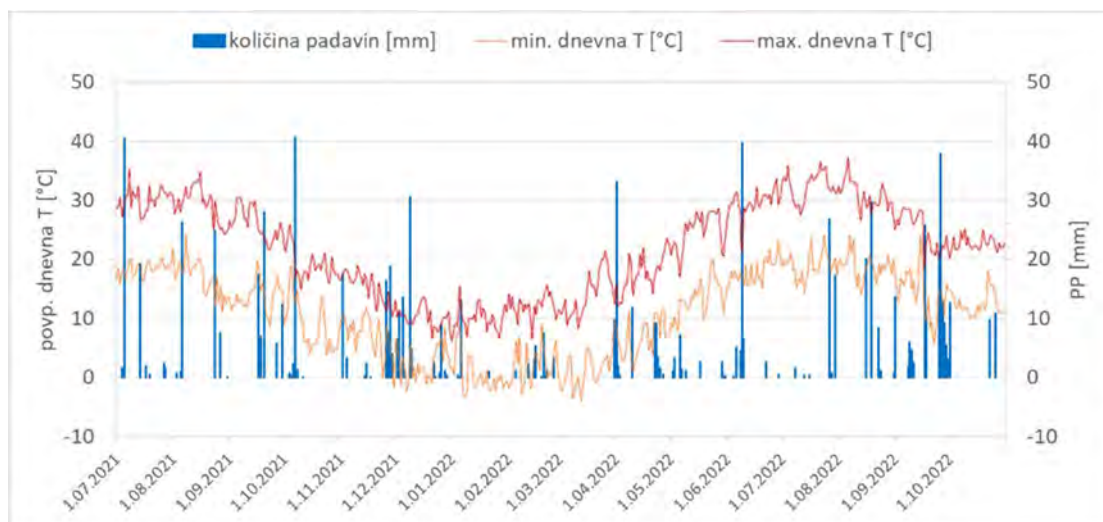
Preglednica 1: Osnovne pedološke lastnosti vzorčenih tal v vinogradu Purissima.

Analizirane lastnosti tal	Z rastlinsko odejo		Brez rastlinske odeje	
	0 - 20 cm	20 - 40 cm	0 - 20 cm	20 - 40 cm
Teksturni razred	GI	GI	GI	GI
Org. snov [%]	3,1	1,6	1,5	1,1
CEC [mmol _c /100 g]	19,69	20,24	21,39	23,22
pH v CaCl ₂	7,3	7,5	7,5	7,5
Corg./N	10,2	9,7	10,9	8,3
P ₂ O ₅ [mg/100 g]	25,27	16,33	24,7	12,57
K ₂ O [mg/100 g]	30,83	31,13	30,38	32,76
Ca [mmol _c /100 g]	30,83	31,13	30,38	32,76
Mg [mmol _c /100 g]	0,71	0,6	0,57	0,59
K [mmol _c /100 g]	0,87	0,53	0,74	0,60
Na [mmol _c /100 g]	0,04	0,05	0,04	0,05
Gostota tal [g/cm ³]	1,42 (globina 10–15 cm)		1,34 (globina 10–15 cm)	
Poroznost [vol%]	46,6 (globina 10–15 cm)		49,6 (globina 10–15 cm)	

Meritve količine vode in T_{tal} so bile opravljene v profilu tal medvrstnega prostora z rastlinsko odejo in v profilu tal medvrstnega prostora z obdelano površino (brez rastlinske odeje) v vinogradu Purissima (avtomatski pomnilnik ZL6 (METERgroup GmbH). Na vsako mesto smo na globinah 20 cm, 40 cm in 60 cm namestili sonde za beleženje vsebnosti vode (cm^3/cm^3), T_{tal} in slanosti tal (Teros 12) in matričnega potenciala (Teros 21). Dnevne padavinske in temperaturne podatke smo pridobili iz meteorološke postaje Portorož – letališče za obdobje od julija 2021 do konca oktobra 2022. V rezultatih smo prikazali meritve za obdobje od 15. 7. 2021 do 31. 10. 2022. Izračunali smo osnovne statistike, in sicer povprečno mesečno T_{tal} ter povprečne dnevne vrednosti za T_{tal} , vsebnost vode v tleh (cm^3/cm^3), elektroprevodnost talne raztopine (mS/cm) in matrični potencial vode v tleh (v pF).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

V letu 2021 je skupno padlo 878,4 mm padavin, najbolj vodnato obdobje je bilo v jeseni in decembra 2021 (slika 1). Najbolj sušno je bilo v začetku leta 2022, od začetka januarja do konca marca je padlo skupno 48,2 mm padavin (leta 2021 je v istem obdobju padlo 191,7 mm). Leta 2021 je od začetka junija do konca avgusta padlo 165,6 mm, v istem obdobju leta 2022 166,4 mm. Od januarja do konca oktobra leta 2021 je padlo 726,6 mm padavin in leta 2022 v istem obdobju le 492,7 mm. Tekom opazovanega obdobja v letu 2021 je od julija do konca oktobra padlo 244,4 mm padavin in v istem obdobju leta 2022 294,5 mm. Torej je v ključni fenološki fazi vinske trte začetek zorenja padlo več padavin v bolj sušnem letu 2022 (Tehnološka navodila za integrirano pridelavo grozdja, 2022; ARSO, 2022).

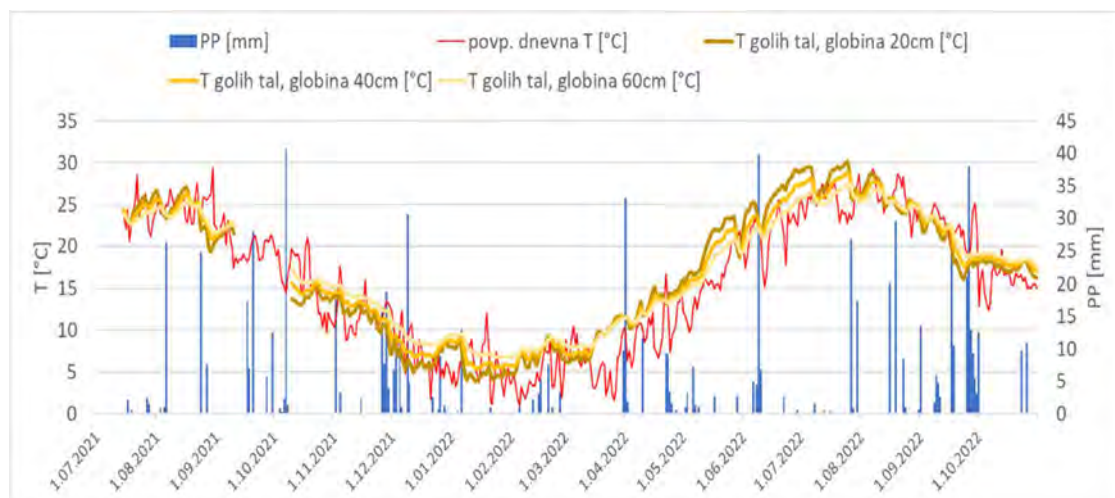


Slika 1: Povprečna dnevna količina padavin, dnevna minimalna in maksimalna temperatura. Izmerjeno na meteorološki postaji Portorož – letališče za obdobje od julija 2021 do konca oktobra 2022 (ARSO, 2022).

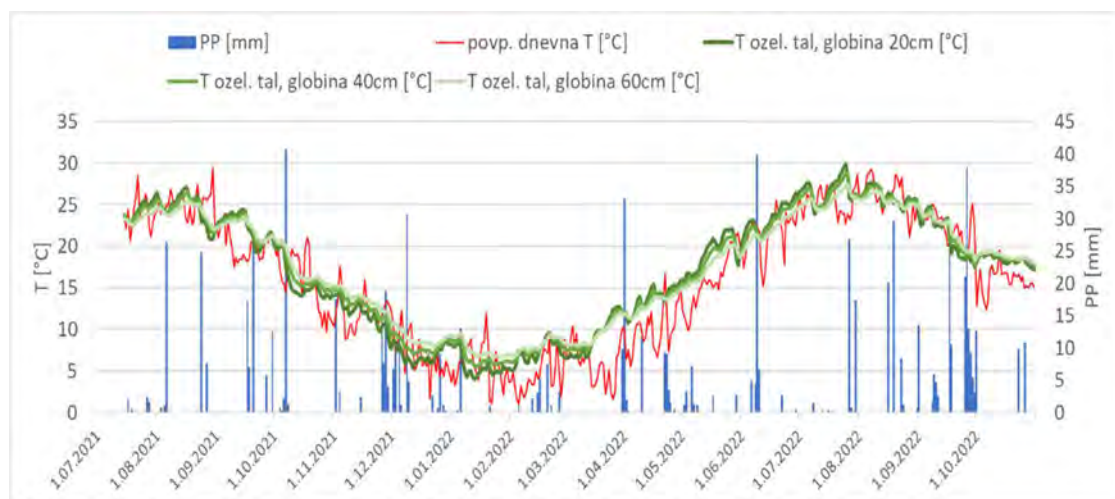
3.1 Temperatura tal

Največja dnevna nihanja v T_{tal} so bila na globini 20 cm na obeh mestih, v celotnem opazovanem obdobju. Najmanjša nihanja T_{tal} so bila zabeležena na globini 60 cm. Tekom najvišjih poletnih temperatur zraka je bila T_{tal} na globini 20 cm pod ozelenjenim pasom v povprečju nižja od T zraka za $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Na globini 40 cm obdelanega medvrstnega prostora je bila povprečna T_{tal} $5,5^{\circ}\text{C}$ in tal ozelenjenega prostora $5,6^{\circ}\text{C}$. Na globini 60 cm je bila povprečna T_{tal} medvrstnega

prostora brez rastlinske odeje 7,2 °C in 7,0 °C v tleh ozelenjenega medvrstnega prostora (sliki 2 in 3).



Slika 2: Dnevna temperatura tal medvrstnega prostora brez rastlinske odeje na treh globinah od julija 2021 do konca oktobra 2022 v vinogradu Purissima ter povprečna temperatura zraka (vse v °C) in padavine (v mm) za meteorološko postajo Portorož

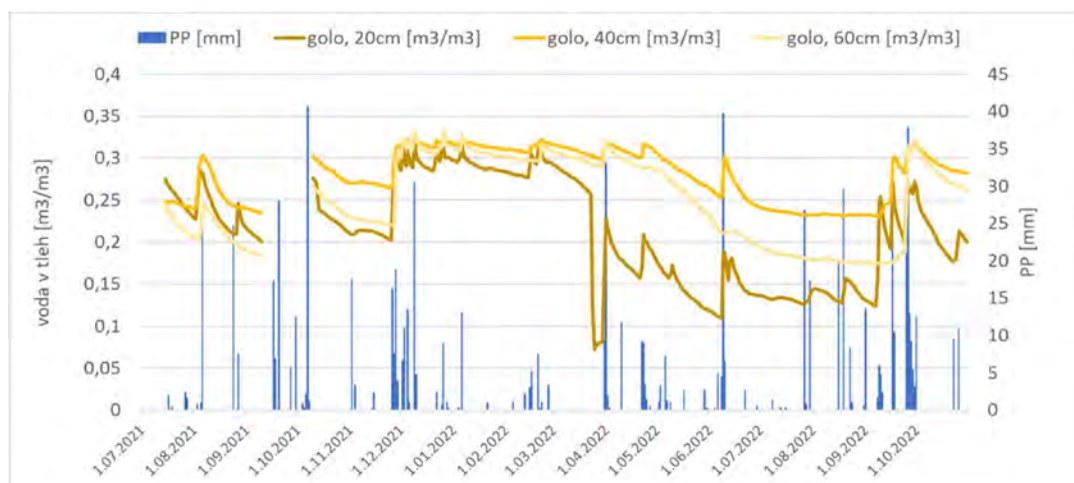


Slika 3: Dnevna temperatura tal medvrstnega prostora z rastlinsko odejo na treh globinah za obdobje od julija 2021 do konca oktobra 2022 v vinogradu Purissima ter povprečna temperatura zraka (vse v °C) in padavine (v mm) za meteorološko postajo Portorož

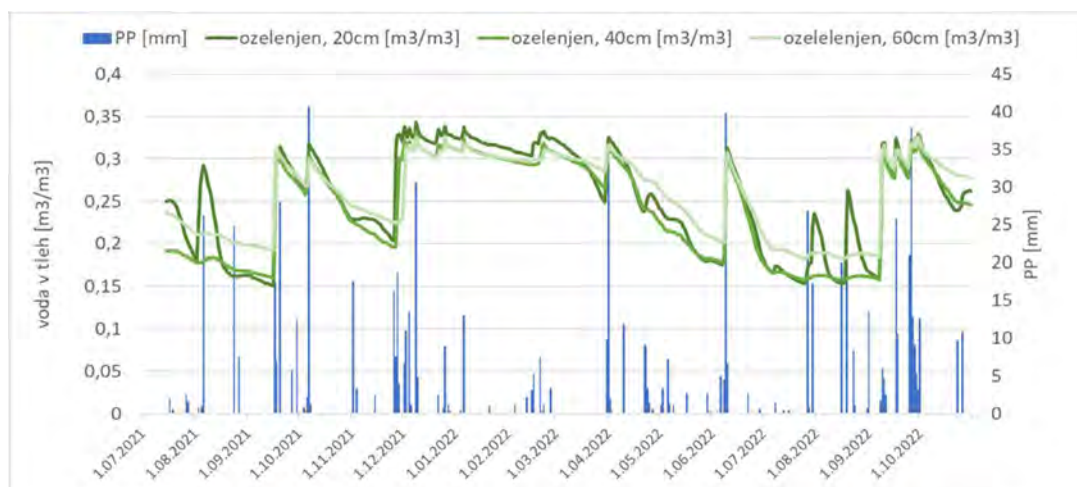
3.2 Količina vode v tleh

Količina vode v tleh medvrstnega prostora brez rastlinske odeje je bila med 0,33 in 0,11 cm³/cm³ (slika 4), medtem ko je bilo vode v tleh medvrstnega prostora z rastlinsko odejo nekoliko več, in sicer med 0,35 in 0,15 cm³/cm³. Najnižja količina vode v opazovanem obdobju je bila na globini 20 cm tal tako golih kot ozelenjenih tleh. Nenaden padec količine vode na 20 cm na golih tleh kaže na pojav razpoke na začetku aprila na površini po sušnem obdobju od začetka marca 2022 (0,07 cm³/cm³) (slika 4). V tleh brez rastlinske odeje je bilo največ vode na

40 cm, medtem ko v tleh z rastlinsko odejo bistvenih razlik v količini vode po globinah ni bilo (slika 5). V tleh z rastlinsko odejo je po sušnem poletnem obdobju leta 2022 zaznan rahel dvig v količini vode ob padavinskih dogodkih v avgustu in septembru, medtem ko so v tleh brez rastlinske odeje padavine pronicale do 60 cm šele v oktobru, po daljšem obdobju s padavinami.



Slika 4: Količina vode v tleh medvrstnega prostora brez rastlinske odeje od julija 2021 do konca oktobra 2022 v vinogradu Purissima ter padavine (v mm) za meteorološko postajo Portorož.

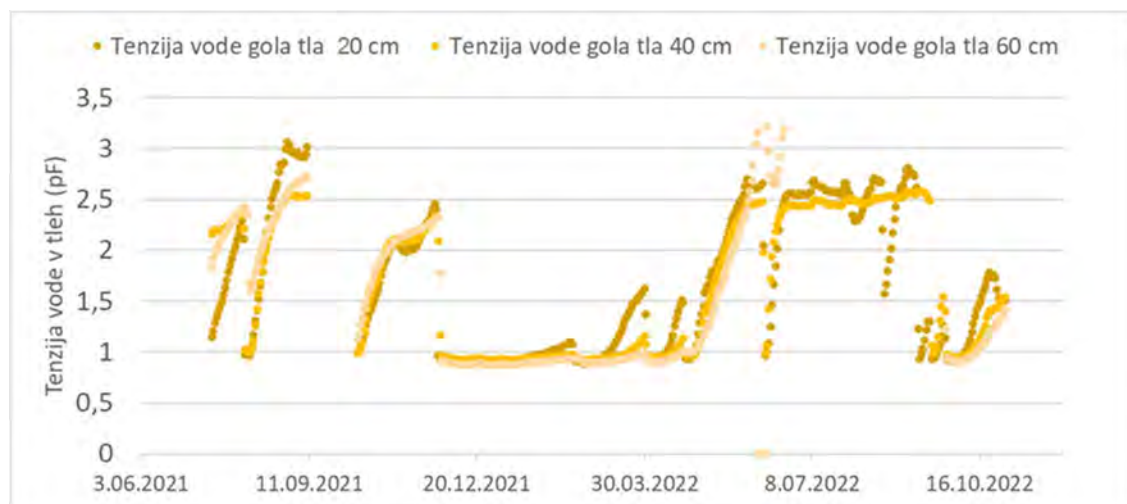


Slika 5: Količina vode v tleh medvrstnega prostora z rastlinsko odejo od julija 2021 do konca oktobra 2022 v vinogradu Purissima ter padavine (v mm) za meteorološko postajo Portorož.

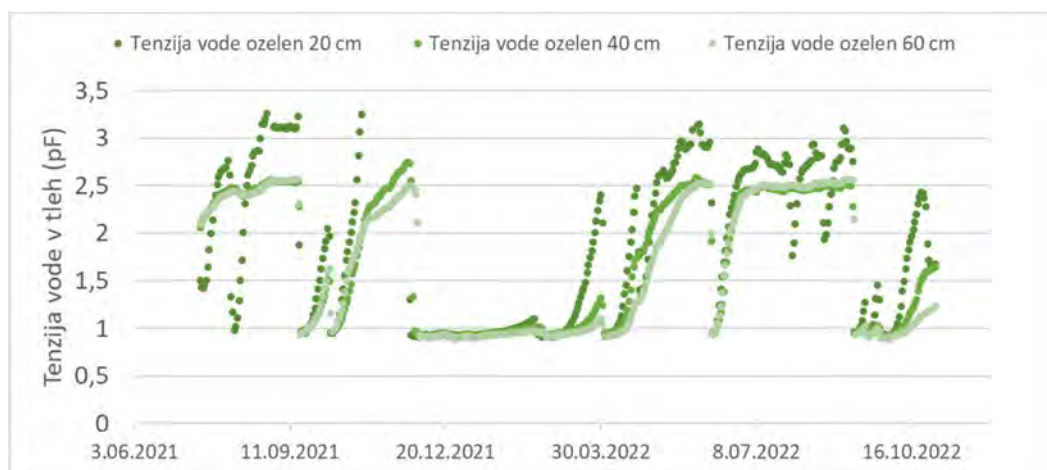
3.3 Matrični potencial vode v tleh

Voda je bila najbolj dostopna v zimskem obdobju po 15. 11. 2021, ko je bil matrični potencial vode med 1 in 1,5 pF, kar predstavlja rahlo vezano vodo (sliki 6 in 7). Najvišji matrični potencial (nad 3 pF) je bil izmerjen na 20 cm v tleh z rastlinsko odejo. V rastni dobi je bil matrični potencial vode na 40 in 60 cm med 2 in 2,5 pF, tako v tleh brez kot v tleh z rastlinsko odejo. Za obdobja, ki so brez meritev, predvidevamo, da je bil matrični potencial višji, kot je območje

merjenja ($>3,5$ pF). V tleh brez rastlinske odeje je bil matrični potencial na 20 cm nekoliko nižji v primerjavi s tlemi z rastlinsko odejo.



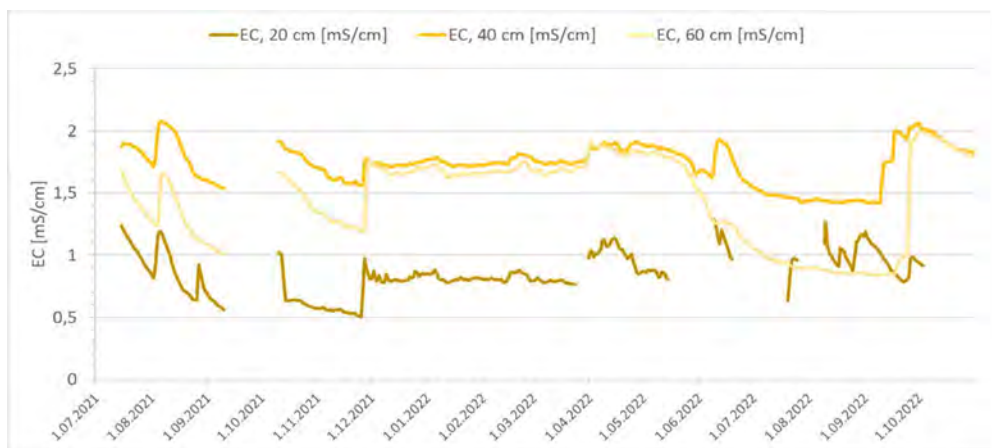
Slika 6: Dnevne meritve matričnega potenciala vode v tleh (pF) medvrstnega prostora brez rastlinske odeje na treh globinah za obdobje od julija 2021 do konca oktobra 2022 v vinogradu Purissima.



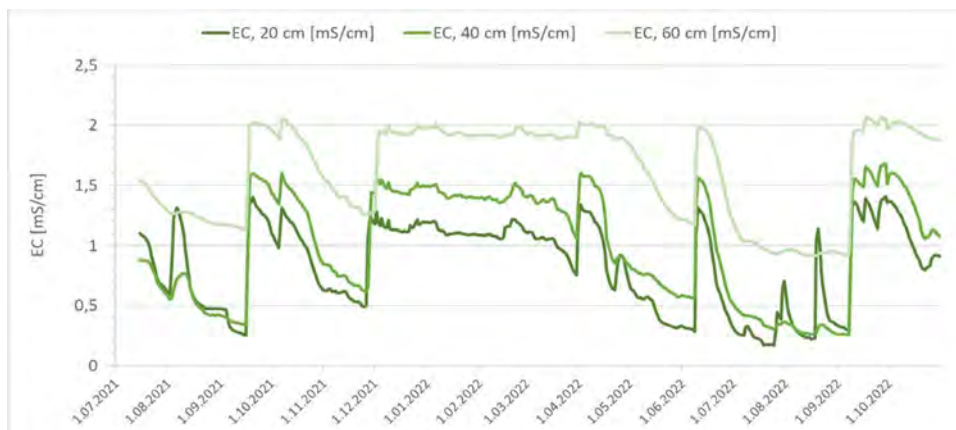
Slika 7: Dnevne meritve matričnega potenciala vode v tleh (pF) medvrstnega prostora z rastlinsko odejo na treh globinah za obdobje od julija 2021 do konca oktobra 2022 v vinogradu Purissima.

3.4 Elektroprevodnost (EC) talne raztopine

V tleh medvrstnega prostora brez rastlinske odeje je bila najvišja povprečna EC, in sicer 1,73 mS/cm, na globini 40 cm. Na globini 20 cm je bila najvišja izmerjena 0,85 mS/cm ter na globini 60 cm 1,45 mS/cm. V tleh medvrstnega prostora z rastlinsko odejo je bila najvišja EC na globini 60 cm 1,61 mS/cm, sledila je EC na globini 40 cm 1,01 mS/cm in na globini 20 cm 0,83 mS/cm (sliki 8 in 9). Najvišja izmerjena EC talne raztopine je bila zaradi večje izmerljivosti slanosti v času večje vsebnosti vode v tleh (najbolj izmerljiva je slanost takrat, ko je v tleh dovolj vode – se najbolj zazna na merilcih) (Rentz in sod., 2021).



Slika 8: Dnevne meritve elektroprevodnosti talne raztopine medvrstnega prostora brez rastlinske odeje na treh globinah za obdobje od julija 2021 do konca oktobra 2022 v vinogradu Purissima.



Slika 9: Dnevne meritve elektroprevodnosti talne raztopine medvrstnega prostora z rastlinsko odejo na treh globinah za obdobje od julija 2021 do konca oktobra 2022 v vinogradu Purissima



Slika 10: Povečan površinski odtok vode v času padavin (levo). Na infiltracijskih bazenih se voda zadržuje in lažje infiltrira (desno) (17.9.2021).

3.5 Oblika terena

Zaradi izmenične obdelave tal medvrstnih prostorov v vinogradih so se v slovenski Istri oblikovali t.i. infiltracijski bazeni (Zrnec Drobnejak in sod., 2021). Zaradi oblike se na medvrstnem prostoru brez rastlinske odeje podaljša čas, ko se voda zadržuje na površini in se

počasi infiltrira (Slika 10, 17. 9. 2021, 17,4 mm). Prednost tega načina obdelave tal je boljši nadzor nad površinskim tokom vode, kar ublaži procese erozije, poveča infiltracijo ter omogoči takojšnja opravila po padavinah.

4 SKLEPI

Ugotovili smo razlike v temperaturi tal, v količini in matričnemu potencialu vode ter slanosti tal v profilu medvrstnega pasu z oziroma brez rastlinske odeje. Za zanesljive ugotovitve o vplivu na bogatenje zaloge vode bi bilo potrebno spremljati dogajanje na več mestih znotraj vinograda in v globini, večji od 60 cm. Za regijo uporabne informacije bi pridobili z meritvami v vinogradih na drugih lokacijah, kjer imajo izmenjujočo obdelavo medvrstnih pasov.

Ta pristop obdelave medvrstnih pasov omogoča takojšnjo izvedbo nujnih opravil v vinogradu po obilnih padavinah, kot je na primer škropljenje. Hkrati preoblikovan teren omogoča zastajanje vode ob večjih nalivih, saj se površinski tok upočasni, tako zadržana voda pa voda počasi infiltrira v globino tal.

5 LITERATURA

- ARSO [Agencija Republike Slovenije za okolje], 2022. <https://meteo.arso.gov.si/> (23.11. 2022)
- Buesa I., Miras-Avalos J. M., De Paz J. M., Visconti F., Sanz F., Yeves A., Guerra D., Intrigliolo D. S. 2020. Soil management in semi-arid vineyards: Combined effects of organic mulching and no-tillage under different water regimes. *European Journal of Agronomy*, Volume 123, 126198
- 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
- Grčman H., Zupan M. 2010. Praktična pedologija. Ljubljana, Center za pedologijo in varstvo okolja: 53 str.
- Lieskovský, J., Kenderessy, P. 2012. Modelling the effect of vegetation cover and different tillage practices on soil erosion in vineyards: A case study in Vráble (Slovakia) using watem/sedem. *Land Degradation & Development*, 25(3), 288–296, doi:10.1002/ldr.2162
- OIV [The International Organisation of Vine and Wine]. <https://www.oiv.int/what-we-do/statistics> (14.11. 2022)
- Rentz J. W., Ranjan R. S., Ferguson I. J., Hollander H. M. 2021. Effects of salinity and water content on apparent conductivity in an alluvial setting in the Canadian Prairies. *Environmental Earth Sciences*, 80:93, <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09368-1>
- 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
- Rusjan D. 2002. Revizija mikrorajonizacije vinorodnega okoliša Goriška brda in vpliv modela agro ampelotehnike na količino in kakovost pridelka sorte merlot (*Vitis vinifera* L. cv. 'Merlot'). Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 125 str.
- Tehnološka navodila za integrirano pridelavo grozdja. 2022. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje Republike Slovenije: 40 str.
[http://www.mkgp.gov.si/si/delovna_podrocja/kmetijstvo/integrirana_pridelava/tehnoloska_navodila/\(3.10.2022\)](http://www.mkgp.gov.si/si/delovna_podrocja/kmetijstvo/integrirana_pridelava/tehnoloska_navodila/(3.10.2022))
- Vidić N.J., Prus T., Grčman H., Zupan M., Lisec A., Kralj T., Vrščaj B., Ruprecht J., Šporar M., Suhadolc M., Mihelič R., Lobnik F., Montanarella L. 2015. Tla Slovenije s pedološko karto v merilu 1:250000. Luxembourg, European Commission, Skupni raziskovalni center: 152 str.
- Vršič Stanko, Lešnik Mario, Vinogradništvo, Leto izdaje: 2010. Založil: Založba Kmečki glas d.o.o., ISBN: 9789612033637
- Zrnc Drobňak T., Brvar T., Potisek A., Ščuka M. 2022. Analiza talnega tipa, klasifikacija tal in bonitiranje izbranega območja Purissima v občini Koper. Seminarska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 26 str.
- Zrnc Drobňak T., Zupanc V., Grčman H. 2021 Ozelenjevanje tal v vinogradih v mediteranski klimi. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. Novi izzivi v agronomiji 2021: zbornik simpozija, spletni simpozij, 2021. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo: 278-284

Okolje, podnebje, prehrana prebivalstva – kam greš, kmetijstvo?

Anton TAJNŠEK⁵¹

Izvleček

Svetovno kmetijstvo je pred težkimi izzivi. Prebivalstvo v nerazvitih deželah se povečuje, suša pa jim uničuje pridelke, ki tudi sicer ne bi zadoščali za zagotovitev lastnih potreb. Zaradi vojn in političnih konfliktov je motena alokacija presežkov ruske in ukrajinske pšenice v te dežele. Tudi v Sloveniji povzroča suša vse večjo kmetijsko škodo. Vzroki so, poleg klimatskih sprememb, trije: zmanjšanje obsega kmetijskih zemljišč na težjih tleh, omejitev njivske pridelave pretežno le na lažja tla na pesku in produ, tretji vzrok pa je sprememba strukture gojenih poljščin. Delež koruze in drugih poletnih krmnih rastlin z nizkim indeksom listne površine (sončnica, buča, idr.) se je z 12 % po drugi svetovni vojni povečal na več kot 40 % njiv, s prevladujočo koruzo. Vse večjo industrializacijo intenzivne reje živali z več kot 2 GVŽ ha⁻¹, in širjenje ekstenzivne ekološke pridelave z nizko tržno ponudbo bi kazalo nadomestiti s celovito ekologizacijo kmetijstva. Pri vplivu kmetijstva na podnebje ima odločilno vlogo saldo toplogrednih plinov. Podana je enačba za izračun tega salda.

Ključne besede: okolje, podnebje, kmetijstvo, prehrana prebivalstva, saldo toplogrednih plinov

Environment, climate, population nutrition – where are you going, agriculture?

Abstract

Global agriculture is facing difficult challenges. In the underdeveloped countries population is rising, drought is destroying the yields and because of the political struggles, the allocation of Russian and Ukrainian wheat surpluses to these countries is obstructed. In Slovenia, the drought is causing increasing agricultural damage, as well. Beside of the climate change, reasons are three other facts: reduction of the agricultural areas on deep heavy soils; limitation of arable production mainly to shallow sandy soils, and the third reason is a significant change in the structure of cultivated crops. Share of maize and other summer fodder crops with low leaf area index (sunflower, pumpkin, forage kale etc) increased from 12% after the second world war to more than 40% of the field until now. The intensive industrialisation of animal production with more than 2 LU ha⁻¹ on one hand, and increasing of the extensive organic production with low market supply, on the other hand, should be replaced with comprehensive ecologisation / greening of agriculture as whole. The saldo of green glass gases has the greatest part in the influence of agriculture on the climate change. Formula for solving this problem is given.

Key words: environment, climate change, agriculture, nourishment of mankind, saldo of green glass gases

1 UVOD

Ob uvodu nedavne Svetovne podnebne konference (WCO) v Šarm el Šejku (Sharm el-Sheikh) je generalni sekretar OZN Guterres dejal, da živimo v zadnjem trenutku, ko lahko še kaj storimo, da zaustavimo povečanje toplogrednih plinov (TGP) v ozračju, sicer da bomo zdrveli v vročinski pekel (Guterres, 2022). Po ocenah merodajnih strokovnjakov (The World Bank, 2021) prispeva kmetijstvo okrog 19–29 % antropogenih vplivov (predvsem intenzivna industrijska živinoreja) na povečanje temperature na Zemlji.

Prva in najpomembnejša naloga kmetijstva je zagotovitev zadostne količine hrane za vse človeštvo. Pravkar (november 2022) je po poročanjih medijev (WCO, RTV idr.) presegla populacija 8 milijard ljudi na Zemlji, a ker se prirast upočasnjuje, bo vrh dosežen šele proti koncu 21. stoletja, ko bo na svetu 10,2 milijarde prebivalstva. Da pa že danes (kot tudi v preteklosti!) ne zagotavljamo zadostnih količin hrane za 600–800 milijonov Zemljanov (FAO, 2022) vsakodnevno slišimo in beremo v medijih. Trenutne vojne v Ukrajini, Jemnu in etiopski

⁵¹ Prof. dr. v pokoju, Ljubljana, e-pošta: atajnsek41@gmail.com

pokrajini Tigris ter posledice vojnih spopadov drugod (Afganistan, Irak, Libija, Sirija, Libanon, Somalija, Kenija, Mali, severna Nigerija itd.) nam dodatno razgaljujejo stopnjo lakote in prehranske neobgljenosti teh dežel na eni strani ter dejanske sebičnosti in ravnodušnosti razvitih držav do prehranskega pomanjkanja drugod. Sokrivdo za te vojne in njihove posledice nosi razviti del človeštva. Tako je bil konec poletja 2022 varni koridor za ukrajinske ladje z žitom in oljnicami vzpostavljen s posredovanjem OZN in sicer z argumentom, da bi preprečili nadaljnje umiranje stradajočega prebivalstva v Jemnu, Somaliji, Etiopiji in drugod v Afriki, vendar je do sredine novembra leta 2022 od več kot 200 ukrajinskih ladij z žitom, ki so prečkale Bospor, manj kot ducat ladij odpeljalo žito v Afriko ali Bližnji vzhod, ostale so odplule na razviti Zahod (Tv-HAPPY, 2022). Takšno ravnanje dokazuje, da se v kriznih in predvsem v vojnih razmerah nobena država ne more zanašati, da se bo v primeru pomanjkanja hrane lahko oprla - brez izgube politične in kulturne svobode - na uvoz žit, oljnic in mesa iz tujine. Tolikšen pomen hrane je prepoznal že Platon pred 2400 leti, ko je dejal, da nima nihče, ki zanemarja probleme pšenice (= hrane), potrebnih odlik, da postane državnik (Platon, cit. po Krämer, 2014). Zato v svetu že nekaj desetletij pri zagotavljanju prehranske varnosti velja strokovno načelo, da vsaka država najprej poišče in izkoristi svoje kmetijske potenciale, šele če ti ne zadoščajo, se obrne pri zagotavljanju hrane za lastno prebivalstvo na možnosti, ki se nudijo v drugih delih sveta.

2 PODNEBNE SPREMEMBE IN OPUŠČANJE PRIDELAVE NA TEŽJIH TLEH

To je še toliko bolj nujno, ker se podnebje, kot eden glavnih določevalcev usmeritve kmetijske dejavnosti, v zadnjih desetletjih zaznavno hitro spreminja. Iz avtorjevih poskusov izhaja izračunani trend (1991–2090), da se bo v stotih letih na Gorenjskem (met. postaja: Letališče Jožeta Pučnika Brnik) temperatura regije zvišala za 2,3 °C in količina padavin pomembno zvišala. Na območju Prekmurja (met. postaja: Rakičan) pa se bo temperatura pomembno zvišala, in sicer za 2,9° C, količina padavin pa se bo v letni vsoti nepomembno zvišala (za 9 mm v 100 letih). Seveda za omenjeni lokaciji izhaja tako gibanje temperature in padavin le iz ekstrapolacije temperaturnih in padavinskih podatkov za obdobje 1992–2012 (Tajnšek, 2015), dejansko bodo lahko do konca stotih let spremembe drugačne. Vendar vse škode, ki jo v Sloveniji opazujemo ob pojavih suše (zaradi povišane temperature in spremenjenega padavinskega režima), ne smemo pripisati le podnebnim spremembam. Škoda v kmetijstvu zaradi klimatskih sprememb je v resnici verjetno precej manjša kot zaradi sprememb v slovenskem kmetijstvu, ki so se zgodile v zadnjih desetletjih.

Leta 1939 je bilo v tedanji, petino manjši Sloveniji, kot je sedaj, 325.000 ha njiv in vrtov ter 650.000 ha travnikov in pašnikov (Stat. letopis, 1953). Več kot polovica teh njiv pa tudi travnatega sveta je bilo na nagnjenih terenih. Do leta 2021 se je površina njiv zmanjšala za več kot 50 %, travnatega sveta pa za 46 %. Zaradi lažje strojne obdelave smo namreč njive ohranili predvsem na ravnih, večinoma plitvih do srednje globokih aluvialnih in diluvialnih naplavinah, pretežno na karbonatnem pesku in produ, kjer se podtalnica nahaja več kot 1,5–2 m globoko (Tajnšek, 1979), opustili pa smo njive na večini bregovitih območij, kjer je obdelava s težkimi taktorji otežena (poleg nagnjenosti terena je kratka časovna niša, ko so tla primerna za obdelavo) ali onemogočena. In tako lahko dejstvo, da danes bolj kot v preteklosti tožimo o suši kot posledici podnebnih sprememb, sušo pripišemo opustitvi teh rodovitnih a za obdelovanje s težkimi traktorji manj primernih njiv. Na globokih koluvalnih in drugih ilovnatih ter ilovnato-glinastih tleh, ki imajo veliko koristno poljsko kapaciteto za vodo (= ob poljski zasičenosti tal z vodo rastlinam na območju korenin dosegljivo vodo) obstaja kratek časovni interval, ko so po dežju tla zaradi vlažnosti še neprimerna za obdelavo in trenutkom, ko postanejo tla zaradi izsušenosti neprimerna za obdelavo. Na takih zemljiščih se po daljšem poletnem deževju; v Sloveniji imamo še vedno tudi spomladansko-poletni padavinski maksimum!) večina talnih por

napolni z vodo, in ker prevladujejo mikropore, le malo je mezo- in makropor, je ob deževnem vremenu pridelek manjši. Zato nekoč prevladujoč pregovor, da „suša vzame kos kruha, moča pa dva“, danes velja le še za njive na globokih ilovnatih in glinastih tleh, ki smo jih še ohranili. Kajti na prevladujočih plitvih peščenih njivah (živica 25–35 cm globoka) je strojna obdelava res lahkotna, kmete vidimo orati tudi med dežjem, vendar pa je med julijsko-avgustovskim agrotehničnim terminom, ko je potencialna evapotranspiracija najvišja, za take njive dež potreben vsak drugi do tretji dan, da ne pride do hujšega sušnega stresa rastlin.

Povzamemo lahko, da se v Sloveniji, ne le zaradi podnebnih sprememb, ampak zaradi opustitve njiv in drugih kmetijskih zemljišč na težjih bregovitih tleh, ob ohranjanju njiv pretežno na plitvih aluvijalnih in diluvijalnih naplavinah, stopnja kmetijskih sušnih pojavov odraža pogosteje in bolj izrazito kot v sosednjih državah.

3 SPREMEMBA V STRUKTURI POLJŠČIN

V srednjeevropski strokovni javnosti in tudi v sredstvih javnega obveščanja ni zaslediti še drugega pomembnega vzroka za povečano pojavnost suše v tem prostoru. Ta vzrok je občutna sprememba strukture poljščin, ki jih pridelujejo na kmetijah tega prostora. V srednji Evropi, še zlasti v Sloveniji, se je delež koruze za zrnje ali silažo ($LAI = 3,5\text{--}4,0$) od leta 1954, ko je zasedal manj kot 12 % njiv, do leta 2020, skupaj z drugimi krmnimi posevki in dosevki (koruza za pitnik in sončnico za silažo, $LAI = 5\text{--}6$) povečal na več kot tretjino vseh njiv (Munzert in sod., 2020). V Sloveniji je ta delež celo 40 % (Tajnšek, 2007) in to večinoma na rendzinah in plitvih rjavih tleh na produ in pesku, torej tleh, kjer globina tal redko presega 50 cm. Na teh tleh je koristna kapaciteta za vodo okoli 20 vol.% in glede na plitkost tal je ob najboljših razmerah, ki jih pa sredi poletja praviloma ni, rastlinam dosegljive le do 100 mm vode, kar ob poletni potencialni evapotranspiraciji zadošča le za teden ali dva (Tajnšek, 2000). Seveda so pri nas poleti že od nekdaj, tudi v najbolj ugodnih letih, obdobja, ko je ob visokih temperaturah najmanj eno dvotedensko obdobje brez dežja; tako je koruza, ki takrat zaradi še sorazmerno nizke pokrivnosti (nizkega indeksa listne površine - ILP) slabo pokriva njivo, izpostavljena sušno-vročinskemu stresu. In potem govorimo o hudi suši, ki je prizadela naša polja.

V preteklosti so dobri poljedelci v poletnih mesecih zgoraj omenjene njive po pravilu žit, zgodnjega krompirja ali repice (*Brassica rapa* L. ssp. *oleifera* Metzg. (Sinsk.) večinoma pobranali ali plitvo preorali, posejali ajdo, strniščno repo ali kakšno krmno mešanico. Do prvega obilnejšega dežja, ki ga, kljub podnebnim spremembah, še vedno doživljamo najkasneje v tretji dekadki avgusta, se v plitvo obdelani ornici nahaja dovolj vlage, da posejano seme preide v prve faze kalitve in po prvem dežju hitro vznikne. Kjer so bila tla plitvejša, so jih plitvo obdelali in neposejana pustili v prahi do jesenskih mesecev.

Ko govorimo o suši, ki v novejšem času, še bolj kot v preteklosti, prizadeva naša polja na plitvih zemljiščih, ne iščimo odrešitve v samo vzgoji proti suši odpornejših sort (hibridov) koruze, buče, sončnic, soje in drugih poljščin, ki imajo sredi poletja potencial za najbujnejšo rast, ampak se z izbiro ustreznih poljščin in vrtnin v smiselnem njivskem kolobarju izognimo vročemu in suhemu poletnemu obdobju. Na globokih težkih tleh pa je ob vročih (do 35 °C) in sušnih poletjih koruza najlepša!

4 ZA OCENO OKOLJSKE SPREJEMLJIVOSTI JE ODLOČILEN SALDO TOPLOGREDNIH PLINOV (TGP)

Sodobno kmetijstvo se izvaja v treh glavnih sistemih pridelovanja: konvencionalnem, sonaravnem in ekološkem. Slednjega je EU v okviru agrarne reforme leta 1992 sprejela kot uradno sprejemljivo in pospeševano obliko kmetijstva, ker da domnevno najmanj obremenjuje naravo in zmanjšuje kmetijske presežke v EU (Breitschuh in sod., 2022). V EU poteka glavnina

kmetijstva po konvencionalnih postopkih, uradna politika pa pod vplivom zelenih gibanj vse bolj vzpodbuja širjenje ekološkega kmetijstva, in sicer s predpostavko, da je ekološko kmetovanje, zaradi manjšega izpusta TGP (CO_2 , NH_4 , itd.), okoljsko bolj sprejemljivo. Ampak okoljsko sprejemljivo konvencionalno kmetovanje po načelih dobre kmetijske prakse z $0,8\text{--}1,0 \text{ GV}\ddot{\text{Z}} \text{ ha}^{-1}$ je, kar se izpusta TGP tiče, podnebno sprejemljivejše kot ustrezno vodeno ekološko kmetovanje, saj je pri slednem izpust TGP v zrak na enoto pridelka višji kot na tehnološko primerljivo upravljani konvencionalni kmetiji. Na hektar emitirajo primerljivi ekološki obrati v zrak res le polovico toliko TGP kot konvencionalni, pridelki le-teh pa so v kolobarju več kot enkrat višji in zato več kot kompenzirajo večji izpust TGP na hektar (Breitschuh in sod., 2020). Toda za prehranitev svetovnega prebivalstva je pri ekološkem kmetovanju potrebno vsaj še enkrat več površin kot pri konvencionalnem, ob tem je skupni izpust TGP večji. Dodatne kmetijske površine pa se danes iščejo v izsekavanju tropskih gozdov! Če smo dovolj empatični do vsega človeštva in nam je mar tudi do skoraj milijarde ljudi, ki stradajo, in če smo resnično za zmanjšanje TGP, naj bodo naš cilj taki postopki kmetovanja, pri katerih imamo čim ugodnejši saldo TGP na enoto pridelka, ki je praviloma pozitiven. To pomeni kmetovanje, pri katerem je izpustov TGP čim manj, v primerjavi s TGP oziroma $\text{CO}_2\text{-ekv}$ ($\text{CO}_2\text{-ekv}$ so vsi TGP), ki so vgrajeni v pridelano organsko substanco. Razliko (saldo, S) med količino (kg, dt, t) v organsko snov (celotno: nadzemno in podzemno) vgrajenih toplogrednih plinov (VTGP) in pri pridelavi (amortizacijska količina pri izdelavi uporabljenih strojev, gnojil, semena itd.) v zrak emitiranih toplogrednih plinov (ETGP) na enoto pridelane celokupne podzemne in nadzemne organske substance (kg, dt, t), na isti površini (p), lahko zapišemo z naslednjo enačbo:

$$S = (\text{ETGP} - \text{VTGP})/p$$

S to enačbo lahko ovrednotimo saldo (razliko) med fiksacijo v pridelkih vsebovane količine $\text{CO}_2\text{-ekv}$ (= količino TGP) in količino TGP, ki smo jih direktno in indirektno proizvedli (spustili v okolje) ob pridelavi tega pridelka.

Navajam primer: na hektar njivskega zemljišča rastline letno fotosintetizirajo $24 \text{ t CO}_2\text{-ekv/ha}$, ki jo najdemo v rastlinski sušini (Osterburg in Don, 2020). Temu nasproti stoji količina v pridelavi tega pridelka porabljena količina TGP (tudi amortizirana za stroje, shrambe itd). Saldo TGP oziroma $\text{CO}_2\text{-ekv/ha}$ in okoljska sprejemljivost postopka pridelave je torej odvisen od umnosti gospodarjenja in ne od usmeritve v tako imenovano ekološko ali neekološko pridelavo. Razvidno je, da je enačba enostavna, le izračunavanje parametrov zanjo je zahtevnejše, vsekakor pa ne presega običajnih hektarskih energijskih bilanc ali bilanc Corg, N in drugih uporabljenih in s pridelki odvzetih hranil, kot jih je med drugimi izvajala mednarodna delovna skupina IOSDV (Koerschens in sod., 2012). Velja za vsak sistem pridelovanja, sonaravnost oziroma ekološka sprejemljivost pa je odvisna od pristopa, s katerim se lotevamo kmetovanja. Po avtorjevem mnenju je ta način izračunavanja salda TGP primernejši kazalnik toplogrednih emisij v zrak, kot je izračunavanje emisij na hektar, pri kateri ne upoštevamo vezavo TGP v pridelano organsko maso. Izračunavanje takega načina bilance TGP utegne prispevati k osveščanju delujočih v kmetijstvu za osvajanje trajnostne ekologizacije celotnega kmetijstva, namesto da sedaj o kmetijski stroki nepoučeni politiki dopuščajo industrijsko vodene kmetije, tudi s po več kot $3 \text{ GV}\ddot{\text{Z}} \text{ ha}^{-1}$ in na drugi strani vzpodbujajo nadpovprečno velike ekološke kmetije (Tajnshek, 2008) z neznatno tržno pridelavo.

5 ZAKLJUČKI

Svetovno kmetijstvo je pred skoraj nerešljivimi izzivi. Zaradi neizvajane alokacije sicer dovolj velike produkcije hrane umre neposredno zaradi lakote letno več milijonov ljudi, $600\text{--}800$

milijonov pa jih strada (FAO, 2022) in jih zaradi podhranjenosti umre predčasno. Svetovno kmetijstvo je soočeno tudi z očitki, da prispeva 19–29 % antropogenih vplivov na podnebne spremembe, pri nas pa še z očitki o gospodarski škodi zaradi pojavov suše. K tem vplivom sorazmerno s svojim geografskim obsegom nadpovprečno prispeva Slovenija. Glavni vzroki so trije. Prvi je opustitev njiv na nagnjenih terenih, z globokimi ilovnatimi in ilovnato-glinastimi tlemi in z visoko koristno kapaciteto za vodo. Drugi vzrok je velika sprememba v strukturi poljščin, ki jih gojimo. Delež celoletnih krmnih okopavin, ki imajo potencial za hitro rast (C4-rastline), a nizko pokrovnost (nizek ILP), se je z okrog 12% po vojni povečal na skoraj polovico vseh obstoječih njiv. Tretji vzrok pa je, da smo ohranili njive večinoma le na plitvih rjavih ravninskih tleh.

V javnosti, brez resnih znanstvenih argumentov, prevladuje prepričanje, da je med različnimi sistemi kmetijske pridelave ekološka najbolj vzdržna, ampak ker so pri tem kmetovanju pridelki v kolobarju občutno nižji kot pri konvencionalnem (po načelih dobre prakse!), bi ob popolnem prehodu na ekološko kmetovanje tretjina do polovica človeštva od lakote umrla. Sicer pa za okoljsko sprejemljivost ni odločujoč sistem pridelave, pač pa saldo TGP v pridelavi.

6 LITERATURA

- Breitschuh, G. Klimaeffekte der Landwirtschaft AgrarFakten. Was ist der Fakt in der Landwirtschaft? www.agrarfakten.de/klimaeffekte/ 2 s.
- Breitschuh, G., Eckert, H., Grantzau E. in Koerschens, M. 2022. Ist der Öko-Landbau eine nachhaltige Bewirtschaftungsform? V: AgrarFakten, 203-210, Izd.: Gerhard Breitschuh in Manfred Munzert, Jena-Kunitz in Freising, 292 str.
- FAO, 2022. World food day 2022, c <https://www.wfp.org>
- Guterres, A. 2022. UN Secretary General Antonio Guterres Speech at the Opening Ceremony of the World Leaders Summit.Climate Change Conference, Sharm el-Sheikh, November 2022
- HAPPY TV, 2022. Izjava ruskega predsednika Vladimirja Putina po sestanku s turškim predsednikom Redžepom Tayyip Erdoganom, predvajana na HAPPY TV, november 2022 <https://www.worldbank.org> , 2021
- Krämer, H. 2014. Aufsätze zu Platon. Walter de Gruyter GmbH&Co , Berlin/Boston. 122 – 176, 583 s.
- Munzert, M., Breitschuh, G., Krause, O. 2020. Agrarfakten – Monokultur in der modernen Landwirtschaft? 6 s. PDF
- Koerschens, M., Albert, E., Armbruster, M., Barkusky, M., Baumecker, M., Behle-Schalk, L., Bischoff, R., Cergan, Z., Ellmer, F., Herbst, F., Hoffmann, S., Hoffmann, B., Kismanyoky, T., Kubat, J., Kunzova, E., Lopez-Fando, Chr., Merbach, I., Merbach, W., Teresa Pardo, M., Rogasik, J., Rühlmann, J., Spiegel, H., Schulz, E., Tajnšek, A., Toth, Z., Wegener, H. in Zorn, W., 2012. Effect of different mineral and organic fertilization on yield, N-uptake, C- and N-balance, as well as C-content and C-dynamics in the soil, derived from the results of 21 long-term field experiments in the 21th century. Archives of Agronomy and Soil Sciences, v tisku
- Osterburg, B. in Don, A. C-Kreislauf ist klimaneutral. 2020; top agrar 8/2020
- Statistični letopis LR Slovenije, Kmetijstvo, 1953. SURS, shranjeno v PDF
- Tajnšek, A. 2000. Sommertagung 2000 der internationalen Arbeitsgemeinschaft Bodenfruchtbarkeit vom 04. bis 6. Juni in Slowenien, UNI Ljubljana, BF, Landwirtschaftliche Abteilung, Lehrstuhl für Acker- und Pflanzenbau, Ljubljana, 69 s.
- Tajnšek, T. 1979. Strnine in koruza v Sloveniji. ČZP Kmečki glas, Ljubljna, 187 str.
- Tajnšek, A. 2007. Gibanje strukture poljščin v Sloveniji v letih 1960–2006. Neobjavljeni grafični zapiski s predavanj. UNI Ljubljana, BF, Oddelek za agronomijo, Splošno poljedelstvo, 8 slidov
- Tajnšek, A. 2008. Bilanciranje hranil na poljedelsko–živinorejski kmetiji. Novi izzivi v poljedelstvu, 12-20
- Tajnšek, L. 2015. Pojavljanje mikotoksinov zearalenon in dioksinivalenol na zrnju pšenice (*Triticum aestivum* L.) v odvisnosti od ololjskih dejavnikov. Doktorska disertacija. Ljubljana, 54-68, 132 s.
- The World Bank. 2021. Dostopno na: <https://www.worldbank.org>

Privzem težkih kovin v konopljo na neonesnaženih tleh

Barbara ČEH⁵², Bojan ČREMOŽNIK⁵³ in David GERŠAK⁵⁴

Izvleček

Zaradi razširjenega podatka, da je konoplja odlična privzemnica težkih kovin in kot takšna primerna za fitoremediacijo, nas je zanimalo, ali tudi na s težkimi kovinami neonesnaženih tleh prekomerno privzema te elemente. V letih 2021 in 2022 smo postavili poskus na dveh s težkimi kovinami neonesnaženih njivah (evtrična tla, ilovica) v Spodnji Savinjski dolini in analizirali privzem svinca, kadmija in cinka v korenine, stebila z listi in socvetja konoplje. V vsebnosti cinka ni bilo značilne razlike glede na lokacijo, v 2021 ni bilo razlike niti glede na del rastline, medtem ko je bila v letu 2022 v socvetju značilno večja vsebnost cinka kot v stebilih z listi in koreninah. V obeh letih je bila značilno večja koncentracija svinca v koreninah kot v stebilih z listi in socvetju, glede na lokacijo razlike v vsebnosti svinca ni bilo. V vsebnosti kadmija je bila značilna razlika tako glede na lokacijo kot glede na del rastline (v koreninah v obeh letih največ). S primerjavo podatkov drugih avtorjev ugotavljamo, da je privzem v konopljo na neonesnaženih tleh manjši kot na onesnaženih. Konoplja, pridelana na s težkimi kovinami neonesnaženih tleh, se je pokazala z manjšo vsebnostjo težkih kovin v socvetju v primerjavi z v literaturi navedenimi vrednostmi pridelane na onesnaženih tleh.

Ključne besede: konoplja, *Cannabis sativa*, težke kovine, privzem, svinec, cink, kadmij

Uptake of heavy metals by hemp grown in uncontaminated soil

Abstract

Due to the widespread information that hemp is an excellent absorber of heavy metals and as such suitable for phytoremediation, we were interested in whether it excessively absorbs these elements even on soils not contaminated with heavy metals. In 2021 and 2022, we set up a field experiment on two heavy metal-uncontaminated fields (eutric soil, loam) in the Lower Savinja Valley. We analysed the uptake of lead, cadmium and zinc into roots, stems with leaves and inflorescences of hemp. There was no significant difference in zinc content according to the location, in 2021 there was no difference even according to the plant part, while in 2022 the zinc content was significantly higher in the inflorescence than in the stems with leaves and roots. In both years, the lead content was significantly higher in the roots than in the stems with leaves and inflorescence, there was no difference in the lead content depending on the location. There was a significant difference in the cadmium content according to the location and according to the plant part (the highest in the roots in both years). By comparing the data of other authors, we found out that the uptake of investigated heavy metals with hemp on uncontaminated soil is lower than on contaminated soil. Hemp grown on soils uncontaminated with heavy metals showed a lower content of heavy metals in the inflorescence compared to the values reported in the literature when grown on contaminated soils.

Key words: hemp, *Cannabis sativa*, heavy metals, uptake, lead, zinc, cadmium

1 UVOD

Onesnaževala so kemijske snovi, ki so nenamerno prisotne v živilih. Te snovi so lahko prisotne v živilih kot posledica onesnaženja iz okolja kot tudi različnih faz pridelave, pakiranja,

⁵² Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, e-pošta: barbara.ceh@ihps.si

⁵³ Dipl. inž. agr. in hort., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, e-pošta: bojan.cremoznik@ihps.si

⁵⁴ Univ. dipl. inž. str., Zadruga Konopko, e-pošta: david.gersak@konopko.si

transporta, shranjevanja ali priprave živil. Svinec in kadmij uvrščamo kot elemente v sledovih v skupino okoljskih in industrijskih onesnaževal (Onesnaževala v živilih, 2022).

Zelo primerna in okolju prijazna za čiščenje tal je metoda imenovana fitoremediacija (Ahmad in sod., 2016), vendar pa se pri tej metodi onesnaževala nakopičijo v rastlini, ki zato ni primerna za prehranske namene. Zaradi vsestranske možnosti uporabe pa lahko konopljo, ki jo uporabimo za fitoremediacijo tal, namenimo za neprehransko industrijo (gradbeništvo, tekstilstvo, papirništvo, tehnične aplikacije oz. drugo industrijo). Zelo dobro absorbira težke kovine, kot so kadmij, cink, nikelj, svinec in krom (Ahmad in sod., 2016; Campbell in sod., 2002; Habjančič, 2015).

Zaradi razširjene informacije, da je konoplja odličen privzemnik težkih kovin in kot takšna primerna za fitoremediacijo, nas je zanimalo, ali tudi na s težkimi kovinami neonesnaženih tleh prekomerno privzema te elemente.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Pilotni poskus je zajemal dve njivi/kmetiji v Spodnji Savinjski dolini (poimenovani R in K). Spomladi in jeseni v letih 2021 in 2022, pred setvijo in po žetvi konoplje, smo tla vzorčili do globine 25 cm in vzorce analizirali na težke kovine svinec, kadmij in cink, ter izvedli standardno pedološko analizo. Seznam opravil in tehnoloških ukrepov je v grobem predstavljen v preglednici 1. Gnojenje s fosforjevimi in kalijevimi gnojili je potekalo ob setvi glede na analizo tal v letu 2021 na obeh kmetijah, v letu 2022 pa le na kmetiji R, medtem ko na kmetiji K v letu 2022 niso gnojili. Na kmetiji R so v obeh letih dognojevali z dušikom (KAN) okrog 12. 6. Na kmetiji R so tudi apnili, in sicer 5. 1. 2022 v skladu z analizo tal s pripravkom Calcevita.

Preglednica 1: Seznam opravil v poskusu

	Sorta konoplje	Čas setve	Količina semena za setev	Žetev
Kmetija R	Fedora 17 v obeh letih	11. 5. 2021 in 16. 5. 2022	40 kg/ha	3. 9. 2021 in 1. 9. 2022
Kmetija K	Futura 75 v 2021, Fedora 17 v 2022	11. 5. 2021 in 13. 5. 2022	25 kg/ha	25. 9. 2021 in 5. 9. 2022

V času spravila konoplje smo izvedli vzorčenje rastlin in tal. Vsako rastlino smo previdno izkopali, tako da smo pridobili tudi korenine. Po izkopu smo rastline razrezali na posamezne dele: korenine, stebila z listi in socvetja. S korenin smo odstranili zemljo najprej z izpiranjem v vedru, da se je zemlja razmočila, potem pa pod tekočo vodo in počakali, da se je površina naravno osušila. Posamezne dele rastlin smo nato stehali. Del vzorcev smo dali sušiti za določitev vsebnosti vlage, drug del vzorcev pa smo v laboratoriju analizirali na vsebnost težkih kovin (Pb, Cd in Zn). Podatke smo obdelali s programoma Excel in Statgraphisc Centurium.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Analiza tal

Rezultati analize tal so prikazani v preglednici 2. Za primerjavo podajamo preglednico 3, v kateri so navedene mejne, opozorilne in kritične vrednosti težkih kovin v tleh. Kot je razvidno iz primerjave preglednic, vsebnost svinca in cinka ni bila presežena ne spomladi in ne jeseni na nobeni od vključenih njiv, so pa bile vsebnosti v vseh primerih nekoliko večje na kmetiji R v primerjavi s kmetijo K. To je lahko posledica drugačne lokacije glede emisij iz zraka ali uporabe

drugačnih gnojil na obeh njivah v preteklosti. Mejna vsebnost kadmija je bila malenkost presežena na kmetiji R spomladi 2022, vendar je do jeseni že padla pod mejno vrednost, poleg tega je bila prekoračitev izjemno majhna. Mejna vrednost tudi sicer nima bistvenega pomena, pri tej vrednosti so učinki ali vplivi na zdravje človeka ali okolje še spremenljivi, saj je šele opozorilna vrednost tista, pri kateri pri določeni vrsti rabe tal obstaja možnost škodljivih učinkov ali vplivov na zdravje človeka in okolje. Podatki torej kažejo, da se je konoplja pridelovala na neonesnaženih tleh s preučevanimi težkimi kovinami (Pb, Cd in Zn).

Preglednica 2: Vsebnost težkih kovin v tleh spomladi in po spravilu konoplje na dveh preučevanih njivah (kmetija R in kmetija K)

Oznaka vzorca	Termin meritve	Cd-kadmij (mg/kg tal)	Pb-svinec (mg/kg tal)	Zn-cink (mg/kg tal)
Kmetija R	4. 6. 2021	0,9	25	79
	3. 9. 2021	0,9	28	77
	21. 4. 2022	1,0	25	71
	13. 9. 2022	1,1	59	103
Kmetija K	4. 6. 2021	0,9	19	70
	15. 9. 2021	0,9	22	65
	21. 4. 2022	0,8	25	60
	14. 9. 2022	0,8	36	78

Preglednica 3: Mejne, opozorilne in kritične vrednosti v tleh (uredba Ur. l. RS 68/96)

Snov	Mejna vrednost* (mg/kg tal)	Opozorilna vrednost** (mg/kg tal)	Kritična vrednost** (mg/kg tal)
Cd-kadmij	1	2	12
Pb-Svinec	85	100	530
Zn-cink	200	300	720

***Mejna imisijska vrednost** je gostota posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni takšno obremenitev tal, da se zagotavljajo življenjske razmere za rastline in živali, in pri kateri se ne poslabšuje kakovost podtalnice ter rodovitnost tal. Pri tej vrednosti so učinki ali vplivi na zdravje človeka ali okolje še spremenljivi.

****Opozorilna imisijska vrednost** je gostota posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni pri določeni vrsti rabe tal verjetnost škodljivih učinkov ali vplivov na zdravje človeka in okolje.

*****Kritična imisijska vrednost** je gostota posamezne nevarne snovi v tleh, pri kateri zaradi škodljivih učinkov ali vplivov na človeka in okolje onesnažena tla niso primerna za pridelavo rastlin, namenjenih prehrani ljudi ali živali.

Rezultati osnovne analize vzorcev tal so podani v preglednici 4. Tla na njivah so bila ustrezno preskrbljena s fosforjem in organsko snovjo ter srednje dobro preskrbljena s kalijem. V reakciji tal pa je bila med njivama razlika, in sicer je bila le-ta višja na kmetiji K kot na kmetiji R. Zato so na kmetiji R tudi izvedli januarja 2022 apnjenje.

S primerjavo podatkov v preglednici 4 vidimo, da se parametri glede na čas vzorčenja niso bistveno spreminjali. Tudi v drugih parametrih standardne pedološke analize (podatki niso prikazani) med vzorčenji in tudi med njivama bistvenih razlik ni bilo. Tla na obeh njivah so I – ilovica (srednje težka tla), vrednost V (zasičenost z bazičnimi kationi) na obeh njivah tla razvrsti med evtrična tla, kationska izmenjalna kapaciteta (vrednost T; skupna vsota izmenljivih kationov, ki jih tla lahko adsorbirajo) je bila v vzorcu kmetije K visoka, kmetije R pa srednja.

Preglednica 4: Rezultati kemijske analize tal (metoda Al; globina vzorčenja 25 cm)

Oznaka vzorca	Termin meritve	pH	P ₂ O ₅ (mg/100 g tal)	K ₂ O* (mg/100 g tal)	Organska snov (%)
Kmetija R	pomlad 2021	5,4	19,7 C*	18,1 B	3,4
	jesen 2021	5,3	19,0 C	17,9 B	3,4
	pomlad 2022	5,4	18,8 C	17,3 B	3,3
	jesen 2022	5,3	17,6 C	16,7 B	3,2
Kmetija K	pomlad 2021	7,3	14,6 C	11,8 B	3,0
	jesen 2021	7,1	14,3 C	11,7 B	2,9
	pomlad 2022	7,1	14,1 C	12,3 B	2,8
	jesen 2022	7,0	14,4 C	12,0 B	2,8

Legenda: pH = reakcija tal (kislost tal), KCl = kalijev klorid, P₂O₅ = fosfat, K₂O = kalij

*Črke ob številčnih vrednostih označujejo stopnjo preskrbljenosti tal z določenim hranilom: B: srednje preskrbljena tla, C: dobro preskrbljena tla

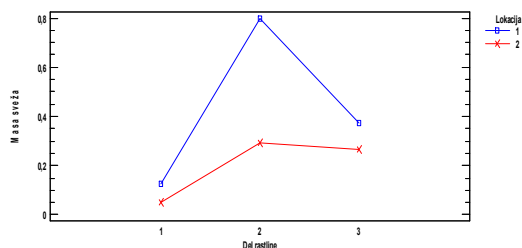
3.2 Masa posameznih delov rastline in vsebnost težkih kovin

Masa sveže snovi se je v letu 2021 značilno razlikovala tako glede na lokacijo kot glede na del rastline (preglednica 5). Na lokaciji K je bila pridelana biomasa skupaj (stebila z listi + korenine + socvetja) značilno večja kot na lokaciji R. V letu 2021 sta kmetiji pridelovali različno sorto, tako da je razlika v masi lahko posledica tako lokacije kot sorte.

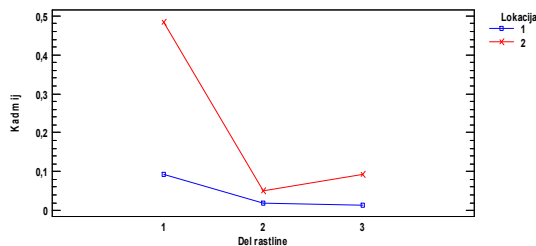
Preglednica 5: Masa posameznih delov ene rastline (korenine, stebila z listi, socvetja) in vsebnost težkih kovin v tkivu v letu 2021 glede na lokacijo (R, K)

		Masa sveže snovi (g)	Masa suhe snovi (kg)	Cink - Zn (mg/kg)	Svinec - Pb (mg/kg)	Kadmij - Cd (mg/kg)
Lokacija	K	43 b*	25,0 b	40,0 a	0,63 a	0,04 a
	R	20 a	11,8 a	30,0 a	0,87 a	0,21 b
Del rastline	Korenine	9 a	5,8 a	36 a	1,82 b	0,29 b
	Stebila z listi	55 c	31,5 c	26 a	0,35 a	0,04 a
	Socvetje	32 b	18,0 b	42 a	0,08 a	0,05 a

*Enaka črka znotraj istega dejavnika (Lokacija, Del rastline) v stolpcu pomeni, da med variantama ni dokazljive (značilne) razlike (Duncanov test, p=0,05).



Slika 1: Sveža masa - interakcija del rastline (korenine = 1, stebila z listi = 2, socvetja = 3) x lokacija (1 = K, 2 = R) v letu 2021



Slika 2: Vsebnost kadmija v 2021 glede na del rastline (korenine = 1, stebila z listi = 2, socvetja = 3) in lokacijo (1 = K, 2 = R)

Značilno največjo maso so imela stebila z listi, sledila je masa socvetij, najmanjšo maso so imele korenine. Interakcija del rastline (korenine = 1, stebila z listi = 2, socvetja = 3) x lokacija (1 = K, 2 = R) je bila v letu 2021 značilna, torej se je masa posameznega dela rastline razlikovala po odzivu glede na lokacijo pridelave (slika 1). Enak rezultat je bil tudi pri pridelku suhe snovi.

V vsebnosti cinka v letu 2021 ni bilo značilne razlike ne glede na lokacijo in ne glede na del rastline (preglednica 5).

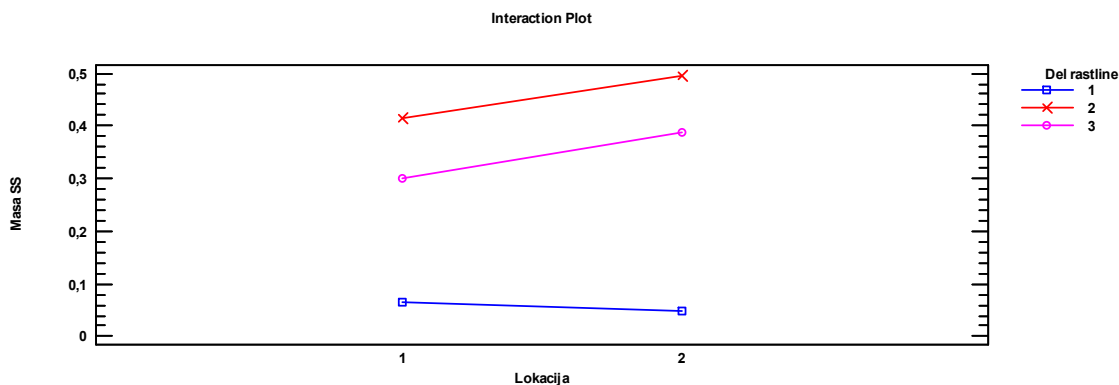
V vsebnosti svinca je bila dokazljiva razlika med deli rastline, in sicer je bila le ta značilno večja v koreninah kot v stebilih z listi in socvetju. Glede na lokacijo razlike v vsebnosti svinca ni bilo. V vsebnosti kadmija je bila značilna razlika tako glede na lokacijo kot glede na del rastline. Na kmetiji R je bila vsebnost kadmija značilno večja kot na kmetiji K, kar bi lahko bila posledica druge sorte (večja pri sorti Fedora 17 kot sorti Futura 75). V koreninah je bila vsebnost kadmija značilno večja kot v stebilih z listi in socvetju (slika 2).

V preglednici 6 so navedeni rezultati analize rastlinskega tkiva za leto 2022. Medtem ko se masa sveže snovi med lokacijama ni značilno razlikovala, pa se je značilno med lokacijama razlikovala masa suhe snovi, in sicer je bila le ta večja na kmetiji K. Glede na del rastline je bila značilno največja masa dosežena s stebli z listi, sledila so socvetja, najmanjšo maso tako sveže snovi kot suhe snovi pa so imele korenine, kar je skladno z rezultati prvega leta poskusa. Interakcija Lokacija x Del rastline je bila značilna, torej se je masa izrazila različno glede na lokacijo pridelave (slika 3).

Preglednica 6: Masa posameznih delov ene rastline (korenine, listi s stebli, socvetja) in vsebnost težkih kovin v tkivu v letu 2022 glede na lokacijo (R, K)

		Masa sveže snovi (g)	Masa suhe snovi (kg)	Cink-Zn (mg/kg)	Svinec-Pb (mg/kg)	Kadmij- Cd (mg/kg)
Lokacija	K	45,6 a	26 b	19 a	0,40 a	0,08 a
	R	50,7 a	31 a	27 a	0,48 a	0,14 b
Del rastline	Korenine	9 a	6 a	16 a	0,79 b	0,16 b
	Stebila z listi	78 c	46 c	8 a	0,15 a	0,05 a
	Socvetje	57 b	34 b	45 b	0,39 a	0,12 b

*Enaka črka znotraj istega dejavnika (Lokacija, Del rastline) v stolpcu pomeni, da med variantama ni dokazljive (značilne) razlike (Duncanov test, $p=0,05$).



Slika 3: Masa suhe snovi v letu 2022 glede na del rastline (korenine = 1, stebila z listi = 2, socvetja = 3) in lokacijo/kmetijo (1 = K, 2 = R)

V vsebnosti cinka v letu 2022 prav tako ni bilo razlike glede na lokacijo kot v letu 2021, bila pa je za razliko od leta 2021 značilna razlika glede na del rastline, in sicer je bila v socvetju značilno večja vsebnost cinka kot v steblih z listi in koreninah.

V vsebnosti svinca je bila slika enaka kot v letu 2021, in sicer med lokacijama ni bilo značilne razlike, med deli rastlin pa je bila, in sicer je bila značilno višja vsebnost svinca v koreninah kot v steblih z listi in socvetju.

V vsebnosti kadmija je bila značilna razlika tako glede na lokacijo kot glede na del rastline. Na kmetiji R je bila vsebnost kadmija značilno večja kot na kmetiji K - tako kot v letu 2021. V koreninah in socvetju je bila vsebnost kadmija značilno večja kot v steblih z listi. Pri slednjem je razlika kot leto prej, ko je bila vsebnost kadmija v socvetju primerljiva z vsebnostjo v steblih z listi.

3.3 Razprava

Mejna vrednost za kadmij v žitih, razen otrobov, kalčkov, pšeničnih zrn in riža je glede na Zgornje mejne vrednosti nekaterih onesnaževalcev v živilih (2022) iz Pravilnika o onesnaževalcih v živilih (2022), za primerjavo z našimi rezultati, 0,1 mg/kg, v otrobih, kalčkih, pšeničnih zrnih in rižu pa 0,2 mg/kg. Socvetje v letu 2021 je imelo vsebnost kadmija pod tema dvema vrednostma, medtem ko je bila vsebnost v socvetju v letu 2022 malenkost nad mejo 0,1 vendar pod 0,2 mg/kg. Na neonesnaženih tleh torej vsebnost kadmija v socvetju konoplje ni omejevala njegove uporabe.

Na lokaciji Medlog (1,1 mg Cd/kg tal) v raziskavi Zorko (2019) je bila največja koncentracija kadmija izmerjena v koreninah sorte Futura 75 (0,28 mg/kg), manjša v socvetju sorte Futura 75 (0,20 mg/kg). Na lokaciji Babno (1,7 mg Cd/kg tal) je bila največja koncentracija kadmija izmerjena v socvetju sorte Tisza (0,28 mg/kg), manjša v koreninah sorte Tisza (0,27 mg/kg) in koreninah sorte Futura 75 (0,22 mg/kg). Na lokaciji Bukovžlak (6,6 mg Cd/kg tal) je bila največja koncentracija kadmija izmerjena v socvetju sorte Futura 75 (1,66 mg/kg) in koreninah sorte Futura 75 (0,92 mg/kg). Na onesnaženih tleh je bila orientacijska vrednost za kadmij, ki smo jo sicer povzeli od drugih pridelkov, v socvetju konoplje presežena, obenem pa je bila večja vsebnost v socvetju pri večji vsebnosti kadmija v tleh.

Za na primer žita (vključno z ajdo) in stročnice je zgornja mejna vsebnost svinca 0,2 mg/kg. Socvetje konoplje je imelo v našem poskusu v letu 2021 vsebnost svinca 0,08 mg/kg, v letu 2022 pa 0,39 mg/kg. Za konopljo podatka ni, bi bila pa potrebna oziroma zaželeno, saj je socvetje konoplje težko primerjati z zrnjem stročnic ipd. Eržen in sod. (2003) so ugotovili, da je v vsebnosti svinca v analiziranih vzorcih živil veliko nihanje, kar naj bi bila posledica velike variabilnosti lokalnih dejavnikov, ki vplivajo na absorpcijo svinca iz okolja, zlasti obremenjenosti zraka s prašnimi delci ter oddaljenosti od prometnic in prevladujoče smeri ter jakosti vetra.

Najmanjšo koncentracijo svinca v rastlinskih delih so v poskusih Zorko (2019) izmerili na lokaciji v kraju Medlog (41,4 mg Pb/kg tal), največjo pa na lokaciji v kraju Bukovžlak, ki je bila s svincem najbolj onesnažena (98,2 mg Pb/kg tal). Takšne rezultate so pričakovali, ker so lokacijo v Medlogu uporabili kot kontrolno, v Bukovžlaku pa so bila tla onesnažena zaradi najmanjše oddaljenosti od vira onesnaženja. Če povzamemo rezultate vsebnosti v socvetju sort Futura 75 in Tisza iz njihovega poskusa, ugotovimo, da je bila najmanjša vsebnost na lokaciji Medlog (1,08 oziroma 0,99 mg/kg SS), sledi Babno (3,27 oziroma 6,27 mg/kg SS; v tleh te lokacije je bilo sicer 83,7 mg Pb/kg tal) in največja na najbolj onesnaženi lokaciji Bukovžlak (10,6 mg/kg SS pri sorti Futura 75).

Medtem ko svinec in kadmij uvrščamo kot elemente v sledovih v skupino okoljskih in industrijskih onesnaževal, je cink pomembno hranilo tako za rastline kot človeka. Priporočen

dnevni vnos za odrasle, na osnovi referenčnih vrednosti za označevanje živil, za cink znaša 10 mg. Zaloge cinka v telesu niso zelo velike, zato je potreben stalen vnos. V 100 g ajde, na primer, je 3 mg cinka (Portal Zdrava prehrana, 2022). Vsebnost v socvetju konoplje v našem poskusu je bila 42 oziroma 45 mg/kg v letu 2021 oziroma 2022.

Angelova in sod. (2004) so naredili poskus na onesnaženih tleh s tremi vrstami poljščin, lanom konopljo in bombažem, z namenom ugotoviti, katera vrsta bolj uspešno kopiči težke kovine v svojih tkivih. Ugotavljali so privzem v korenine, liste, stebila in semena. Ugotovili so, da je lan najbolj uspešno akumuliral cink v svoja tkiva, in sicer največ v korenine (211,8 mg/kg), sledila je konoplja, ki je največ cinka akumulirala v socvetja (78,6 mg/kg). Bombaž je največ cinka akumuliral v liste (45,4 mg/kg), najmanj pa v stebila (2,3 mg/kg). Ugotovili so, da sta lan in konoplja potencialno primerni kulturi za čiščenje onesnaženih tal s težkimi kovinami, bombaž pa ni primeren.

V magistrski nalogi Zorko (2019) so skoraj nasprotno kot v našem poskusu najpogosteje največjo koncentracijo Pb, Zn in Cd pri obeh preučevanih sortah, Tisza in Futura 75, izmerili v socvetju, sledile so korenine in semena, najmanjši privzem Pb, Zn in Cd pa je bil pri obeh sortah v stržen in povrhnjico. Je pa njihov poskus potekal na onesnaženih tleh. Na lokaciji Medlog (157 mg Zn/kg tal) je bila največja koncentracija cinka izmerjena v semenu sorte Futura 75 (99,8 mg/kg), manjša v socvetju Futura 75 (83,8 mg/kg), sledila so semena (83,2 mg/kg) in socvetja (80,4 mg/kg) sorte Tisza. Najmanjša koncentracija cinka v Medlogu je bila izmerjena v strženu sorte Futura 75 (3,9 mg/kg) in strženu ženske rastline sorte Tisza (4,4 mg/kg). V našem poskusu, v katerem smo konopljo pridelovali na s težkimi kovinami neonesnaženih tleh, je bila vsebnost cinka v socvetju polovico manjša. Sploh pa je bila še dosti manjša od rezultatov bolj onesnažene lokacije Bukovžlak (708 mg Zn/kg tal), ki jo je preučevala Zorko (2019); tam je bila največja koncentracija cinka izmerjena v socvetju sorte Futura 75 (151,9 mg/kg) in semenu sorte Futura 75 (111,3 mg/kg). Večji privzem cinka v socvetje je bil torej na bolj s cinkom onesnaženih tleh.

4 SKLEPI

Pokazalo se je, da je privzem kadmija in svinca v rastlino odvisen od leta pridelave, lokacije (onesnažena, neonesnažena) in sorte konoplje.

Če primerjamo rezultate našega poskusa na s težkimi kovinami neonesnaženih tleh z rezultati privzema na onesnaženih tleh (Zorko, 2019), ugotovimo, da je bil privzem težkih kovin v vse del rastlin konoplje večji na onesnaženih tleh in toliko večji, kot je bila večja vsebnost v tleh. Je bila pa tudi na onesnaženih tleh koncentracija kadmija v rastlini odvisna od leta pridelave, sorte in od dela rastline.

Tudi koncentracija cinka v konoplji je bila v našem poskusu, kjer smo konopljo pridelovali na čistih tleh, v socvetju polovico manjša kot na lokacijah poskusov Zorko (2019) na onesnaženih tleh.

V poskusu smo pridelovali konopljo na neonesnaženih tleh in vsebnost preučevanih težkih kovin v njenih delih je bila dosti manjša kot v poskusih drugih avtorjev, ki so jo pridelovali na onesnaženih tleh. Vendar je težko reči, ali je bilo pridelano socvetje neoporečno za uporabo v prehrabne namene, saj nimamo mejnih vrednosti za dovoljeno vsebnost težkih kovin. Pridelava na s težkimi kovinami onesnaženih tleh se lahko odrazi v previsoki vsebnosti težkih kovin v njenih tkivih in je zato bolj primerna za druge namene, na primer za gradbeništvo oz. za tehnično rabo. Torej je smiselno dobro poznati tla, na katerih pridelujemo konopljo, preden se odločimo za način uporabe pridelka.

Zahvala. Raziskava in prispevek sta nastala v okviru LAS projekta Uporaba konoplje za čiščenje onesnažene zemljine (fitoremediacija), ki smo ga izvajali v letih 2021–2022 s sofinanciranjem Evropskega kmetijskega sklada za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje.

5 VIRI IN LITERATURA

- Ahmad R., Tehsin Z., Malik S.T., Asad S.A., Shahzad M., Bilal M., Shan M.M., Khan S. A., 2016. Phytoremediation potential of hemp (*Cannabis sativa* L.): identification and characterization of heavy metals responsive genes. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 44, 2: 195-201
- Angelova V., Ivanova R., Delibaltova V., Ivanov K. 2004. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). *Industrial Crops and Products*, 19, 3: 197-205
- Campbell S., Paquin D., Awaya J. D., Qing X. L. 2002. Remediation of benzo[a]pyrene and chrysene-contaminated soil with industrial hemp (*Cannabis sativa*). *International Journal of Phytoremediation*, 4, 2: 157-168
- Eržen, I., Bošnjak, K., Uršič, S. 2003. Kadmij in svinec v živilih rastlinskega izvora, pridelanih na območju Teharij in Medloga (MO Celje) - kazalca onesnaženosti okolja. *Zdrav. Var.* 2005; 44: 85-92.
- Habjančič A. 2015. Bioremediacija tal onesnaženih z naftnimi derivati. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo: 19 str.
- Onesnaževala v živilih. 2022. Dostopno na: <https://www.gov.si teme/onesnazevala-v-zivilih/>
- Portal Zdrava prehrana. 2022. Dostopno na: <https://www.nutris.org/prehrana/abc-prehrane/minerali/193-cink.html>
- Pravilnik o onesnaževalcih v živilih. Dostopno na: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2003-01-3323/pravilnik-o-onesnazevalcih-v-zivilih>
- Zgornje mejne vrednosti nekaterih onesnaževalcev v živilih. Dostopno na: https://www.uradni-list.si/files/RS_-2003-069-03323-OB~P001-0000.PDF
- Zorko K. Uporaba navadne konoplje za fitoremediacijo tal onesnaženih s težkimi kovinami v Celjski kotlini. Mag. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2019.

Zrnate stročnice v prehrani ljudi – rezultati projekta EIP

Blaž CIGIČ⁵⁵, Manca OZVATIČ⁵⁶, Darja KOCJAN AČKO⁵⁷, Silva GROBELNIK MLAKAR⁵⁸ in Tomaž POLAK⁵⁹

Izvleček

Globalizacija od druge polovice 20. stoletja dalje je približala daljave in omogočila uvoz živil iz drugih delov sveta. Podobno kot za tako imenovane razvite države, je tudi za Slovenijo značilno, da zrnate stročnice (fižol, grah, bob, lečo, čičeriko) za prehrano ljudi, ki so bile nekoč v lokalni pridelavi, zdaj v glavnem uvažamo od drugod. Čeprav sojo v zadnjih letih uspešno pridelujemo na 1500 do 3000 ha slovenskih njiv, pridelek zrnja izvozimo, v tujini pa kupujemo številne polizdelke in izdelke. V okviru projekta Evropskega inovativnega partnerstva (EIP) »Zrnate stročnice – pridelava, predelava in uporaba« smo proučevali pomanjkljivosti predelave soje in drugih zrnatih stročnic pri nas. Poskus smo zastavili s ciljem prikaza praktičnega primera uporabe soje v prehrani in vključevanja domače surovine (moke iz sojine pogače), in sicer smo pripravili kruh iz bele moke navadne pšenice pri mešanju s polnomastno sojino moko in moko iz sojine pogače pri različnih deležih dodane soje (0, 10, 30 in 50 %). Dodatek polnomastne sojine moke in moko iz sojine pogače je prispeval k večji vsebnosti beljakovin, maščob, antioksidantov, poliaminov in prehranskih vlaknin v kruhu. Poleg boljše hranilne vrednosti se sojin kruh stara počasneje od belega pšeničnega kruha.

Ključne besede: prehrana ljudi, zrnate stročnice, lokalne surovine, predelava, pšenična bela moka, polnomastna sojina moka, moka iz sojine pogače, sojin kruh

Grain legumes in human nutrition – project results EIP

Abstract

Globalisation since the second half of the 20th century has brought distances closer together and made it possible to import food from other parts of the world. Similar to other so-called developed countries, Slovenia is also characterised by the fact that grain legumes (beans, peas, broad beans, lentils, chickpeas) for human consumption, which used to be grown locally, are now mainly imported from other countries. Although we have successfully cultivated soybean on 1,500 to 3,000 ha of Slovenian fields in recent years, we export the grain harvest and buy many finished and semi-finished products abroad. As we have investigated the deficits in the processing of soy and other grain legumes in our country within the project "Grain legumes – production, processing and use" of the European Innovation Partnership (EIP), we studied the shortcomings of the processing soybeans and other grain legumes in our country. We set up the experiment with the aim of showing as a practical example of the use of soy in nutrition and the inclusion of a local raw material (soymeal flour), the preparation of bread from refined wheat flour mixed with full-fat and soymeal flour in different proportions (0, 10, 30 and 50%) is presented. The addition of soy full-fat flour and soymeal flour contributed to higher levels of protein, fat, antioxidants, polyamines and fibre in the bread. Besides the better nutritional value, the soy bread also becomes stale more slowly than the wheat bread.

Key words: human nutrition, grain legumes, local raw materials, processing, wheat white flour, full fat soybean cake flour, soybean bread

⁵⁵ Prof., dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, e-pošta: blaz.cigic@bf.uni-lj.si

⁵⁶ Mag., univ. živ. teh., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, e-pošta: manca.ozvatic@gmail.com

⁵⁷ Doc., dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, e-pošta: darja.kocjan@bf.uni-lj.si

⁵⁸ Doc., dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in Biosistemske vede, e-pošta:

silva.grobelnik@bf.uni-um.si

⁵⁹ Izr. prof., dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, e-pošta: tomaz.polak@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Zrnate stročnice že dolgo zasedajo pomembno vlogo v humani prehrani, saj so bogat vir prehransko pomembnih hranil in mikrohranil (Cigić in sod., 2022).

V okviru EIP projekta »Zrnate stročnice – pridelava, predelava in uporaba« je potekalo večje število aktivnosti, ki so posredno, ali neposredno vezane na uporabo zrnatih stročnic v humani prehrani. Podrobneje smo obravnavali teme vezane na prehranske značilnosti stročnic in živil iz stročnic, dejansko pripravo živil z vključenimi stročnicami in nekatere metode, s katerimi lahko vplivamo na prehransko vrednost stročnic.

Stročnice so skupaj z žiti že v času prvih civilizacij vključevali v kruh, kar se nadaljuje tudi danes (Cigić in sod., 2019). Ugotovili smo, da lahko dodatek polnomastne sojine moke, ali moke iz sojine pogače izboljša prehransko vrednost biskvita (Kozamernik, 2022) in upočasni proces staranja kruha (Ozvatič, 2022) pri čemer dodatek sojine moke nima negativnega vpliva na senzorične lastnosti. Iz soje in fižola pridelanih v okviru projekta lahko pripravimo odlične namaze, kjer z dodatki različnih začimb zagotovimo pestrost barv in okusov (Šipoš, 2021).

Prehranska vrednost živil rastlinskega izvora ima zelo pomembno vlogo pri odločitvi potrošnikov za nakup in vključevanje v prehrano. Stročnice imajo ugoden vpliv na metabolizem (Tašler, 2022), ki temelji na odlični prehranski vrednosti (Cimperman, 2018). Tudi manj znane stročnice, kot je na primer volčji bob, postajajo zaradi tehnoloških možnosti predelave in prehranskih lastnosti vse bolj zanimive za potrošnika (Drašler, 2019). Po drugi strani pa vsebujejo stročnice tudi relativno veliko antinutritivnih spojin, katerih vsebnost lahko zmanjšamo z različnimi tehnološkimi pristopi. V zadnjem času se vse bolj uporablja ekstruzija, s katero lahko vplivamo tako na prehranske kot tehnološke lastnosti (Pekolj, 2021). Prehransko vrednost lahko v veliki meri povečamo tudi s kalitvijo semen, pri čemer se zmanjša vsebnost nekaterih prehransko nezaželenih spojin in hkrati poveča vsebnost nekaterih zaželenih mikrohranil (Kralj Cigić in sod., 2020). Vse več zanimanja je tudi za fermentirana živila, kjer lahko bodisi s spontano fermentacijo ali z dodatkom starterske kulture vplivamo na prehransko vrednost in senzorične lastnosti. Po drugi strani pa lahko med fermentacijo nastajajo tudi biogeni amini (Mejaš, 2020; Polak in sod., 2021), katerih vsebnost v živilih ni zaželena, zato je potrebno pogoje fermentacije ustrezno kontrolirati.

Od današnjih stročnic v svetu so v Evropi in Ameriki opazili sojo najpozneje, šele v 18. stoletju. Z razvojem agronomije in živilstva so odkrili, da ima tisočletja glavna prehranska stročnica Kitajske in vzhodne Azije, velik potencial za bogatenje tal z dušikom ter uporabo v prehrani ljudi in živinoreji (Kocjan Ačko in Ačko, 2016). Njena izjemna sestava beljakovin z vsemi esencialnimi aminokislinami in vlaknatim videzom nekaterih izdelkov je namreč podobna beljakovinom v živalskem mesu. Zaradi beljakovinske sestave je danes soja adut brezmesnega prehranjevanja, zaradi vsebnosti prehranskih vlaknin, ugodne sestave maščob in antioksidantov pa je pomembno živilo za ljudi, ki jim je mar zdrav življenjski slog (Cigić in sod., 2022).

Z uvajanjem soje v pridelavo po letu 2015 in njenim vključevanjem v kolobar je tudi pri nas priložnost, da polizdelkom iz tujine (sojina moka) in izdelkom, kot so sojini namazi, koščki, mlinsko-pekovski izdelki, pridružimo domače in na ta način pridobimo za humano prehrano več beljakovin s slovenskih njiv. Vzglede za pripravo sojinih strokov, kalčkov in praženega zrnja, sojinih napitkov, tofuja (Jakolič, 2022), fermentiranih in mikrobiološko predelanih živil (sojinih past in omak: miso, tempeh, natto, sofu) lahko najdemo v poglavju Soja v azijski kuhinji. V istem priročniku so namigi, kako z dodatki soje izboljšati že znane mlinsko-pekovske in mesne izdelke ter iz njih pripravljene jedi (Cigić in sod., 2022).

Namen prispevka je podrobneje predstaviti uporabo različnih vrst sojine moke za pripravo kruha in vpliv dodanega deleža sojine moke k beli moki navadne pšenice na prehransko vrednost in staranje kruha.

2 MATERIALI IN METODE DELA

2.1 Pomen soje v prehrani

S pomočjo pregleda literature smo analizirali pomen soje v prehrani ljudi v preteklosti in zdaj, načine priprave zrnja za jedi od enostavnega kuhanja, mletja v moko do fermentiranih in mikrobiološko pridobljenih živil, pa tudi, kako s sojo izboljšati živila iz drugih rastlinskih in živalskih surovin.

2.2 Moke in priprava kruha

Mešanica za zames testa je vsebovala 500 g moke, 9,5 g NaCl, 3,75 g suhega kvasa, 12 mL sončničnega olja z visoko vsebnostjo oleinske kisline in 350 g vode. Pri peki smo uporabljali tri različne moke: pšenično belo moko T400 (bela moka, Žito, Slovenija, lot: 2411200891), polnomastno sojino moko (Panisoy bio, Inveja, Francija, lot: 21-052-33) ter moko iz sojine pogače, ki je bila pridobljena s termično obdelavo in stiskanjem zrnja soje pridelanega na kmetiji Kure v Beli krajini (partner projekta) v okviru EIP projekta. Sojino pogačo smo zmleli v moko z rezalnim mlinom z noži (GM 200, Retsch, Nemčija) in jo nato presejali preko sita z režami velikosti 250 μm . Frakcijo z delci manjšimi od 250 μm smo uporabili kot moko iz sojine pogače.

Polnomastno sojino moko in moko iz sojine pogače smo hranili v hladilniku (4 °C), nato pa smo ju pred pričetkom peke segreli na sobno temperaturo.

Skupna masa moke za pripravo kruha v okviru posameznega zamesa je bila vedno 500 g, pri čemer je bil delež izbrane sojine moke v skupni masi od 0 %, 10 %, 30 % in 50 %. Testo smo pripravili po metodi direktnega zamesa. V posodi smo z metlico ročno premešali moko, sol in kvas. Homogeni mešanici suhih sestavin smo dodali olje ter vodo s temperaturo 35 °C. Za zames smo uporabili mešalnik s kavljem za zames testa (11 min). Testo je vzhajalo na 35 °C v konvektomatu 30 min, nato smo oblikovali dva hlebca po 325 g, ki sta vzhajala še 45 min. Temu je sledila 30-minutna peka na 200 °C. Ohlajena hlebca smo, vsakega posebej, zavili v živilsko folijo, ju dali v polietilensko vrečko in shranili na sobni temperaturi. Z analizami smo nadaljevali naslednji dan. Vzorce, ki so bili namenjeni staranju, smo 24 ur po peki razrezali na kvadre 3×3×2 cm in jih shranili na 4 °C do določanja teksturnih lastnosti.

2.3 Fizikalne analize in kemijske analize

Specifični volumen smo določili po prirejeni metodi AACC (10-05.01), ki temelji na izpodrivu ogrščičnih semen. Trdoto kruha, ki predstavlja maksimalno silo bata na kruh ob stisku vzorca, smo določili z napravo za merjenje teksture (Texture analyser TA.XT plus, Stable Micro Systems LTD, Združeno kraljestvo).

Vsebnost beljakovin smo določali po prirejeni metodi AOAC 991.20 oziroma Kjeldahlovi metodi, vsebnost in maščobno-kislinsko sestavo lipidov s plinsko kromatografijo po predhodni pripravi metilnih estrov maščobnih kislin, vsebnost prehranskih vlaknin po metodi AOAC 991.43, skupne antioksidante s Folin-Ciocalteu metodo (njihovo vsebnost smo izrazili kot Troloks ekvivalente (TE) v masi vzorca, vsebnost spermina in spermidina v vzorcih pa smo določali s HPLC analizo po predhodni derivatizaciji poliaminov z danzil kloridom.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

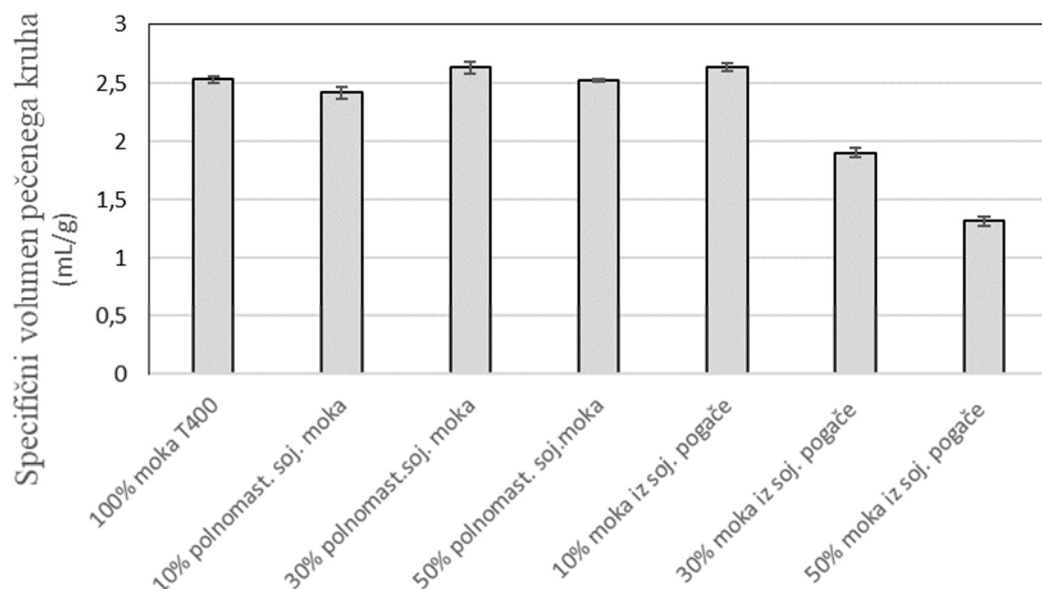
V preglednici 1 so predstavljene vsebnosti makro- in mikrohranil v beli pšenični moki, polnomastni sojini moki in moki iz sojine pogače. Vidne so velike razlike v sestavi hranil med pšenično in obema sojinima mokama, kot tudi razlike med sojinima mokama. V suhi snovi obeh sojinah mok je skoraj 40 % beljakovin, oziroma več kot trikratnik vsebnosti v pšenični moki,

kar se ujema s predhodnimi ugotovitvami (Qin in sod., 2022). Tudi vsebnost maščob je izrazito večja v obeh sojinah mokah, pri čemer je vsebnost maščob v moki iz sojine pogače manjša, kar je posledica iztiskanja olja po termični obdelavi. Poleg višje vsebnosti maščob obe sojini moki vsebujeta tudi več γ -linolenske kisline, kar pomeni ugodnejše prehransko razmerje med ω -3 in ω -6 maščobnimi kislinami (Messina, 2016). Obe sojini moki odlikuje tudi velika vsebnost vlaknine ($\approx 18\%$), kar predstavlja petkratnik vsebnosti v pšenični moki (2,7 %). Obe sojini moki pa se precej razlikujeta v deležu topne vlaknine, in sicer v moki iz sojine pogače (7 %) je vsebnost šestkrat večja kot v polnomastni sojini moki (1 %). V prehranskem smislu imata obe sojini moki v primerjavi s pšenično moko prednost zaradi velike vsebnosti antioksidantov, ki je povezana predvsem s prisotnostjo izoflavonov, ki tudi zaradi visokega antioksidativnega potenciala ugodno vplivajo na zdravje (Qin in sod., 2022). Sojini moki, ki smo jih uporabili, vsebujeta tudi veliko prehransko zaželenih poliaminov, predvsem spermidina, za katerega velja, da njegov velik prehranski vnos prispeva k daljši življenjski dobi (Madeo in sod., 2018).

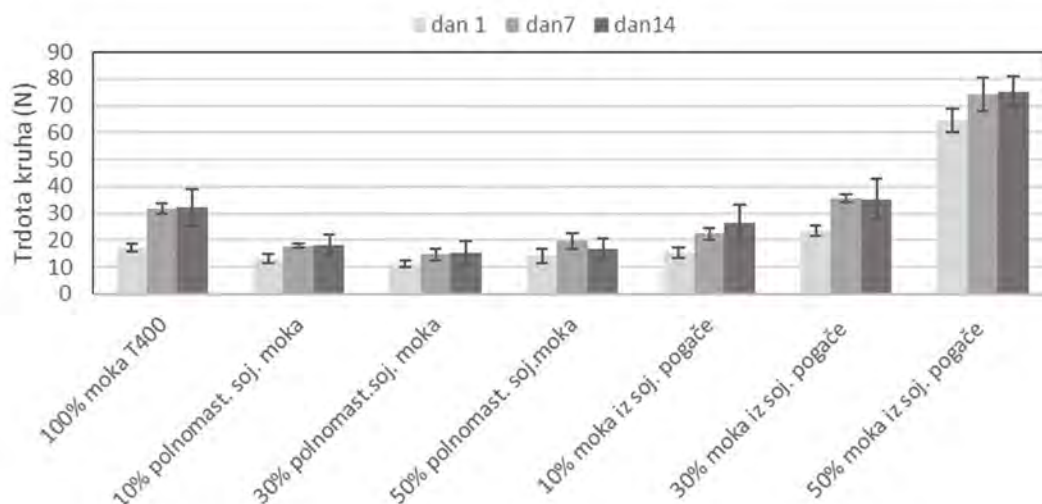
Preglednica 1: Sestava makrohranil in mikrohranil pšenične moke in dveh vrst sojine moke, uporabljenih za pripravo kruha

	Pšenična bela moka T400	Polnomastna sojina moka	Moka iz sojine pogače
Skupne beljakovine (% v ss)	11,6 $\pm$ 0,1	38,1 $\pm$ 0,1	38,4 $\pm$ 0,8
Skupne maščobe (% v ss)	1,0 $\pm$ 0,2	21,3 $\pm$ 0,2	15,6 $\pm$ 0,3
Omega-3 MK (% v ss)	0,034 $\pm$ 0,003	1,5 $\pm$ 0,0	1,1 $\pm$ 0,0
Omega-6 MK (% v ss)	0,65 $\pm$ 0,3	11,5 $\pm$ 0,1	8,6 $\pm$ 0,1
Skupne vlaknine (% v ss)	2,7 $\pm$ 0,4	17,7 $\pm$ 0,4	18,5 $\pm$ 0,5
Topne vlaknine (% v ss)	1,7 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,4	7,0 $\pm$ 0,3
Netopne vlaknine (% v ss)	1,0 $\pm$ 0,3	16,7 $\pm$ 0,3	11,5 $\pm$ 0,2
Antioksidativni potencial (μ mol TE/g ss)	0,8 $\pm$ 0,3	20,8 $\pm$ 0,2	36,4 $\pm$ 0,9
Spermin (μ g/g ss)	1,7	51,1	70,5
Spermidin (μ g/g ss)	4,9	170,4	178,7

S slike 1 je razvidno, da ima dodatek polnomastne sojine moke le majhen vpliv na specifični volumen pečenega kruha, ki se v primeru 30 % dodatka celo poveča, medtem ko se dodatek 30 % ali 50 % moke iz sojinih pogač kaže v manjšem specifičnem volumnu ter bolj zbitem kruhu. Tudi rezultati drugih raziskav (Sabanis in Tzia, 2009; Ayele in sod., 2017) so potrdili zmanjšanje specifičnega volumna v tem primeru, nasprotno pa rezultati Roccia in sod. (2009) kažejo na njegovo povečanje. Veliko razliko v specifičnih volumnih kruhov z dodatki 30 % in 50 % sojine moke, bi lahko pripisali veliko večji vsebnosti topnih vlaknin v moki iz sojine pogače. Znano je namreč, da topne vlaknine dobro vežejo vodo (Mirsaeedghazi in sod., 2008), kar lahko negativno vpliva na reološke lastnosti in vzhajanje testa.



Slika 1: Vpliv dodatka sojine moke na specifični volumen spečenega kruha



Slika 2: Vpliv dodatka sojine moke na trdoto pečenih kruhov v fazi staranja

Specifični volumen kruha (slika 1) se je ujemal z meritvijo trdote kruha (slika 2), pri čemer je razvidno, da je po enem dnevu kruh z dodatkom 30 % polnomastne sojine moke (največji specifični volumen) tudi najmehkejši (najmanjša trdota), kruh z dodatkom 50 % moke z najmanjšim specifičnim volumenom, pa najtrši. Opazne so tudi velike razlike v vplivu staranja na trdoto kruha z dodano polnomastno sojino moko in kontrolnim kruhom. Kruh s 30 % sojine moke je imel celo po 14 dneh shranjevanja manjšo trdoto od en dan starega belega kruha. Upočasnjena proces retrogradacije (rekristalizacije škroba) je pomembna lastnost kakovosti pri podaljšanem roku trajanja kruha. Dejavniki, kot so manjša vsebnost škroba v primeru dodane sojine moke (Rosales-Juárez in sod., 2008), večja vsebnost beljakovin in zato učinkovitejša

vzhajanje testa (Izawa in sod., 2007) ter večja vsebnost maščob, ki upočasni rekristalizacijo škroba (Pareyt in sod., 2011) lahko prispevajo k ohranjanju mehko-bele kruha v primeru dodane sojine moke. Kruhu z dodano polnomastno sojino moko v deležu 10 % (97 % točk) in 30 % (91 % točk) ter kruhu z dodano moko iz sojine pogače v deležu 10 % (93 % točk) je strokovni panel prisodil tudi višjo senzorično oceno v primerjavi s kruhom pripravljenim samo iz pšenične moke tipa 400 (89 % točk).

Iz rezultatov v preglednici 2 je razvidno, da ima dodatek sojine moke tudi ugoden vpliv na prehransko vrednost kruha. Primerjava belega kruha s kruhom z dodatkom 30 % polnomastne sojine moke, ki je bil senzorično bolj ocenjen in se je staral počasneje od belega kruha, razkrije, da ima kruh z dodano sojino moko 70 % večjo vsebnost beljakovin, 180 % večjo vsebnost maščob (z ugodnejšim razmerjem ω -3/ ω -6), 160 % večjo vsebnost vlaknin ter trikrat toliko antioksidantov in petkrat toliko spermidina kot kruh, pripravljen iz bele pšenične moke.

Preglednica 2: Sestava makrohranil in mikrohranil v belem pšeničnem kruhu ter sojinem kruhu z dodatkom 30 % polnomastne sojine moke in 30 % moke iz sojine pogače

	Kruh iz moke T400	Kruh z dodatkom 30 % polnomastne sojine moke	Kruh z dodatkom 30 % moke iz sojine pogače
Skupne beljakovine (%)	6,2 ± 0,1	10,5 ± 0,1	10,4 ± 0,2
Skupne maščobe (%)	1,6*	4,5*	3,7*
Skupne vlaknine (%)	1,5*	3,9*	4,2*
Topne vlaknine (%)	0,5*	0,7*	1,8*
Netopne vlaknine (%)	1,5*	3,1*	2,3*
Antioksidativni potencial (μmol TE/g)	1,3 ± 0,1	5,6 ± 0,3	9,0 ± 0,6
Spermin (μg/g)	2,7 ± 0,0	9,5 ± 0,0	11,8 ± 0,0
Spermidin (μg/g)	4,8 ± 0,1	28,7 ± 0,6	32,5 ± 1,0

*Vsebnost je ocenjena iz sestave osnovnih surovin, uporabljenih za pripravo kruha

4 SKLEPI

Zaradi ugodne hranilne sestave soje se povečuje zanimanje za vključevanje soje v različna živila. To pomeni, da bi lahko sojo s slovenskih njiv porabili tudi za prehrano ljudi. V ponudbi trgovin je vse več uvoženih sojinih izdelkov, ki bi jih lahko nadomestili s slovenskimi.

Na osnovi raziskave o dodajanju različnih vrst sojine moke k pšenični moki smo ugotovili naslednje lastnosti kruha: dodatek tako polnomastne sojine moke kot moke iz sojine pogače je povečal vsebnost beljakovin, maščob, spermina in spermidina, prehranskih vlaknin ter antioksidativni potencial v kruhu. Moka iz sojine pogače ter posledično tudi različen kruh z dodano tovrstno moko so imeli večjo vsebnost topnih vlaknin od belega kruha. Dodatek polnomastne sojine moke v nobenem od uporabljenih deležev ni poslabšal teksturnih lastnosti kruha. Nasprotno, kruh z dodano polnomastno sojino moko je bil mehkejši, bolj koheziven in bolj elastičen kot bel kruh, polega tega pa se je staral počasneje. Na lastnosti kruha z moko iz sojine pogače je imela velik vpliv količina dodane moke. Pšeničnemu kruhu je bil primerljiv le kruh z 10 % moke iz sojine pogače, medtem ko je dodatek 30 % in 50 % poslabšal tako teksturne kot senzorične lastnosti. Obe vrsti kruha sta bili trša in manj prožni kot bel pšenični kruh.

Avtorji smo prepričani, da je temelj napredka pri prehrani s stročnicami krepitev predelave iz lastnih surovin, izobraževanje potrošnika, da razume zdravstveni pomen vključevanja stročnic

v prehrano in vzgoja potrošnika za manj brezglavo nakupovanje. Tudi strategija EU »od kmetije do vilic« skuša ločiti zrnje od plev, ko daje smernice za izboljšanje zdravja prebivalcev pri večji skrbi za okolje in naravo, s čimer spodbuja manj tvegano pridelavo in preobrazbo današnjega prehranskega sistema k povečanju rastlinskega prehranjevanja. Čeprav so sporočila jasna, je navada železna srajca in težko se je spraviti v red.

Zahvala. Avtorji prispevka se zahvaljujemo mag. Manfredu Jakopu za odlično vodenje projekta »Zrnate stročnice – pridelava, predelava in uporaba« in vsem članom projektne skupine za sodelovanje. Hvala partnerski kmetiji Kure za sojine pogače.

5 LITERATURA

- Ayele, H. H., Bultosa, G., Abera, T., Astatkie, T. 2017. Nutritional and sensory quality of wheat bread supplemented with cassava and soybean flours. *Cogent Food & Agriculture*, 3, 1: 1331892, doi: [10.1080/23311932.2017.1331892](https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1331892)
- Cigić, B., Grobelnik Mlakar, S., Kocjan Ačko, D. (uredniki). 2022. Zrnate stročnice v prehrani. 1. izd. Maribor, UM, Univerzitetna založba: 108 str. <https://doi.org/10.18690/um.fkbv.3.2022>
- Cigić, B., Jamnik, P., Polak, T., Požrl, T. 2019. Stročnice v kruhu, zakaj pa ne?: uporaba stročnic v pekarstvu. *Mlinarstvo in pekarstvo*, 20: 12-16
- Cimperman, A. 2018. Analiza prehranske vrednosti sadja, zelenjave in stročnic [diplomsko delo]. UL, BF, Oddelek za živilstvo. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=103143>
- Drašler, V. 2019. Tehnološke in prehranske lastnosti volčjega boba [diplomsko delo]. UL, BF, Oddelek za živilstvo. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=108550>
- Izawa, S., Ikeda, K., Takahashi, N. 2007. Improvement of tolerance to freeze-thaw stress of baker's yeast by cultivation with soy peptides. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 75, 3: 533-537
- Jakolič, T. 2022. Izplen tofuja različnih sort soje [magistrsko delo]. UM, FKBV. <https://dk.um.si/Dokument.php?id=163472&lang=eng>
- Qin, P., Wang, T., Luo, Y. 2022. A review on plant-based proteins from soybean: health benefits and soy product development. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7: 100265, doi: [10.1016/j.jafr.2021.100265](https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100265)
- Kocjan Ačko, D., Ačko, A. 2016. Zrnate stročnice: pridelava in uporaba. Ljubljana: Kmečki glas, 190 str.
- Kozamernik, M. 2022. Učinek dodane transglutaminaze na izboljšanje lastnosti biskvita s sojino moko [magistrsko delo]. UL, BF, Oddelek za živilstvo. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=138302>
- Kralj Cigić, I., Rupnik, S., Rijavec, T., Poklar Ulrih, N., Cigić, B. 2020. Accumulation of agmatine, spermidine, and spermine in sprouts and microgreens of alfalfa, fenugreek, lentil, and daikon radish. *Foods*, 9, 1-20
- Madeo, F., Eisenberg, T., Pietrocola, F., Kroemer, G. 2018. Spermidine in health and disease. *Science*, 359, 6374, doi: [10.1126/science.aan2788](https://doi.org/10.1126/science.aan2788)
- Mejaš, R. 2020. Tvorba biogenih aminov med spontano fermentacijo čičerikine moke [magistrsko delo]. UL, BF, Oddelek za živilstvo. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=121710>
- Messina, M. 2016. Soy and Health Update: Evaluation of the clinical and epidemiologic literature. *Nutrients*, 8, 12: 754, doi: [10.3390/nu8120754](https://doi.org/10.3390/nu8120754)
- Mirsaeedghazi, H., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, S.M.A. 2008. Rheometric Measurement of Dough Rheological Characteristics and Factors Affecting It. *International Journal of Agriculture and Biology*, 10, 112-119
- Ozvatič, M. 2022. Strukturne lastnosti, kemijska sestava in prebavljivost kruha z dodano sojo [magistrsko delo]. UL, BF, Oddelek za živilstvo. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=138303>
- Pareyt, B., Finnie, S. M., Putseys, J. A., Delcour, J. A. 2011. Lipids in bread making: sources, interactions, and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science*, 54, 3: 266-279
- Pekolj, T. 2021. Uporaba stročnic v ekstrudiranih izdelkih [diplomsko delo]. UL, BF, Oddelek za živilstvo. <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=146895&lang=slv>

- Polak, T., Mejaš, R., Jamnik, P., Kralj Cigić, I., Poklar Ulrih, N., Cigić, B. 2021. Accumulation and transformation of biogenic amines and gamma-aminobutyric acid (GABA) in chickpea sourdough. *Foods*, 1, 10: 1-18
- Roccia, P., Ribotta, P. D., Pérez, G. T., León, A. E. 2009. Influence of soy protein on rheological properties and water retention capacity of wheat gluten. *Food Science and Technology*, 42, 1: 358-362
- Rosales-Juárez, M., González-Mendoza, B., López-Guel, E. C., Lozano-Bautista, F., Chanona-Pérez, J., Gustavo Gutiérrez-López, G., Farrera-Rebollo, R., Calderón-Domínguez, G. 2008. Changes on dough rheological characteristics and bread quality as a result of the addition of germinated and non-germinated soybean flour. *Food and Bioprocess Technology*, 1, 2: 152-160
- Sabanis, D., Tzia, C. 2009. Effect of rice, corn and soy flour addition on characteristics of bread produced from different wheat cultivars. *Food and Bioprocess Technology*, 2, 1: 68-79
- Šipoš, A. 2021. Uporaba izbranih stročnic za pripravo rastlinskih namazov [diplomsko delo]. UL, BF, Oddelek za živilstvo. <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=146898&lang=sly>
- Tašler, N. 2022. Vpliv uživanja stročnic na metabolizem in zdravje [diplomsko delo]. UL, BF, Oddelek za živilstvo. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=138860>

Razvoj protokolov za registracijo in preizkušanje ekoloških sort poljščin v Sloveniji – primeri razvoja in preverjanja protokolov za ozimno in jaro pšenico, ozimno piro, ajdo ter koruzo za zrnje

Aleš KOLMANIČ⁶⁰, Simon OGRAJŠEK⁶¹, Andrej ZEMLJIČ⁶², Peter DOLNIČAR⁶³, Marion CHAMPALLIER⁶⁴, Martina BAVEC⁶⁵, Franci BAVEC⁶⁶, Manfred JAKOP⁶⁷ in Vladimir MEGLIČ⁶⁸

Izvleček

Uredba št. 2018/848 o ekološki pridelavi in označevanju ekoloških proizvodov podrobneje opredeljuje ekološki heterogeni material ter uvaja pojem »ekološka sorta, primerna za ekološko pridelavo«. Evropska komisija želi s tem spodbuditi programe žlahtnjenja za ekološko pridelavo ter pospešiti prepoznavanje in uvedbo prilagojenih in izboljšanih sort v ekološko pridelavo, s tem pa zmanjšati razlike v velikosti pridelka med konvencionalno in ekološko pridelavo. Uvedba ekoloških sort pri poljščinah zahteva razvoj in vpeljavo prilagojenega preverjanja vrednosti za pridelavo in uporabo (VPU). V prispevku so prikazani razviti protokoli za VPU v ekološkem kmetijstvu za preizkušanje sort žit (jara in ozimna pšenica, ozimna pira, ajda) in koruze za zrnje, povzetek zahtev za izvedbo ter prve izkušnje s preverjanjem razvitih protokolov.

Ključne besede: ekološka pridelava, sorte, registracija, protokoli, preverjanje

Development of protocols for registration and testing of organic crop varieties in Slovenia - examples of protocol development and testing for winter and spring wheat, winter spelt, buckwheat, and maize for grain

Abstract

Regulation no. 2018/848 on organic production and labelling of organic products defines organic heterogeneous material and introduces the category "organic variety suitable for organic production". The European Commission aims to encourage breeding programs for organic production, accelerate the recognition and introduction of adapted and improved varieties into organic production and production, accelerate the recognition and introduction of adapted and improved varieties into organic production, and decrease the difference in yields between conventional and organic production. The introduction of the new category requires developing and implementing adapted testing of value for cultivation and use (VCU) for field crops. The manuscript shows the example of the developed protocols for organic VPU testing of cereals (spring and winter wheat, winter spelt, buckwheat) and for maize in Slovenia, requirements for the implementation of VCU testing, and the first experience with testing the developed protocols.

Key words: organic production, varieties, registration, protocols, testing

⁶⁰ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: ales.kolmanic@kis.si

⁶¹ Mag. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: simon.ograjsek@kis.si

⁶² Univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: andrej.zemljic@kis.si

⁶³ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: peter.dolnicar@kis.si

⁶⁴ Mag. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: marion.champallier@kis.si

⁶⁵ Dr., Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, e-pošta: martina.bavec@um.si

⁶⁶ Dr., Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, e-pošta: franci.bavec@um.si

⁶⁷ Mag., Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, e-pošta: manfred.jakop@um.si

⁶⁸ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: vladimir.meglic@kis.si

1 UVOD

Ekološka pridelava, označevanje ekoloških proizvodov in nadzor nad pridelavo ter označevanjem so na ravni EU regulirani od leta 1991. Z januarjem 2022 je v veljavi Uredba št. 2018/848 o ekološki pridelavi in označevanju ekoloških proizvodov, ki med drugim podrobneje opredeljuje ekološki heterogeni material ter določa pojem ekološke sorte. Po definiciji uredbe pojem »ekološka sorta, primerna za ekološko pridelavo« pomeni sorto, ki jo zaznamuje (a) visoka stopnja genske in fenotipske raznovrstnosti med posameznimi razmnoževalnimi enotami in (b) je rezultat ekološkega razmnoževanja. Evropska komisija želi z uvedbo ekološke sorte spodbuditi programe žlahtnjenja za ekološko pridelavo ter pospešiti prepoznavanje in uvedbo prilagojenih in izboljšanih sort v ekološko pridelavo, kar naj bi zmanjšalo razlike v velikosti pridelkov med konvencionalno in ekološki pridelavo. Žlahtnjenje ekoloških sort mora potekati v pogojih ekološkega kmetovanja (EK), kjer morajo potekati tudi vsi postopki razmnoževanja, razen pri meristemskih kulturah. Ekološkemu heterogenemu materialu v tem prispevku zaradi omejitve dolžine prispevka ne bomo posvetili pozornosti.

Ekološki kmetje morajo v pridelavi uporabiti semena sort, ki so bila namnožena v pogojih ekološkega kmetovanja, a lahko izvirajo iz različnih strategij žlahtnjenja. Trenutno v ekološki pridelavi prevladujejo sorte, ki so bile vzgojene za konvencionalno pridelavo in so bile tudi preizkušane v teh pogojih. A dejstvo, da v ekološki pridelavi prevladujejo te sorte ne pomeni, da so tudi najprimernejše za ekološko pridelavo. Po mnenju Murphy in sod. (2007) prav slabo prilagojene sorte za ekološko pridelavo prispevajo k obstoječemu razkoraku v velikosti pridelkov med ekološkim in konvencionalnim kmetijstvom. Raziskave nakazujejo, da kljub temu da so cilji žlahtnjenja za konvencionalno in ekološko pridelavo pogosto enaki (npr. odpornost ali tolerantnost na biotske in abiotske dejavnike, učinkovito izrabo virov, količino pridelka), sorte, ki so žlahtnjene za konvencionalno kmetovanje, večinoma nimajo dovolj za ekološko pridelavo poudarjenih specifičnih lastnosti (Crespo–Herrera in Ortiz, 2015). Te lastnosti so v konvencionalni pridelavi lahko manj pomembne zaradi večjih možnosti uporabe fitofarmacevtskih sredstev (FFS), mineralnih gnojil in razkuževanja semen s FFS in zato tudi niso pomemben del običajnega, konvencionalnega preverjanja sorte oz., jih je tudi težko preverjati v konvencionalni pridelavi. S tem pa tvegamo, da izgubimo ali spregledamo sorte, ki bi s svojimi lastnostmi bile primerne za ekološko pridelavo.

Da se seme sorte poljščine in vrtnin lahko prideluje in trži v EU, mora biti sorta vpisana v Skupni katalog sort. Uredba št. 2002/53 navaja, da je za vpis sorte poljščine potrebno preveriti njeno različnost, izenačenost in nespremenljivost (RIN) ter njihovo vrednost za pridelavo in uporabo (VPU). Pod posebnimi pogoji se lahko brez izpolnjevanja vseh pogojev RIN in brez preverjanja VPU v sortno listo vpiše ohranjevalno sorto ali vrtičarsko sorto, a je pridelava in trženje semen teh sort omejena (lokalno tržišče in omejene količine). V Sloveniji za poljščine, z izjemo ohranjevalnih sort, ne izvajamo RIN preverjanja, ampak se izvaja v drugih članicah EU. Nasprotno pa imamo za vse pomembnejše poljščine razvite protokole preverjanja VPU v konvencionalni pridelavi. Uvedba ekoloških sort pri poljščinah zahteva prilagoditev metod in razvoj protokolov za preverjanje VPU v EK. V nadaljevanju prispevka bomo na primeru razvoja protokolov za preverjanje VPU žit (jara in ozimna pšenica, ozimna pira, ajda) in koruze za zrnje v EK prikazali povzetek pripravljenih protokolov in izkušnje z uporabo razvitih protokolov.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Pri pripravi protokolov preizkušanja VPU v EK smo izhajali iz smernic za preizkušanje ekoloških sort (Pedersen in sod., 2021) in iz zahtev Izvedbene direktive Komisije 2022/1647. Predvideli smo, da bo pri nas preverjanje VPU poljščin v EK potekalo samo v razmerah EK v skladu z določbami Uredbe 2018/848, kljub temu, da v direktivi obstaja možnost izjeme od

preizkušanja v razmerah EK, če pooblaščen izvajalci preizkušanja ne morejo zagotoviti površin z ekološkim certifikatom. Pri preverjanju bo poudarek na spremljanju odpornosti oz. tolerantnosti proti boleznim in škodljivcem, tekmovalni sposobnosti s pleveli ter sposobnosti prilagajanja sorte različnim pedo–klimatskim razmeram, prav tako bosta pomembni količina in kakovost pridelkov. Protokoli bodo tudi omogočali upoštevanje posebnih potrebe in ciljev ekološkega kmetijstva pri nas, ki jih bo kot dodatne posebej opredelila sortna komisija. V Sloveniji smo se glede na analizo potreb ekološke pridelave, zastopanosti poljščin ter mnenja stroke odločili, da pripravimo protokole VPU za ozimno in jaro pšenico, ozimno piro, ajdo, koruzo za zrnje, sojo, oljne buče, krompir in konopljo.

Preizkušanje predvidevamo na dveh lokacijah, na Infrastrukturnem Centru Jablje Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah (osrednja Slovenija) ter na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede v Mariboru (severovhodna Slovenija), za nekatere poljščine pa po potrebi lahko vključimo še izvajalca in lokacijo v Prekmurju ali na Ptuj. Predvidena dolžina trajanja preizkušanja bo za novo prijavljeno sorto dve leti, ki jo je možno podaljšati za eno leto. Prijavitelji bodo ob prijavi sorte morali podati izjavo, da seme ustreza predpisom Uredbe 2018/848 za ekološko pridelavo.

Oskrbe med rastno dobo v protokolih nismo standardizirali pri nobeni poljščini, ker se lokaciji med seboj preveč razlikujeta, tako po pedo-klimatskih razmerah, kot po sestavi kolobarja. Zaradi tega pričakujemo večje razlike v potrebi po gnojenju, zatiranju plevelov in obvladovanju škodljivih organizmov. Izvajalec preizkušanja je med rastno dobo dolžan izvajati primerne ukrepe, da lahko sorte kar najbolj izrazijo svoje lastnosti in da se lahko oceni vrednost sorte za pridelavo in uporabo. Vsi izvedeni ukrepi na poskusih morajo biti v skladu s pravili ekološkega kmetijstva določenimi z Uredbo (EU) 2018/848, o njih mora izvajalec preizkušanja poročati v letnih poročilih.

Na podlagi zbranih rezultatov sortna komisija oceni, če ima novo prijavljena sorta primerno VPU vrednost za vpis na sortno listo kot ekološka sorta. Pri tem se VPU vrednost novo prijavljene sorte primerja z drugimi sortami, primernimi za ekološko pridelavo in sprejetimi v sortno listo (v nadaljevanju standardi). Novo prijavljena sorta velja za primerno, če njene lastnosti pomenijo izboljšavo v pridelavi ali možni uporabi pridelka ali iz nje pridobljenih proizvodov. Standardne sorte določi sortna komisija oz., na pooblastilo sortne komisije izvajalec preizkušanja.

Ob tem smo pri pripravi metod izhajali tudi iz opreme, ki je na voljo za izvedbo mikroposkusov po statistični zasnovi bločnih poskusov, opremljenosti na lokacijah preizkušanja in možnosti analiz kakovosti. Zasledovali smo tudi cilj stroškovne učinkovitosti izvedbe preizkušanja ob obstoječih kadrovskih zmožnostih predvidenih izvajalcev.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Za ozimno in jaro pšenico, ozimno piro, ajdo in koruzo za zrnje smo razvili protokole za izvedbo VPU poskusov v EK, morfološke in fiziološke lastnosti sort ter kakovostne parametre, ki jih predvidevamo v ocenjevanjih in metode za njihovo spremljanje in ocenjevanje. Po razvitih protokolih smo v sezoni 2022 zasnovali in izvedli poskuse in pridobili prve izkušnje z njihovo izvedbo.

3.1 Ozimna in jara pšenica, pira in ajda

Zasnova protokolov preverjanja VPU v EK za to skupino poljščin je upravičena, ker se te poljščine pri nas pridelujejo v EK, obenem pa so njihovi pridelki oz. izdelki iz njih pogosto vključeni v prehrano ljudi. Pri pšenici in ajdi pri nas potekajo tudi žlahtniteljski programi, ki so se že deloma preusmerili na žlahtnjenje »ekoloških« sort. Osnovne zahteve za zasnovo

preverjanja VPU v EK so navedene v preglednici 1. Zaradi pričakovane večje variabilnosti med bloki smo predvideli zasnovo v petih ponovitvah z naključno razporeditvijo znotraj bloka. Predvidevamo konvencionalno obdelavo tal, ker je ta v ekološki pridelavi pri nas najbolj razširjena, obenem pa študije kažejo, da je pri konvencionalni obdelavi manj težav s pleveli (Demjanová s sod., 2009; Gruber in Claupen, 2009), manjše so zaloge plevelnih semen v tleh (Cardina s sod., 2002) ter manj pogosti so večletni koreninski pleveli in enoletni ozkolistni pleveli (El Titi, 2003). Da lahko novo prijavljena sorta kar najbolje izrazi svoje lastnosti, mora izvajalec med rastno dobo izvajati ustrezne ukrepe oskrbe posevka, odločitev o izbiri in izvedbi ukrepa pa je njegova. O vseh izvedenih ukrepih mora izvajalec poročati ob zaključenem letnem preizkušanju skupaj z rezultati preverjanja.

Preglednica 1: Zahteve za zasnovo preverjanja VPU v EK za ozimno in jaro pšenico, ozimno piro in ajdo

	Ozimna in jara pšenica	Ozimna pira	Ajda
Lokacije:	Jablje (KIS), Maribor (FKBV)		
Zahteve po zemljiščih:	certificirana ekološka njiva		
Obdelava tal:	konvencionalna (z oranjem)		
Zasnova poskusov:	naključni blok z naključno razporeditvijo znotraj bloka		
Velikost parcelice:	7,5 m ² (1,25 m × 5 m)		
Število ponovitev:	5		
Setvena gostota:	do 400 semen / m ²	do 150 semen / m ²	do 350 semen / m ²
Oskrba med vegetacijo:	izvedeni ukrepi morajo biti v skladu z pogoji ekološke pridelave določenimi z Uredbo 2018/848		

Lastnosti sort in kakovostni parametri, ki jih predvidevamo v metodiki preverjanja VPU v EK, so navedeni v preglednici 2. Lastnosti in kakovostni parametri so večinoma podobni, kot jih spremljamo v konvencionalnem VPU preizkušanju, ker so pomembni v obeh načinih pridelave. Pri pšenici in piri uvajamo oceno pokrovnosti tal po koncu razraščanja, ker ugotavljamo da večja pokrovnost v tem času korelira z boljšo tekmovalnostjo sorte s pleveli. Pri ajdi namesto tega spremljamo število dni do zaprtja medvrstnih prostorov. Za oceno pokrovnosti predvidevamo uporabo aplikacije, ki iz fotografije primerjanja deleža zelene barve rastlinske biomase in rjavo barvo tal in izračuna pokrovnost. Za ocene ostalih lastnosti uporabljamo lestvico 1–9, pri čemer 1 pomeni, da neka lastnost ni izražena, ocena 9 pa, da je lastnost močno izražena na vseh rastlinah. Podrobneje so navodila za ocene posameznih lastnosti podane v prilogah, ki so sestavni del metodologije, zaradi omejitve dolžine prispevka pa jih tukaj ne prikazujemo.

Pri pšenici in piri predvidevamo spremljanje naslednjih bolezni žit: žitne pepelovke (*Erysiphe graminis* DC. ex MERAT), listne pegavosti pšenice (*Septoria tritici* ROBERGE ex DESMAZ) ter rumene rje (*Puccinia striiformis* WESTEND). Pri pšenicah je načrtovano spremljanje še prašnate pšenično sneti (*Ustilago nuda* (JENSEN) ROSTR. f. sp. tritici SCHAFFNI), trde sneti (*Tilletia tritici* (BJERK.) WOLFF), rjave pegavosti pšeničnih plev (*Phaeosphaeria nodorum* (E. MÜLLER) HEDJAROUDE), žitne progaste rje (*Puccinia graminis* PERSON), rumena rje (*Puccinia striiformis* WESTEND) in fuzarioze korenin, stebila in klasa (*Fusarium spp.*). Med škodljivci pri pšenici in piri spremljamo rdečega žitnega strgača (*Oulema melanopus* L.) in listne uši (*Aphididae*). Pri ajdi ne predvidevamo ocenjevanja bolezni in škodljivcev. Ocenjujemo z ocenami od 1–9, pri čemer 1 pomeni, da bolezenskih znakov ali poškodb ni,

ocena 9 pa, da so zelo močni. Podrobneje so navodila za ocene posameznih lastnosti podane v prilogah, ki so sestavni del metodologije, in jih v tem prispevku ne prikazujemo

Preglednica 2: Lastnosti sorte in kakovostni parametri, ki jih spremljamo pri izvedbi preverjanja VPU v EK ozimne in jare pšenice, ozimne pire in ajde

Datum vznika:	napiše se datum vznika in ocena vznika v odstotkih
Datum klasenja / cvetenja:	pri sortah pšenice in pire se klasenje popiše, ko klasi 75 % rastlin. Pri sortah ajde se cvetenje popiše, ko 75 % rastlin cveti
Prazna mesta:	oceni se delež praznih mest po vzniku posevka
Prezimitev rastlin:	oceni se v BBCH 21–23, ko se oceni število rastlin, ki so propadle zaradi mraza
Pokrovnost tal po razraščanju:	pri pšenici in piri se oceni se v fazi BBCH 31–32 z uporabo aplikacije za slikovno analizo na dveh mestih na parceli
Datum sklenitve vrst:	ocenjuje se pri ajdi. Ko rastline zasenčijo medvrstni prostor se napiše datum.
Višina rastlin:	meri se pred žetvijo poskusov na dveh mestih na parcelo.
Poleganje rastlin:	oceni se pred spravilom posevka na vsaki parcelici.
Količina pridelka:	določi se v polni zrelosti, požanje se celotna parcelica in pridelek se stehta, prazna mesta se obračunajo.
Vlaga v zrnju ob žetvi	izmeri se ob žetvi z metodo SIST ISO 711:1997
Hektolitrska teža:	določi se samo pri pšenici z metodo SIST ISO 7971-2:1997
Absolutna masa:	določi se na suhem zrnju, pira se olušči. Uporabi se metoda SIST ISO 520: 1997
Surove beljakovine v suhi snovi:	analizira se pri pšenici in oluščeni piri z metodo SIST ISO 1871: 1995
Število padanja:	analizira se pri pšenici z metodo SIST ISO 3093:2005
Sedimentacijska vrednost:	analizira se pri pšenici in oluščeni piri z metodo SIST ISO 5529: 1997

V pridelovalni sezoni 2021/2022 smo preizkusili razvite protokole in zasnovali poskusa z ozimno pšenico in ozimno piro na ekološki njivi na Infrastrukturnem Centru Jablje. V protokolih z izvedbenega vidika ne poročajo o večjih težav s setvijo in oskrbo poskusov. Česanja parcelic med rastno dobo ni bilo mogoče izvesti, ker dimenzije parcelic niso omogočale prehoda traktorja brez gaženja parcelic. Za oskrbo in ocenjevanje poskusov je bilo potrebnih približno 25–35 % več časa kot pri izvedbi konvencionalnega VPU preizkušanja, kar je povezano s čiščenjem opreme za pripravo setvenih vzorcev, čiščenjem sejalnice, daljšim časom ocenjevanja ter z ročnim odstranjevanjem koreninskih plevelov. Približno 25 % so bili tudi večji materialni stroški zaradi uporabe dražjih ekoloških gnojil in semena standardov. Priporočljivo je, da glavni izvajalec preizkušanja pridobi namensko sejalnico za ekološke poskuse. Izziv bo najti ustrezne traktorje in česala, ki bodo ustrezala dimenzijam mikroparcel, ter to harmonizirati na obeh lokacijah. Verjetneje bo potrebno posejati parcele, ki bodo služile kot vozne poti, kar bo povečalo potrebno površino poskusov, strošek izvedbe poskusov ter možnosti napak pri izvedbi. Za luščenje pire bomo prilagodili laboratorijsko mlatilnico Wintersteiger LD 350.

3.2 Koruza za zrnje

Koruza za zrnje je v Sloveniji pogosta poljščina tudi v ekološkem kmetijstvu in delež namenjen človeški prehrani je v ekološki pridelavi večji kot v konvencionalni. Zato smo se odločili pripraviti protokole ekološkega preverjanja VPU tudi za koruzo za zrnje. Osnovne zahteve glede zemljišč in zasnove poskusov so prikazane v preglednici 3. Predvidevamo podobno zasnovo poskusov, kot je v konvencionalnem preverjanju VPU, z enakimi dimenzijami parcelic in s štirimi ponovitvami v bločnem sistemu z naključno razporeditvijo znotraj bloka. Preizkušanje smo omejili na sorte, ki po dolžini rastne dobe spadajo v FAO skupine 100–400. Med FAO skupinami predvidevamo različno gostoto setve, poznejša kot je sorta, manjše je število posejanih rastlin. Ni še definirano kako bo z gostoto setve pri linijskih sortah, ki ne prenašajo tako velikih gostot kot hibridne sorte. Pri setvi predvidevamo 30 % večjo setveno normo in nato ročno redčenje na predvideno gostoto posevka. S pridobitvijo sejalnice za natančno setev lahko izvajalec preide tudi na sistem setve na končno gostoto brez redčenja. Število vzniklih rastlin se mora v obeh primerih setve prešteti. Predvidena je konvencionalna obdelava tal zaradi prej omenjenih učinkov na plevela, ter zaradi omejitev sejalnice za poskuse, ki lahko seje samo v tako pripravljena tla. Ukrepov pri oskrbi poskusov nismo standardizirali in prepuščamo izbiro najprimernejše tehnologije izvajalcem na vsaki lokaciji posebej. O vseh izvedenih ukrepih morajo izvajalci poročati v letnem poročilu o preizkušanju.

Preglednica 3: Zahteve za zasnovo preverjanja VPU v EK za koruzo za zrnje

Lokacije:	Jablje (KIS), Maribor (FKBV)
Zahteve po zemljiščih:	certificirana ekološka njiva
Obdelava tal:	konvencionalna z oranjem
Zasnova poskusov:	naključni blok z naključno razporeditvijo znotraj bloka
Velikost parcelice:	19,6 m ² (2,8 m × 7 m), 4 vrste na parcelico, notranji dve vrsti sta obračunski
Število ponovitev:	4
Setvena gostota:	FAO 100: 93,878 rastlin/ha, FAO 200: 89,796 rastlin/ha, FAO 300: 85,714 rastlin/ha, FAO 400: 79,592 rastlin/ha
Oskrba med vegetacijo:	izvedeni ukrepi morajo biti v skladu z pogoji ekološke pridelave določenimi z Uredbo 2018/848

Lastnosti sort in kakovostni parametri za oceno VPU v EK so navedeni v preglednici 4. Lastnosti so podobne, kot jih spremljamo v konvencionalnem preverjanju VPU. Dodali smo oceno datuma sklenitve vrst, ker raziskave kažejo, da imajo sorte, ki prej sklenejo medvrstni prostor, večjo tekmovalno sposobnost s pleveli (Mhlanga in sod., 2016). Dodali smo tudi oceno barve zrnja, ki se izvede samo na eni lokaciji. Podatek je pomemben zaradi možnosti uporabe pridelka koruze oz. izdelkov iz zrnja.

Od bolezni in škodljivcev predvidevamo spremljanje: koruzne prašnate sneti (*Sphacelotheca reiliana* (KUEHN) CLINTON), koruzne progavosti (*Exserohilum turcicum* (Pass.) K.J. Leonard & Suggs) in okužbe stebel in storžev z glivami iz rodu *Fusarium*. Koruzno progavost ocenjujemo v voščenosti zrelosti z ocenami 1–9, pri čemer ocena 1 pomeni, da ni zaznavnih znamenj bolezni, ocena 9 pa, da imajo vse rastline močno izražena znamenja bolezni. Okužbe stebel ocenjujemo pred spravilom na način, da v eni obračunski vrsti na 30 zaporednih rastlinah s pritiskom stebela v eno stran določimo delež rastlin, ki se ob tem prelomijo. Bulavo snet ocenimo, s štetjem storžev s prisotno boleznijo in izračunamo delež okuženih storžev. Okužbe

storžev z glivami ocenimo na 20 rastlinah, kjer se z odstotki oceni intenzivnost prisotnosti micelija na posameznem storžu in se nato pretvori v oceno 1–9. Pri škodljivcih predlagamo spremljanje prisotnosti koruzne vešče (*Ostrinia nubilalis*), kjer od 20 storžev preštejemo poškodovane zaradi vešče. Odstotek prizadetih storžev se pretvori v lestvico 1–9. Podrobneje so navodila za ocene posameznih karakteristik podane v prilogah, ki so sestavni del metodologije, zaradi omejitve dolžine prispevka tu niso prikazani.

Preglednica 4: Lastnosti sort in kakovostni parametri, ki jih apremljamo pri izvedbi preverjanja VPU v EK za koruzo za zrnje

Datum vznika:	zapiše se, ko se vidijo vrste vzniklih rastlin
Datum sklenitve vrst	zapiše se datum sklenitve vrst, ocenjuje se do faze začetka dozorevanja
Datum metličenja:	zapiše se, ko je pri 2/3 rastlin viden vrh metlice
Datum svilanja:	zapiše se, ko je pri 2/3 rastlin na vrhu storža vidna svila
Tendenca k razraščanju:	oceni se v fazi, ko je koruza višja od 50 cm na vzorcu 20 zaporednih rastlin v notranjosti obračunskih vrst
Število rastlin:	prešteje se pred spravilom, pri čemer se ne šteje stranskih poganjkov
Višina rastlin in baze storža:	izmeri se na petih rastlinah do vrha metlice in do baze storža
Zlomljene rastline:	rastline se prešteje v tehnološki zrelosti koruze. Za zlomljene rastline štejejo tiste, ki so zlomljene pod storžem
Poglele rastline:	rastline se prešteje v tehnološki zrelosti koruze. Za poglele rastline se štejejo tiste, ki imajo steblo za več kot 30° nagnjeno od navpičnice. Potrebno je navesti tudi vzrok poganjanja (npr. močan veter, naliv, toča, ipd.)
Tip zrnja:	ocenjuje se na vzorcu 6 storžev iz neobračunskih vrst v polni zrelosti. Ocena je vizualna, sorte pa so primerjane s standardnimi sortami, katerih tip zrnja je usklajen z mednarodnimi ocenami
Barva zrnja:	oceni se v tehnološki zrelosti, ko se na 5 storžih iz obračunskih vrst opiše barvo zrnja
Količina pridelka:	ovrednoti se v tehnološki zrelosti na notranjih obračunskih vrstah. Prazna mesta se obračunajo.
Vlaga zrnja:	analizira se z metodo ISO 711:1997
Surove beljakovine v suhi snovi:	analizira se z metodo ISO 1871: 1975

V sezoni 2022 smo za preizkus protokola zasnovali poskuse na raziskovalni postaji v Jabljah ter na poljih FKBBV. V Jabljah smo imeli slab vznik posevka zaradi močnega napada ptic in smo setev poskusa ponavljali. Pri ponovljeni setvi smo poskus pokrili s kopreno in s tem preprečili poškodbe od ptic, a so zaradi močne suše rastline v nadaljevanju propadle. V Mariboru so bile poškodbe zaradi ptic manjše, so pa imeli tam večje težave z obvladovanjem plevelov. Ugotavljamo, da bo potrebna večja doslednost pri izvajanju agrotehničnih ukrepov, prav tako pa bo verjetno potrebno obvezno pokrivanje poskusov (ali kakšni drugi učinkoviti ukrepi za odganjanje ptic). Ob mehanskih ukrepih zatiranja plevelov (okopavanje, česanje) bo potrebnega tudi precej ročnega dela, predvsem s pletjem. Nakazuje se, da je tveganje za propad posevkov

v poskusih pri VPU v EK precej večje kot pri konvencionalnem VPU. Ocene stroškov izvedbe poskusov VPU v EK še ni bilo mogoče zanesljivo izvesti, a bodo verjetno večji kot v konvencionalnem preverjanju VPU.

4 SKLEPI

Za registracijo ekoloških sort poljščin je potrebno tudi pri nas pripraviti protokole za preverjanje VPU vrednosti. Prva preverjanja razvitih protokolov pri ozimni pšenici, ozimni piri in koruzi za zrnje kažejo, da bo izvedba preverjanja VPU v EK zahtevnejša in dražja kot izvedba konvencionalnega VPU, predvsem zaradi večjih materialnih stroškov in več potrebnih delovnih ur za izvedbo, vzdrževanje in ocenjevanje poskusov. Potrebno bo tudi poskrbeti za primerno opremljenost izvajalcev za izvedbo preizkušanj v EK ter ekipe izvajalcev ustrezno izobraziti za korektno izvajanje protokolov.

Zahvala. Raziskava je sofinancirana v okviru programa Javne službe v poljedelstvu, ki ga financira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, ter ciljnega raziskovalnega projekta V4–2007, ki ga financirata Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS.

5 LITERATURA

- Cardina, J., Herms, C. P., Doohan, D. J. 2002. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Science*, 50: 448–460.
- Crespo-Herrera, L., Ortiz, R. 2015. Plant breeding for organic agriculture: something new? *Agriculture & Food Security*, 4: 1–7.
- Demjanová, E., Macák, M., Dalović, I., Majerník, F., Týr Š., Smatana, J. 2009. Effects of tillage systems and crop rotation on weed density, weed species composition and weed biomass in maize. *Agronomy Research*, 7, 2: 785–792.
- Direktiva Sveta 2002/53/ES z dne 13. junija 2002 o skupnem katalogu sort poljščin.
- El Titi, A. 2003. Implications of soil tillage on weed communities. V: El Titi, A. (ur.). *Soil Tillage in Agroecosystems*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA: 147–186.
- Gruber, S., Claupein, W. 2009. Effect of tillage intensity on weed infestation in organic farming. *Soil & Tillage Research*, 105: 104–111.
- Izvedbena direktiva Komisije (EU) 2022/1647 z dne 23. septembra 2022 o spremembi Direktive 2003/90/ES glede odstopanja za ekološke sorte kmetijskih rastlin, primerne za ekološko pridelavo
- Mhlanga, B., Chauhan, B.S., Thierfelder, C. 2016. Weed management in maize using crop competition: A review. *Crop Protection*, 88: 28–36.
- Murphy, K.M., Campbell, K.A., Lyon, S.R., Jones, S.S. 2007. Evidence of varietal adaptation to organic farming systems. *Field Crops Research*, 102: 172–177.
- Pedersen, M.T., de Buck, A., Clemens, F., (ur.), Véronique, C., Frederic, R., (ur.), Messmer, M. (ur.) 2021. Guidelines for adapted DUS and VCU testing of organic varieties. <https://www.liveseed.eu/wp-content/uploads/2021/02/D2.4-LIVESEED-Guidelines-for-adapted-DUS-and-VCU-testing-of-organic-varietic.pdf> (dostopano 20.11.2022).
- Uredba (EU) 2018/848 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 30. maja 2018 o ekološki pridelavi in označevanju ekoloških proizvodov in razveljavitvi Uredbe Sveta (ES) št. 834/2007.

Vpliv zeolita na pridelavo soje in ozimne pšenice v poljedelskem kolobarju na vodovarstvenih območjih

Marko FLAJŠMAN⁶⁹, Filip VUČAJNK⁷⁰, Darja KOCJAN AČKO⁷¹ in Rok MIHELIC⁷²

Izvleček

V prispevku so opisane glavne ugotovitve prvih dveh let treh poljskih makro poskusov, postavljenih v spodnjem Posavju, ki so potekali v okviru pilotnega projekta »Uporaba zeolita v poljedelskem kolobarju za izboljšanje trajnosti v pridelavi poljščin na vodovarstvenih območjih«. Soji, glavnemu posevku v letu 2021, je v letu 2022 sledila ozimna pšenica. Pred setvijo vsake poljščine smo v tla zadelali aktiviran zeolit (velikost delcev do 2,5 mm) v dveh odmerkih (5 t/ha in 10 t/ha), v poskus pa vključili tudi z zeolitom netretirano kontrolo. Pridelava obeh poljščin je potekala na konvencionalen način, le da smo pri obravnavanjih [70 % dušik] pri gnojenju zmanjšali količino mineralnega dušika za 30 %. Ugotovili smo, da se pridelek zrnja soje (povprečje poskusov 2,9 t/ha) in pšenice (povprečje poskusov 5,6 t/ha) zaradi tega ni zmanjšal, analiza talnega mineralnega dušika (TMN) zgornjih 30 cm tal pa ni jasno potrdila domneve, da bo vsebnost TMN pri obravnavanjih z zeolitom višja kot pri kontroli. Večje razlike kot med obravnavanji pri merjenih spremenljivkah smo opazili med lokacijami zaradi različnih lastnosti tal.

Ključne besede: zeolit, mineralni dušik, soja, ozimna pšenica, pridelek zrnja

Influence of soil amended with zeolite on agronomic performance in a soybean–winter wheat crop rotation field experiment on the water protection areas

Abstract

The paper presents the main results of the first two years from three field trials from the Lower Posavje, which were taking place within the EIP pilot project "Use of zeolite in crop rotation to improve the sustainability of crop production in water protection areas". In 2021 and 2022, soybeans and winter wheat were used in the crop rotation. Besides the untreated control zeolite was applied at two rates (5 t/ha, and 10 t/ha) before sowing each crop. Both crops were grown in a conventional manner, except that in treatment [70 % nitrogen] the amount of mineral nitrogen was reduced by 30%. We found that grain yield of soybean (average 2.9 t/ha) and wheat (average 5.6 t/ha) did not decrease due to the reduced nitrogen application. Analysis of soil mineral nitrogen (SMN) in the top 30 cm of soil did not clearly confirm the assumption that SMN content would be higher in the zeolite treatments compared to the control. Greater differences were observed between the sites than between treatments.

Key words: zeolite, mineral nitrogen, soybean, winter wheat, grain yield

1 UVOD

Celotno ozemlje Republike Slovenije je že od leta 2001 opredeljeno kot ranljivo območje z vidika onesnaževanja z nitrati iz kmetijskih virov (Operativni program ..., 2004). Kljub temu da so bili sprejeti nekateri ukrepi za varovanje vod, pa ostaja onesnaževanje površinskih in podzemnih vod z nitrati iz kmetijske pridelave pereč problem sodobnega kmetijstva. Poročilo »Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji v letu 2021« navaja, da so nekatera vodna telesa še vedno prekomerno obremenjena z nitrati. Od skupno 174 merilnih mest jih je 9 vsebovalo prekomerno vsebnost nitrata, to je nad 50 mg NO₃/l. Največ merilnih mest s prekomerno vsebnostjo nitrata prihaja z Dravskega polja (9) in iz Savinjske doline (5) (Gacin in Mihorko, 2022).

⁶⁹ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: marko.flajsman@bf.uni-lj.si

⁷⁰ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: filip.vucajnk@bf.uni-lj.si

⁷¹ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: darja.kocjan.acko@bf.uni-lj.si

⁷² Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

Povečana vsebnost nitratov v vodah je posledica človekovih dejavnosti, tudi kmetijstva. Eden izmed glavnih virov onesnaženja površinskih in/ali podzemnih vod z nitrati iz kmetijstva je gnojenje. Do onesnaževanja voda prihaja zaradi neustrezne (nepravilne ali prekomerne) uporabe mineralnih gnojil (dušik in fosfor) in živinskih gnojil (gnoj, gnojnica, gnojevka) ter neustrezne rabe drugih organskih gnojil (digestat, kompost, blato iz komunalnih čistilnih naprav) (Strateški načrt ..., 2020). Rešitev za varovanje voda pred nitrati bi bila večkratna sprotna uporaba gnojil skladno s potrebami rastlin. Druga možnost pa je zmanjšan vnos gnojil v tla, a ob tem se pridelki poljščin ne bi smeli zmanjšati, če bi hoteli ohraniti konkurenčnost poljedelske pridelave. Pri tem so še bolj na udaru vodovarstvena območja, kjer so vnosi gnojil omejeni zaradi varovanja voda pred onesnaževanjem ali drugimi vrstami obremenjevanja, ki bi lahko vplivali na zdravstveno ustreznost voda ali njeno količino.

Zeolit je vulkanska kamnina (mineral), ki ima porozno in skeletno strukturo in ima sposobnost reverzibilne vezave molekul vode in različnih kationov (Kaduk in Faber, 1995). Raziskav o uporabi zeolita v pridelavi rastlin je vedno več (Jarosz in sod., 2022). Učinkovitost porabe vode in hranil v tleh se lahko izboljša zaradi sposobnosti zeolita za zadrževanje tako vode kot hranil. Na ta način se zmanjša negativni potencial pridelave poljščin za onesnaženja površinskih in podzemnih voda (Nakhli in sod., 2017). Vodovarstvena območja predstavljajo več kot 20 % (442.822 ha) ozemlja Slovenije (Strateški načrt ..., 2020), zato ima kmetijska pridelava na teh območjih še posebej velik vpliv na podzemne vode. V naših makro poljskih poskusih, ki potekajo v okviru pilotnega projekta z naslovom »Uporaba zeolita v poljedelskem kolobarju za izboljšanje trajnosti v pridelavi poljščin na vodovarstvenih območjih« pod okriljem Evropskega inovacijskega partnerstva, smo želeli preveriti dve domnevi, in sicer ali bo zeolit s svojimi lastnostmi zadrževanja hranil omogočal a) manjše vnose mineralnega dušika pri gnojenju v poljedelskem kolobarju in doseganje enako velikih pridelkov kot pri polnem gnojenju in b) zagotovil večjo vsebnost talnega mineralnega dušika (TMN) v tleh in s tem manjše izpiranje dušika v površinske in podzemne vode, kar bi pomenilo manjšo obremenitev okolja zaradi poljedelske pridelave. Z demonstracijskimi poskusi želimo izdelati navodila za pridelavo s ciljem varovanja voda in narave, hkrati pa ohraniti konkurenčnost poljedelske pridelave tudi na zavarovanih območjih, ki so pomembna za oskrbo s pitno vodo.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Izvedba poljskih makro poskusov

Poljske makro poskuse smo izvajali na treh kmetijskih gospodarstvih (KG) v Posavju, in sicer na KG A in B (občina Brežice) ter C (občina Krško). Pridelava poljščin je v poskusih potekala na konvencionalen način. V prvem letu (2021) smo pridelovali sojo. Po soji smo posejali ozimno pšenico (2021/2022). Obravnavanja v poskusih so bila sestavljena iz dveh odmerkov zeolita in z zeolitom netretirane kontrole ter iz dveh odmerkov dušika in negnojene kontrole. Zeolit smo zadelali v tla pred setvijo soje in pred setvijo ozimne pšenice, kasneje v rastni dobi zeolita nismo več dodajali. Zeolit in mineralna gnojila so bila pred setvijo v tla zadelana z vrtavkasto brano. Ob dognojevanjih smo dodajali samo mineralni dušik.

Na vsaki lokaciji smo imeli 5 obravnavanj, in sicer 1) 5 t/ha zeolita + 100 % odmerek dušika; 2) 5 t/ha zeolita + 70 % odmerek dušika; 3) 10 t/ha zeolita + 100 % odmerek dušika; 4) 10 t/ha zeolita + 70 % odmerek dušika; in 5) brez zeolita in brez dušika (kontrola). Ponovitev nismo imeli. Odmerek dušika 100 % pomeni, da smo gnojili z mineralnim dušikom (tako pri osnovnem gnojenju kot pri dognojevanjih) po konvencionalnem načinu, medtem kot 70-odstotni odmerek dušika pomeni, da smo odmerek dušika zmanjšali za 30 %. Pred setvijo vsako poljščine smo gnojili z mineralnim gnojilom, ki je vsebovalo fosfor in kalij. Osnovne parcele so bile velike

med 12 in 18 arov. Rezultati analize tal za posamezno parcelo (vzorčeno pred začetkom poskusov) so prikazani v preglednici 1.

Preglednica 1: Lastnosti tal na poskusnih parcelah s komentarjem (določene v Mihelič in sod., 2010)

	Tekstura tal	Organska snov (%)	pH (v CaCl ₂)	P ₂ O ₅ (mg/100 g)	K ₂ O (mg/100 g)
KG A	lahka do	2,9	7,3	19,3 – C	12,9 – B
	srednje težka	ustrezno	ustrezno	dobro	srednje
KG B	srednje težka	3,4	7,3	25,8 – D	12,3 – B
		ustrezno	ustrezno	prekomerno	srednje
KG C	lahka,	2,1	5,3	9,8 – B	19,3 – B
	peščena	majhna vsebnost (priporočeno >2,5)	prekisl; potr. apnjenje	srednje	srednje

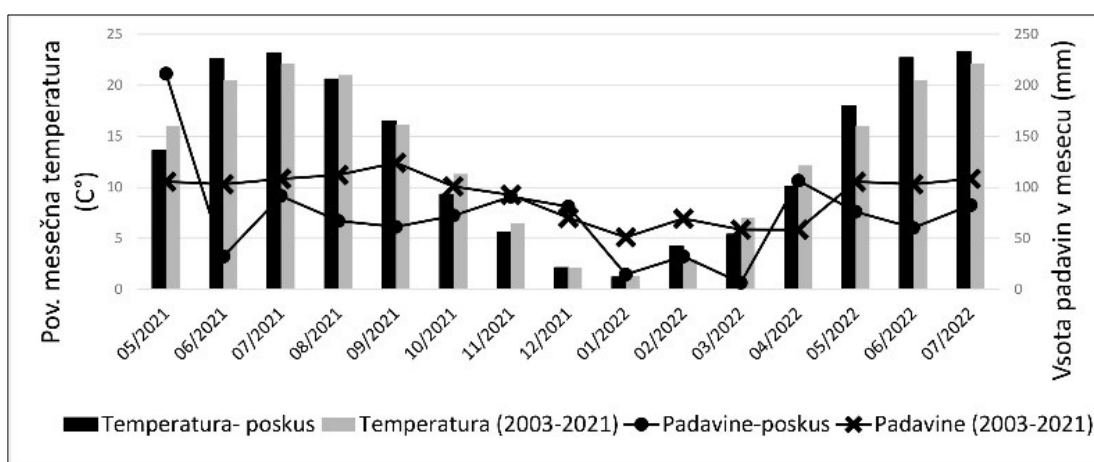
Spomladi 2021 smo pred setvijo soje opravili osnovno gnojenje s 300 kg/ha NPK 0-14-28 in 30 kg/ha čistega dušika v obliki KAN-a pri 100 % odmerku oz. 21 kg/ha čistega dušika v obliki KAN-a pri 70 % odmerku. Setev soje sorte 'ES Mentor' (Saatbau Linz) v količini 120 kg/ha semena in pri medvrstni razdalji 12,5 cm je potekala v maju. Plevela smo zatirali na konvencionalen način. Dognovanje z dušikom v obliki KAN-a (30 kg/ha pri 100-odstotnem odmerku in 21 kg/ha pri 70-odstotnem odmerku) je potekalo v začetku julija. Žetev je bila v zadnjem tednu septembra. Za oceno pridelka smo vzeli eno širino kosilnega dela kombajna in eno dolžino osnovne parcele ter stehali s traktorsko tehtnico (Dini Argeo). Pridetek soje je preračunan na 9% vlažnost zrnja. Vzorec tal za določanje talnega mineralnega dušika (TMN) na globini 0-30 cm je potekalo pred dognovanjem (4. 7. 2021) in po žetvi (8. 10. 2021). Spravilu soje je v prvi polovici oktobra sledila osnovna obdelava tal z oranjem (KG C) ali z rahljajnikom (KG A in KG B). Nato smo potrosili zeolit in osnovno gnojili s 400 kg/ha NPK 0-14-28 ter njive dopolnilno obdelali z vrtavkasto brano. Setev ozimne pšenice 'Amicus' (Saatbau Linz) v količini 240 kg/ha je sledila v drugi polovici oktobra 2021. Dgnojevali smo konec februarja (KAN; 300 kg/ha pri 100-odstotnem odmerku in 210 kg/ha pri 70-odstotnem odmerku), konec marca (N GOOO 26N +44SO₃; 300 kg/ha pri 100-odstotnem odmerku in 210 kg/ha pri 70-odstotnem odmerku) in v sredini maja (UREA; 150 kg/ha pri 100-odstotnem odmerku in 105 kg/ha pri 70-odstotnem odmerku). Žetev pšenice je potekala v začetku julija. Pridetek pšenice je preračunan na 14% vlažnost zrnja. Vzorec tal za določanje TMN na globini 0–30 cm smo opravili pred prvim dognovanjem (20. 2. 2022) in nato še takoj po žetvi (2. 7. 2022). Zatiranje plevelov in škodljivcev je potekalo na konvencionalen način.

2.2 Analizne metode

Vsebnost dušika v zrnu soje in pšenice je bila določena v laboratoriju Infrastrukturnega centra za pedologijo in varstvo okolja (ICPVO) na Biotehniški fakulteti v Ljubljani z metodo popolnega sežiga po Dumasu [sežig vzorca pri temperaturi 900 °C v prisotnosti kisika (Elementar Vario Max CNS)], pri čemer smo uporabili vrednost 6,25 kot empirični faktor za preračunavanje dušika v beljakovine. Vsebnost TMN v vzorcih tal (topna nitratna in amonijska oblika) je bila prav tako določena v laboratoriju ICPVO z ekstrakcijo talnih vzorcev z 0,01 mol/l CaCl₂ v razmerju tla : CaCl₂= 1:10.

2.2 Vremenske razmere v času poskusa

Vremenske razmere za merilno mesto Letališče Cerklje ob Krki, ki je od KG A oddaljeno 6,3 km zračne razdalje, od KG B 6,7 km in od KG C 4,6 km zračne razdalje, so prikazane na sliki 1. Vremenske razmere za to postajo so beležene od leta 2003 naprej. Maj 2021 je bil dvakrat bolj moker od dolgoletnega povprečja, saj je padlo 211 mm padavin, in za 2,5 °C hladnejši od dolgoletnega povprečja. Nato so bili vsi meseci podpovprečno suhi, še najbolj junij, ko je padlo le 31 % padavin dolgoletnega povprečja, in september, ko je padlo 49 % padavin dolgoletnega povprečja. Junija tega leta je bila povprečna temperatura za 2,1 °C višja, julija pa za 1,1 °C višja od dolgoletnega povprečja. Čas rasti ozimne pšenice je zaznamovalo veliko pomanjkanje padavin od januarja do junija, z izjemo aprila 2022. V marcu 2022 je padlo samo 11 % padavin dolgoletnega povprečja. Temperatura je bila v času setve pšenice nižja za 2 °C v primerjavi z dolgoletnim povprečjem, v februarju 2022 pa za 1,2 stopinje višja. Po hladnejšem aprilu so sledili zadnji trije meseci, ki so bili toplejši od dolgoletnega povprečja, največja razlika (2,2 °C) je bila junija 2022.



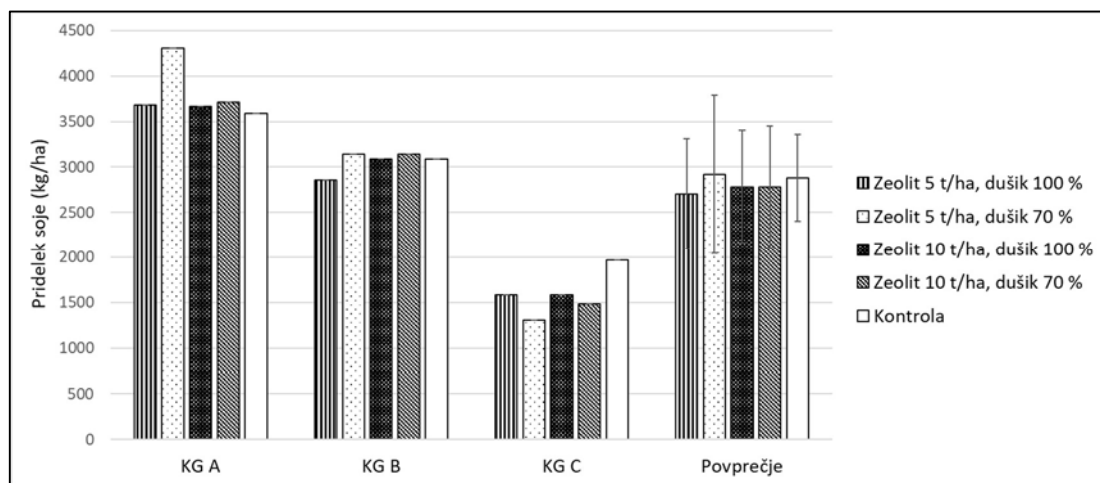
Slika 1: Povprečne mesečne temperature in vsota padavin po mesecih v času izvedbe poljskih poskusov v sezonah 2021/2022 ter povprečje za obdobje 2003–2021 za merilno mesto Letališče Cerklje ob Krki (ARSO, 2022)

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

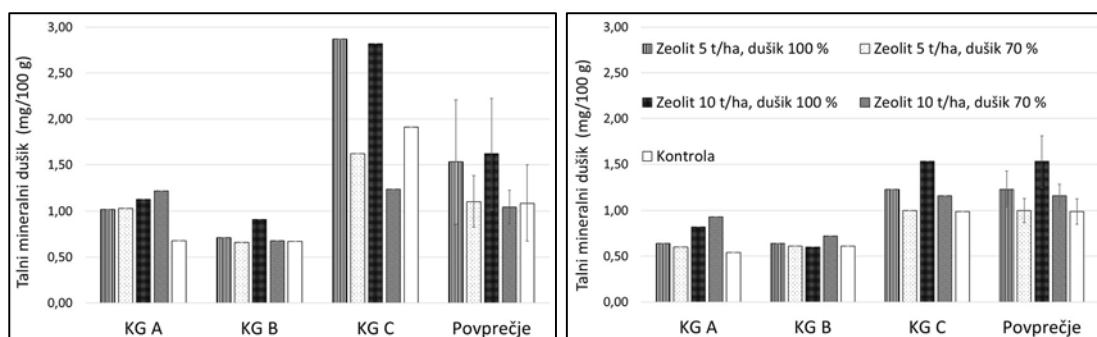
3.1 Poljski poskusi s sojo

Na KG A in KG B zmanjšanje odmerka dušika pri obeh odmerkih zeolita ni vplivalo na zmanjšanje pridelka zrnja soje. Obratno pa se je na KG C pri zmanjšani količini dušika pridelek zmanjšal za 17,5 % pri odmerku zeolita 5 t/ha in 6,5 % pri odmerku zeolita 10 t/ha. Na lokaciji KG C je bil največji pridelek zrnja soje 2,0 t/ha pri kontroli, povprečen pridelek na tej lokaciji pa 1,6 t/ha. Gre za majhen pridelek, saj je bil povprečen pridelek soje v Sloveniji v zadnjih sedmih letih okoli 3 t/ha (SiStat, 2023). Res pa je, da je bil povprečen pridelek soje v Sloveniji v letu 2021 2,5 t/ha (SiStat, 2023), kar potrjuje neugoden vpliv vremenskih razmer na pridelavo soje v tem letu. Glede na to, da je bil največji pridelek na KG C dosežen na kontroli, priča o veliki variabilnosti tal znotraj poskusne parcele te lokacije. Največji povprečni pridelek soje je bil dosežen na KG A, in sicer 3,8 t/ha. Tu je z velikim pridelkom izstopalo obravnavanje [zeolit 5 t/ha, dušik 70 %] s 4,3 t/ha. Povprečja obravnavanj pokažejo, da se zaradi zmanjšane rabe

dušika ne zmanjša tudi pridelek soje. Res pa je, da je bil tudi pri kontroli dosežen povprečen pridelek (2,9 t/ha), zelo podoben ali celo večji v primerjavi z nekaterimi drugimi obravnavanji (slika 2). Že v naših prejšnjih raziskavah je bil pridelek soje pri kontroli enak obravnavanjem, sestavljenim iz faktorjev inokulacije in gnojenja z dušikom in zeolitom (Flajšman in sod., 2019). Vsebnost beljakovin v zrnju je bila najmanjša pri kontroli (38,4 %), medtem ko je bila pri ostalih obravnavanjih nad 39,1 %.



Slika 2: Pridelek soje na treh kmetijskih gospodarstvih v letu 2021 in povprečen pridelek vseh treh kmetij skupaj. Mere variabilnosti povprečij prikazujejo standardno napako.



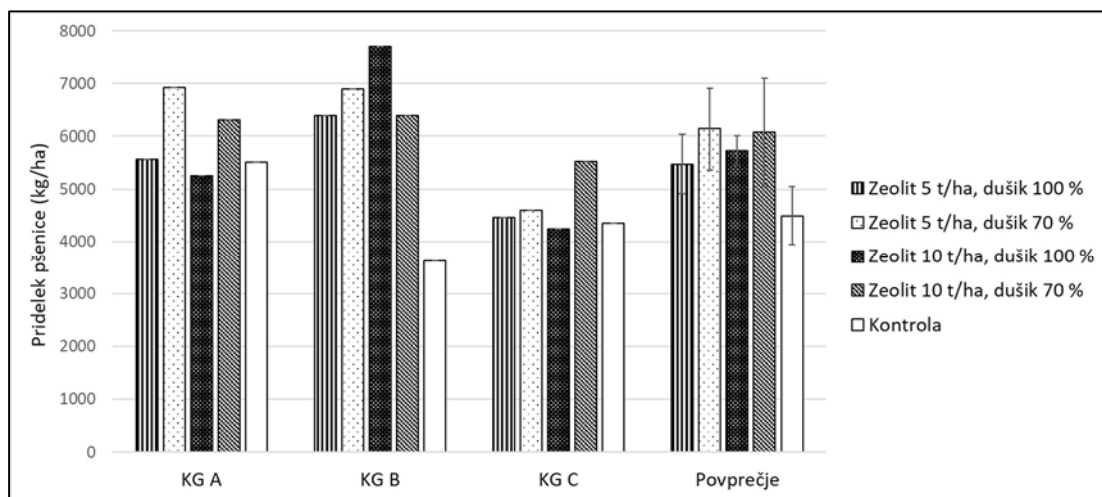
Slika 3: Vsebnost talnega mineralnega dušila v zgornjih 30 cm tal pred dognojevanjem soje 4. 7. 2021 (levo) in po žetvi soje 8.10.2021 (desno) na treh kmetijskih gospodarstvih in povprečne vsebnosti vseh treh kmetij skupaj. Mere variabilnosti prikazujejo standardno napako.

Pri obravnavanjih, kjer smo ob setvi soje dodali 100 % odmerka dušika, je analiza TMN v gornjih 30 cm tal, vzeti pred dognojevanjem soje, pokazala višjo vsebnost dušika kot pri 70 % odmerku dušika, kar bi lahko pomenilo, da je dodatek zeolita vplival na boljše zadrževanje dušika zaradi večje količine dodanega le-tega ob gnojenju. Le na KG A je imela kontrola precej nižjo vsebnost TMN v primerjavi z ostalimi obravnavanji. Povprečne vrednosti vseh treh lokacij kažejo trend, da 100 % odmerka dušika ob setvi pomeni večjo vsebnost TMN po približno 1,5 mesecu rasti, več zeolita pri tem odmerku dušika rezultira tudi z večjo vsebnostjo TMN v tleh. Vendar pa smo proti pričakovanjem na kontrolnem obravnavanju, kjer dušik ob setvi soje ni bil

dodan, izmerili enake vrednosti kot pri obravnavanjih s 70-odstotnim odmerkom dušika (slika 3 zgoraj). Razlog za te kontradiktorne rezultate lahko bil v veliki variabilnosti tal znotraj poskusnih lokacij kot tudi tehnične napake, storjene pri vzorčenju. Pri analizi vzorcev tal do 30 cm po žetvi soje se je pokazal podoben trend kot pri prvi analizi, da pri 100-odstotnem odmerku uporabljenega dušika v tleh ostaja več TMN, več dodanega zeolita pa pomeni višjo vsebnost TMN v tleh (slika 3 spodaj).

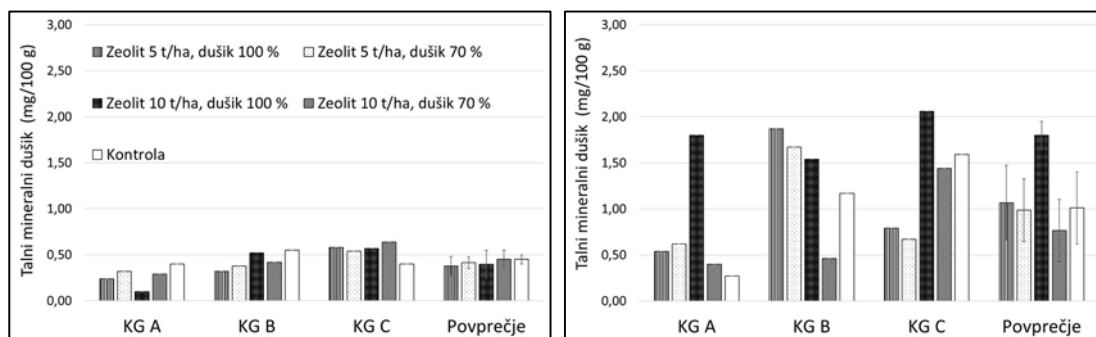
3.2 Poljski poskusi s pšenico

Navkljub sušnim razmeram v spomladanskih mesecih in podpovprečni količini padavin v zadnjih dveh mesecih pred žetvijo, je bil pridelek na lokacijah A in B, kjer so tla srednje težka, nad slovenskim povprečjem, ki za zadnjih 10 let znaša 5,2 t/ha (SiStat, 2023). Največji pridelek pšenice je bil dosežen z obravnavanjem [zeolit 10 t/ha, dušik 100 %] na lokaciji B, in sicer 7,7 t/ha, povprečno pa 6,2 t/ha. Na KG A (povprečen pridelek 5,9 t/ha) in KG B je 70-odstotno gnojenje z obema količinama zeolita povečalo pridelek za povprečno 19,5 % glede na obravnavanja s 100-odstotnim gnojenjem z dušikom. Rezultat je nepričakovan in bi ga lahko pojasnili zgolj z opaženo variabilnostjo tal znotraj poskusnih lokacij. Mogoče je tudi, da so se pojavile tehnične napake pri izvedbi. Na lokaciji C je bil dosežen najnižji povprečni pridelek, in sicer 4,6 t/ha, kar je posledica lahkih tal in s tem zaradi nizke količine padavin pomanjkanje vlage. Najvišji pridelek na tej lokaciji je doseglo obravnavanje [zeolit 10 t/ha, dušik 70 %], in sicer 5,5 t/ha. Kontrola je imela najnižji pridelek, in sicer je bilo povprečje vseh treh kmetij 4,5 t/ha. To je kljub vsemu velik pridelek, glede na to, da dušik z gnojenjem ni bil dodan. Verjetno je razlog ostanek dušika v tleh po soji, ki je bila predposevek. Zrnate stročnice lahko kot predposevek za žita povečajo pridelek (ob neuporabi dušika pri pridelavi žit) tudi do 2,8 t/ha (Preissel in sod., 2015). Vsebnost beljakovin v zrnju pšenice je bila najmanjša pri kontroli (10,1 %), medtem ko je bila pri ostalih obravnavanjih med 12,2 % in 13,5 %. Poskusov s pšenico in zeolitom v literaturi še nismo zasledili. Je pa poskuse z drugim predstavnikom iz družine trav, in sicer s koruzo, predstavil Kolmanič (2021), ki je ugotovil, da je na lahkih tleh v Rakičanu dodatek zeolita 500 kg/ha povečal pridelek treh hibridov koruze v povprečju za 9,7 %.



Slika 4: Pridelek pšenice na treh kmetijskih gospodarstvih v letih 2021/2022 in povprečen pridelek vseh treh kmetij skupaj. Mere variabilnosti povprečij prikazujejo standardno napako.

TMN v tleh pred prvim dognojevanjem pšenice (februar) kaže nizke vsebnosti pri vseh obravnavanjih, kar pomeni, da dodatek zeolita k tlom pred setvijo pšenice ni imel vpliva na vsebnost TMN (slika 5, zgoraj). Pri analizi TMN po žetvi pšenice pa se kaže trend, da je večja v tla dodana količina zeolita pomenila večjo vsebnost TMN, razen na KG B. Prav tako pa je v večini primerjav pri 100-odstotnem odmerku dušika v tleh ostalo več TMN kot pri 70-odstotnem odmerku (slika 5).



Slika 5: Vsebnost talnega mineralnega dušika v zgornjih 30 cm tal pred dognojevanjem pšenice 20.2.2022 (levo) in po žetvi pšenice 2. 7. 2022 (desno) na treh kmetijskih gospodarstvih in povprečna vsebnost vseh treh kmetij skupaj. Mere variabilnosti prikazujejo standardno napako.

4 SKLEPI

Na podlagi predstavljenih rezultatov iz makro poljskih poskusov lahko potrdimo prvo domnevo, da se pridelek zrnja soje in ozimne pšenice ni zmanjšal, če smo zmanjšali odmerek dušika pri gnojenju za 30 % in ob tem dodali 5 t/ha ali 10 t/ha zeolita. Druge domneve, da bo dodatek zeolita zagotovil večjo vsebnost talnega mineralnega dušika v tleh, iz predstavljenih rezultatov ne moremo potrditi, saj je bila vsebnost TMN v nekaterih primerih izenačena s kontrolo, kjer zeolit ni bil dodan. Večje razlike, kot med obravnavanji, so se v predstavljenih poljskih makro poskusih pokazale med lokacijami. Glede na to, da so bile na vseh lokacijah podobne vremenske razmere, so ugotovljene razlike med lokacijami predvsem posledica razlik med tlemi. Zato bi bilo potrebno za bolj trdne zaključke glede vpliva uporabe kombinacij odmerkov zeolita in dušika izvesti poskuse na več lokacijah, ali pa na posameznih lokacijah zastaviti poljske mikro poskuse, pri katerih zasnova poskusov lahko oceni vpliv variabilnosti tal posamezne lokacije na merjene spremenljivke.

Zahvala. Zahvaljujemo se Evropskemu kmetijskemu skladu za razvoj podeželja in Evropskemu partnerstvu za inovacije na področju kmetijske produktivnosti in trajnosti za financiranje pilotnega projekta. Za sodelovanje se zahvaljujemo podjetju Montana d.o.o. in kmetijskim gospodarstvom Grubič (A), Peterkovič (B) ter Bogovič (C).

5 LITERATURA

- ARSO. 2022. Agencija Republike Slovenije za okolje <http://www.arso.gov.si> (29. nov. 2022)
- Flajšman M., Kancilja N., Mihelič M., Kocjan Ačko D. 2019. Pridelek zrnja soje sorte 'ES Mentor' pri uporabi zeolita in dognojevanju z dušikom. V: Novi izzivi v agronomiji. Zbornik simpozija. 31. januar in 1. februar 2019, Laško. Čeh B., Dolničar P., Mihelič R., Stanjko D., Šantavec I. (ur.). Slovensko agronomsko društvo, Ljubljana: 49-55.
- Gacin M., Mihorko P. 2022. Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji. Agencije Republike Slovenije za okolje, Ljubljana: 9. str.

- Jarosz, R., Szerement, J., Gondek, K., Mierzwa-Hersztek, M. 2022. The use of zeolites as an addition to fertilisers—A review. *Catena*, 213: 106125.
- Kaduk J. A., Faber J. 1995. Crystal structure of zeolite Y as a function of ion exchange. *The Rigaku Journal*, 12: 14–34.
- Kolmanič A. 2021. Učinek uporabe zeolitov na pridelek koruze za zrnje (*Zea mays* L.) v različnih pedoklimatskih razmerah V: Novi izzivi v agronomiji. Zbornik simpozija. 28. in 29. januar 2021, Spletni simpozij. Čeh B., Dolničar P., Mihelič R., Stanjko D., Šantavec I. (ur.). Slovensko agronomsko društvo, Ljubljana: 111-118.
- Lane R.H. 1999. Cereal foods. V: Official methods of analysis of AOAC internationa. Vol. 2. Cunniff P. (ed.). 16 th ed. Maryland, AOAC Internationa, Chapter 32: 1-43
- 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.
- 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.
- Operativni program za varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijske proizvodnje 2004-2008. 2004. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=NACR16> (17. nov. 2022)
- Preissel, S., Reckling, M., Schläfke, N., & Zander, P. 2015. Magnitude and farm-economic value of grain legume pre-crop benefits in Europe: A review. *Field Crops Research*, 175: 64-79.
- Statistični urad RS. 2023. Pridelava poljščin (ha, t, t/ha), Slovenija, letno. <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1502402S.px/table/tableViewLayout2/> (4.1.2023)
- Strateški načrt skupne kmetijske politike 2021–2027. Specifični cilj 5: spodbujanje trajnostnega razvoja in učinkovitega upravljanja naravnih virov, kot so voda, tla in zrak. 2020. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Ljubljana: 75 str.

Vpliv roka žetve na pridelek in kakovost ozimne pšenice

Aleš KOLMANIČ⁷³, Simon OGRAJŠEK⁷⁴ in Andrej ZEMLJIC⁷⁵

Izvleček

Iz različnih razlogov, ki so večinoma povezani z vremenom, pšenice ni mogoče v vseh letih požeti v optimalni zrelosti, kar lahko vpliva na pridelek zrnja in doseženo kakovost. Za ovrednotenje spremembe pridelkov in kakovosti pšeničnega zrnja pri različnih rokih žetve smo v Jabljah zasnovali poljske poskuse v treh zaporednih pridelovalnih sezonah (2019–2021). V poskuse smo vključili sorte XT 88.5 R, Falado, Izalco CS, Alixan, Vulkan in Bernstein, ki se med sabo razlikujejo po namenu uporabe (krušne in krmne pšenice) ter po dolžini rastne dobe. Pšenice smo poželi v fiziološki zrelosti, tehnološki zrelosti, tehnološki zrelosti + 15 dni in tehnološki zrelosti + 30 dni. Z zamikom žetve čez tehnološko zrelost so se pri večini sort skoraj linearno zmanjšali pridelek zrnja, hektolitrška masa ter padno število. Sorta Illico je imela najmanjše zmanjšanje padnega števila v vseh rokih žetve in v vseh pridelovalnih letih. Vsebnosti beljakovin ter vrednost sedimentacije so bile z zamikom žetve stabilne oz. so se rahlo povečevale, kar je v skladu s fiziološkimi procesi dozorevanja pri skladiščenju zrnja. Čeprav so genetske lastnosti sorte in vremenske razmere v posameznem pridelovalnem letu vplivale na velikost spremembe pridelka in kakovosti pri zamiku žetve, so se z zamikom žetve pri vseh sortah v vseh letih poslabšali doseženi kakovostni razredi.

Ključne besede: ozimna pšenica, pridelek, kakovost, hektolitrška masa, beljakovine, pozna žetev

Impact of harvest delay on winter wheat yields and quality

Abstract

Delayed harvest of winter wheat in Slovenia can occur in some years for various, mostly weather-related reasons, and can affect grain yield and quality. To evaluate the change in yields and quality of wheat grain at different harvest dates, field trials were established at Jable in three consecutive growing seasons from 2019-2021. The varieties XT 88.5 R, Falado, Izalco CS, Alixan, Vulkan, and Bernstein were included. Varieties differ in the quality potential (bread and fodder wheat) and in the length of growth. Varieties were harvested at physiological maturity, at full maturity, at full maturity + 15 days, and at full maturity + 30 days. Delay of harvest beyond full maturity almost linearly decreased grain yield, test weight, and the falling number for most varieties. The variety Illico had the lowest decrease in fall numbers at all harvest dates in all growing seasons. The protein content and sedimentation values were stable with the delay of the harvest, showing a slight increase. The observed is in accordance with the physiological processes of wheat maturation during grain storage. Although the genetic characteristics of the variety and the weather conditions in each growing season influenced the size of the grain yield and quality change, delaying the harvest beyond the full maturity reduced the achieved quality classes for all varieties in all years.

Key words: winter wheat, yield, quality, test weight, falling number, delayed harvest

1 UVOD

Navadna ozimna pšenica (*Triticum aestivum* L. var. *aestivum*) je med najpomembnejšimi poljščinami v pridelavi, prehrani ljudi in rejnih živalih. Količina in kakovost pridelka pšenice sta rezultat interakcij med genotipom, okoljem ter ukrepi, ki jih izvedemo med rastno dobo in/ali po njej. Običajna pridelovalna praksa pšenice je, da z žetvijo začnemo v t.i. tehnološki zrelosti, ki nastopi ko vlaga v zrnju pade pod 14 %. S tem se izognemo stroškom sušenja zrnja,

⁷³ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: ales.kolmanic@kis.si

⁷⁴ Mag. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: simon.ograjsek@kis.si

⁷⁵ Univ. dipl. ing. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: andrej.zemljic@kis.si

izkoristimo potencial genotipov glede rodnosti in kakovosti. Odvisno od dolžine rastne dobe izbrane sorte, tehnoloških ukrepov in vremenskih razmer, ozimna pšenica doseže pri nas tehnološko zrelost v mesecu juliju.

Iz različnih razlogov se lahko zgodi, da pšenice ni mogoče v vseh letih požeti v optimalni zrelosti, kar lahko v odvisnosti od vremenskih razmer vpliva na pridelek zrnja in doseženo kakovost. Znano je, da lahko močenje zrnja po fiziološki zrelosti pšenice sproži kaljenje zrnja, kar zmanjša hektolitrsko maso in padno število (Schuler in sod., 1995). Fiziološko se pri tem škrob razgradi v enostavne sladkorje zaradi delovanja encima α -amilaze (Gubler in sod., 2005). Posledica tega procesa je zmanjšanje padnega števila in s tem pekovske kakovosti pšeničnega zrnja. Za pridelovalca to pomeni uvrstitev pridelka zrnja v nižji kakovostni razred ter zmanjšanje odkupne cene. A majhno padno število in visoka prisotnost α -amilaze ni nujno kazalec procesa kaljenja, saj imajo nekatere sorte lahko povečano raven izooblike α -amilaze (TaAMY1) brez učinka na sestavo zrnja, morfologijo, dormantnost ali kalitev in s tem na pekovske lastnosti (Zhang in sod., 2022). Ker teh sort ne moremo prepoznati ali ločiti z uporabo standardnih postopkov določanja padnega števila, bodo v prihodnje potrebne določene spremembe v določanju padnega števila. Manj znano kot sprememba padnega števila je, kako se s pozno žetvijo in izpostavljenostjo zrnja vremenskim razmeram na polju spreminjajo ostali kakovostni parametri zrnja in če pri tem obstajajo pomembne razlike med sortami, ki bi jih lahko izkoristili pri pridelavi kakovostne pšenice.

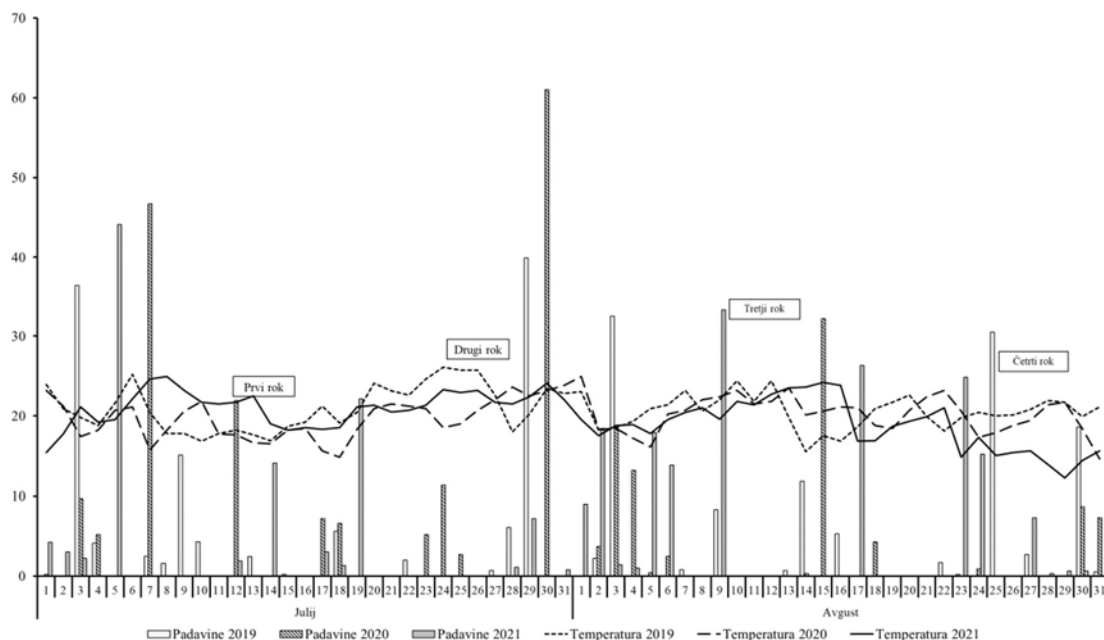
Namen prispevka je pri šestih sortah ozimne pšenice različnih kakovostnih razredov analizirati vpliv štirih rokov žetve (žetev v fiziološki zrelosti, žetev v tehnološki zrelosti, žetev v pozni tehnološki zrelosti in žetev v zelo pozni zrelosti/prezrelosti) na pridelek, vlago zrnja, hektolitrsko maso, vsebnost beljakovin, vrednost sedimentacije in padno število.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poskuse smo zastavili v pridelovalnih sezonah 2018/2019, 2019/2020 ter 2020/2021 na raziskovalni postaji Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah (osrednja Slovenija). V poskus smo vključili šest sort ozimne pšenice različnih kakovostnih skupin, na katerih smo spremljali odziv pridelkov in kakovostnih parametrov v odvisnosti od časa spravila. Sorte vključene v poskuse so bile XT 88.5 R, Falado, Izalco CS, Alixan, Vulkan in Bernstein. Obdelava tal na polju je bila konvencionalna, z jesenskim oranjem do globine 25 cm in s predsetveno pripravo. Predposevek pšenici je bila v vseh letih koruza za zrnje. Poskuse smo sejali v času med 15. 10. in 20. 10., s setveno količino približno 400 kalivih semen na m². Količina uporabljenega N iz mineralnih gnojil se je med leti spreminjala glede na rezultate nitratnega testa. V letu 2019 smo poskuse dognojili s 140 kg N/ha v dveh odmerkih, v letu 2020 s 120 kg N/ha v dveh odmerkih in v letu 2021 s 100 kg N/ha v dveh odmerkih. V vseh letih smo pšenico pridelovali v skladu s smernicami integriranega varstva rastlin. Plevela smo v letu 2019 zatirali spomladi, v letih 2020 in 2021 pa v jeseni takoj po vzniku pšenice. Za zatiranje glivičnih bolezni smo v vseh letih uporabili fungicide. Prvo aplikacijo smo izvedli v BBCH 35–37 in drugo v BBCH 60–65. Za zatiranje listnih uši in listnega strgača smo v vseh letih uporabili insekticid.

Zaradi omejitve dolžine prispevka prikazujemo vremenske razmere samo v obdobju žetve (slika 1). Pšenico smo želi v fiziološki zrelosti (prvi rok), v tehnološki zrelosti (drugi rok), v tehnološki zrelosti + 15 dni (tretji rok) in v tehnološki zrelosti + 30 dni (četrti rok). Fiziološko zrelost smo določili tako, da smo odvzeli vzorec zrnja in izmerili vlago. Ko je bila vlaga sorte med 17 % in 20 % smo pričeli z žetvijo. Ko so sorte imele vlage pod 14 % smo to smatrali za tehnološko zrelost (drugi rok). Žetev smo opravili s kombajnom Wintersteiger Nursery Master. Vsako sorta smo poželi v štirih ponovitvah pri posameznem roku žetve. Površina posamezne požete parcele je bila 6 m² (4 × 1,5 m²). Po žetvi smo pridelek stehali, odvzeli vzorce in izmerili vlago ter

hektolitrsko maso z analizatorjem Perten Aquamatic. Vzorce smo nato posušili na 10–11 % vlage. Vsebnosti surovih beljakovin smo analizirali z uporabo NIR analizatorja 6500 Monochromator (Foss NIRSystem, Silver Spring, MD) in jih preračunali na suho snov. Vrednosti sedimentacije smo analizirali po metodi SIST ISO 5529: 1997, število padanja pa po metodi SIST ISO 3093:2005.



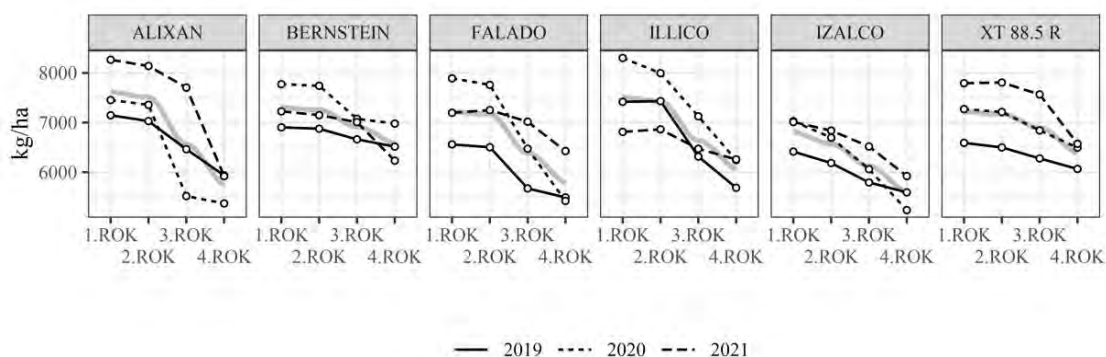
Slika 1: Gibanje temperature zraka in količine padavin v obdobju žetve poskusov v letih 2019, 2020 in 2021.

Podatke smo statistično obdelali s programom Statgraphics Centurion XVIII. Analizo variance smo naredili z uporabo več faktorske analize. V modelu smo sorto in rok žetve označili kot fiksna dejavnika, ponovitev pa kot naključni dejavnik. Zaradi večjih razlik med pridelovalnimi leti smo pridelovalna leta analizirali posebej. Kjer je analiza pokazala statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$), smo razlike med obravnavanji preverili s Tukey HSD testom za primerjavo mnogoterih obravnavanj ($\alpha = 0,05$). Grafično obdelavo podatkov smo naredili s programom R in paketom GGPlot2.

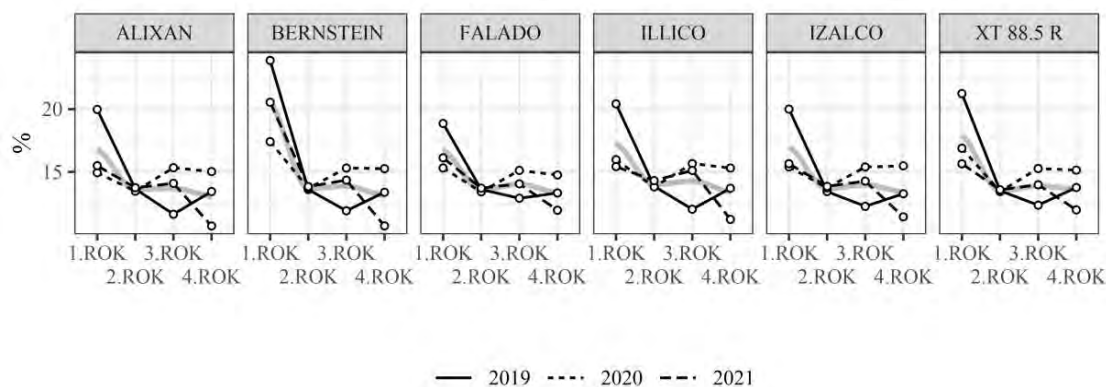
3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Pridelke zrnja prikazujemo na sliki 2. Analiza variance kaže, da so v vseh letih med sortami in roki žetve ter pri interakciji med obema prisotne značilne razlike ($p < 0,001$). Najbolj rodna sorta je bila Bernstein, s povprečnim pridelkom suhe snovi zrnja 7011 kg/ha, najmanj rodna pa sorta Izalco CS s pridelkom 6270 kg/ha. Najmanjše pridelke smo imeli v letu 2019 (v povprečju 6400 kg/ha), največje pa v letu 2021 (v povprečju 7000 kg/ha). Z zamikom žetve se je pridelek suhega zrnja zmanjševal, poznejše kot je bilo spravilo, večje je bilo zmanjšanje pridelka, a so bile pri tem razlike med pridelovalnimi leti. Najmanjša razlika med prvim in četrtem rokom žetve je bila v letu 2019 (zmanjšanje za 14 %), največja pa v letu 2020, ko je bilo več padavinskih dogodkov v tem obdobju (zmanjšanje za 21,8 %). V povprečju treh let je bila razlika med prvim in drugim rokom žetve zanemarljiva (1,3 %), med prvim in tretjim rokom pa se je pridelek zmanjšal za 9,5 % ter med prvim in četrtem rokom za 17,3 %. Interakcije med

sorto in rokom žetve kažejo, da se je odziv pridelka na zamik žetve razlikoval med sortami. Sorti Bernstein ter XT 88.5R sta z zamikom žetve imeli najmanjše zmanjšanje pridelkov (v povprečju za 726 kg/ha oz. 842 kg/ha med prvim in četrtem rokom žetve), sorta Alixan pa največje (v povprečju 1882 kg/ha med prvim in četrtem rokom žetve). Najpoznejši sorti sta imeli najmanjše izgube pridelka z zamikom žetve ter obratno. Opazimo lahko, da je odziv posamezne sorte podoben v vseh letih; sorte ki so imele manjše zmanjšanje pridelka z zamikom žetve so v vseh letih izkazovale to lastnost ter obratno. Okoljske razmere, predvsem padavine z vetrom so pri zamiku žetve povzročale poškodbe rastlin, večale izpad zrnja ter spodbujale razvoj gliv na zrnju. V letu 2019, kjer je bilo manj padavinskih dogodkov po tehnološki zrelosti, so bile razlike v pridelkih med drugim in tretjim rokom žetve manjše. So pa v četrtem roku bile izgube v vseh letih znatne. Pri poznih žetvah so bile v vseh letih nezanemarljive tudi poškodbe ptic in s tem povezane izgube pridelka.



Slika 2: Odziv pridelka zrnja glede na sorto, rok žetve in pridelovalno leto. Krivulja označena s sivo barvo prikazuje povprečni odziv. Pridelki so preračunani na suho snov.

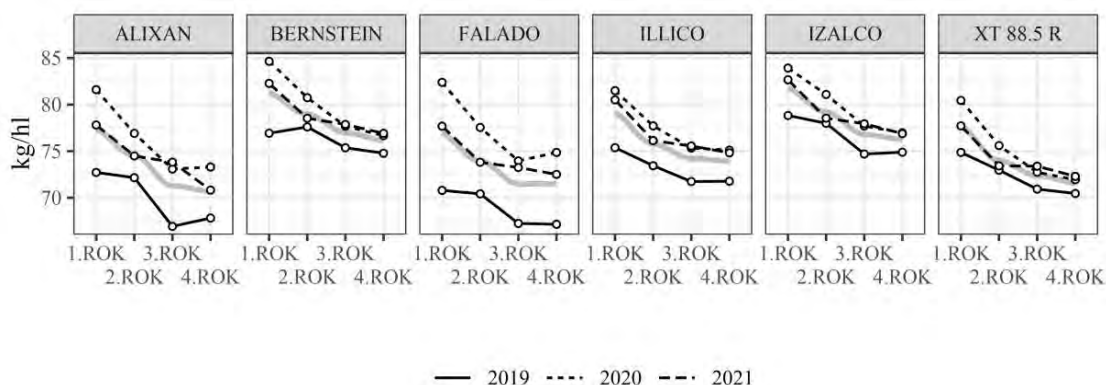


Slika 3: Odziv vlage zrnja glede na sorto, rok žetve in pridelovalno leto. Krivulja označena s sivo barvo prikazuje povprečni odziv.

Vlago zrnja ob žetvi prikazujemo na sliki 3. V vseh letih so med sortami in roki žetve ter pri interakciji prisotne značilne razlike ($p < 0,001$). Sorta Bernstein ima v vseh letih preizkušanja največjo vlago (v povprečju 15,4 %), najmanjšo pa sorti Alixan (v povprečju 14,2 %) in Falado (v povprečju 14,4 %). V vseh letih se je vlaga zmanjšala med prvim in drugim rokom žetve (v povprečju za 4,0 odstotne točke), odvisno od vremenskih razmer v posameznem pridelovalnem letu, pa so z zamikom žetve nato vlage lahko ponovno narasle (leto 2020) ali se zmanjšale (leto

2021). Največja sprememba med prvim in drugim rokom žetve je v letu 2019 (za 7,5 odstotnih točk). Interakcije med sorto in rokom žetve kažejo, da se odziv vlage v zrnju na zamik žetve razlikuje med sortami. Najpoznejši sorti v poskusih (Bernstein in XT 88.5 R) sta bolj zmanjšali vlage med prvim in drugim rokom ter obratno, kar lahko pojasnimo s tem, da so bile nekatere zgodnejše sorte v pozni fiziološki zrelosti ob žetvi. Ne glede na to, so pri drugem roku žetve imele vse sorte v vseh letih vlago pod 14 %.

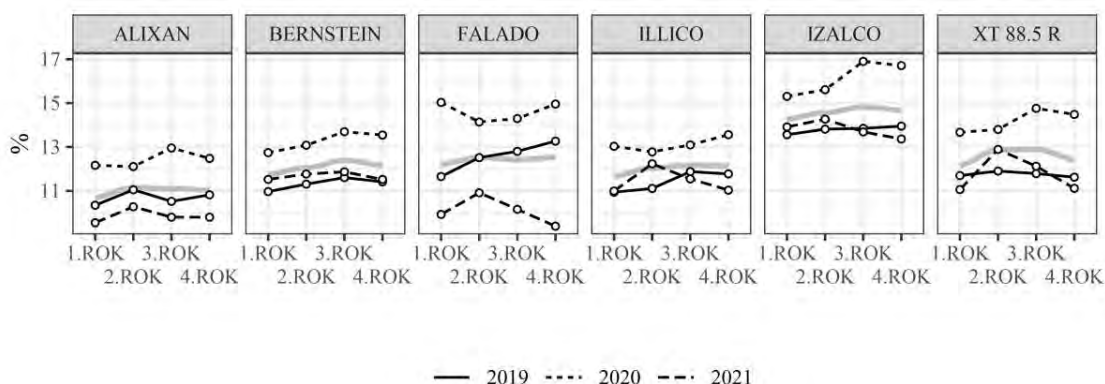
Hektolitrsko maso prikazujemo na sliki 4. Analiza variance kaže, da so bile v vseh letih med sortami, roki žetve in pri interakciji med obema prisotne značilne razlike ($p < 0,001$). V vseh letih sta imeli največji hektolitrski masi sorti Bernstein (v povprečju 78,3 kg/hl) in Izalco (v povprečju 78,5 kg/hl), najmanjše pa sorte Alixan in Falado (v povprečju 73,5 kg/hl) ter XT 88.5R (v povprečju 73,9 kg/hl). Sorte so imele najmanjše hektolitrske teže v letu 2019, največje v letu 2020. Z zamikom žetve se je hektolitrska masa zmanjševala, a se je sprememba razlikovala med leti. Z zamikom žetve se je najmanj zmanjšala v letu 2019, največ pa v letu 2020. V povprečju treh let je bilo zmanjšanje med prvim in drugim rokom žetve 3,8 %, med prvim in tretjim rokom 6,6 % ter med prvim in četrtem rokom 7,2 %. Interakcije med sorto in rokom žetve kažejo, da se je odziv hektolitrske mase na zamik žetve razlikoval med sortami, a je pri vseh opazno zmanjšanje z zamikom žetve. Sorti Izalco CS in Bernstein sta imeli z zamikom žetve v vseh letih najmanjše zmanjšanje, največje pa smo opazili pri sorti Alixan. Kakovosti razred A glede hektolitrske mase (78 kg/hl) sta v prvih dveh rokih žetve izpolnjevali sorti Izalco CS in Bernstein ter v prvem roku sorta Illico. Sorti Izalco CS in Bernstein sta v tretjem in četrtem roku dosegali razred B1 (76 kg/hl), ostale sorte pa so bile v tretjem in četrtem roku žetve razvrščene pod krmne pšenice (pod 74 kg/hl). Podobno zmanjšanje hektolitrske mase z zamikom žetve navajajo tudi v študiji Dorrian in sod. (2022). Rezultati tudi nakazujejo, da ima genetska predispozicija sorte velik vpliv na hektolitrsko maso, a okoljske razmere lahko odločilno vplivajo na izražanje te lastnosti. Vlaženje dozorelega zrnja na polju je med glavnimi razlogi za zmanjšanje hektolitrske mase, ker povzroča spremembe škroba in s tem pušča majhne praznine znotraj zrna. Ob vlaženju zrna tudi nabreknejo. Ker povečana zrnja zavzamejo več prostora ob enaki masi, se hektolitrska masa zmanjša.,



Slika 4: Odziv hektolitrske mase glede na sorto, rok žetve in pridelovalno leto. Krivulja označena s sivo barvo prikazuje povprečni odziv.

Vsebnosti beljakovin prikazujemo na sliki 5. V vseh letih so bile med sortami, roki žetve in pri interakciji med obema prisotne značilne razlike ($p < 0,001$). V vseh letih je imela največjo vsebnost beljakovin sorta Izalco (v povprečju 14,6 %), najmanjšo pa sorta Alixan (v povprečju 10,9 %). Med leti so se vsebnosti spreminjale, najmanjše smo zaznali v letu 2021 in največje v

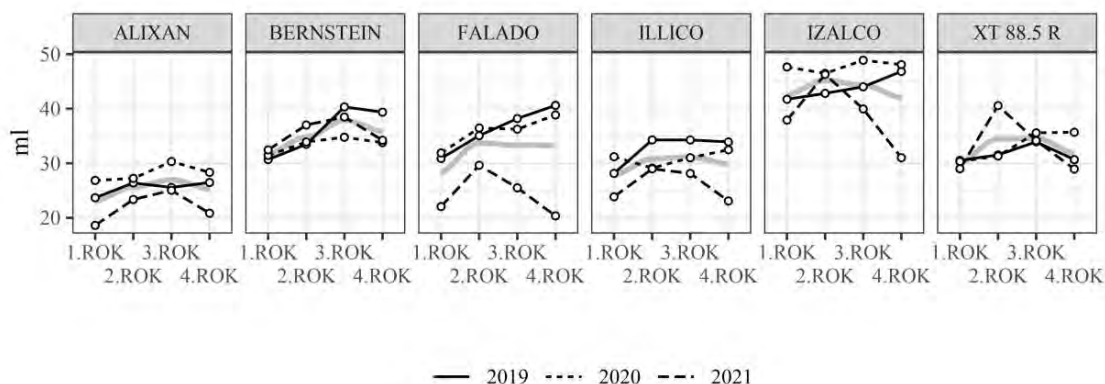
letu 2020 (razlika za 2,5 %), kar je posledica tako vpliva vremenskih razmer kot manjše količine dodanega mineralnega N v letu 2021. Z zamikom žetve se je vsebnost beljakovin (preračunana na suho snov) na splošno povečevala. Največja sprememba je opazna med prvim in drugim rokom žetve (za 0,6 odstotne točke), nato pa so se vrednosti ustalile, a je bilo to odvisno od pridelovalnega leta. V letu 2020 je bila med prvim in drugim rokom žetve najmanjša razlika (0,1 odstotne točke), največja pa je bila v letu 2021 (0,9 odstotne točke). V letih 2019 in 2020 so se vsebnosti povečevale do zadnjega roka žetve, v letu 2021 pa se po drugem roku žetve niso več spreminjale. Interakcije med sorto in rokom žetve kažejo, da se je odziv vsebnosti beljakovin na zamik žetve razlikoval med sortami. Predvsem sorti Falado in XT 88.5R sta izstopali po večji variabilnosti med roki žetve v posameznem letu. Nasprotno pa sta sorti Bernstein in Izalco imeli dobro stabilnost. Standard kakovosti A (≥ 14 %) je večinoma dosegala samo sorta Izalco CS. Pri ostalih sortah je opazna variabilnost iste sorte med A razredom in krmno pšenico. Rezultati nakazujejo, da ima genetska predispozicija sorte močan vpliv na vsebnosti beljakovin, a ima tudi leto močan vpliv na izražanje te lastnosti, kar opazimo kot večjo variabilnost pri nekaterih sortah.



Slika 5: Odziv vsebnosti beljakovin glede na sorto, rok žetve in pridelovalno leto. Krivulja označena s sivo barvo prikazuje povprečni odziv.

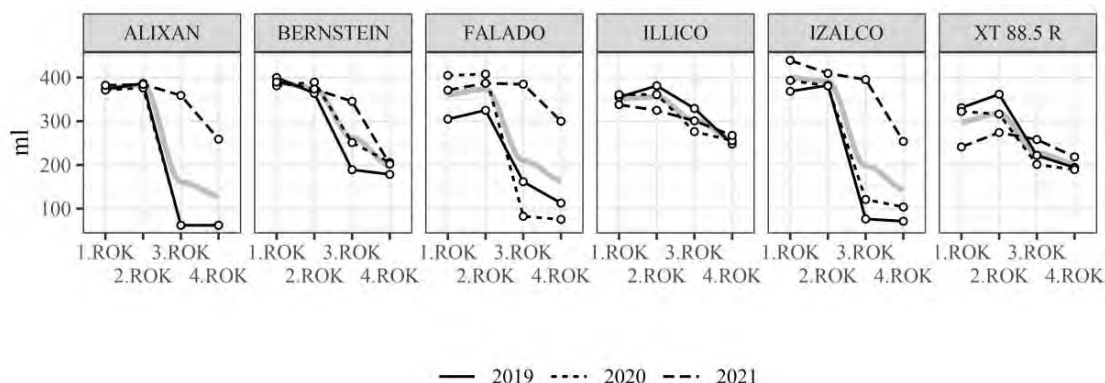
Odziv vrednosti sedimentacije prikazujemo na sliki 6. V vseh letih so med sortami in roki žetve prisotne značilne razlike ($p < 0,001$), pri interakciji med sorto in rokom žetve pa v letih 2019 in 2021 ($p < 0,001$). Sorta Izalco CS je imela v povprečju največjo vrednost sedimentacije (43 ml), najmanjšo pa sorta Alixan (25 ml). Najmanjše vrednosti sedimentacije so bile v letu 2021 in največje v letu 2020 (koeficient variabilnosti 6,6 %). Najmanjše vrednosti sedimentacije opazamo v prvem roku (30 ml), nato pa z drugim in tretjim rokom vrednosti naraščajo. Odvisno od vremenskih razmer pridelovalnega leta se vrednosti sedimentacije v četrtem roku več niso spremenile ali so se zmanjšale, a so kljub temu bile večje kot pri žetvi v prvem roku. Interakcije med sorto in rokom žetve kažejo, da se je odziv vrednosti sedimentacije na zamik žetve razlikoval med sortami. Izstopata sorti Bernstein in Alixan, ki kažeta večjo stabilnost vrednosti sedimentacije med roki žetve. Tudi v letu 2021, ko so se vrednosti sedimentacije po drugem roku žetve zmanjševale pri vseh sortah, sta bili spremembi pri sortah Alixan in Bernstein manjši kot pri ostalih. Sorta Izalco CS je kakovostni parameter A za sedimentacijo dosegla v vseh rokih žetve v letih 2019 in 2020, ter v drugem in tretjem roku žetve v letu 2021. Pri ostalih sortah je opazna variabilnost med B1 in krmno pšenico. Rezultati nakazujejo, da ima genetska predispozicija sorte močan vpliv na vrednost sedimentacije. Sorta Alixan, ki ima manj kakovostne beljakovine ni v nobenem roku žetve ali v pridelovalnem letu dosegala parametre

bolj kakovostnih sort. Tudi leto ima vpliv na izražanje te lastnosti, a so kljub temu imele kakovostne sorte večje vrednosti v vseh letih kot manj kakovostne.



Slika 6: Odziv vrednosti sedimentacije glede na sorto, rok žetve in pridelovalno leto. Krivulja označena s sivo barvo prikazuje povprečni odziv.

Padno število prikazujemo na sliki 7. V vseh letih so med sortami, roki žetve ter pri interakciji med obema prisotne značilne razlike ($p < 0,001$). Največji padni števili sta imeli sorti Bernstein in Illico (v povprečju 306 in 316 s), najmanjšo pa sorta XT 88.5 R (v povprečju 260 s). Najmanjšo padno število smo opazili v letu 2019 in največje v letu 2021 (koeficient variabilnosti 11,0 %). Pri žetvi v tretjem in četrtem roku se je padno število zelo zmanjšalo. Primerjava drugega in četrtega roka žetve kaže zmanjšanje za 60 % v letih 2019 in 2020 ter za 30 % v letu 2021. Interakcije med sorto in rokom žetve kažejo, da se je odziv padnega števila na zamik žetve razlikoval med sortami. Sorta Illico je pri zamiku žetve imela v vseh letih najmanjše zmanjšanje padnega števila (27,7 % razliko, sorta Alixan pa 66,6 %). Sorta Izalco CS je imela v prvih dveh rokih žetve največjo padno število (400 s in 391 s), a je že v tretjem roku žetve vrednost padla na 198 s. Vse sorte so v prvih dveh rokih žetve imeli padno število kakovostnega razreda A. V tretjem roku žetve je vrednost padnega števila za A kakovost imela samo še sorta Illico (302 s), Bernstein in XT sta dosegala parametre za B2 razred. V četrtem roku žetve je samo sorta Illico še dosegala kriterij za B1.



Slika 7: Odziv padnega števila glede na sorto, rok žetve in pridelovalno leto. Krivulja označena s sivo barvo prikazuje povprečni odziv.

4 SKLEPI

Z zamikom žetve čez tehnološko zrelost so se pri večini sort skoraj linearno zmanjšali pridelek zrnja, hektolitrsko masa ter padno število. Po odpornosti na zmanjšanje padnega števila pri zamiku žetve izstopa sorta Illico. Vsebnosti beljakovin ter vrednost sedimentacije so precej stabilne oz. so se pri zamiku žetve rahlo povečevale, a brez pomembnih sprememb v doseženih kakovostnih razredih. Opaženo povečanje je v skladu s fiziološkimi procesi po žetvi zrnja, ki so poznani pri skladiščenju zrnja. Omeniti velja, da se je pri zamiku žetve čez tehnološko zrelost v vseh letih povečevala glivična okuženost zrnja (predvsem črnih saprofitskih gliv in gliv iz rodu *Fusarium*), česar pa zaradi omejitve dolžine prispevka ne prikazujemo. Čeprav so genetske lastnosti sorte in vremenske razmere v posameznem pridelovalnem letu vplivale na velikost spremembe pridelka in kakovosti pri zamiku žetve, so se z zamikom žetve pri vseh sortah v vseh letih poslabšali doseženi kakovostni razredi.

Zahvala. Raziskava je sofinancirana v okviru programa Javnih služb v poljedelstvu, ki ga financira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo ter programske skupine Agrobiodiverziteta (P4-0072), ki jo financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS.

5 LITERATURA

- Dorrian, K., Mkhabela, M., Sapirstein, H. and Bullock, P. 2022. Effects of Delayed Harvest on Wheat Quality and Gluten Strength of Hard Red Spring Wheat. Cereal Chemistry. Accepted Author Manuscript. <https://doi.org/10.1002/cche.10637>
- Gubler, F., Millar, A.A., Jacobsen, J.V. 2005. Dormancy release, ABA and pre-harvest sprouting. Current Opinion in Plant Biology, 8: 183–187.
- Schuler, S.F., Bacon, R.K., Finney, P.L., and Gbur, E.E.. 1995. Relationship of test weight and kernel properties to milling and baking quality in soft red winter wheat. Crop Science, 35: 949–953.
- Zhang, Q., Pritchard, J., Mieog, J., Byrne, K., Colgrave, M.L., Wang, J.R., Ral, J.F. 2022. Over-Expression of a Wheat Late Maturity Alpha-Amylase Type 1 Impact on Starch Properties During Grain Development and Germination. Frontiers in Plant Science, 29: 811728.

Primerjava rezultatov metod za oceno izpustov toplogrednih plinov, nastalih pri različnih načinih pridelave poljščin

Denis STAJNKO⁷⁶, Andi ŠPACAPAN⁷⁷, Erik RIHTER⁷⁸ in Rok MIHELIC⁷⁹

Izvleček

V raziskavi smo izračunali vpliv konvencionalne (KP) in ohranitvene (OP) pridelave na izpuste CO₂ in potencial globalnega segrevanja (GWP) v severovzhodnem delu Slovenije v Mezgovcih ob Pesnici (težja tla) v dolini reke Pesnice in v Moškanjcih (lažja tla) na Ptujem polju. Primerjali smo rezultate programov SPionWeb® in CFT® ter ugotovili, da je kornja za zrnje leta 2016 v Mezgovcih ob Pesnici v sistemu OP povzročila najmanjše izpuste CO₂ (0,06 kg CO₂/kg SS) in GWP (0,11 kg CO₂equ/kg SS). Največje izpuste pa je povzročila pridelava ozimne oljne ogrščice leta 2014 v Moškanjcih v sistemu KP (0,33 kg CO₂/kg SS in 0,63 kg CO₂equ/kg SS). Izračunane vrednosti izpustov z metodo CFT® se statistično značilno ne razlikujejo od tistih z SPionWeb®, vendar ima metoda dodatno vrednost, saj ocenjuje sekvestracijo ogljika. V opazovanem petletnem obdobju je znašala ocenjena sekvestracija ogljika v ohranitvenem načinu pridelave poljščin v Mezgovcih 3710 kg C/ha in v Moškanjcih 4170 kg C/ha. Na razlike v velikosti izpustov med obema lokacijama so poleg pridelka suhe snovi na hektar najbolj vplivali število tretiranj in količina fitofarmacevtskih sredstev ter količine dušikovih gnojil, saj so za sintezo teh produktov potrebne največje količine fosilnega C.

Ključne besede: emisije CO₂, TPG, SPionWeb®, CFT®

Comparison of the results of methods for estimating greenhouse gas emissions from different methods of crop production

Abstract

In the research, we examined the impact of conventional (KP) and conservation (OP) cultivation on CO₂ emissions and global warming potential (GWP) in the north-eastern part of Slovenia in the Pesnica river valley in Mezgovci near Pesnica (heavier soil) and in Moškanjce (lighter soil) in Ptuj field. We compared the results of the SPionWeb® and CFT® programs and found that corn for grain in 2016 in Mezgovca in the OP system caused the smallest emissions of CO₂ (0.06 kg CO₂/kg DW) and GWP (0.11 kg CO₂equ/kg DW). The largest emissions were caused by the cultivation of winter oilseed rape in 2014 in Moškanjce in the KP system (0.33 kg CO₂/kg DW and 0.63 kg CO₂equ/kg DW). The calculated emissions with the CFT® method are not statistically significantly different from those with SPionWeb®, but the CFT® method has an additional value as it estimates carbon sequestration. In the observed five-year period, the estimated carbon sequestration in the conservation crop production in Mezgovci amounted to 3710 kg C/ha and in Moškanjci 4170 kg C/ha. In addition to the yield of DM per hectare, the differences in the size of emissions between Mezgovci and Moškanjci were most influenced by the number of treatments and the amount of pesticides and the amount of nitrogen fertilizers, since the synthesis of these products requires the largest amounts of fossil C.

Key words: CO₂, GWP, emissions, SPionWeb®, CFT®

⁷⁶ Red. prof., dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, e-pošta: denis.stajnko@um.si

⁷⁷ Mag. kmet., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, e-pošta: andi.spacapan@gmail.com

⁷⁸ Mag. kmet., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, e-pošta: erik.rihter2@um.si

⁷⁹ Doc. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, e-pošta: Rok.Mihelic@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Neposredna kmetijska dejavnost je v Sloveniji med leti 2012 in 2020 povzročila 9,11–10,82 % (1,629–1,723 megaton CO₂ ekvivalenta) vseh izpustov toplogrednih plinov (TGP) antropogenega izvora (ARSO, 2022), pri čemer največje deleže predstavljajo ogljikov dioksid CO₂ (83,5 %), metan CH₄ (10,7 %) in didušikov oksid N₂O (4,1 %) (Verbič, 2020). Po oceni svetovne organizacije za hrano (FAO, 2020) je neposredni vpliv pridelave hrane 10–12 % (5,1 – 6,1 gigaton) vseh izpustov toplogrednih plinov antropogenega izvora. Če k temu prištejemo še 12 % izpustov, ki nastajajo pri krčenju gozdov z namenom širitve kmetijskih površin, kmetijska pridelava prispeva približno četrtino vseh toplogrednih plinov antropogenega izvora. V želji po zmanjšanju učinka podnebnih sprememb iz kmetijstva si strokovnjaki in praktiki že dlje časa prizadevajo za uvajanje čim bolj trajnostnega razvoja kmetijstva, ki pa ga je potrebno tudi objektivno meriti.

Od sredine 90-ih let prejšnjega stoletja so bila razvita številna orodja za določitev trajnostnega razvoja posamezne človeške aktivnosti (Veleva in sod., 2001). Eno takšnih orodij – okoljski ali ekološki odtis – sta predstavila Rees in Wackernagel (1996) in naj bi služil za oceno velikosti biološke produktivne površine, nujne za proizvodnjo surovin in energije, potrebne za prebivalstvo neke regije. Druga orodja, ki temeljijo na dejansko izmerjenih podatkih, ocenjujejo posamezne postopke proizvodnje in vrednotijo življenjski cikel izdelka (Life Cycle Assessment, LCA) in oceno okoljske obremenitve, ki jo povzroči določen izdelek, proizvodni proces ali katera koli druga dejavnost (Curran, 2008). LCA upošteva tehnološke procese vseh dejavnosti znotraj življenjskega cikla, od zagotavljanja osnovnih materialov za izdelavo, preko uporabe izdelka do njegovega varnega odlaganja ali recikliranja. Rezultati se lahko interpretirajo na enoto proizvoda (kg) ali površine (ha) (van der Werf in sod., 2007).

Eden od načinov okoljskega vrednotenja s pomočjo LCA pristopa, razvit za primerjavo kmetijske proizvodnje v različnih sistemih pridelave, ki temelji na predpostavki, da je trajnostno gospodarstvo možno le ob pomoči sončnega sevanja kot edinega obnovljivega naravnega vira, se imenuje Sustainable Process Index® (SPI) in sta ga predstavila Narodslawsky in Krotscheck (2000).

V zadnjem desetletju se vse bolj govori pomenu in oceni sekvestracije ogljika v kmetijska tla (Paustian in sod., 2019), ki je ena od možnosti dolgoročnega skladiščenja CO₂ in je temelj ogljičnega kmetijstva. Pobudniki projekta LIFE Carbon Farming Scheme (2021) želijo kmete z denarnimi vzpodbudami pritegniti od dosedanjega konvencionalnega kmetijstva in sistemov pridelave hrane k različnim konceptom ohranitvenega kmetijstva in ohranitvenimi tehnikami obdelave tal. Žal stare metode ne vsebujejo kalkulatorja za sekvestracijo ogljika v tla, zato so se v zadnjem desetletju pojavile nove metode, ki naslavljajo ta problem. Med njimi so najbolj obetavne French Label Bas Carbone (Carbon Agri), Farm Carbon Calculator (Solagro), Farm Carbon Calculator, Agricultural Resource Efficiency Calculator, Cool Farm Tool (CFT®) in COMET-Farm (Comet-Energy Tool).

Namen raziskave je bil izračunati okoljski vpliv, izpuste CO₂ in toplogrednih plinov, nastalih v petletnem poljskem poskusu, v katerem smo uporabili konvencionalni in ohranitveni model obdelave tal. V ta namen smo kot standardno orodje uporabili SPionWeb® in ga primerjali s novjšim kalkulatorjem izpustov CFT®. Temeljno vprašanje, na katerega smo želeli odgovoriti je v kolikšni meri so danes najpogosteje uporabljeni sistemi obdelave tal trajnostno naravnani in v katerem segmentu jih je mogoče izboljšati. V nadaljevanju prikazujemo natančen posnetek delovnih operacij in uporabljenih sredstev, ki so osnova za izračun okoljskega odtisa različnih načinov obdelave dveh tipov tal v agroekoloških razmerah severovzhodne Slovenije.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Kolobar in uporabljena sredstva

Poskus je bil izveden v severozahodnem delu Slovenije v dolini reke Pesnice in na Ptujskem polju na dveh različnih tipih tal, na kmetiji 1 (težja tla) v Mezgovcih ob Pesnici (parcela Kumrovo, 46°26'02.9"N 15°58'30.2"E) in na kmetiji 2 (lažja tla) v Moškanjcih na Ptujskem polju (parcela Mamino, 46°24'31.0"N 16°00'03.0"E). Na poskusnih parcelah že od leta 2006 proučujemo vpliv različnih načinov obdelave tal (konvencionalna in ohranitvena) ter njihov vpliv na okoljski odtis in izpuste toplogrednih plinov.

Poskus je bil zastavljen v obliki makroposkusa, pri katerem se je osnovno parcelo glede na način obdelave tal razdelilo na dve podparceli. Petletni kolobar je vključeval korožo za zrnje (*Zea mays* L.), rž (*Secale cereale* L.), ozimno oljno ogrščico (*Brassica napus* L.) in ozimno pšenico (*Triticum aestivum* L.). Na vseh poskusnih parcelah je bila v istem letu posejana enaka poljščina. Celotno pridelovalno sezono smo popisovali delovne operacije v tehnološke karte in jih razdelili v naslednje sklope: priprava tal in setev, zatiranje plevelov, zatiranje bolezni in škodljivcev, dognojevanje in spravilo. Vsaka delovna operacija vsebuje informacijo o porabljenih strojnih urah posameznega traktorja in kombajna ter količini porabljenega goriva na hektar. Primer za pridelavo korože je prikazan v preglednici 1.

Ves pridelek celotne poskusne parcele je bil ob spravilu stehšan s pomočjo elektronske tehnice v kombajnu. Količina pridelka suhe snovi je bila nato preračunana v količino suhe snovi v pridelku zrnja na hektar na osnovi vzorca zrnja, ki je bil sušen v sušilni omari pri 60°C za 24 ur.

Preglednica 1: Izvedeni agrotehnični ukrepi, čas in poraba goriva za pridelavo korože v letu 2016

2016 Koroža - Konvencionalna obdelava tal							
Mezgovci - Kumrovo (težja tla)				Moškanjci - Mamino (lažja tla)			
Agrotehnični ukrep	Moč motorja traktorja / kombajna (kW)	Čas (min/ha)	Poraba goriva (l/ha)	Agrotehnični ukrep	Moč motorja traktorja / kombajna (kW)	Čas (min/ha)	Poraba goriva (l/ha)
Osnovna obdelava (plug)	97	90	27	Osnovna obdelava (plug)	133	70	32
Dopolnilna obdelava	133	42	20	Dopolnilna obdelava	133	17	9,3
Dognojevanje	133	3,5	0,65	Dognojevanje	59	14	0,95
Setev	133	17	4,5	Setev	133	20	6
Škropljenje herbicid	59	18	1	1. škropljenje herbicid	59	18	1
				2. škropljenje herbicid	59	18	1
Žetev	230	45	20	Žetev	230	45	20
2016 Koroža - Ohranitvena obdelava tal							
Mezgovci - Kumrovo (težja tla)				Moškanjci - Mamino (lažja tla)			
Agrotehnični ukrep	Moč motorja traktorja / kombajna (kW)	Čas (min/ha)	Poraba goriva (l/ha)	Agrotehnični ukrep	Moč motorja traktorja / kombajna (kW)	Čas (min/ha)	Poraba goriva (l/ha)
Osnovna obdelava (krožna brana Evers 3m)	97	90	27	Osnovna obdelava (krožna brana Evers 3m)	97	40	11,5
Dognojevanje	133	3,5	0,65	Dognojevanje	59	14	0,95
Setev	133	17	4,5	Setev	133	20	6
Škropljenje herbicid	59	18	1	1. škropljenje herbicid	59	18	1
				2. škropljenje herbicid	59	18	1
Žetev	230	45	20	Žetev	230	45	20

2.2 Orodja za izračun okoljskih odtisov in izpustov

Za oceno odtisov pridelave poljščin smo uporabili orodje SPionWeb®, ki omogoča izračun ekološkega odtisa (SPI), izpustov CO₂ (kg) in celokupnih izpustov TGP (kg), vseh vključenih podprocesov. Programaska oprema je prosto dostopna na internetnem naslovu <http://spionweb.tugraz.at/>.

Orodje Cool Farm Tool® je kalkulator za ocenjevanje neto izpustov TGP iz kmetijstva in za oceno sekvestracije ogljika na ravni kmetijskega gospodarstva, ki se osredotoča na kmetije, in je prilagojen gospodarjenju na posamezni kmetiji, hkrati pa zahteva le vhodne podatke, ki naj bi jih običajno imel vodja kmetije. Orodje je na voljo na spletnem naslovu <https://app.coolfarmtool.org/>.

Pri vsaki poljščini in načinu pridelave smo porabljene strojne ure in uporabljena sredstva uporabili kot vhodne podatke za preračunavanje okoljskega odtisa, CO₂ in TGP (izražen kot CO₂equi).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Poraba časa in goriva

Iz preglednice 1 se vidi, da smo v konvencionalnem sistemu pridelave na težjih tleh v Mezgovcih porabili 6,6% več časa in 4,1% več goriva kot v konvencionalnem sistemu pridelave na lažjih tleh v Moškanjcih. V ohranitvenem sistemu pridelave smo na lokaciji Mezgovci porabili 42 minut/ha (-24,2 %) in 20 l/ha (-37,62 %) manj goriva v primerjavi s konvencionalnim načinom, medtem ko je bil prihranek časa v Moškanjcih v ohranitvenem sistemu 47 minut/ha (-30,3%) in goriva 29,8 l/ha (-73,67 %).

3.2 Pridelki

V preglednici 2 so prikazani pridelki suhe snovi vseh poljščin, vključenih v poskus v letih 2012–2016, iz katerih vidimo, da je skupni pridelek konvencionalne in ohranitvene pridelave na lokaciji Mezgovci (Kumrovo) enak, medtem ko je na lokaciji Mamino (Moškanjci) pri konvencionalni obdelavi statistično večji pridelek pri ohranitveni obdelavi. Pridelki koruze so bili leta 2012 značilno manjši primerjavi z letom 2016, kar je posledica sušnega leta (796,7 mm padavin). Na poskusnem polju Moškanjci (Mamino), kjer so tla lažja, je suša bolj prizadela rastline kot v Mezgovcih (Kumrovo). Na težjih tleh so bili pridelki večji kot na lažjih tleh, vendar je potrebno poudariti, da pridelkov med poskusnima poljema ne moremo primerjati, ker so se agrotehnični ukrepi in količine uporabljenih materialov (seme, gnojila, FFS) med seboj nekoliko razlikovale.

Preglednica 2: Pridelek suhe snovi (kg/ha) na lokaciji Kumrovo (K) in Mamino (M)

Leto	Poljščina	Konvencionalno (K)	Ohranitvena (K)	Konvencionalno (M)	Ohranitvena (M)
2012	Koruza	6.956	7.368	3.048	3.242
2013	Rž	6.140	5.192	5.888	5.104
2014	Oz. oljna ogrščica	3.971	4.429	3.842	4.059
2015	Oz. pšenica	5.547	6.368	6.582	6.666
2016	Koruza	9.988	9.340	8.259	6.598
Skupni pridelek SS		32.602 ^{n.s.}	32.697 ^{n.s.}	27.619 ^{n.s.}	25.669 ^{n.s.}

^{n.s.} razlika med pridelovalnima sistemoma na lokaciji Kumrovo in na lokaciji Mamino

3.3 Velikost CO₂ izpustov

V preglednici 3 so prikazani ocenjeni izpusti vseh poljščin pri obeh pridelovalnih sistemih na dveh lokacijah v obdobju 2012–2016 z orodjem SPI in kalkulatorjem CFT. Največji izpusti CO₂ so bili ocenjeni pri pridelavi ozimne oljne ogrščice v Moškanjcih (Mamino), ki je v največji meri posledica uporabljenih količin mineralnih gnojil ter hkrati majhnemu pridelku SS na

hektar. Pri konvencionalni pridelavi ozimne oljne ogrščice je izpuste CO₂ povečalo še večje število strojnih ur kmetijske mehanizacije, ki so bile porabljene za pripravo tal. Izpusti CO₂ so pri konvencionalni pridelavi ozimne oljne ogrščice v Moškanjcih leta 2014 znašali 0,33 kg CO₂/kg SS (SPI) oziroma 0,21 kg CO₂/kg SS (CFT), medtem ko so pri ohranitveni pridelavi znašali 0,31 kg CO₂/kg SS (SPI) oziroma 0,29 kg CO₂/kg SS.

Na poskusnem polju v Mezgovcih so bili izpusti CO₂ pri pridelavi ozimne oljne ogrščice manjši in so pri konvencionalni pridelavi znašali 0,25 kg CO₂/kg SS (SPI) oziroma 0,23 kg CO₂/kg SS (CFT), medtem ko so bili pri ohranitveni pridelavi 0,24 kg CO₂/kg SS (SPI) oziroma 0,21 kg CO₂/kg SS (SPI).

Ohranitvena pridelava ima v povprečju vseh poljščin manjše izpuste CO₂ kot konvencionalna pridelava. Na poskusnem polju Mezgovci ima ohranitvena pridelava v povprečju za 19,73 % manjše izpuste CO₂ v primerjavi s konvencionalno pridelavo, medtem ko so na poskusnem polju Moškanjci povprečni izpusti CO₂ pri ohranitveni pridelavi manjši za 11,68 %. Vzrok za manjše izpuste je manjša uporaba kmetijske mehanizacije, saj je vložek materialov približno enak.

Če primerjamo med seboj obe metodi za izračunan izpustov CO₂ lahko ugotovimo, da med njima ni statistično značilnih razlik. Absolutne vrednosti so pri SPI nekoliko večje, kar bi lahko pomenilo, da metodi iste podprocese različno vrednotita.

Preglednica 3: Izpusti CO₂ (kg/ kg SS) vseh poljščin pri različnih pridelovalnih sistemih na dveh lokacijah v obdobju 2012–2016.

		CO ₂ (kg/kg SS)							
		Mezgovci-Kumrovo				Moškanjci-Mamino			
Leto	Kultura	KON (SPI)	KON (CFT)	OHR (SPI)	OHR (CFT)	KON (SPI)	KON (CFT)	OHR (SPI)	OHR (CFT)
2012	Koruza	0,11	0,10	0,09	0,06	0,27	0,18	0,21	0,11
2013	Rž	0,10	0,06	0,07	0,01	0,09	0,05	0,09	0,01
2014	Oljna ogrščica	0,25	0,23	0,24	0,21	0,33	0,21	0,31	0,29
2015	Pšenica	0,24	0,22	0,20	0,12	0,21	0,19	0,19	0,12
2016	Koruza	0,06	0,06	0,05	0,03	0,11	0,14	0,12	0,08
Skupaj		0,76 n.s.	0,67 n.s.	0,65 n.s.	0,43 n.s.	1,01 n.s.	0,77 n.s.	0,92 n.s.	0,61 n.s.

n.s. razlika med pridelovalnima sistemoma na lokaciji Kumrovo in na lokaciji Mamino

3.4 Globalni potencial toplogrednih plinov

Preglednica 4 prikazuje potencial TGP, preračunanih v ekvivalent CO₂, ki je dolgoročno gledano še pomembnejša mera za ocenjevanja posledic človekove kmetijske dejavnosti. V splošnem lahko trdimo, da so vrednosti TGP še bolj povezane s številom in kompleksnostjo podprocesov, vključenih v pridelavo posamezne poljščine, zlasti v izdelavo mineralnih gnojil in fitofarmaceutskih sredstev.

Največji izpusti TGP so bili ocenjeni pri pridelavi ozimne oljne ogrščice v Moškanjcih v letu 2014, kjer so pri konvencionalni pridelavi znašali izpusti 0,63 kg CO_{2equ}/kg SS (SPI) oziroma 0,44 kg CO_{2equ}/kg SS (CFT), pri ohranitveni pridelavi pa 0,56 kg CO_{2equ}/kg SS (SPI) oziroma 0,42 kg CO_{2equ}/kg SS (CFT). Na poskusnem polju Mezgovci so bili izpusti TGP nekoliko manjši in so pri konvencionalni pridelavi znašali 0,49 kg CO_{2equ}/kg SS (SPI) oziroma 0,31 kg CO_{2equ}/kg SS (CFT).

Pri ohranitveni pridelavi so izpusti TGP manjši od tistih pri konvencionalni pridelavi. Na poskusnem polju Mezgovci je ohranitvena obdelava imela 18,64 % manjše izpuste TGP v

primerjavi s konvencionalno pridelavo, medtem ko so bili na poskusnem polju Moškanjci izpusti ohranitvene pridelave manjše za 10,86 %.

Vrednosti izpustov TGP, ocenjenih s pomočjo kalkulatorja CFT so statistično neznačilno manjše v primerjavi z ocenami orodja SPI, zato lahko trdimo, da je kalkulator CFT primerna zamenjava za starejše orodje.

Preglednica 4: Izpusti TGP (kg CO₂equ/ kg SS) vseh poljščin za različne pridelovalne sisteme na dveh lokacijah v obdobju 2012–2016

TGP (kg CO ₂ equ/kg SS)									
Leto	Kultura	Mezgovci-Kumrovo				Moškanjci-Mamino			
		KON (SPI)	KON (CFT)	OHR (SPI)	OHR (CFT)	KON (SPI)	KON (CFT)	OHR (SPI)	OHR (CFT)
2012	Koruza	0,22	0,14	0,16	0,10	0,53	0,33	0,40	0,24
2013	Rž	0,18	0,12	0,12	0,08	0,15	0,10	0,13	0,08
2014	Oljna ogrščica	0,49	0,31	0,42	0,28	0,63	0,44	0,56	0,42
2015	Pšenica	0,50	0,33	0,41	0,26	0,42	0,27	0,39	0,25
2016	Koruza	0,11	0,07	0,09	0,06	0,20	0,13	0,23	0,15
Skupaj		1,50	0,97	1,22	0,78	1,93	1,27	1,72	1,14

3.5 Ocenjena sekvestracija ogljika

V opazovanem petletnem obdobju je znašala ocenjena sekvestracija ogljika v Mezgovcih 3710 kg C/ha in v Moškanjcih 4170 kg C/ha. Na razlike v velikosti sekvestracije so poleg tipa tal in dosedanje založenosti z organsko snovjo v tleh, najbolj vplivali pridelek suhe snovi na hektar in tehnološki parametri (število tretiranj in količina pesticidov ter količine dušikovih gnojil), saj so za sintezo teh produktov potrebne največje količine fosilnega C.

Preglednica 5: Ocenjena sekvestracija ogljika (kg C/ha) vseh poljščin za različne pridelovalne sisteme na dveh lokacijah v obdobju 2012–2016

Sekvestracija (kg C/ha)					
Leto	Kultura	Mezgovci (konvencionalna)	Mezgovci (ohranitvena)	Moškanjci (konvencionalna)	Moškanjci (ohranitvena)
2012	Koruza	0	830	0	940
2013	Rž	0	400	0	410
2014	Oljna ogrščica	0	830	0	940
2015	Pšenica	0	830	0	940
2016	Koruza	0	830	0	940
Skupaj		0	3710	0	4170

4 SKLEPI

Rezultati izračunov izpustov CO₂ in TGP z uporabo orodja CFT® so pokazali, da ustvarja konvencionalna pridelava na poskusnem polju Mezgovci večje izpuste CO₂ za 19,73 % in TGP za 18,64 % v primerjavi z ohranitveno pridelavo. Konvencionalna pridelava na poskusnem polju Moškanjci pa ima večje izpuste CO₂ za 11,68 % in TGP za 10,86 % kot ohranitvena

pridelava. Podrobnejša analiza glavnih podprocesov je pokazala, da z uporabo mineralnih gnojil in FFS značilno povečamo izpuste CO₂, saj je proizvodnja in uporaba vseh kemijskih pripravkov zelo obremenjujoča za okolje. Mineralna gnojila so tudi najpomembnejši vir izpustov TGP, zlasti didušikovega oksida. Rezultati petletnega poskusa so pokazali, da je največji izpust CO₂ ocenjen pri konvencionalni pridelavi ozimne oljne ogrščice v Moškanjcih in je leta 2014 znašal 0,33 kg CO₂/kg SS (SPI) oziroma 0,21 kg CO₂/kg SS (CFT), medtem ko je pri ohranitveni pridelavi znašal oziroma 0,31 kg CO₂/kg SS (SPI) oziroma 0,29 kg CO₂/kg SS. V raziskavi smo dokazali, da med obema metodama za oceno izpustov CO₂ in TPG ni bilo statistično značilnih razlik. Ker je bila analiza opravljena na majhnem vzorcu ne moremo z gotovostjo trditi, da predstavlja kalkulator CFT primerno zamenjavo za orodje SPionWeb. Ker ima dodano funkcijo za oceno sekvestracije ogljika v kmetijska tla, pa predstavlja CFT pomemben pripomoček za bodoče vrednotenje učinka ohranitvene obdelave pri spremenjenem sistemu pridelovanja poljščin.

Zahvala. Predstavljeni rezultati so sestavni del projekta CRP V4-2022 z naslovom "Zmanjšanje emisij toplogrednih plinov in povečanje vezave C v tla z ohranitveno obdelavo tal", ki ga financirata ARRS in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije. Avtorji se zahvaljujejo tudi za vso pomoč, ki so jo nudili Branko Majerič in Branko Korošec.

5 LITERATURA

- ARSO, 2022. Izpusti toplogrednih plinov, <http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/izpusti-toplogrednih-plinov-10>
- Curran, M., 2008. Life-Cycle Assessment, in: Encyclopedia of Ecology. Academic Press, Oxford, pp. 2168-2174. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/B9636-4SY6CH0-65/2/2e654cee8012428556d25f07fb80fb49>)
- FAO, 2020. Emissions due to agriculture. Global, regional and country trends 2000–2018. FAOSTAT Analytical Brief Series No 18. Rome, <https://www.fao.org/3/cb3808en/cb3808en.pdf>
- Haberl, H., Erb, K., Krausmann, F., 2001. How to calculate and interpret ecological footprints for long periods of time: the case of Austria 1926-1995. Ecological Economics 38: 25–45
- LIFE Carbon Farming Scheme, 2021. Incentive scheme to encourage foresters and farmers to adopt agricultural practices enforcing removal of CO₂ from the atmosphere. LIFE19 PREFI/001 – SI2.828588. <https://www.stl.com/stl-life>
- Narodoslawsky, M., Krotscheck, C., 2000. Integrated ecological optimization of processes with the sustainable process index. Waste Management 20: 599-603.
- Paustian, K., Larson, E., Kent, J., Marx, E., Swan, A., 2019. Soil C Sequestration as a Biological Negative Emission Strategy. Front. Clim. 1:8. doi: 10.3389/fclim.2019.00008
- Rees, W., Wackernagel, M., 1996: Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable-And why they are a key to sustainability. Environmental Impact Assessment Review 16: 223-248
- SPionExcel, 2012. (http://fussabdrucksrechner.at/bauern_rechner/agri_start.php)
- van der Werf, H.M., Tziliavakis, J., Lewis, K., Basset-Mens, C., 2007. Environmental impacts of farm scenarios according to five assessment methods. Agriculture, Ecosystems and Environment 118: 327-338
- Veleva, V., Hart, M., Greiner, T., Crumbley, C., 2001. Indicators of sustainable production. Journal of Cleaner Production 9: 447-452
- Verbič, J., 2020. Svetovalni kodeks dobrih kmetijskih praks za zmanjševanje izpustov amonijaka. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije, 2020. 28 str., https://www.kis.si/f/docs/Druge_publicacije/Izpusti_amonijaka_2020_publ_e_cela_koncna.pdf

Razvoj prekrivnih dosevkov in vpliv na zapleveljenost v različnih sistemih obdelave tal

Sergeja ADAMIČ⁸⁰ in Robert LESKOVŠEK⁸¹

Izvleček

Nenadzorovan razvoj plevelne vegetacije je eden izmed glavnih biotskih dejavnikov, ki vpliva na zmanjšanje količine in kakovosti pridelka gojenih rastlin. Zaradi prekomerne rabe sintetičnih herbicidov in s ciljem njihovega zmanjšanja so se kot alternativa začeli v pridelovalne sisteme vključevati dosevki. V letih 2020 in 2021 smo na Kmetijskem inštitutu Slovenije izvedli poljski poskus, v katerem smo preučevali rast in razvoj izbranih monokulturnih dosevkov (oljna redkev in aleksandrijska detelja) in mešanic (posebej prilagojena mešanica in komercialna mešanica) v različnih sistemih obdelave tal in njihov vpliv na razvoj plevelne vegetacije. Poljski poskus je bil izveden na površinah Infrastrukturnega centra v Jabljah na plitvih, srednje težkih tleh, meljasto-ilovnate teksture. Poskus je bil zasnovan v bločni postavitvi s tremi glavnimi obravnavanji (sistemi obdelave tal - konvencionalen, ohranitven, neobdelana tla oz. no-till) in štirimi ponovitvami. Tla v konvencionalni obdelavi so bila obdelana s plugom in vrtavkasto brano, v sistemu ohranitvene obdelave pa je bila uporabljena kolutasta brana. V postopku neobdelanih tal smo spremljali samo razvoj plevelne vegetacije. V raziskavi smo ugotovili, da je bila produkcija suhe mase preučevanih dosevkov v sistemu konvencionalne obdelave večja, kakor v postopku ohranitvene obdelave. V primerjavi z monokulturnima dosevkoma smo z mešanicami dosevkov pridelali več suhe mase. V obeh letih je bil razvoj plevelne vegetacije najbolj omejen v dosevku oljne redkve, kar je posledica hitrega začetnega razvoja in potencialnega alelopatskega učinka tega monokulturnega dosevka.

Ključne besede: dosevek, monokultura, mešanica, plevel, obdelava, konvencionalna, ohranitvena, neobdelana tla, zapleveljenost

Cover crop development and weed suppression effect under different tillage systems

Abstract

If not managed, weeds are one of the main biotic factors affecting the reduction of quantity and quality of crop yields. Due to the excessive use of synthetic herbicides and with the aim of their reduction, cover crops are frequently used in the cropping systems as an alternative. In 2020 and 2021, a field study was conducted at Agricultural institute of Slovenia, to investigate the growth and development of selected monoculture cover crops (oil radish and berseem clover) and mixtures (specially adapted mixture and commercial mixture) under different tillage systems and their influence on weed infestation. Field experiment was conducted at Infrastructure center in Jablje on shallow, medium to heavy, silty-loam soil type. The study was designed as a random block with three treatments (tillage systems - conventional, conservation, and no-till) and four repetitions. The soil in the conventional tillage system was prepared with the plough and the rotary harrow, while in the conservation tillage system disc harrow was used. In no-tillage system only weed vegetation development was examined. Our study showed that the productivity of dry mass of selected cover crops were significantly better in conventional tillage system compared to conservation tillage. Cover crop mixtures had faster development and generally produced more biomass compared to the monoculture cover crops. Development of weed vegetation was in both years most limited in the oil radish cover crop, as the result of their rapid early growth and the potential allelopathic effect of this monoculture cover crop.

Key words: cover crop, monoculture, mixture, weed, tillage, conventional, conservation, no-till, weed infestation

⁸⁰ Mag. inž. hort., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: sergeja.adamic@kis.si

⁸¹ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: robert.leskovsek@kis.si

1 UVOD

V zadnjih desetletjih se soočamo s spremembami družbe in okolja, kar vpliva na razvoj kmetijstva. Med največje spremembe sodi hitro povečevanje števila prebivalstva, kar vodi v večje potrebe po hrani. Podnebne spremembe, sušni stres in degradacija tal so le nekateri izmed abiotičnih dejavnikov, ki zmanjšujejo kakovost in količino pridelka gojenih rastlin. Med biotskimi dejavniki, ki ravno tako zmanjšujejo pridelek, so pleveli. Potencialne izgube pridelka zaradi plevela lahko znašajo vse do 35 % (Oerke, 2006).

Z odkritjem in množično uporabo sintetičnih herbicidov v 60. letih prejšnjega stoletja je kemično zatiranje plevela postalo osnovni način uravnavanja plevelne vegetacije v konvencionalnem sistemu pridelave. Zaradi prekomerne rabe herbicidov v zadnjih letih se je povečala skrb za okolje zaradi negativnega vpliva na neciljne organizme, javno zdravje in varnost hrane, povečalo pa se je tudi število plevelnih vrst, odpornih na herbicide. Vse to je privedlo do iskanja in uporabe alternativnih oblik zatiranja plevela za zmanjšanje porabe sintetičnih herbicidov (Tesio in Ferrero, 2010; Jabran in Chauhan, 2018). Eden izmed alternativnih pristopov za zmanjšanje porabe herbicidov je vključevanje prezimnih in neprezimnih dosevkov, ki postajajo tudi pomemben del strategije integriranega zatiranja plevelov ('integrated weed management', IWM). Dosevke lahko uporabimo kot voluminozno krmo ali kot prekrivne rastline za ozelenitev tal (Ngouajio in Mennan, 2005; Samarajeewa in sod., 2006; Norsworthy in sod., 2007). Dosevke se v splošnem deli na 4 skupine: 1) metuljnice (*angl.* 'legumes', npr. detelje, grašica, lucerna), 2) ne-metuljnice (*angl.* 'non-legumes', npr. lan, facelija, zafranika), 3) križnice (npr. redkev, repa, gorjušica, ogrščica) in 4) trave (npr. sudanska trava, rž, ječmen). Metuljnice imajo sposobnost biološke fiksacije dušika (N) in povečanja deleža organske snovi v tleh (Lüscher in sod., 2014). Lahko se uporabljajo za zeleno gnojenje za izboljšanje založenosti tal s hranili za naslednji glavni posevek. Dosevki, ki spadajo v skupino ne-metuljnic absorbirajo presežek nitratov v tleh, povečajo biomaso posevka in izboljšajo kakovost tal (Finney in sod., 2016; White in sod., 2016). Kmetje v splošnem izbirajo dosevke glede na lastne potrebe in cilje, na katere vplivajo okoljski, biološki, družbeni, ekonomski in kulturni dejavniki znotraj posameznih pridelovalnih sistemov (Snapp in sod., 2005). Dosevki so zanimivi tudi zaradi njihovega potenciala za zagotavljanje dodatnih ekosistemskih storitev: zmanjšanje vetrne in vodne erozije, izboljšanje kakovosti voda, povečanje biotske raznovrstnosti in aktivnosti talnih encimov, razpoložljivosti fosforja v tleh, nenazadnje pa pomembno vplivajo tudi na kalitev plevelnih semen. Hontoria in sod. (2019) so ugotovili, da setev ječmena kot prezimnega dosevka spodbuja aktivnost populacij arbuskularnih mikoriznih gliv. Vplivajo tudi na mikroklimo s prestrežanjem sončnega sevanja in zagotavljajo življenjski prostor za koristne organizme, npr. žuželke. Poleg pozitivnih lastnosti imajo dosevki tudi nekaj negativnih lastnosti: lahko privabljajo škodljivce gojenih rastlin, v primeru njihovega nepravočasnega uničenja pa lahko v naslednji kulturi predstavljajo plevel (Teasdale in sod., 2007). Večja vrstna pestrost v mešanica dosevkov je povezana z večjo produktivnostjo, zatiranjem plevela in bolj stabilno biomaso (Wortman in sod., 2012). Obdelava tal je tehnološki ukrep, ki vpliva na fizikalne lastnosti tal in posledično na rast in razvoj gojenih rastlin in plevela, medtem ko v sistemih brez obdelave tal ta metoda nima vpliva na uravnavanje plevelne vegetacije (Samarajeewa in sod., 2005). Negativen učinek na pridelek ima tudi neustrezno izvajanje, kot je npr. njena prepozna obdelava. Pri pozno jesenski ali spomladanski obdelavi so Stenberg in sod. (1999) poročali o manjšem pridelku jarih žit zaradi nemotenega razvoja plevelov jeseni. Pri izbiri primerne časa za obdelavo je pogost omejitveni dejavnik tip tal. Pri prepozni obdelavi glinenih tal ob neugodnem vremenu jeseni, ko so tla mokra, lahko pride do poslabšanja strukture tal (Myrbeck in sod., 2012).

Namen naše raziskave je bil preučiti razvoj izbranih monokulturnih dosevkov ter njihovih mešanic v naših agro-klimatskih razmerah. Poleg določitve zmogljivosti produkcije njihove biomase je bil cilj našega poskusa tudi raziskati vpliv izbranih dosevkov na razvoj plevelne populacije v različnih sistemih obdelave tal in jih primerjati z neposejano in neobdelano ter obdelano in neposejano kontrolo.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poskus je bil izveden v letih 2020 in 2021 na površinah Kmetijskega inštituta Slovenije (Infrastrukturni center Jabolje pri Mengšu, 46°08'33.9" N, 14°34'21.5" E in 46°15'67.8" N, 14°55'68.5" E, 309 m n. v.). Na območju izvajanja poskusa prevladujejo plitva do srednje globoka, evtrična rjava tla, meljasto-ilovnate teksture. Tla vsebujejo veliko skeleta, zaradi česar so dobro propustna in imajo omejeno vodo-zadrževalno sposobnost v poletnem obdobju. Rezultati kemične analize so pokazali, da so tla na obeh poskusnih površinah bazične reakcije in prekomerno preskrbljena s fosforjem (P_2O_5) in kalijem (K_2O) (preglednica 1). Tudi vsebnost organske snovi je visoka (4,3 %). V poskus sta bila vključena dva sistema obdelave: konvencionalna (CN) in ohranitvena (CS).

Preglednica 1. Rezultati kemične analize tal v obeh letih izvedbe poskusa

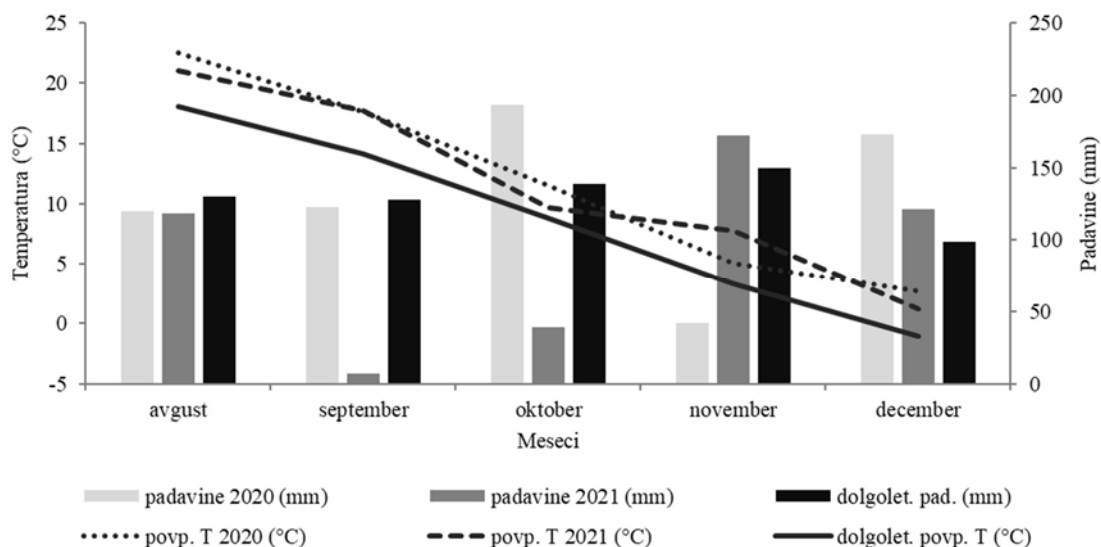
Leto poskusa	pH	P_2O_5 (mg/kg)	K_2O (mg/kg)	Organska snov (%)
2020	7,6	38 (D)	36 (D)	4,3
2021	7,7	35,4 (D)	31,2 (D)	4,3

Predhodni posevek na prvi lokaciji (v letu 2020) je bila ozimna pšenica, na drugi lokaciji (v letu 2021) pa ozimni ječmen. Po žetvi ozimnega ječmena (9. 7. 2021) so bila tla v konvencionalni obdelavi preorana do 22 cm globine (26. 7. 2021), predsetvena priprava tal je bila izvedena z vrtavkasto brano. V sistemu ohranitvene obdelave so bila tla obdelana s kolutasto brano do 8 cm globine (23. 7. 2021 in 29. 7. 2022). Celotna poskusna površina je merila 60 m x 50 m. Poskusna površina je bila razdeljena na dve glavni obravnavanji, ki sta bili razdeljeni na pet setvenih pasov z različnimi dosevkami ali kontrolo. Vsak pas je bil razdeljen na štiri (v 2020) oziroma pet (v 2021) blokov. Površina vsakega bloka je bila 15 m². Neprezimni dosevki so bili posejani ročno v optimalno pripravljena tla, seme pa zadelano s predsetvenikom (11. 8. 2020 in 3. 8. 2021). V poskusu so bili uporabljeni štirje različni dosevki – dva monokulturna: oljna redkev (*Raphanus sativus* L.) in aleksandrijska detelja (*Trifolium alexandrinum* L.) ter dve mešanici: mešanica prilagojena na lokalne rastne razmere (mix) in komercialna mešanica Bodenfit® (Saatbau, Linz). Lokalno prilagojena mešanica je bila sestavljena iz aleksandrijske detelje, oljne redkve, bele gorjušice, meliorativne redkve, abesinske gizotije in facelije, medtem ko je komercialna mešanica vsebovala aleksandrijsko deteljo, meliorativno redkev, abesinsko gizotijo, jaro grašico, oljni lan, sudansko travo in žafraniko.

V obeh sistemih obdelav je bila vključena tudi obdelana, vendar neposejana kontrola (praha; 'bare ground'). Za primerjavo zapleveljenosti je bila vključena tudi neobdelana in neposejana kontrola. Pri posamezni vrsti dosevka ali mešanici smo znotraj vsake ponovitve označili stalna mesta, kjer smo v različnih časovnih intervalih vzorčili biomaso dosevkov in plevela (0,25 m²). Začetno vzorčenje je bilo izvedeno mesec dni po setvi (2. 9. 2020 in 30. 8. 2021), zadnje vzorčenje ob koncu rastne dobe pa pred napovedano zmrzaljo (5. 11. 2020 in 20. 10. 2021). Sveže vzorce smo posušili na 60 °C in po treh dneh stehali njihovo suho maso.

V času izvajanja poskusa (od avgusta do decembra) so bile srednje dnevne temperature v obeh letih nadpovprečno visoke (11,9 °C v 2020 in 11,5 °C v 2021) v primerjavi z dolgoletnim

povprečjem (od leta 1981 do 2010; 8,6 °C). V letu 2020 je v obdobju izvajanja poskusa padlo 650,6 mm padavin, kar je le malo nad dolgoletnim povprečjem (645,4 mm) in v letu 2021 v enakem obdobju pa manj, 458,4 mm (slika 1).



Slika 1: Povprečna temperatura (°C) in padavine (mm) na dveh poskusnih lokacijah v Jabljah med letoma 2020 in 2021

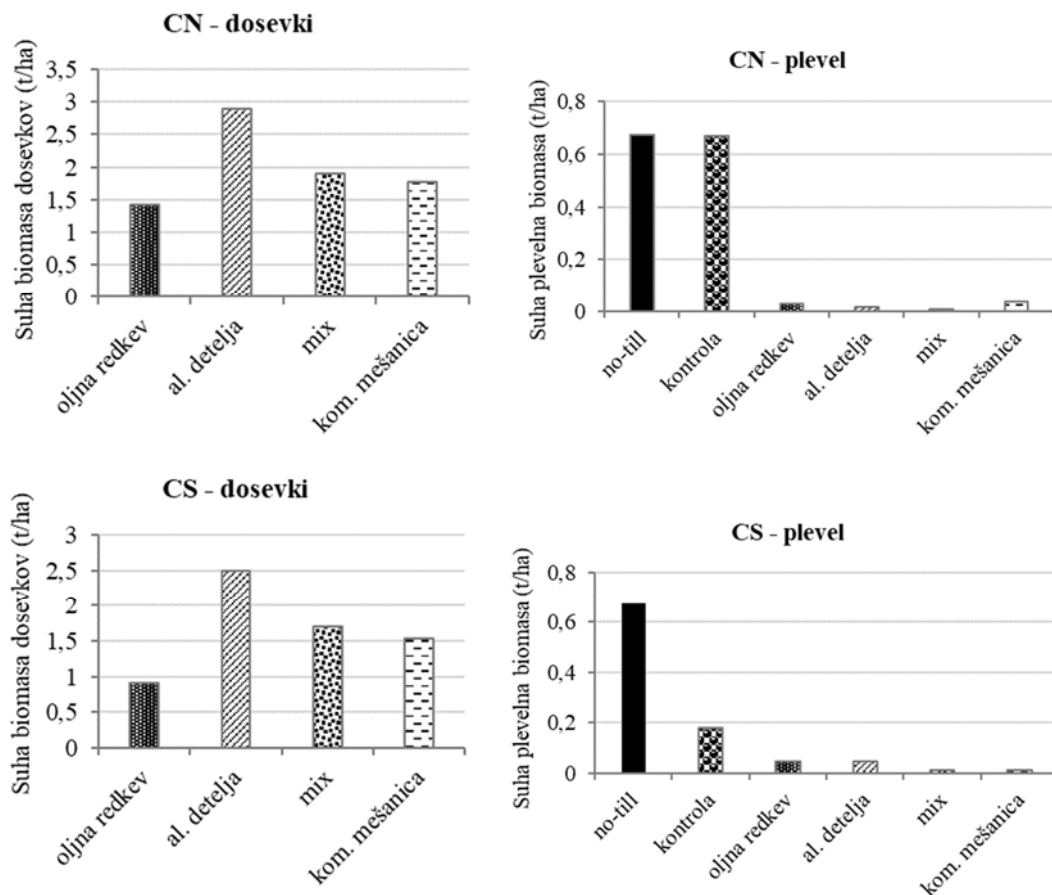
Statistična analiza je bila opravljena s programom R (R Core Team, 2019), kjer je bila predpostavka o homogenosti varianc preverjena z Levenovim testom. Za testiranje vpliva posameznih obravnavanj in njihovih ponovitev je bila uporabljena enosmerna analiza variance (ANOVA). Primerjava povprečij je bila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

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Razvoj dosevkov in njihov vpliv na zapleveljenost v letu 2020

V letu 2020 so po setvi sledile ugodne temperature in zadostna količina padavin. Pri vseh dosevkih in mešanicah in v obeh sistemih obdelave tal je bila ugotovljena ustrezna kalitev in začetni razvoj. Vrsta dosevka ni imela statistično značilnega vpliva na končno biomaso plevela ($p = 0,772$). Znotraj postopka z dosevki, le-ti niso imeli nobenega vpliva na biomaso plevela ($p = 0,163$), medtem ko sta se postopka praha (kontrola) in neobdelana tla statistično značilno razlikovala od postopka z dosevki in tudi medsebojno. Sistem obdelave je imel statistično značilen vpliv na suho biomaso plevela ($p < 0,05$), saj je bila zaradi nemotenega razvoja po žetvi, biomaso plevela v sistemu neobdelanih tal statistično večja od drugih dveh sistemov. V konvencionalnem in ohranitvenem sistemu obdelave je bila najvišja suha biomaso ob koncu rastne dobe ugotovljena pri aleksandrijski detelji (2,9 t/ha v CN in 2,5 t/ha v CS). V konvencionalnem sistemu obdelave se je plevelna populacija razvijala počasneje in v manjšem obsegu kot v ohranitvenem sistemu. V konvencionalnem sistemu je bila plevelna biomaso v monokulturnih dosevkih večja kot v posebej prilagojeni mešanici (mix) in manjša kot v komercialni mešanici (slika 2, desno zgoraj). Najbolj intenzivno se je suha biomaso plevela zmanjšala v posebej prilagojeni mešanici (mix) – iz 100 kg/ha pri prvem vzorčenju (podatki niso prikazani) na le 10 kg/ha pri zadnjem vzorčenju. V ohranitvenem sistemu obdelave se je

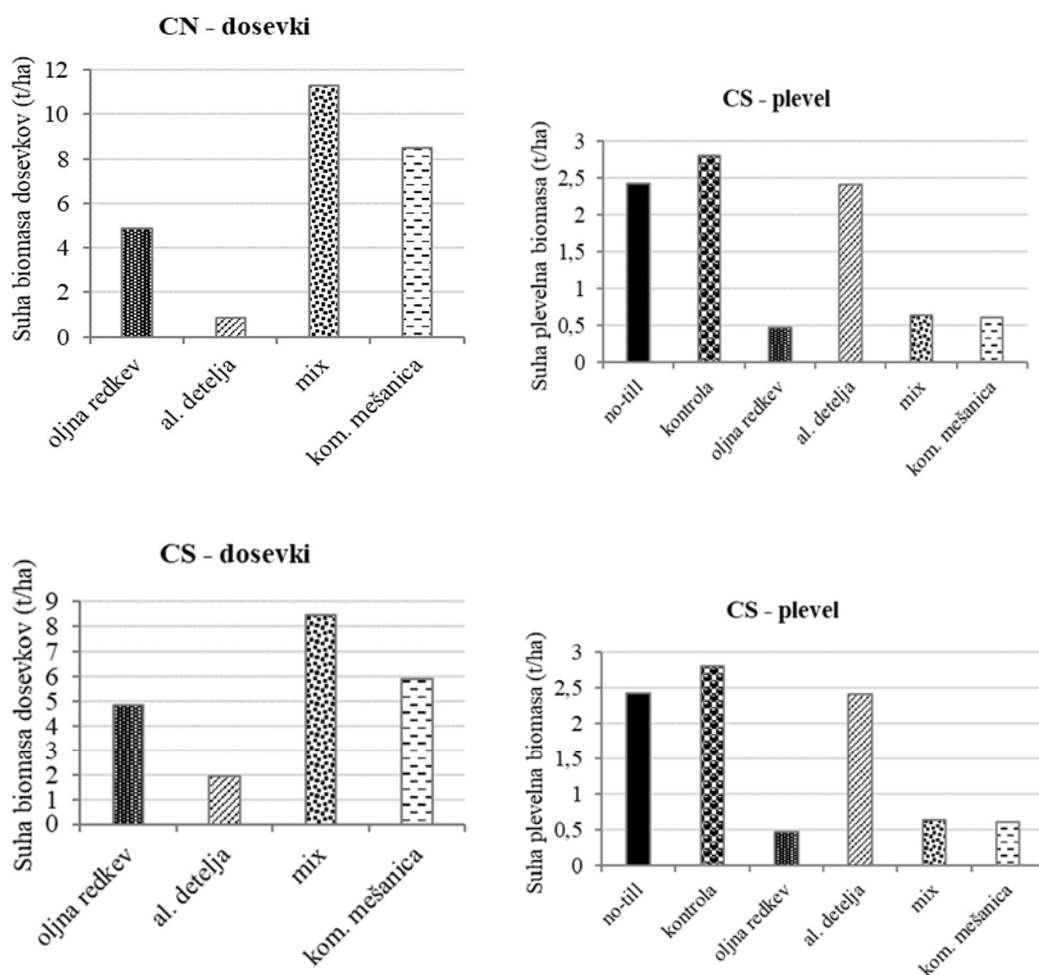
plevelna biomasa do konca rastne dobe najbolj zmanjšala v komercialni mešanici (iz 50 kg/ha na 10 kg/ha pri zadnjem vzorčenju) (slika 2, desno spodaj). V obeh sistemih obdelave je bila najvišja plevelna biomasa pričakovano izmerjena na parceli z neobdelanimi tlemi. Najvišja zabeležena biomasa na neobdelanih tleh je znašala 1,3 t/ha (podatki niso prikazani). Na neposejani in konvencionalno obdelani kontroli se je biomasa plevela v času izvajanja raziskave povečevala, medtem ko se je na neposejani ohranitveno obdelani kontroli sredi poskusa začela manjšati. Večja količina plevelne biomase na neobdelanih tleh je posledica večjega števila plevelnih semen, ki ostanejo na površini zaradi odsotnosti kakršnekoli obdelave (Trichard in sod., 2013). Poleg tega se na površju tal kopičijo rastlinski ostanki, ki zaščitijo plevelna semena pred negativnimi vplivi (Cardina in sod., 2002). V obeh sistemih obdelave tal je, z izjemo oljne redkve, katere biomasa se je začela zmanjševati v sredini poskusa, biomasa ostalih dosevkov povečevala skozi celotno obdobje poskusa (prikazani so samo podatki zadnjega vzorčenja). Razlog za zmanjšanje biomase dosevka oljne redkve je bila po vsej verjetnosti prisotnost bolhačev (*Phyllotreta* spp.). Biomasa posebej prilagojene mešanice (mix) je bila v obeh sistemih obdelave tal višja od biomase komercialne mešanice. Najvišjo končno suho biomaso v primerjavi posameznih vrst smo ugotovili pri aleksandrijski detelji.



Slika 2: Suha biomasa dosevkov in plevelne vegetacije v konvencionalnem (CN; zgoraj) in ohranitvenem (CS; spodaj) sistemu obdelave tal izmerjena ob koncu rastne dobe 5.11.2020

3.2 Razvoj dosevkov in njihov vpliv na zapleveljenost v letu 2021

Tudi v drugem letu izvajanja poskusa so bile razmere po setvi ugodne. Visoke temperature in v prvem mesecu tudi zadostna količina padavin sta vplivala na uspešno kalitev in začetni razvoj dosevkov. Vrsta dosevka je statistično značilno vplivala na maso dosevkov in plevela ($p = 0,0227$ in $p < 0,05$). Statistično značilnih razlik med biomaso plevela v posebej prilagojeni mešanici (mix) in oljni redkvi ter na parcelah brez dosevkov (praha in neobdelana tla) ni bilo. Suhi biomasi aleksandrijske detelje in komercialne mešanice sta se statistično značilno razlikovali od drugih in tudi medsebojno. Tudi sistem obdelave je statistično značilno vplival na maso plevela ($p < 0,05$), pri tem se je sistem neobdelanih tal statistično značilno razlikoval od drugih dveh sistemov obdelave. V splošnem je bila produkcija biomase pri vseh dosevkih in mešanicah v letu 2021 značilno večja v primerjavi s prejšnjim letom, kar pripisujemo ugodnejšim vremenskim razmeram v pozni jeseni in odsotnosti škodljivcev. Pri aleksandrijski detelji je nizka kalivost semena (10 %) vplivala na neustrezno gostoto, zato lahko ta postopek v letu 2021 opredelimo kot dodatno kontrolno obravnavanje, saj bistvenega vpliva na razvoj plevela redek posevek aleksandrijske detelje ni imel.



Slika 3: Suha biomasa dosevkov in plevelne vegetacije v konvencionalnem (CN; zgoraj) in ohranitvenem (CS; spodaj) sistemu obdelave tal izmerjena ob rastne dobe 20. 10. 2021

V obeh sistemih obdelave je bila najmanjša biomasa zabeležena v dosevku aleksandrijske detelje (slika 3), na kar je vplivala izredno slaba kalivost semena (200 kg/ha v CN in 100 kg/ha v CS pri prvem vzorčenju (podatki niso prikazani) ter 0,9 t/ha v CN in 1,9 t/ha v CS pri zadnjem vzorčenju). Končna biomasa plevela je bila v obeh sistemih obdelave pričakovano največja v dosevku aleksandrijske detelje – največja biomasa v konvencionalnem sistemu 3,1 t/ha in v ohranitvenem sistemu 2,4 t/ha. Največjo biomaso med dosevki v obeh sistemih obdelave tal sta imeli mešanici, znotraj teh pa je bilo ugotovljeno najbolj intenzivno naraščanje biomase pri posebej prilagojeni mešanici (mix). V dosevku oljne redkve je bil razvoj plevelne populacije najbolj omejen. V drugem letu je bila največja plevelna biomasa zabeležena na kontrolnih parcelah v obeh sistemih obdelave tal in ne v sistemu neobdelanih tal. Na neobdelanih tleh je bila najvišja izmerjena plevelna biomasa 4,8 t/ha. V tem letu je bila plevelna biomasa na konvencionalno obdelani kontroli spremenljiva, na ohranitveno obdelani kontroli pa se je začela zmanjševati že pri drugem terminu vzorčenja. V obeh letih izvedbe raziskave so bile biomase dosevkov in mešanic višje na konvencionalno obdelanih tleh, na kar je vplival način priprave tal. Za konvencionalno obdelana tla je značilna večja poroznost ter lažje pronicanje vode in mineralov v globlje plasti, kar omogoča boljši in hitrejši razvoj koreninskega sistema in absorpcijo hranil (Cook in sod., 1999). Kot je poročal Lasisi (2008) je v sistemu konvencionalne obdelave tudi boljši vodno-zračni režim in mobilnost mineralov v globlje plasti tal.

4 SKLEPI

V letih 2020 in 2021 smo izvedli poljski poskus, v katerem smo preučevali rast in razvoj izbranih monokulturnih dosevkov (oljna redkev in aleksandrijska detelja) in mešanic (posebej prilagojena mešanica (mix) in komercialna mešanica) ter različnih sistemov obdelave tal na razvoj plevelne vegetacije. Na podlagi dobljenih rezultatov lahko povzamemo, da je bil v sistemu konvencionalne obdelave razvoj dosevkov boljši, razvoj plevelne vegetacije pa bolj omejen. Primerjava mešanic in monokulturnih dosevkov je pokazala spremenljive rezultate, saj je bila v prvem letu aleksandrijska detelja bolj produktivna, medtem ko sta v drugem letu izvajanja poskusa obe mešanici do konca sezone razvili bistveno višjo suho biomaso od oljne redkve in aleksandrijske detelje. Razvoj plevelne vegetacije je bil najbolj omejen v dosevku oljne redkve, kar je lahko povezano z njenim hitrim začetnim razvojem in izločanjem alelopatskih snovi iz korenin. Pričakovano je bila največja plevelna biomasa zabeležena v sistemu neobdelanih tal, kjer je največ plevelnih semen na površju tal in je odsotna kakršnakoli oblika obdelave tal.

Zahvala. Za finančno pomoč pri izvedbi raziskave se zahvaljujemo Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) in programski skupini Kmetijstvo naslednje generacije (P4-0431) v okviru financiranja programa usposabljanja mladih raziskovalcev. Zahvaljujemo se tudi sodelavcu Anžetu Rovanski za pomoč pri izvedbi raziskave in sodelavcem Kmetijskega inštituta Slovenije, na oddelku Infrastrukturnega centra Jابلje, za optimalno izvedene agrotehnične ukrepe.

5 LITERATURA

- Cardina, J., Herms, C. P., Doohan, D. J. 2002. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Science*, 50: 448-460
- 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
- Finney, D. M., White, C. M., Kaye, J. P. 2016. Biomass production and carbon/nitrogen ratio influence ecosystem services from cover crop mixtures. *Agronomy Journal*, 108, 1: 39-52

- Hontoria, C., Garcia-Gonzalez, I., Quemada, M., Roldan, A., Alguacil, M. M. 2019. The cover crop determines the AMF community composition in soil and in roots of maize after a ten-year continuous crop rotation. *Science of the Total Environment*, 660: 913-922
- Jabran, K., Chauhan, B. S. 2018. Overview and significance of non-chemical weed control. V: Non-Chemical Weed Control. Jabran, K., Chauhan, B. S. (ur.). 1. izdaja, Elsevier, Academic Press London, United Kingdom: 1-8
- 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
- Lüscher, A., Mueller-Harvey, I., Soussana, J. F., Rees, R. M., Peyraud, J. L. 2014. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: A review. *Grass Forage Science*, 69, 2: 206-228
- Myrbeck, Å., Stenberg, M., Arvidsson, J., Rydberg, T. 2012. Effects of autumn tillage of clay soil on mineral N content, spring cereal yield and soil structure over time. *European Journal of Agronomy*, 37, 1: 96-104
- Ngouajio, M., Mennan, H. 2005. Weed populations and pickling cucumber (*Cucumis sativus*) yield under summer and winter cover crop systems. *Crop Protection*, 6: 521-526
- Norsworthy, J. K., Malik, M. S. Jha, P., Riley, M. B. 2007. Suppression of *Digitaria sanguinalis* and *Amaranthus palmeri* using autumn-sown glucosinolate-producing cover crops in organically grown bell pepper. *Weed Research*, 47: 425-432
- Oerke, E. C. 2006. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144: 31-43
- R Core Team. 2019. R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Core Team: Vienna, Austria.
- Samarajecwa, K. B. D. P., Horiuchi, T., Oba, S. 2006. Finger millet (*Eleusine corocana* L. Gaertn.) as a cover crop on weed control, growth and yield of soybean under different tillage systems. *Soil and Tillage Research*, 90: 93-99
- Snapp, S. S., Swinton, S. W., Labarta, R., Mutch, D., Black, J. R., Leep, R., Nyiraneza, J., O'Neil, K. 2005. Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. *Agronomy Journal*, 97: 322-332
- Stenberg, M., Aronsson, H., Linden, B., Rydberg, T., Gustafson, A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil and Tillage Research*, 50: 115-125
- Teasdale, J. R., Coffman, C. B., Mangum, R. W. 2007. Potential long-term benefits of no-tillage and organic cropping systems for grain production and soil improvement. *Agronomy Journal*, 99: 1297-1305
- Tesio, F., Ferrero, A. 2010. Allelopathy, a chance for sustainable weed management. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 17: 377-389
- Trichard, A., Alignier, A., Biju-Duval, L., Petit, S. 2013. The relative effects of local management and landscape context on weed seed predation and carabid functional groups. *Basic and Applied Ecology*, 14: 235-245
- White, C. M., Finney, D. M., Kemanian, A. R., Kaye, J. P. 2016. A model-data fusion approach for predicting cover crop nitrogen supply to corn. *Agronomy Journal*, 108: 2527-2540
- Wortman, S. E., Francis, C. A., Lindquist, J. L. 2012. Cover crop mixtures for the Western Corn Belt: opportunities for increased productivity and stability. *Agronomy Journal*, 104: 699-705

Primerjava dveh metod ugotavljanja izpiranja dušika zaradi gnojenja s hlevskim gnojem v zimskem obdobju

Robert LESKOVŠEK⁸²

Izvleček

Po nitratni direktivi je bila z letom 2015 uvedena časovna prepoved za uporabo hlevskega gnoja, med 1. decembrom in 15. februarjem. S ciljem pridobivanja realnih terenskih rezultatov pri uporabi hlevskega gnoja v obdobju časovne prepovedi smo med letoma 2018/2019 izvedli poljski poskus, kjer smo preverili uporabnost dveh metod za ugotavljanje izpiranje dušika na njivah. Raziskava je bila izvedena na površinah Infrastrukturnega centra Jablje, na plitkih, evtričnih rjavih tleh, meljasto-ilovnate teksture. Poskus je vključeval dva gnojilna postopka, kjer smo hlevski gnoj (32 t/ha) po uporabi zaorali ali pa pustili na površini. Postopek samo z oranjem ter negnojena in neobdelana kontrola pa sta predstavljala negnojena obravnavanja. Za spremljanje vsebnosti nitratnega ($\text{NO}_3^- - \text{N}$) in amonijskega ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) dušika v tleh smo uporabili metodo sesalnih svečk, ki smo jo primerjali s klasično metodo vzorčenja tal. Zaradi izpostavljenosti opreme neugodnim vremenskim razmeram, se je metoda sesalnih svečk izkazala kot pomanjkljiva, rezultati pa niso pokazali razlik v vsebnosti $\text{NO}_3^- - \text{N}$ in $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ v odcedni vodi med gnojenimi in negnojenimi postopki. Z uporabo metode vzorčenja tal smo ugotovili statistično značilno povečanje vsebnosti nitrata tako zaradi vpliva gnojenja s hlevskim gnojem (+ 6 kg $\text{NO}_3^- - \text{N}$ /ha), kakor tudi oranja (+ 8 kg $\text{NO}_3^- - \text{N}$ /ha). Rezultati naše raziskave nakazujejo, da ima lahko obdelava tal enak vpliv na potencialno sproščanje dušika v tleh, medtem ko so za bolj natančne ocene tveganja izpiranja dušika v podzemne vode potrebne bolj temeljite in dolgoročne raziskave.

Ključne besede: hlevski gnoj, gnojenje, nitrat, podzemne vode, vzorčenje tal, sesalne svečke

Comparison of two methods of determining nitrogen leaching due to fertilization with farmyard manure in the winter period

Abstract

In 2015, nitrate directive imposed a time ban for the use of farmyard manure (FYM) between December 1st and February 15th. With aim to collect real on-farm data, a field experiment was conducted in the period between 2018 and 2019 to investigate the applicability of two methods for determination of nitrogen leaching from arable land due to the fertilization with FYM during the time ban. The research was carried out at the Infrastructure Center Jablje, an experimental farm of Agricultural Institute of Slovenia on shallow eutric brown soils with a loamy-clay texture. In the two treatments with FYM fertilization, 32 t/ha of mature FYM was either left on the surface or incorporated with ploughing. Non fertilized ploughed and untreated control treatment was also included in the study. Nitrate ($\text{NO}_3^- - \text{N}$) and ammonium ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) nitrogen were monitored using ceramic suction lysimeters and compared with the standard soil sampling method. Due to the exposure of equipment to winter weather conditions, the suction lysimeter method showed serious deficiencies, however no differences in the $\text{NO}_3^- - \text{N}$ and $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ content in the drainage water were found between treatments. The results obtained with the soil sampling method showed a statistically significant increase of $\text{NO}_3^- - \text{N}$ content in the soil due to the use of FYM (+ 6 kg/ha $\text{NO}_3^- - \text{N}$) as well as ploughing (+ 8 kg/ha $\text{NO}_3^- - \text{N}$). The results of our study suggest that tillage operations can have substantial effect on the potential release of nitrogen into the soil, while long term research is needed to assess the risk of FYM fertilization in the winter period for nitrogen leaching into the groundwater.

Key words: farmyard manure, fertilization, nitrate, groundwater, soil sampling, suction lysimeter

⁸² Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: robert.leskovsek@kis.si

1 UVOD

Intenzivna kmetijska pridelava je eden večjih povzročiteljev razpršenega onesnaževanja površinske in podzemne vode s hranili na svetu (Sutton in sod., 2011). Dušik (N) je eno najpomembnejših hranil in se pri poljščinah kot sta pšenica (*Triticum aestivum* L.) in koruza (*Zea mays* L.) za doseganje velikih pridelkov pogosto dodaja v velikih količinah (Cai in sod., 2004; Wienhold in sod., 1995). Del dodanega dušika se izgubi v procesih kot so denitrifikacija, izhlapevanje, površinski odtok in izpiranje iz območja koreninskega sistema (Selbie in sod., 2015).

V Sloveniji je bila po Uredbi o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (Uradni list RS, 113/2009, 5/2013) dovoljena uporaba hlevskega gnoja na njivah, če so vremenske in talne razmere omogočale obdelavo tal in če je bil hlevski gnoj zaoran najpozneje v treh dneh po raztrosu. Na podlagi spremembe uredbe v letu 2015 (Uradni list RS, 22/2015) je uporaba hlevskega gnoja v obdobju med 1. decembrom in 15. februarjem na kmetijskih zemljiščih prepovedana. Spremembe so bile uvedene zaradi usklajevanja z evropsko zakonodajo, ki zaradi zaostrenih zahtev po varovanju voda sprejema strožje omejitve pri uporabi organskih živinskih gnojil.

Pregled literature na temo uporabe postopkov za ugotavljanje izpiranja dušika in drugih hranil je pokazal, da obstaja širok nabor različnih metod, ki se razlikujejo glede na specifičnost uporabe, zahtevnost izvedbe ter potrebne raziskovalne opreme. Med najbolj natančne metode v raziskavah izpiranja hranil, ostankov fitofarmaceutskih sredstev, onesnaževal ter preučevanju kroženja snovi v tleh, spadajo lizimetske postaje, ki omogočajo neprekinjeno spremljanje velikega števila dejavnikov. Pri tem je spremljanje parametrov lahko celovito in popolnoma avtomatizirano, saj imajo postaje vgrajene senzorje, ki neprekinjeno merijo temperaturo, vlago, vodno kapaciteto tal ter količino odcedne vode, ki pronica skozi talni profil (Singh in sod., 2017; Zheng in sod., 2020). Kljub popolni avtomatizaciji je tak pristop za kratkotrajne raziskave v poljskih razmerah investicijsko zahteven, v nekaterih izvedbah pa je za vgradnjo potreben tudi gradbeni poseg, ki poruši strukturo tal. Kot enostavnejša in bolj primerna metoda za neprekinjeno spremljanje izpiranja N v raziskavah so najbolj uveljavljene lizimetske ali sesalne svečke, ki so širše uporabne pri ugotavljanju izpiranja onesnažil v tla (Toseli in sod., 2011; Wallman in Delin, 2021).

Pregled objav s področja izpiranja N iz njiv zaradi uporabe hlevskega gnoja v zimskem obdobju je pokazal, da bilo je na tem področju opravljenih relativno malo raziskav, saj so v ospredju predvsem študije izpiranja N zaradi uporabe tekočih organskih gnojil. Naša raziskava se je zato osredotočila na ugotavljanje uporabnosti metode sesalnih svečk in klasične analize tal za ugotavljanje izpiranja dušika iz njiv času od 1. decembra do 15. februarja zaradi gnojenja s hlevskim gnojem. Dodaten cilj poljskega poskusa je bil pridobivanje podatkov o vsebnosti mineralnih oblik N v tleh in potencialnega tveganja za izpiranje le-tega pri uporabi hlevskega gnoja v zimskem obdobju.

2 MATERIALI IN METODE DELA

Poskus je bil izveden na površinah Kmetijskega inštituta Slovenije (Infrastrukturni center Jablje pri Mengšu, 46.136636, 14.571311, 309 m n. v.). Na poskusni lokaciji prevladujejo plitka, aluvialna prodnata tla, ki so meljasto-ilovnate teksture. Gre za tipično rendzino z visokim deležem karbonatnega proda, zaradi česar so tla dobro propustna in imajo slabo vodno-zadrževalno sposobnost. Predposevek na poskusni lokaciji je bila ozimna pšenica. Po žetvi in do izvajanja gnojilnega poskusa pa tal nismo obdelovali, zato se je njiva do poskusa zarasla s pleveli in samoniklo pšenico. Ob pričetku izvajanja poskusa (5. 12. 2018) smo odvzeli povprečni vzorec tal iz globine 0-30 cm. Rezultat analize po AL metodi je pokazal, da so bila

tla čezmerno založena z dostopnim fosforjem (30 mg P_2O_5 na 100 g tal, D stopnja preskrbljenosti) in dobro založena s kalijem (21 mg K_2O na 100 g tal, C stopnja preskrbljenosti). Tla so bila bazične reakcije ($pH=7,5$), vsebnost organske snovi pa 3,6 %. Skupna vsebnost dušika je bila 2,4 g/kg suhih tal, izhodiščno stanje vsebnosti NO_3-N je bilo 6,0 mg/kg suhih tal in 1,11 mg NH_4-N /kg suhih tal. Volumensko gostoto tal smo določili s pomočjo Kopecky-jevih cilindrov volumna 100 cm³.

Z izbiro lokacije smo zadostili teoretičnim pogojem, ki so potrebni, da bi prišlo do potencialnega izpiranja N. Za poskus smo izbrali plitva in skeletna tla, na izbrani lokaciji pa je v obdobju prepovedi gnojenja v povprečju 200 mm padavin (dolgoletno povprečje za obdobje 1951–1994). Poskus je bil zasnovan v pasovni postavitvi (dolžine 50 m in širine 10 m za posamezno obravnavanje) s štirimi vzorčnimi mesti (ponovitvami) za vgradnjo svečk, oziroma za odvzem vzorcev tal. Pri gnojenih postopkih smo po gnojenju hlevski gnoj bodisi zaorali ali pa pustili na površini. Negnojene obravnavanje sta zajemali obdelavo tal (oranje) in postopek negnojene in neobdelane kontrole in sta bili umeščeni poleg gnojenega, oziroma obdelanega pasu. Za gnojenje smo uporabili približno tri mesece uležan goveji hlevski gnoj krav molznic ter mlade živine, ki je vseboval precejšnje količine slame. Pred začetkom izvajanja poskusa smo na gnojišču hleva KIS v Jabljah pri Mengšu odvzeli povprečni vzorec hlevskega gnoja. Kemijska analiza je bila opravljena v Centralnem laboratoriju Kmetijskega inštituta Slovenije. Uporabljen hlevski gnoj je po rezultatih analize vseboval približno 23 % suhe snovi in 20 % organske snovi. Vsebnost skupnega dušika je bila približno 0,4 %, od tega je bil praktično celotni delež vezan v organski obliki. Dušika v amonijski obliki (NH_4-N) je bilo 9 %, medtem ko je bil delež nitratnega dušika (NO_3-N) praktično zanemarljiv (0,008 %) (preglednica 1). Izračunana vrednost 138 kg/ha dodanega N z odmerkom hlevskega gnoja 32 t/ha je relativno visoka. Vendar je potrebno upoštevati, da je dolgoročni izkoristek N na njivah približno 70%, od tega se v prvem letu skupaj kot amonijski del N in mineraliziran del organsko vezanega N sprosti skupaj 20 do 40 % N (Mihelič in sod., 2010).

Preglednica 1: Rezultati analize hlevskega gnoja pred pričetkom izvajanja poskusa ter količina dodanih hranil pri gnojenju z 32 t/ha hlevskega gnoja

Parameter	Vsebnost (g/kg)	Količina hranil v 32 t hlevskega gnoja
Suha snov	228	/
Pepel-žarilni ostanek	32	/
Organska snov	196	6272
Skupni dušik (N)	4,30	138
Amonijski dušik (NH_4-N)	0,39	12,5
Nitratni dušik (NO_3-N)	0,0036	0,11
Fosfor (P_2O_5)	3,18	102
Kalij (K_2O)	6,35	203

Pred gnojenjem s hlevskim gnojem smo na poskusni parceli umerili mehanizacijo tako, da smo stehali polno naložen trosilec hlevskega gnoja in opravili poskusno gnojenje s stalnimi nastavitvami vrtljajev motorja in priključne gredi traktorja. Gnojeno parcelo smo izmerili in tako izračunali gnojilno normo. Nastavitve smo kasneje uporabili pri gnojenju na poskusni parceli. Gnojenje smo opravili 5. 12. 2022 v jutranjem času, ko so bila tla površinsko pomrzjena. Takoj po gnojenju smo hlevski gnoj podorali s štiri-brazdnim obračalnim plugom

(globina oranja 20–22 cm). Navedena količina hlevskega gnoja predstavlja relativno velik odmerek, saj je bila parcela pokrita s približno 3–5 cm debelo plastjo hlevskega gnoja. Povprečne temperature v času izvajanja poskusa so bile višje od dolgoletnega povprečja. Izrazito sta odstopali prva dekada decembra in druga dekada januarja, ko je bila povprečna dnevna temperatura za 3,7 °C večja od dolgoletnega povprečja. Količina padavin med 1. 12. 2018 in 15. 2. 2019 (178 mm) je bila za 52 mm manjša od dolgoletnega povprečja, ki znaša 230 mm (UVHVVR, 2022). Za zajem odcedne vode, ki pronica skozi talni profil, smo uporabili sesalne svečke nemškega proizvajalca UMS z oznako SK20. Svečke smo povezali z zbiralnimi steklenicami SF (proizvajalec UMS), v katerih smo s pomočjo vakuumskega kovčka VacuPorter (proizvajalec UMS) za črpanje odcedne vode ustvarili podtlak 0,33 bar-a. Znotraj vsakega postopka smo takoj po gnojenju in zaoravanju hlevskega gnoja dne 5. 12. 2018 vgradili štiri sesalne svečke na povprečno globino 30 cm s pomočjo sonde za odvzem vzorcev tal. Termine zbiranja vzorcev odcedne vode smo prilagajali vremenskim razmeram, prve vzorce smo pridobili dva tedna po izvedenem gnojenju. Zaradi premajhnih pridobljenih količin odcednih voda za potrebe analiz in kot posledica izpada posameznih sesalnih svečk zaradi nizkih temperatur, smo vrednosti prvega (20. 12. 2018) in drugega vzorčenja (4. 1. 2019) združili. V prikazu rezultatov smo zato upoštevali povprečne vrednosti vsebnosti NO₃-N in NH₄-N v odcedni vodi. Vzorčenje tal smo opravili dne 16. 1. 2019, analize mineralnih oblik dušika pa so bile opravljene v Centralnem laboratoriju Kmetijskega inštituta Slovenije. Vsebnost NO₃-N in NH₄-N na enoto površine do globine tal 0–30 cm smo izračunali po naslednji enačbi:

$$A \text{ (kg/ha)} = B \text{ (mg/kg)} \times C \text{ (m)} \times D \text{ (kg/m}^3\text{)} \times (1 - (\text{delež skeleta} \times 100)) \times 1/100$$

A - vsebnost NO₃-N in NH₄-N v globini 0–30 cm

B - analizirana vrednost NO₃-N in NH₄-N v mg/kg

C - globina tal (0,3 m)

D - volumska gostota tal (1300 kg/m³)

* - izmerjen in upoštevan delež skeleta je 30 %

Statistična analiza je bila opravljena s programskim orodjem STATGRAPHICS Centurion XVIII (2018, Statpoint Technologies, Warrenton, VA). Predpostavke za normalno porazdelitev varianc vzorcev so bile preverjene z Levenovim testom. Povprečja med preučevanimi postopki smo primerjali s T-testom medsebojno neodvisnih vzorcev pri stopnji tveganja $p < 0,05$.

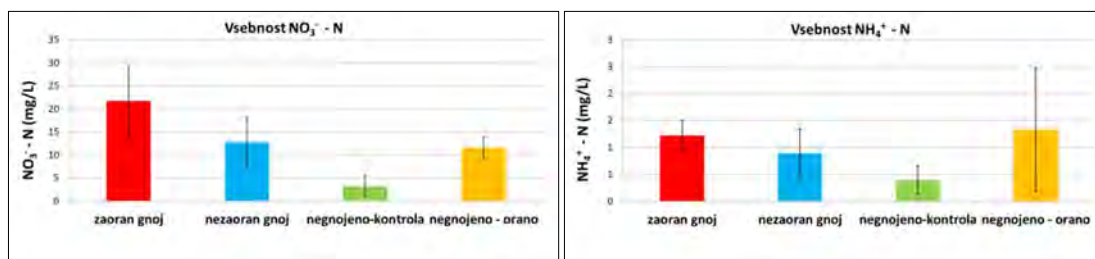
3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Rezultati vsebnosti NO₃-N ter NH₄-N v odcedni vodi

Rezultati statistične analize so pokazali, da med preučevanimi postopki ni bilo značilnih razlik tako v vsebnosti NO₃-N, kakor tudi NH₄-N (slika 1).

Med izvedbo poskusa smo imeli precejšnje težave z občutljivostjo raziskovalne opreme na nihanja dnevnih in nočnih temperatur in zaradi tega je bila potrebna redna kontrola podtlaka v sesalnih svečkah. Večkrat se je zgodilo, da je zaradi krčenja cevi podtlak popustil ali pa je odcedna voda v sesalnih ceveh zamrznila, zato je bilo zbiranje vzorca prekinjeno. V splošnem je analiza odcednih voda prvega (20. 12. 2018) in drugega vzorčenja (4. 1. 2019) pokazala relativno majhne vsebnosti NO₃-N. Naši rezultati nakazujejo potencialni vpliv obdelave, saj smo pri samo oranem postopku izmerili 11,5 mg/L NO₃-N medtem ko je povprečna vrednost pri neobdelani kontroli znašala le 3,2 mg/L NO₃-N. Podoben vzorec je bilo viden tudi med

zaoranim (21,7 mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$) in nezaoranim hlevskim gnojem (11,5 mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$) (slika 1). Tudi rezultati naše preliminarne raziskave v sezoni 2016/2017 niso pokazali vpliva uporabe hlevskega gnoja, kljub temu, da je bila že v kontrolnem-neobdelanem postopku izmerjena relativno velika vsebnost $\text{NO}_3\text{-N}$ (19,1 mg/L) (Sušin in sod., 2017). Nasprotno smo v sezoni 2017/2018 opazili povečanje $\text{NO}_3\text{-N}$ v primerjavi z negnojeno kontrolo (+ 4,7 mg/L) (Sušin in sod., 2017; Sušin in sod., 2018). Podobne izsledke v svoji raziskavi, kjer so uporabili svinjski gnoj, navajajo tudi Yang in sod. (2017), kjer bistvenih izgub zaradi izpiranja dušika do globine 60 cm niso ugotovili, pri čemer so uporabili metodo s smolnatim jedrom (resine core device).



Slika 1: Povprečna vsebnost $\text{NO}_3\text{-N}$ v odcedni vodi (levo) ter $\text{NH}_4\text{-N}$ (desno) v obdobju od 20. 12. 2018 – 4. 1. 2019 (prikazane so povprečne vrednosti in standardna napaka povprečja)

Tudi vsebnosti $\text{NH}_4\text{-N}$ v odcedni vodi nakazujejo vpliv obdelave na izmerjene vrednosti $\text{NO}_3\text{-N}$. Čeprav zaradi velike variabilnosti podatkov statistično značilnih razlik med negnojenima postopkoma nismo ugotovili, smo v postopku negnojene kontrole, ki ni bila obdelana izmerili le 0,4 mg/L $\text{NH}_4\text{-N}$. Povprečna vrednost pri obdelani in negnojeni kontroli pa je znašala kar 1,3 mg/L $\text{NH}_4\text{-N}$ (slika 1).

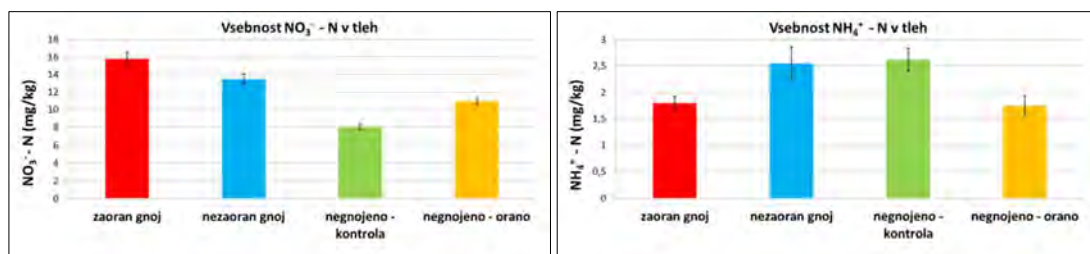
3.2 Rezultati vsebnosti $\text{NO}_3\text{-N}$ ter $\text{NH}_4\text{-N}$ v tleh

Statistična analiza rezultatov pridobljenih z metodo vzorčenja tal je pokazala značilen vpliv tako gnojenja kakor tudi obdelave tal na vsebnost $\text{NO}_3\text{-N}$ v tleh, ne glede na to ali smo primerjali gnojene površine z obdelano ali neobdelano kontrolo ($p \leq 0,05$). Nasprotno so bile vrednosti $\text{NH}_4\text{-N}$ v tleh tako med gnojenimi kakor tudi obdelanimi postopki podobne.

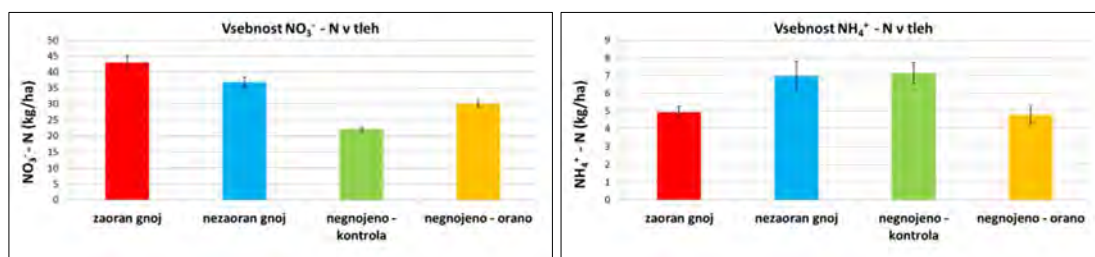
V primerjavi z vrednostjo $\text{NO}_3\text{-N}$ v tleh (3,6 mg/kg) pred začetkom izvajanja poskusa v začetku decembra 2018 smo pri vseh postopkih konec januarja 2019 ugotovili bistveno večje vrednosti $\text{NO}_3\text{-N}$. Največjo vrednost $\text{NO}_3\text{-N}$ smo izmerili v postopku z zaoranim hlevskim gnojem (15,7 mg/kg), ki se je statistično značilno razlikovala od postopka z nezaoranim hlevskim gnojem. Gnojenje je v primerjavi z negnojenimi postopki vplivalo na povečanje vsebnosti $\text{NO}_3\text{-N}$ v globini 0-30 cm za približno 5 mg/kg $\text{NO}_3\text{-N}$, ne glede na to ali je bil hlevski gnoj po uporabi zaoran. Pri postopku z nezaoranim gnojem smo izmerili 13,5 mg/kg $\text{NO}_3\text{-N}$, medtem ko je bila ta vrednost pri negnojeni kontroli z 8,1 mg/kg $\text{NO}_3\text{-N}$ značilno manjša. Tudi sama zadelava hlevskega gnoj z oranjem je vplivala na povečanje vsebnosti $\text{NO}_3\text{-N}$, saj smo v primerjavi z neobdelano kontrolo ugotovili približno 2,9 mg/kg večjo vrednost $\text{NO}_3\text{-N}$ (slika 2).

Zaradi lažje predstave smo vsebnosti $\text{NO}_3\text{-N}$ ter $\text{NH}_4\text{-N}$ v tleh preračunali tudi na enoto površine, kjer je povprečna vrednost $\text{NO}_3\text{-N}$ v globini tal 0-30 cm pri postopku z zaoranim gnojem znašala 43,0 kg/ha, medtem ko je bila le-ta pri nezaoranem gnoju 36, 8 kg/ha $\text{NO}_3\text{-N}$. Ocena vpliva obdelave na sproščanje $\text{NO}_3\text{-N}$ je pokazala, da se je v primerjavi z neobdelano kontrolo količina $\text{NO}_3\text{-N}$ v tleh povečala za približno 8 kg/ha.

Zanimivo je, da smo ugotovili statistično večje vrednosti $\text{NH}_4\text{-N}$ v postopkih, ki jih nismo obdelali, med njima najvišjo vrednost 7,1 kg/ha $\text{NH}_4\text{-N}$ v obravnavanju z negnojeno kontrolo. Ta rezultat nakazuje, da vsebnost $\text{NH}_4\text{-N}$ v ni bila ozko povezana s stanjem $\text{NO}_3\text{-N}$ v tleh (slika 3).



Slika 2: Povprečna vsebnost $\text{NO}_3\text{-N}$ ter $\text{NH}_4\text{-N}$ v tleh, na globini 0-30 cm (16. 1. 2019; prikazane so povprečne vrednosti in standardna napaka povprečja)



Slika 3: Povprečna vsebnost $\text{NO}_3\text{-N}$ ter $\text{NH}_4\text{-N}$ (desno) v tleh na enoto površine in v globini 0-30 cm (16. 1. 2019; prikazane so povprečne vrednosti in standardna napaka povprečja)

Na stopnjo izpiranja dušika v tleh vplivajo poleg vnosa dušičnih gnojil tudi ostali pomembni dejavniki kot so količina padavin, tip in globina tal, vsebnost organske snovi in drugi. Eden od pokazateljev mineralizacijskih procesov v tleh bi lahko bila tudi povečana vsebnost $\text{NH}_4\text{-N}$, vendar so naši rezultati pokazali, da so bile izmerjene vrednosti $\text{NH}_4\text{-N}$ po gnojenju manjše kakor ob začetku izvajanja poskusa (6 mg/kg). Na podlagi teh podatkov lahko sklepamo, da so bili mineralizacijski procesi v času vzorčenja omejeni (slika 3). Po nekaterih priporočilih je mejna vrednost $\text{NO}_3\text{-N}$ v tleh 50 kg/ha $\text{NO}_3\text{-N}$ oziroma 6 mg/kg $\text{NO}_3\text{-N}$, vendar pri globini vzorčenja od 0 do 60 cm (Mihelič in sod., 2010).

Kljub temu, da smo v naši raziskavi izmerili vrednosti, ki so bistveno manjše od zgoraj omenjenih priporočil ne moremo z gotovostjo sklepati, da uporaba hlevskega gnoja v opisanih pogojih izvedbe poskusa ne pomeni tveganje za izpiranje N v globlje plasti tal. Rezultati naše raziskave nakazujejo, da ima obdelava tal značilen vpliv na potencialno sproščanje dušika v tleh in bi bilo potrebno več pozornosti nameniti ugotavljanju potencialnega izpiranja N pri različnih načinih upravljanja s tlemi.

4 SKLEPI

Ob uporabi metode sesalnih svečk v zimskih mesecih smo ugotovili, da je njihova največja pomanjkljivost različna količina pridobljenih vzorcev odcedne vode, kar je posledica razlik v teksturi tal mikrolokaciji vgradnje posameznih svečk ter posledično vertikalnega odtoka skozi talni profil. Hkrati je raziskovalna oprema precej občutljiva na temperaturne razlike (krčenje in

raztezanje gumijastih cevi) in zahteva intenzivno preverjanje optimalnega delovanja. Metoda vzorčenja tal se je izkazala za zanesljivejšo, rezultati pa manj spremenljivi. Glede na rezultate ugotavljamo, da je metoda vzorčenja tal primerna kot osnovna metoda za ugotavljanje izpiranja N, medtem ko so sesalne svečke primernejše za raziskave, kjer potrebujemo veliko število neprekinjenih meritev. Rezultati vsebnosti $\text{NO}_3\text{-N}$ v odcedni vodi in tleh so pokazali, da kljub velikem odmerku uporabljenega hlevskega gnoja (32 t/ha) vpliva na povečanje $\text{NO}_3\text{-N}$ v odcedni vodi nismo ugotovili. Zaradi gnojenja s hlevskim gnojem so se vrednosti $\text{NO}_3\text{-N}$ v tleh povečale za približno 6 kg/ha $\text{NO}_3\text{-N}$, medtem ko je postopek obdelave z oranjem sprostil približno 8 kg/ha $\text{NO}_3\text{-N}$. Zaradi omejenosti števila in globine vzorčenj ter trajanja raziskave lahko le domnevamo o zelo omejenem vplivu gnojenja s hlevskim gnojem v zimskem obdobju na izpiranje dušika v globlje plasti tal. Rezultati naše raziskave so pokazali, da ima lahko obdelava tal praktično enak vpliv na potencialno sproščanje dušika v tla kakor gnojenje s hlevskim gnojem in bi bilo potrebno več pozornosti nameniti ugotavljanju potencialnega izpiranja N v različnih časovnih obdobjih in pri različnih intenzivnostih obdelave tal.

Zahvala. Raziskava je nastala s finančno pomočjo Ministrstva za okolje in prostor RS (MOP) v okviru strokovne naloge s področja okolja za leta 2016-2018 ter programske skupine Kmetijstvo naslednje generacije (P4-0431). Zahvaljujem se sodelavcem Kmetijskega inštituta Slovenije, na oddelku Infrastrukturnega centra Jablje, za optimalno izvedene agrotehnične ukrepe gnojenja in obdelave tal.

5 LITERATURA

- Cai G.X., Chen D.L., Ding H., Pacholski A., Fan X.H., Zhu Z. L., 2004. Nitrogen losses from fertilizers applied to maize, wheat and rice in the North China Plain. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 63, str. 187-195.
- Mihelič, R. in sod., 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, str
- Selbie, D.R., Buckthought, L.E., Shepherd, M.A., 2015. Chapter four—the challenge of the urine patch for managing nitrogen in grazed pasture systems. *Advances in Agronomy*, 129, str. 229-292.
- Singh, G., Kaur, G., Williard, K., Schoonover, J., Kang, J., 2018. Monitoring of water and solute transport in the vadose zone: A review. *Vadose Zone Journal*, 17(1).
- Sušin J., Bergant, J., Šinkovec, M., Vrščaj B., Verbič, J., Žnidaršič, T., Leskovšek R., Lukač, B., Mežič P., 2017. Strokovne naloge s področja okolja za Ministrstvo za okolje in prostor v letu 2016 : za vsebine izvajanja nitratne direktive, varstva tal, kmetijstva na območju Celjske kotline in zmanjšanja izpustov dušikovih spojin v zrak iz kmetijstva : končno poročilo. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije.
- Sušin J., Vrščaj B., Leskovšek R., Bergant, J., Šinkovec, M., Verbič, J., Žnidaršič, T., Lukač, B., 2018. Strokovne naloge s področja okolja za Ministrstvo za okolje in prostor v letu 2017 za vsebine, ki se nanašajo na izvajanje nitratne direktive, varstvo tal ter zmanjšanje izpustov onesnaževal v zrak iz kmetijstva : končno poročilo. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije.
- Sutton M.A., Howard C., Erisman J.W., Billen G., Bleeker A., Grennfelt P., 2011. *The European Nitrogen Assessment*, Cambridge University Press, str. 612.
- Toselli, M., Perry, R. L., Flore, J.A., 2011. Evaluation of Nitrate-Nitrogen Leaching From Lysimeter-Grown Bearing Apple Trees. *Soil Science* 176(6), 280-287.
- Uprava RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin (UVHVVR), Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS (MKGP), 2022. Agrometeorološki portal, mreža agrometeoroloških postaj. Prezem meteoroloških podatkov za obdobje 2018-2019, lokacija Jablje, postaja 49208. <http://agromet.mkgp.gov.si/APP2/sl/Home/Index> (dostopano 13.11. 2022).
- Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov. Uradni list RS, 113/2009, 5/2013 in 22/15.

-
- Wallman M, Delin S., 2022. Nitrogen leaching from tile-drained fields and lysimeters receiving contrasting rates and sources of nitrogen. *Soil Use and Management* 2022;38:596-610.
- Wienhold B.J., Trooien T.P., Reichman G.A., 1995. Yield and nitrogen use efficiency of irrigated corn in the northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 87, str. 842-846.
- Yang, S., Wang, Y., Liu, R., Zhang A., Yang Z., 2017. Effect of Nitrate Leaching Caused by Swine Manure Application in Fields of the Yellow River Irrigation Zone of Ningxia, China. *Scientific reports* 7, 13693.
- Zheng W., Wan Y., Li Y., Liu Z., Chen J., Zhou H., Gao Y., Chen B., Zhang M., 2017. Developing water and nitrogen budgets of a wheat-maize rotation system using auto-weighing lysimeters: Effects of blended application of controlled-release and un-coated urea. *Environmental Pollution*, 263 (A), 114383.

Vpliv globine sajenja in pinciranja na rast in pridelek melon

Kristina UGRINOVIC⁸³ in Mojca ŠKOF⁸⁴

Izvleček

Melono v Sloveniji pridelujemo brez opore in brez prikrajševanja stebel, odstranjevanja listov in redčenja plodov. Raziskave kažejo, da lahko način vzgoje rastlin melone pomembno vpliva na razvoj rastlin in na pridelek. V letih 2021 in 2022 smo v dveh terminih pri pridelavi brez opore v srednje visokem enostavnem tunelu ugotavljali, kako na začetni vegetativni in generativni razvoj rastlin ter pridelek plodov melone vplivata enostavno prikrajševanje glavnega stebela za 5. listom ter globlje sajenje sadik. Prikrajševanje glavnega stebela je vplivalo na začetni razvoj rastlin – 2 tedna po presajanju je bilo število sekundarnih vrež na prikrajšanih rastlinah večje ali enako kot na neprikrajšanih, 3 tedne po presajanju pa so neprikrajšane rastline že imele več sekundarnih vrež, skupna dolžina prvih štirih sekundarnih vrež je bila enaka (v treh od štirih poskusov), ali pa nekoliko večja (v enem poskusu) pri neprikrajšanih rastlinah. Tudi globlje sajenje sadik je vplivalo na začetni razvoj rastlin – 2 tedna po presajanju je bilo število sekundarnih vrež pri globlje posajenih rastlinah manjše kot pri kontrolnih rastlinah, 3 tedne po presajanju pa so globlje posajene rastline po številu sekundarnih vrež praviloma že dohitele kontrolne rastline, dolžina prvih štirih vrež pa je bodisi ostala manjša bodisi se je izenačila. Ne prikrajševanje glavnega stebela rastline melone za 5. listom ne globlje sajenje sadik nista vplivala na število plodičev in kasneje na število obranih plodov, kot tudi ne na maso pridelka.

Ključne besede: *Cucumis melo* L., vegetativni razvoj, dolžina vreže, število plodov, pridelek

Influence of planting depth and pruning on the growth and yield of melon

Abstract

In Slovenia, melon is grown without support and without pruning, removing of leaves and thinning of fruits. Studies show that the way melon plants are grown can have a significant impact on plant development and yield. In the years 2021 and 2022, in two periods, at cultivation without support in a medium-high simple tunnel, the effect of simple pruning of the main stem after the 5th leaf and deeper planting of transplants on the initial vegetative and generative development of plants and the yield of melon fruits were tested. Pruning of the main stem affected the initial development of plants - 2 weeks after transplanting, the number of secondary stems on pruned plants was greater or equal to that of non-pruned plants, while 3 weeks after transplanting, non-pruned plants already had more secondary stems, the total length of the first four secondary stems was the same (in three of four experiments), or slightly higher (in one of the experiments) in non-pruned plants. Deeper planting of transplants also affected the initial development of the plants - 2 weeks after transplanting, the number of secondary stems of deeper planted plants was lower than that of control plants, and 3 weeks after transplanting, the deeper planted plants generally had already caught up the control plants in the number of secondary stems, while the length of the first four secondary stems either remained smaller or equalized with the control plants. Neither the pruning of the main stem of the melon plant after the 5th leaf nor the deeper planting of transplants effected the number of fruits and later the number of harvested fruits and the fruits yield.

Key words: *Cucumis melo* L., vegetative development, vine length, number of fruits, yield

1 UVOD

Obseg pridelave melone v Sloveniji je razmeroma skromen, saj jo letno pridelujemo na 10 do 13 ha, pridelava pa poteka predvsem na Primorskem (SURS, 2022). V Sloveniji glavnina pridelave poteka na prostem, se pa v zadnjih letih seli tudi v zaščitene prostore. Tržni

⁸³Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: kristina.ugrinovic@kis.si

⁸⁴Univ. dipl. inž. agr, Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: mojca.skof@kis.si

pridelovalci melono pridelujejo brez opore in brez prikrajševanja stebel, odstranjevanja listov in redčenja plodov. Različne raziskave kažejo, da lahko način vzgoje rastlin melone pomembno vpliva na razvoj rastlin in na pridelek. Jani in Hoxha (2002) npr. navajata, da je način vzgoje pri meloni potrebno prilagoditi sorti in pogojem pridelave, ter na podlagi opravljenih raziskav ugotavljata, da pri vertikalni vzgoji sorte Polycarp v plastenjaku pinciranje pomembno poveča pridelek vendar pa, v primeru močnega prikrajševanja glavnega stebela, zakasni začetek dozorevanja plodov. V naših preliminarnih poskusih (Ugrinović in sod., 2021) smo pri pridelavi melon na prostem že preverjali vpliv prikrajševanja glavnega stebela za 3. ali 4. listom ter nato prikrajševanja stranskih stebel za 3. ali 4. listom. Predvsem prikrajševanje sekundarnih poganjkov je bilo zelo zamudno in za tržno pridelavo neuporabno. Pri pinciranih rastlinah je bilo število pobranih plodov manjše, masa tržnih plodov pa se ni razlikovala od mase tržnih plodov pri nepinciranih rastlinah. Pidelki pri tako pinciranih rastlinah so bili pogosto manjši kot pri nepinciranih. V sortnih poskusih smo opazili tudi, da pri posameznih globlje posajenih rastlinah prva sekundarna vreža zakrni.

S poskusi predstavljenimi v tem prispevku smo želeli ugotoviti, kako na razvoj rastlin in pridelek plodov melone vplivata enostavno prikrajševanje glavnega stebela ter globlje sajenje.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Zasnova poskusov

Poskusi so potekali v letih 2021 in 2022 v srednje visokem enostavnem tunelu na poskusnem polju Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah pri Mengšu. V obeh letih smo poskus zasnovali v 2 terminih, zgodnje spomladanskem in pozno spomladanskem.

V vseh štirih poskusih smo preverjali tri enake postopke vzgoje rastlin melon. Pri kontrolnem postopku (K) smo sadike posadili do globine, da so bili klični listi tik nad površino tal, rastlin kasneje nismo pincirali. Pri postopku globljega sajenja (G) smo sadike posadili globlje, tako da so bili klični listi zasuti, prvi pravi listi so bili tik nad tlemi, rastlin kasneje nismo pincirali. Pri tretjem postopku (P) smo sadike posadili do enake globine kot pri kontrolnem postopku ter nato glavno vrežo rastlin v fazi, ko so imele rastline razvitih 6 do 7 listov, prikrajšali za 5. listom.

Poskusi so bili zasnovani v treh ponovitvah. Preskušani postopki so bili znotraj ponovitev razporejeni tako, da je zasnova ustrezala latinskemu kvadratu. Na posamezni poskusni parcelici so bile v 2021 v obeh terminih posajene 4 rastline (3,0 m²), v letu 2022 pa je bilo v obeh terminih na poskusni parcelici posajenih 5 rastlin (4,0 m²). Sadili smo na gredice z eno vrsto, med vrstami je bila v 2021 razdalja 1,5 m, v 2022 pa 1,6 m. Razdalja med rastlinami v vrsti je bila 50 cm.

2.2 Vzgoja sadik in oskrba rastlin

Sadike hibridne oranžno mesnate mrežaste sorte z blago izraženimi režnji SVM 2335 (Seminis, dobavitelj Cabo) smo vzgajali v polistirenskih gojitvenih ploščah (40 celic) v ogrevanem plastenjaku Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah pri Ljubljani. Za prvi termin smo sejali v zadnji dekadi aprila (23. 4. 2021 in 20. 4. 2022) in presajali približno mesec dni kasneje (18. 5. 2021 in 20. 5. 2022). Za drugi termin smo sejali sredi maja (13. 5. 2021 in 20. 5. 2022) ter presajali 10. 6. 2021 in 16. 6. 2022.

V obeh letih smo ob spomladanski pripravi tal pognojili s 2,5 t/ha peletiranega mešanega govejega in kokošjega hlevskega gnoja (Fertildung Stallatico) in s 300 kg/ha KAN (81 kg/ha N). Ker so tla s fosforjem in kalijem obilno založena, teh dveh hranil z mineralnimi gnojili nismo dodajali. V letu 2021 je bila predposevek solata, v letu 2022 pa za poskus prvega termina česen, za poskus drugega termina pa kumara.

Strojno smo oblikovali gredice in jih prekrili s črno polietilensko folijo. Na vsaki gredici smo ob polaganju folije položili tudi cev za kapljično namakanje.

Oskrba vseh poskusov je potekala v skladu z uveljavljeno agrotehniko in je vključevala predvsem pletje in kapljično namakanje. V 2022 smo v tunelu za boljšo oplodnjo namestili tudi čmrljo družino. Rastline smo zaradi napada pršice 9. 7. 2022 poškropili s sredstvom Vertimec Pro (aktivna snov abamektin).

2.3 Meritve rastlin in vrednotenje pridelka

V poskusih smo spremljali začetni vegetativni in generativni razvoj rastlin ter pridelek plodov. Vegetativni razvoj smo ovrednotili z meritvami dolžine glavne vreže in prvih štirih sekundarnih vrež ter s štejetjem števila sekundarnih in terciarnih vrež. Šteli in merili smo le vreže, ki so imele vsaj 1 polno razvit list. Izmerili smo vse rastline na poskusni parcelici. V letu 2021 smo meritve opravili 23 dni po presajanju prvega termina oziroma 20 dni po presajanju drugega termina. V letu 2022 smo vse meritve opravili 2-krat, v obeh terminih smo tako rastline prvič izmerili 14 dni po presajanju, drugič pa 19 dni po presajanju v prvem terminu oziroma 21 dni po presajanju v drugem terminu.

Generativni razvoj smo ocenili s štejetjem vitalnih in odmrlih plodičev. Štetja smo opravil sočasno z meritvami vegetativnega razvoja na vseh rastlinah na poskusni parcelici.

Plodove smo pobirali postopoma glede na dozorevanje, v času intenzivnega zorenja praviloma 3-krat tedensko. Ob vsakem pobiranju smo skupaj pobrali vse plodove na posamezni poskusni parcelici, obrane plodove prešteli ter razvrstili v tržne (zdravi in nepoškodovani plodovi primerne velikosti) in netržne (počeni ali zakrneli plodovi) ter jih stehtali. Ob zadnjem pobiranju smo pobrali tudi nedozorele plodove ter jih prišteli k netržnemu pridelku.

2.4 Statistična obdelava podatkov

Zbrane podatke 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 t-testom. Vsa testiranja smo opravili pri 95 % zaupanju ($p < 0,05$).

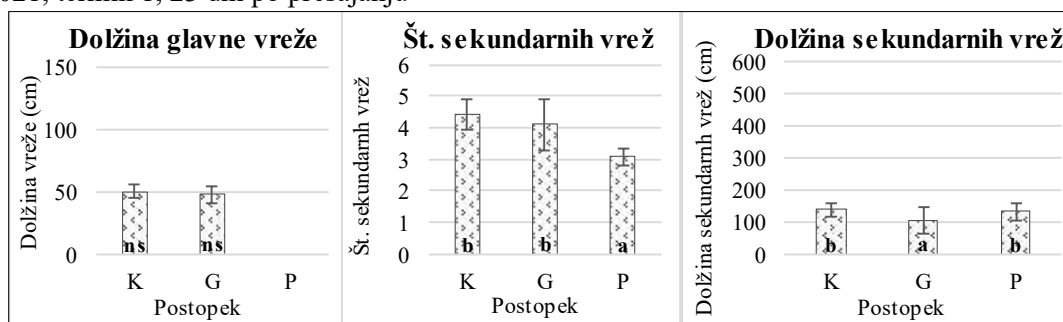
3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Vegetativni razvoj

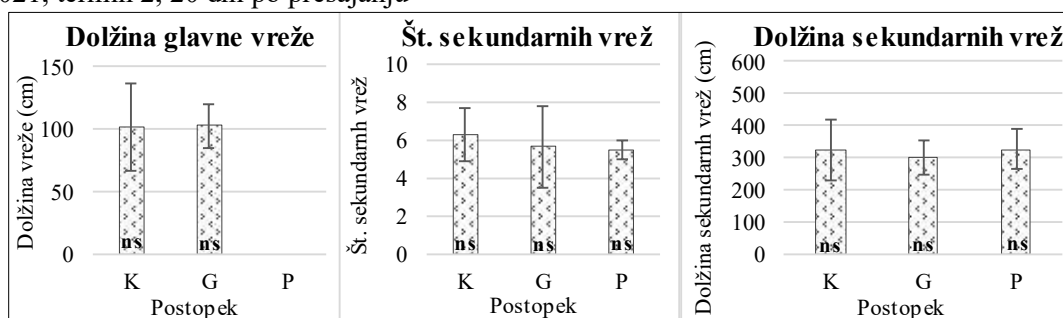
Rezultati meritev rastlin so grafično prikazani na sliki 1. Različni postopki vzgoje rastlin melone so vplivali na začetni razvoj rastlin, še najbolj izrazito na število sekundarni vrež in njihovo dolžino (prikazana je skupna dolžina vseh sekundarnih vrež na rastlini).

Dolžina glavne vreže 2 tedna po presajanju v obeh poskusih v 2022 je bila v prvem terminu pri globlje sajenih rastlinah značilno daljša kot pri kontrolnih rastlinah, v drugem terminu pa je bilo ravno obratno in so imele kontrolne rastline značilno daljše vreže kot globlje posajene rastline. Pri meritvah teden dni kasneje razlik med obema postopkoma, razen pri poskusu v drugem terminu leta 2022, ko so imele kontrolne rastline tudi ob teh meritvah daljše vreže kot globlje sajene rastline, ni bilo.

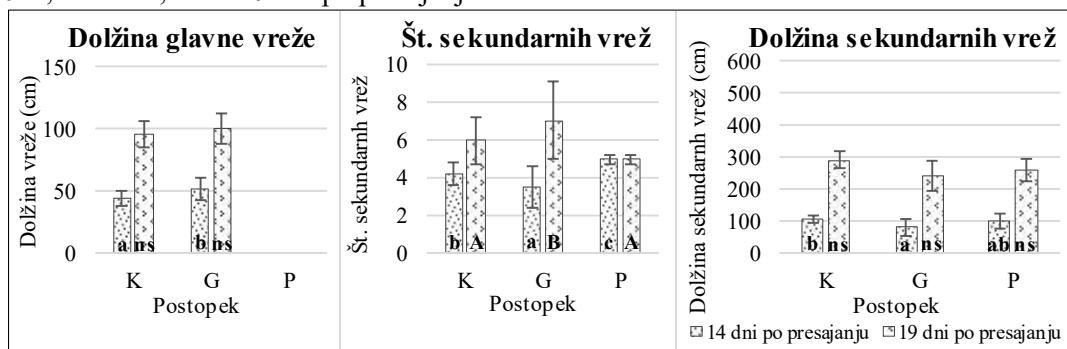
2021, termin 1, 23 dni po presajanju



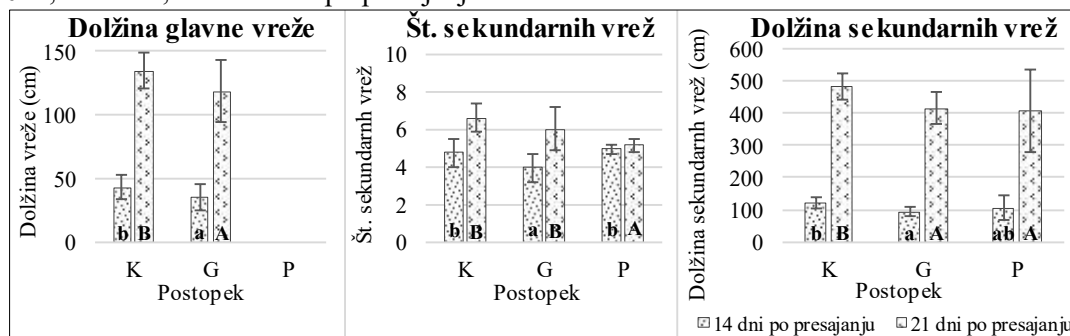
2021, termin 2, 20 dni po presajanju



2022, termin 1, 14 in 19 dni po presajanju



2022, termin 2, 14 in 21 dni po presajanju



Slika 1: Dolžina glavne vreže, število sekundarnih vrež in skupna dolžina prvih štirih sekundarnih vrež na rastlino pri različnih postopkih gojenja melone (kontrola-K, globlje sajenje-G in pinciranje-P) v poskusih 2021 in 2022 v Jabljah; različne črke v stolpcih pomenijo statistično značilne razlike ob posameznem dnevu meritev, ns pomeni, da razlike med postopki statistično niso značilne (t -test, $p < 0,05$).

Število sekundarnih vrež je bilo v obeh poskusih v 2022 dva tedna po presajanju pri globlje posajenih rastlinah (postopek G) značilno manjše kot pri pinciranih (postopek P) in kontrolnih (postopek K) rastlinah. Opazili smo, da se pri globlje sajenih rastlinah prva sekundarna vreža (iz brsta za prvim pravim listom) pogosto ni razvila ali pa je bila zelo zakrnela. Pri opazovanjih med 19 in 23 dnem po presajanju (edini opazovanji v obeh poskusih v 2021 in drugo od obeh opazovanj v obeh poskusih v 2022) je bilo število sekundarnih vrež vedno najmanjše pri pinciranih rastlinah pri katerih smo s prikrajševanjem glavne vreže število sekundarnih vrež omejili na praviloma 5 vrež. V vseh poskusih, razen pri prvem terminu v 2021, se je približno 3 tedne po presajanju na pinciranih rastlinah razvilo vseh 5 vrež (v prvem terminu 2021 so bile pri pinciranih rastlinah v povprečju 3 vreže), medtem ko so rastline pri ostalih dveh postopkih imele več sekundarnih vrež, a razlike v vseh poskusih statistično niso bile značilne. Pri globlje posajenih rastlinah je bilo približno 3 tedne po presajanju število sekundarnih vrež statistično značilno enako, oziroma v poskusu prvega temina v 2022 celo večje kot pri kontroli. Globlje posajene rastline so torej v tednu dni po številu sekundarnih vrež dohitele kontrolne rastline.

Skupna dolžna prvih štirih sekundarnih vrež na rastlino je bila 14 dni po presajanju v obeh poskusih v letu 2022 najmanjša pri globlje posajenih rastlinah (postopek G) in največja pri kontrolnih rastlinah (postopek K). Razlika med tema postopkoma je bila statistično značilna v obeh poskusih, medtem ko se skupna dolžna sekundarnih vrež pri pinciranih rastlinah (postopek P) ni značilno razlikovala od ostalih dveh postopkov. Pri meritvah, opravljenih en teden dni kasneje je bila skupna dolžina sekundarnih vrež pri globlje sajenih rastlinah še vedno manjša kot pri kontrolnih rastlinah, a so se razlike v med postopki zmanjševale in v dveh od štirih poskusov niso bile statistično značilne.

Na sekundarnih vrežah so približno 3 tedne po presajanju rastline razvile 2 do 7 terciarnih vrež (odvisno od poskusa in postopka), a razlike med postopki v treh od štirih od poskusov statistično niso bile značilne. Ob opazovanjih 14 dni po presajanju smo terciarne vreže zabeležili le na posameznih rastlinah. Podatki o številu terciarnih vrež niso prikazani.

Preglednica 1: Število vitalnih plodičev pri različnih postopkih gojenja rastlin melone (kontrola-K, globlje sajenje-G in pinciranje-P) v poskusih 2021 in 2022 v Jabljah

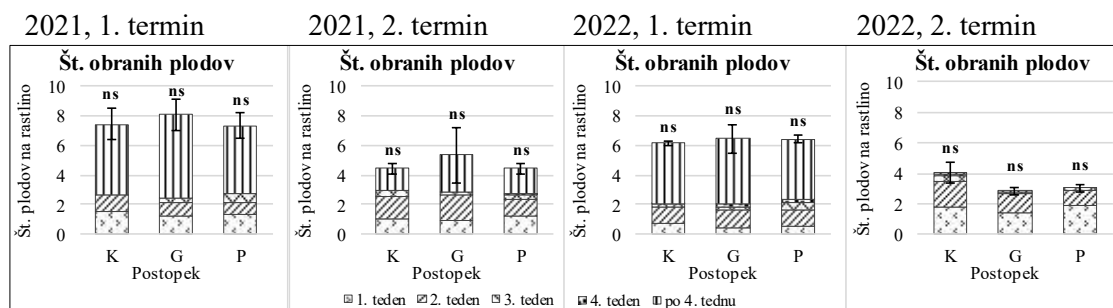
Postopek	Število vitalnih plodičev					
	2021, 1. termin	2021, 2. termin	2022, 1. termin		2022, 2. termin	
Dan po presajanju	23. dan	20. dan	14. dan	19. dan	14. dan	21. dan
K	2,3±1,4	3,4±1,5	2,7±0,9	3,2±1,6	0,1±0,2	3,5±2,0
G	2,7±2,0	4,5±2,1	2,5±1,1	2,7±1,2	0,1±0,2	4,4±1,8
P	2,7±1,2	5,5±1,2	2,6±0,9	3,3±1,0	0,3±0,5	4,5±1,9
Povprečje	2,6	4,5	2,6	3,1	0,2	4,1
LSD (0,05)*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

* ns pomeni, da razlike med postopki statistično niso bile značilne (t—test, $p < 0,05$)

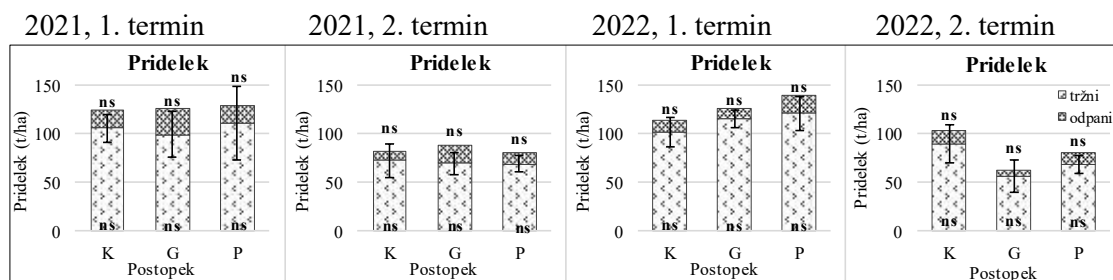
3.2 Generativni razvoj

Skupno število vitalnih plodičev na sekundarnih in terciarnih vrežah se v začetnem obdobju razvoja rastlin med postopki ni značilno razlikovalo (Preglednica 1) ne ob prvem šteju 2 tedna po presajanju v obeh poskusih v 2022 kot tudi ne ob štetjih približno 3 tedne po presajanju v vseh štirih poskusih. Na rastlinah smo ob štetjih opazili tudi posamezne odmrle plodiče, a tudi tu razlik med postopki ni bilo (podatki niso prikazani). Zanimivo je, da so v letu 2022 ob šteju 2 tedna po presajanju v prvem terminu rastline v vseh postopkih imele 2 do 3 plodove, v drugem terminu pa smo na kakšni rastlini našli posamezen plodič. Ob šteju 5 dni kasneje so v prvem terminu rastline imele približno 3, v drugem terminu pa so v tednu dni nastavile kar 3 do 5 plodičev.

Prvi plodovi so tehnološko zrelost dosegli 48 (drugi termin v 2021) do 59 dni (prvi termin 2021) po presajanju. V letu 2022 razlike v času od presajanja do prvih zrelih plodov med terminoma praktično ni bilo, v prvem terminu smo prve plodove pobrali 49 v drugem pa 50 dni po presajanju. V obeh poskusih 2021 in v prvem terminu 2022 smo plodove pobirali do druge polovice septembra, le pri drugem terminu v 2022 smo pobiranje zaradi propadanja rastlin zaključili že v začetku septembra. Tudi v 2021 smo opazili, da so rastline v drugem terminu pridelave začele propadati prej kot rastline, ki smo jih presajali bolj zgodaj.



Slika 2: Število obranih plodov na rastlino pri različnih postopkih gojenja rastlin melone (kontrola-K, globlje sajenje-G in pinciranje-P) po tednih pobiranja v poskusih 2021 in 2022 v Jabljah; ns pomeni, da razlike med postopki statistično niso bile značilne (t -test, $p < 0,05$).



Slika 3: Tržni in skupni pridelek plodov v t/ha pri različnih postopkih gojenja rastlin melone (kontrola-K, globlje sajenje-G in pinciranje-P) v poskusih 2021 in 2022 v Jabljah; ns pomeni, da razlike med postopki statistično niso bile značilne (t -test, $p < 0,05$), spodnje oznake se nanašajo na razlike med tržnimi pridelki, zgornje pa med skupnimi pridelki, standardni odklon je prikazan za tržni pridelek.

3.3 Pridelek

Rezultati števila obranih plodov so grafično prikazani na Sliki 2. V obeh letih smo manj plodov na rastlino pobrali v drugem terminu pridelovanja (v letu 2021 4 do 6 v drugem terminu in 7 do 8 v prvem terminu ter v 2022 le 3 do 4 v drugem terminu in 6 do 7 v prvem terminu). V sortnih poskusih z različnimi sortami melon na prostem v letih 2019 in 2020 (Ugrinović in sod., 2020 in 2021) smo na rastlino pobrali od 2 do 4 plodove. Plodovi so dozorevali v dveh valovih, glavino prvega vala smo pobrali v prvih 2 tednih, nato pa so posamezni plodovi dozorevali še v tretjem tednu, v četrtem tednu novo dozorelih plodov skorajda ni bilo, ponovno so posamezni plodovi začeli dozorevati v petem tednu in nato dozorevali do zaključka pobiranja. V prvih treh tednih smo v povprečju na rastlino pobrali od 2 plodov v prvem terminu 2022 do 3 do 4 plodov v drugem terminu 2022. Med preskušanimi postopki gojenja melone v nobenem od obravnavanih obdobj pobiranja (posamezni tedni pobiranja od prvega do četrtega, skupaj po

četrtem tednu pobiranja, skupaj celotno obdobje pobiranja) v nobenem od štirih poskusov ni bilo značilnih razlik v številu obranih plodov.

Masa pridelka je grafično prikazana na sliki 3. Tudi med tržnimi in skupnimi pridelki pri preskušanih postopkih gojenja melone v nobenem od štirih poskusov ni bilo značilnih razlik. Tudi Ferreira in sod. (2018) v svojem poskusu niso ugotovili vpliva prikrajševanja glavnega stebela na prametne pridelka (število plodov na rastlino, masa pridelka). V obeh letih smo več tržnega pridelka pobrali v prvem terminu pridelave (v povprečju čez 100 t/ha), v drugem terminu pridelave smo v obeh letih pobrali okoli 70 t/ha tržnega pridelka. V sortnih poskusih z različnimi sortami melon na prostem v letih 2019 in 2020 (Ugrinović in sod., 2020 in 2021) so bili tržni pridelki približno za polovico manjši. Pridelek prvega vala plodov (prvi trije tedni) je bil med 3,5 kg na rastlino v prvem terminu 2022 do dobrih 6 kg v drugem terminu 2022 (podatki niso prikazani).

4 SKLEPI

Poskusi, opravljeni s hibridno sorto melone SVM 2335, katere pridelava je potekala v srednje visokem enostavnem tunelu brez opore kažejo da:

- prikrajševanje glavnega stebela za 5. listom vpliva na začetni razvoj rastlin – po prikrajševanju preostali brsti odženejo hitreje, zato je nekaj dni po prikrajševanju število sekundarnih vrež na prikrajšanih rastlinah lahko večje, kot na neprikrajšanih, a sčasoma slednje razvijejo več sekundarnih vrež, skupna dolžina prvih štirih sekundarnih vrež je enaka, ali nekoliko večja pri neprikrajšanih rastlinah.
- prikrajševanje glavnega stebela rastline melone za 5. listom ne vpliva na število plodičev in kasneje na število obranih plodov, kot tudi ne na maso pridelka.
- globlje sajenje sadik vpliva na začetni razvoj rastlin – število sekundarnih vrež je v prvih dveh tednih po presajanju manjše kot pri kontrolnih rastlinah, saj brst za prvim pravim listom ne odžene ali pa odžene kasneje. Sčasoma globlje posajene rastline po številu sekundarnih vrež dohitijo kontrolne rastline, dolžina prvih štirih vrež pa bodisi ostane manjša, bodisi se izenači.
- globlje sajenje sadik ne vpliva na število plodičev in kasneje na število obranih plodov, kot tudi ne na maso pridelka.

Zahvala. Preskušanja, ki so predstavljena v tem prispevku, so bila delno financirana v okviru Javne službe v vrtnarstvu (pogodba št. 2330-21-000028 in 2330-22-000006).

5 LITERATURA

- Ferreira, R. M. de A., Aroucha, E. M. M., de Medeiros, J. F., do Nascimento, I. B., C. A. de Paiva, C. A. 2018. Effect of main stem pruning and fruit thinning on the postharvest conservation of melon. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental. 22, 5: 355-359
- Jani, S. and Hoxha S. 2002. The Effect of Plant Pruning on Production of Melon Grown under PVC Greenhouse Condition. V: Paroussi, G. et al (Eds). 2nd Balkan Symp. on Veg. & Potatoes. Acta Hort. 579, 377-381 DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.579.65SURS. 2022.
- Podatkovni portal SI-STAT. Spletni vir: <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/15P6004S.px>
- Ugrinović, K., Škof, M., Pipan, B., Rudolf Pilihi, K., Kacjan Maršič, N., Baričević D., Ferant, N., Oset Luskar, M., Šega-Čeh, B.. 2020. Končno poročilo javne službe v vrtnarstvu 2019. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije. Spletni vir: <https://vrtmarstvo.javnaslužba.si/wp-content/uploads/2020/09/Koncno-porocilo-JS-VRT-2019-SS.pdf>.
- Ugrinović, K., Škof, M., Pipan, B., Rudolf Pilihi, K., Kacjan Maršič, N., Baričević D., Ferant, N., Oset Luskar, M., Šega-Čeh, B.. 2021. Končno poročilo javne službe v vrtnarstvu 2020. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije. Spletni vir: [Koncno-porocilo-JS-VRT-2020-le-vsebina-in-rekapitulacija.pdf](https://vrtmarstvo.javnaslužba.si/wp-content/uploads/2020/09/Koncno-porocilo-JS-VRT-2020-le-vsebina-in-rekapitulacija.pdf) (javnaslužba.si)

Vpliv načina zasnove posevka na razvoj rastlin in pridelek motovilca

Kristina UGRINOVIC⁸⁵, Damjana ŽNIDAR⁸⁶ in Mojca ŠKOF⁸⁷

Izvelek

Posevek motovilca tradicionalno zasnujemo z neposredno setvijo, v zadnjih letih se uveljavlja tudi zasnova preko sadik. Zanimalo nas je, kako različni načini zasnove posevka motovilca (neposredna setev, primerno velike sadike in zastarane sadike) v različnih terminih vplivajo na rast rastlin in pridelek. Poskuse smo izvedli s tremi v Sloveniji razširjenimi sortami na dveh lokacijah, v Jabljah na prostem in v zaščitenem prostoru, v Vrtojbi le na prostem. Čas od setve do spravila je bil pri zasnovi preko sadik, ko smo presajali optimalno razvite sadike, enak oz. daljši kot pri neposredni setvi, tako pri jesenskem kot zimskem terminu pridelave, in teden dni krajši pri pridelavi spomladi. Pri presajanju zastaranih sadik se je čas do pobiranja podaljšal za 2 tedna. V terminih z ugodnejšimi razmerami za rast motovilca je bil sklop posevka ob spravilu, ne glede na način zasnove, boljši kot v terminih z manj ugodnimi razmerami. Pri prezimni pridelavi so zlasti posevki zasnovani preko sadik zelo slabo preživel zimo. Sorta D'Olanda a seme grosso je prezimila značilno slabše kot sorta Ljubljanski. Tržni pridelek se je med termini pridelave zelo razlikoval; v povprečju je bil najmanjši pri prezimni pridelavi na prostem v Jabljah (3,0 t/ha) in največji pri spomladanski pridelavi na prostem v Vrtojbi (10,5 t/ha). Neposredna setev se je zlasti v terminih z manj ugodnimi razmerami (pozna jesen in zima na prostem; nihanje temperatur, nizke zimske temperature, neenakomerna vlažnost tal) za rast motovilca izkazala bolj zanesljiva kot presajanje sadik.

Ključne besede: *Valerianella locusta*, sadike, termin pridelave, sklop posevka, dolžina vegetacije

The influence of the crop establishment method on the plant development and the yield of lamb's lettuce

Abstract

Traditionally, lamb's lettuce crop is established by direct sowing, but in recent years, the crop establishment with seedlings is increasing. Our interest was to find out how different methods of lamb's lettuce crop establishment (direct sowing, optimal seedlings and overgrown seedlings) in different periods of cultivation affect plant growth and yield. Experiments were carried out with three varieties widespread in Slovenia at two locations, in Jablje both in the open field and in plastic greenhouse and in Vrtojba only in the open field. The time from sowing to harvest of crops established with optimally developed seedlings was the same or longer as that of direct sown crops in the autumn and winter periods, while it was a week shorter than direct sowing in spring. For overgrown seedlings the time from sowing till harvest was about 2 weeks longer. In the periods with more favourable conditions for the growth of lamb's lettuce, the set of the crops at harvest was better than in the periods with less favourable conditions regardless of the crop establishment method. In winter cultivation, especially the crops established through seedlings survived very poorly. The D'Olanda a seme grosso variety overwintered significantly worse than the Ljubljanski variety. The marketable yield varied between the growing periods, on average it was the lowest during the winter cultivation in the open field in Jablje (3.0 t/ha) and the highest in the spring cultivation in the open field in Vrtojba (10.5 t/ha). For lamb's lettuce, direct sowing proved to be more reliable than transplanting, especially in periods with less favourable conditions (late autumn and winter in the open field; fluctuating temperatures, low winter temperatures, uneven soil moisture).

Key words: *Valerianella locusta*, transplants, cultivation period, crop density, length of vegetation.

⁸⁵ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: kristina.ugrinovic@kis.si

⁸⁶ Univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: damjana.znidar@kis.si

⁸⁷ Univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: mojca.skof@kis.si

1 UVOD

Motovilec je solatnica, ki je cenjena predvsem v jesenskem in zimskem času. V Sloveniji je pridelava motovilca razširjena tako v vrtičarski kot tržni pridelavi. Letno ga pridelujemo na okoli 111 ha površin, od tega je 23 ha v tržni pridelavi (SI-STAT, 2022). Povprečni pridelek je odvisen zlasti od vremenskih razmer in tehnologije pridelave ter znaša med 5,5 in 7,5 t/ha. Motovilec lahko pridelujemo na prostem, širi pa se pridelovanje v zaščitениh prostorih, zlasti v obdobjih, ko je na prostem težko zagotoviti optimalne razmere za rast. Kot nezahtevno vrtnino ga lahko v zaščitениh prostorih gojimo od avgusta do februarja brez ogrevanja oz. z ogrevanjem vzdržujemo samo najnižjo gojitveno temperaturo 4 °C. Od setve do tržne velikosti rozete motovilec potrebuje med 8 in 9 tednov, odvisno predvsem od rastnih razmer in zgodnosti sorte. Za jesensko uporabo sejemo motovilec avgusta, pridelke pobiramo konec septembra in v oktobru. Za zimsko in zgodnje spomladansko uporabo ga sejemo od konca avgusta do začetka oktobra, za zgoden pridelek spomladi ga lahko sejemo tudi v mesecu februarju ali marcu.

Posevek motovilca tradicionalno zasnujemo z neposredno setvijo, v zadnjih letih pa se predvsem pri pridelavi v zaščitенem prostoru uveljavlja zasnova preko sadik. Slednja naj bi omogočala višje in kakovostnejše pridelke in hkrati skrajšala čas pridelovanja. Na trgu so v ponudbi tako sadike v šotnih kockah kot sadike vzgojene v gojitvenih ploščah v lončkih različnih velikosti.

Sorte motovilca se ločijo po velikosti rozet, barvi in obliki listov, pa tudi po sposobnosti prezimlitve, hitrosti uhajanja v cvet in drugem. V Sloveniji so razširjene različne sorte; še vedno pogosto pridelujemo tujo udomačeno sorto D'Olanda a seme grosso ter domači sorti Ljubljanski in Žličar. D'Olanda a seme grosso je zgodnja, manj odporna proti mrazu in bolj groba. Listi so večji, široki, svetlo zelene barve in nekoliko hrapavi. Ljubljanski je zgodnja sorta z podolgovatimi, ozkimi in gladkimi listi svetlo zelene barve, odporna proti mrazu. Spomladi kmalu požene v cvet. Žličar razvije srednje velike rozete, listi so gladki, ovalni, temnozeleni barve z rahlo navzgor zavrtim listnim robom. Dobro prenese nizke zimske temperature.

Zanimalo nas je, kako pri pridelavi motovilca način zasnove posevka (neposredna setev, sadike) vpliva na razvoj rastlin in na tržni pridelek v jesenskem, zimskem in spomladanskem terminu pridelovanja.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poskusi so potekali v sezoni 2020/21 v jesenskem, zimskem in spomladanskem terminu pridelovanja na poskusnem polju Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah (na prostem in v zaščitенem prostoru) in na poskusnem polju Biotehniške šole Šolskega centra Nova Gorica v Vrtojbi (na prostem). Zasnovali smo 6 poskusov: (1) Jablje jesen 2020 v ogrevanem rastlinjaku, (2) Jablje jesen-zima 2020/21 na prostem, (3) Jablje zima 2020/21 na prostem, (4) Vrtojba zima 2020/21 na prostem, (5) Jablje pomlad 2021 v ogrevanem rastlinjaku in (6) Vrtojba pomlad 2021 na prostem. V poskusih smo primerjali neposredno setev (S) in zasnovo posevka s sadikami (P1), v spomladanskem terminu smo dodali še obravnavanje stare sadike (P2), pri katerem smo sadike, ki smo jih vzgajali sočasno s sadikami P1 presajali ko so le-te prerastle optimalno velikost, spodnji listi pa so že začeli odmirati. V poskuse so bile vključene 3 sorte, Ljubljanski, Žličar in D'Olanda a seme grosso.

Poskusi so bili zasnovani v treh ponovitvah z naključno razporeditvijo sort znotraj ponovitev. Parcelo vsake sorte smo razdelili na 2 oz. 3 podparcele, na prvi smo izvedli neposredno setev, na drugi in tretji pa presajanje vzgojenih sadik. Da bi pri vseh obravnavanjih in sortah zagotovili enotno ciljno gostoto 2.071.429 rastlin/ha, smo pred setvijo preverili kalivost semena posamezne sorte in glede na to korigirali število semen pri setvi in vzgoji sadik. Sadike smo vzgojili v plastenjaku Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah pri Trzinu v polistirenskih

gojitvenih ploščah (104 celice). V vsako celico smo posejali 5 kalivih semen. Sejali oz. presajali smo na gredice v osem-vrstne pasove, razdalja med vrstami je bila 10 cm in cca 2 cm med semeni v vrsti pri neposredni setvi ter 10 cm pri presajanju sadik. Poskusna podparceta je obsegala cca 400 rastlin in je merila 1,4 m².

Setev za vzgojo sadik smo opravili isti dan kot neposredno setev. Presajali smo, ko so sadike imele razvite 2 do 3 prave liste na rastlino (P) in 2 tedna po optimalnem roku (P1), ko so bile sadike že zastarane. Datumi opravil za posamezne poskuse so prikazani v preglednici 1.

Preglednica 1: Datumi neposredne setve in setve za vzgojo sadik ter datumi presajanja v posameznih poskusih v Jabljah in Vrtojbi 2020 in 2021

OPRAVILO	DATUM SETVE IN PRESAJANJA					
	Jesen 2020, rastlinjak Jablje	Jesen-zima 2020/21, zunaj Jablje	Zima 2020/21, zunaj Jablje	Jesen-zima 2020/21, zunaj Vrtojba	Pomlad 2021, rastlinjak Jablje	Pomlad 2021, zunaj Vrtojba
Neposredna setev (S)	7. 9. 2020	18. 8. 2020	8. 9. 2020	10. 9. 2020	19. 2. 2021	9. 3. 2021
Setev za sadike (P in P1)	7. 9. 2020	18. 8. 2020	8. 9. 2020	10. 9. 2020	19. 2. 2021	9. 3. 2021
Presajanje optimalnih sadike (P)	7. 10. 2020	24. 9. 2020	8. 10. 2020	13. 10. 2020	25. 3. 2021	16. 4. 2021
Presajanje zastaranih sadike (P1)	/	/	/	/	9. 4. 2021	5. 5. 2021

Tla smo pred setvijo plitvo prekopali s prekopalnikom ter oblikovali dvignjene gredice. V Jabljah, kjer so tla dobro preskrbljena s hranili, ob setvi nismo gnojili, le posevka, ki sta prezimila, smo zgodaj spomladi dognojili s 27 kg/ha N. V Vrtojbi smo v obeh poskusih z osnovnim gnojenjem ob pripravi tal dodali 28 kg/ha N, 80 kg/ha P₂O₅, 120 kg/ha K₂O. Oskrba poskusov je potekala v skladu z uveljavljeno agrotehniko in je vključevala predvsem okopavanje, pletje in redno namakanje.

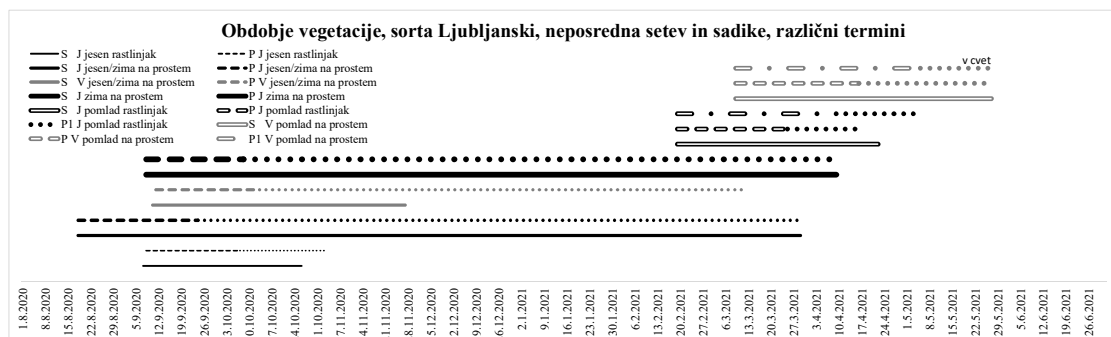
Pred spravilom smo za vsako podparcelico ocenili gostoto posevka. Spravilo pridelka je potekalo postopoma, glede na dozorevanje posamezne sorte. Ob pobiranju smo z vsake poskusne parcele pobrali vse rastline, pobranim rastlinam smo odstranili korenine, očistili zunanje in poškodovane liste in pridelek stehtali. Za meritve mase rozet smo iz očiščenega pridelka vsake parcelice izbrali 10 povprečnih rozet, jih skupaj stehtali ter nato izračunali maso ene rozete.

Zbrane rezultate smo za vsak poskus posebej statistično ovrednotili s pomočjo programa Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Centurion, 2009). Statistično značilnost razlik med posameznimi obravnavanji smo določili z enostavno analizo variance (ANOVA), značilnost razlik med povprečji posameznih obravnavanj pa z Duncanovim testom. Statistično značilnost razlik med obravnavanji (preskušanimi sortami in načini zasnove posevka) smo določili z analizo variance (ANOVA) za dvofaktorski poskus, značilnost razlik med povprečji nivojev posameznih faktorjev pa s t- testom (LSD). Vsa testiranja smo opravili pri 95 % zaupanju ($p < 0,05$).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Slika 1 prikazuje čas od setve do pobiranja v posameznih terminih pridelave za sorto Ljubljanski. Zelo podobne razlike med dolžino rastne dobe v različnih terminih in med načini zasnove posevka so bile tudi pri ostalih dveh preskušanih sortah.

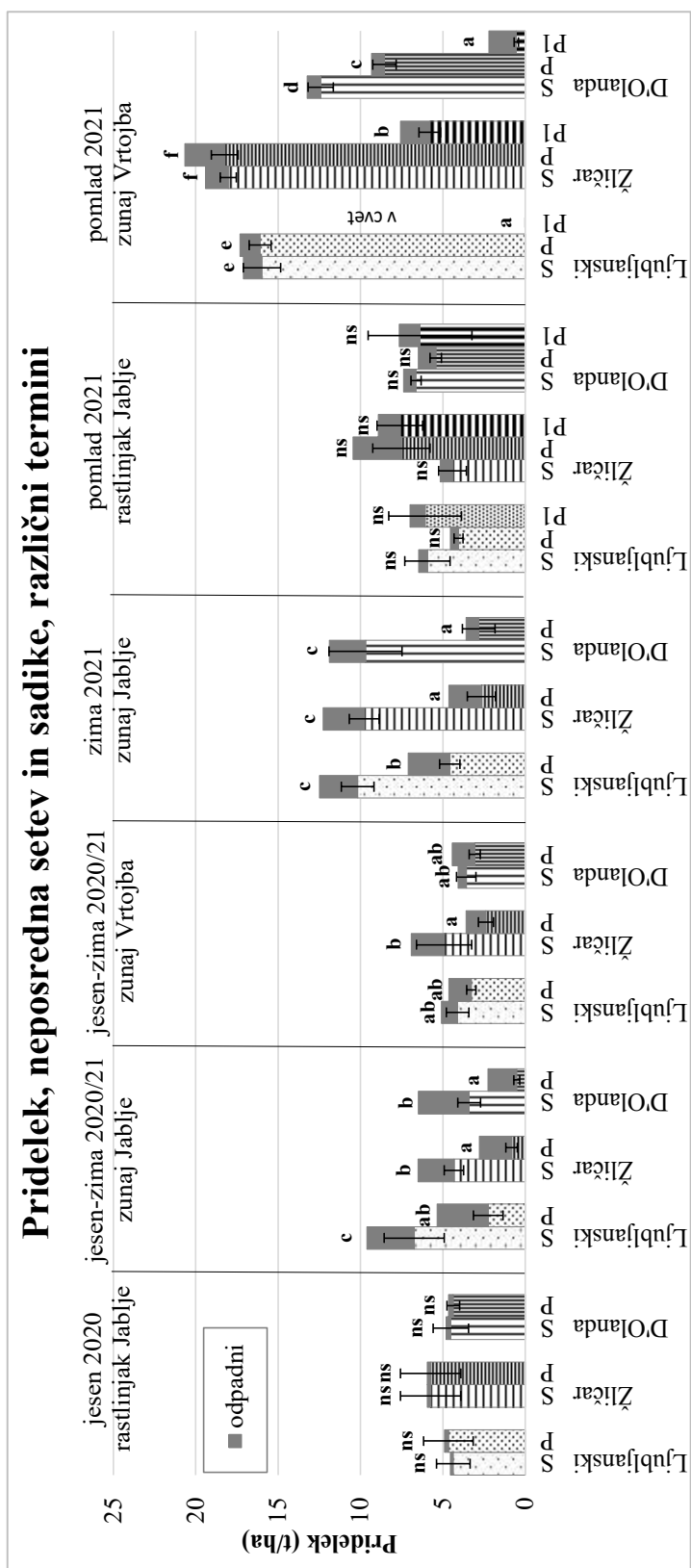
Čas od setve do spravila pridelka je bil pri zasnovi preko sadik (črtkana črta) enak oz. daljši kot pri neposredni setvi (polna črta) pri jesenskem in zimskem terminu pridelave in teden dni krajši pri pridelavi spomladi, če smo presajali optimalno razvite sadike. Pri presajanju zastaranih sadik se je čas do pobiranja pridelka podaljšal za 2 tedna.



Slika 1: Čas trajanja rastne dobe za vse termine pridelave in načine zasnove posevka pri sorti Ljubljanski v poskusih v Jabljah in Vrtojbi v letih 2020 in 2021

Preglednica 2: Gostota posevka v odstotkih pred pravilom za različne termine pridelave v Jabljah in Vrtojbi v letih 2020 in 2021; statistično značilno različne ($p \leq 0,05$) vrednosti po posameznih poskusih so označene z različnimi črkami; ns pomeni, da razlike niso značilne.

Sorta in način zasnove	GOSTOTA POSEVKA (%)					
	Jesen 2020, rastlinjak Jablje	Jesen-zima 2020/21, zunaj Jablje	Jesen-zima 2020/21, zunaj Vrtojba	Pomlad 2021, rastlinjak Jablje	Pomlad 2021, zunaj Vrtojba	
Ljubljanski S	95±4 b	90±0 a	95±4 ab	72±6 c	100±0	
Ljubljanski P	100±0 a	60±1 bc	100±0 a	100±0 a	100±0	
Ljubljanski P1	-	-	-	100±0 a	100±0	
Žličar S	94±5 b	90±0 a	88±6 ab	73±2 c	100±0	
Žličar P	100±0 a	40±8 cd	99±1 a	100±0 a	100±0	
Žličar P1	-	-	-	100±0 a	100±0	
D'Olanda S	95±1 b	80±1 ab	83±5 b	87±2 b	100±0	
D'Olanda P	100±0 a	27±5 d	67±12 c	100±0 a	100±0	
D'Olanda P1	-	-	-	100±0 a	100±0	
Povprečje poskusa	97	64	92	89	100	
LSD (0,05; Duncan)	3	7	5	10	ns	
POVPREČJE SORTA						
Ljubljanski	97	75 a	98 a	91 b	100	
Žličar	97	65 ab	94 a	92 b	100	
D'Olanda	98	53 b	75 b	96 a	100	
LSD (0,05; t-test)	ns	5	3	2	ns	
POVPREČJE NAČIN ZASNOVE						
S (neposredna setev)	95 b	87 a	89	77 b	100	
P (sadike)	100 a	42 b	89	100 a	100	
P1 (zastarane sadike)	-	-	-	100 a	100	
LSD (0,05; t-test)	2	4	ns	10	ns	



Slika 2: Tržni in odpadni pridelek motovilca za vse termine pridelave pri posameznih sortah v poskusih v Jabljah in Vrtojbi v letih 2020 in 2021; statistično značilno različne (Duncan, $p \leq 0,05$) vrednosti za tržni pridelek po posameznih poskusih so označene z različnimi črkami; ns pomeni, da razlike med obravnavanji niso značilne, standardni odklon je prikazan za tržni pridelek.

Čeprav je čas od setve do spravila pridelka pri zasnovi preko sadik lahko daljši, pa je obdobje, ko rastline gojimo na gredici, skoraj za polovico krajše kot pri neposredni setvi. Z vidika izkoriščenosti prostora, zlasti v zaščitnih prostorih, je to lahko pomembno. V jesensko zimskem terminu v Vrtojbi so rastline iz neposredne setve že do jeseni oblikovale tržne rozete (pobiranje v novembru), medtem ko obravnavanja preko sadik niso razvila dovolj velikih rozet, zato smo jih pustili za prezimitev in pridelek pobirali šele v marcu. Na sliki 2 so zbrani rezultati meritev tržnega in odpadnega pridelka motovilca za vseh šest poskusov, zasnovanih v različnih terminih preizkušanja na lokacijah Jablje in Vrtojba. Rezultati kažejo veliko variabilnost v tržnem pridelku glede na termin pridelovanja. V jesenskem terminu v rastlinjaku smo v povprečju pobrali 4,72 t/ha tržnega pridelka, med neposredno setvijo in zasnovo preko sadik,

kot tudi med sortami, ni bilo statistično značilnih razlik. V jesensko zimskem terminu na prostem smo v Jabljah v povprečju pobrali 3,00 t/ha tržnega pridelka, v Vrtojbi pa 3,55 t/ha. V Jabljah smo pri vseh sortah pobrali statistično večji pridelek pri neposredni setvi (pri kateri je bila gostota posevka veliko boljša kot pri zasnovi preko sadik), v Vrtojbi pa način zasnove posevka ni vplival na količino pridelka, so pa bile tudi razlike v gostoti rastlin med neposredno setvijo in zasnovo preko sadik manjše.

Tudi v zimskem terminu na prostem v Jabljah smo pri neposredni setvi pobrali statistično značilen večji pridelek (9,87 t/ha) kot pri zasnovi preko vzgoje sadik (3,35 t/ha). V spomladanskem terminu v Jabljah v pridelku ni bilo razlik ne med sortami in ne med načinom zasnove posevka, na prostem v Vrtojbi pa pri sortah Ljubljanski in Žličar ni bilo razlik med neposredno setvijo in presajanjem optimalno starih sadik. Pri vseh sortah smo pobrali statistično manj pridelka ob presajanju zastaranih sadik. Pri sorti Ljubljanski so zastarane sadike takoj pognale cvetna stebila in tržnega pridelka sploh ni bilo.

Zanimivo je, da pridelki obeh poskusov v zaščitenem prostoru ne odstopajo od pridelkov na prostem. Čeprav poskusi niso bili hkrati zasnovani na prostem in v zaščitenem prostoru, sta pa bila oba poskusa v rastlinjaku zasnovana v obdobjih, ki sta za rast motovilca ugodna (jesen in zgodnja pomlad) in tudi gostota obeh posevkov v rastlinjaku je bil primerljiv ali boljši kot na prostem (nekoliko je bil slabši le sklop neposredne setve v spomladanskem terminu v rastlinjaku). Pri pridelavi v rastlinjaku so bili pridelki v spomladanskem terminu v povprečju večji kot v jesenskem. Povprečna masa rozete (podatki niso prikazani) je bila najnižja prav v spomladanskem poskusu v rastlinjaku v Jabljah – 1,3 g; v jesenskem poskusu v rastlinjaku je bila 2,7 g, v poskusih na prostem pa med 2,2 in 5,8 g. Rastline motovilca, ki rastejo v zaščitenem prostoru, običajno razvijejo manj kompaktne rozete s tanjšimi in daljšimi listi ter manjšo maso, zato je tudi to lahko razlog, da so bili ob enaki gostoti rastlin pridelki v zaščitenem prostoru nižji kot na prostem. Zanimivo je tudi, da je bila v vseh poskusih ob spravilu masa posamezne rozete največja pri neposredni setvi in najmanjša pri zastaranih sadikah – v povprečju vseh poskusov je bila masa posamezne rozete pri neposredni setvi 3,6 g, pri optimalnih sadikah 2,5 g in pri zastaranih sadikah 1,6 g.

4 SKLEPI

Na podlagi pridobljenih rezultatov lahko povzamemo naslednje ugotovitve:

- neposredna setev se je pri manj intenzivni pridelavi motovilca izkazala bolj zanesljiva kot presajanje sadik, še zlasti v terminih z manj ugodnimi razmerami za rast motovilca (nihanje temperatur, nizke zimske temperature, neenakomerna vlažnost tal).
- v pozno jesenskem in zimskem terminu pridelave na prostem lahko presajene sadike v zimo vstopijo preveč razvite in slabo ukoreninjene, mraz dvigne sadike s koreninsko grudo in delež propadlih rastlin je večji kot pri neposredni setvi, pri kateri v zimo vstopijo manjše in bolje ukoreninjene rastline, ki so tudi manj občutljive na mraz.
- zasnova preko sadik je upravičena le v zaščitenem prostoru, saj se čas zasedenosti gredic močno skrajša.
- rastline motovilca, ki rastejo v zaščitenem prostoru, razvijejo manj kompaktne rozete s tanjšimi in daljšimi listi ter manjšo maso, zato so ob enaki gostoti posevka pridelki praviloma nižji kot na prostem.

Zahvala. Preskušanja, ki so predstavljena v tem prispevku, so bila financirana v okviru Javne službe v vrtnarstvu (pogodba št. 2330-21-000028 in 2330-20-000153).

5 LITERATURA

SI-STAT. 2022. SURS. Pridelava zelenjadnic (ha, t, t/ha), Slovenija, letno.

<https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1502403S.px> (oktober 2022)

Preskušanje vrednosti za pridelavo različnih tujih sort rožmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) v celinskih razmerah Slovenije

Nataša FERANT⁸⁸ in Barbara ČEH⁸⁹

Izvleček

Namen triletnega tipalnega poskusa z različnimi tujimi sortami rožmarina na lokaciji Žalec je bil izbira sorte ustrezne za gojenje v celinskih razmerah Slovenije. Povprečni triletni pridelek listov je bil največji pri sorti Blue Winter (161 g suhe snovi/rastlino), primerljiv pri akcesiji iz kolekcije IHPS, ki je prišla k nam pred 30 leti iz Trenta v Italiji (159 g suhe snovi/rastlino), in nižji pri sorti Arp (64 g suhe snovi/rastlino). Najmanjši pridelek je bil v letu 2019, ko je bil nasad prvoleten. Akcesija IHPS je imela primerljiv pridelek v drugem in tretjem letu, medtem ko je bil pri sorti Blue Winter zelo odvisen od leta. Vse tri preučevane sorte so v vseh letih dosegle ustrezno kakovost glede na zahteve Evropske farmakopeje. Vsebnost eteričnega olja je bila v triletnem povprečju višja pri akcesiji IHPS in sorti Arp (2,9 mL/100 g suhe snovi) in nižja pri sorti Blue Winter (2,3 mL/100 g suhe snovi). Vsebnost karnozolne kisline je bila v triletnem povprečju med sortami primerljiva (pri sorti Arp 3,8 %, sorti Blue Winter 3,7 %, akcesiji IHPS 3,6 %). Na osnovi rezultatov tipalnega poskusa z gojenjem rožmarina v celinskem območju Slovenije priporočamo sorto Blue Winter (3,7 ml eteričnega olja/rastlino in 6,0 g karnozolne kisline/rastlino) in akcesijo IHPS (4,6 ml eteričnega olja/rastlino in 5,7 g karnozolne kisline), bo pa potrebno rezultate preizkusiti še na večji površini. Sorta Arp je v razmerah poskusa imela enostavno premajhen pridelek, kljub temu da je imela ustrezno vsebnost tako eteričnega olja kot karnozolne kisline in je pri njej propadlo najmanj rastlin tekom zime.

Ključne besede: rožmarin, pridelava, vsebnost eteričnega olja, kakovost zelišč

Testing the value for the cultivation of different foreign varieties of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in the continental conditions of Slovenia

Abstract

The purpose of a three-year preliminary trial with different foreign varieties of rosemary at the Žalec location was to select a suitable variety for cultivation in the continental conditions of Slovenia. The average three-year leaf yield was the highest at the variety Blue Winter (161 g dry matter/plant), comparable to the yield of the accession from the IHPS collection, which came to us 30 years ago from Trento, Italy (159 g dry matter/plant), and the smallest in the Arp variety (64 g dry matter/plant). The smallest yield was in 2019, when it was the first-year plantation. The IHPS accession had a comparable yield in the second and third years, while it was highly dependent on the year for the Blue Winter variety. All three studied varieties achieved adequate quality in all years according to requirements of European Pharmacopeia. The average three-year essential oil content was the highest in accession IHPS and variety Arp (2.9 mL/100 g dry matter) and lower in variety Blue Winter (2.3 mL/100 g dry matter). The carnosolic acid content was comparable among varieties (at variety Arp 3.8%, variety Blue Winter 3.7%, the IHPS accession 3.6%). Based on the three-year results of the preliminary field experiment, we recommend the Blue Winter variety and the IHPS accession for the continental area of Slovenia, however, the results should be firstly test on a larger surface. Arp variety had too small yield, even if the quality was good and the least number of this variety plants died over the winter.

Key words: rosemary, cultivation, essential oil content, herb quality

1 UVOD

Rožmarin (*Rosmarinus officinalis* L.) je zimzelen grm iz družine ustnatic (Lamiaceae), ki izvira iz Sredozemlja, ga pa že dolgo gojimo tudi v osrednji Evropi. V toplejših podnebnihi pasovih (8 in več) zraste 1–2 metra visoko. Liste ima podobne borovim iglicam in izrazit, svež vonj. Poleg

⁸⁸ Mag., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, e-pošta: natasa.ferant@ihps.si

⁸⁹ Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, e-pošta: barbara.ceh@ihps.si

tega, da se goji zaradi aromatičnih listov, ima tudi čudovite, svetlo modre cvetove, zaradi katerih je pogost dodatek v okrasnih vrtovih. Čeprav olesenela stebila in žilavi listi te rastline omogočajo začasno preživetje pri temperaturah do $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, je v območjih s hladnimi zimami priporočljivo gojiti to zelišče v loncu in ga pozimi preseliti v zaprt prostor. Kratko obdobje nizkih temperatur prenese, ne pa več dni zapored s temperaturo pod $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Rosemary Common, 2022). Setev na prosto se ne priporoča, ampak vzgojimo sadike iz stebelnih potaknjencev, ki jih lahko na prosto presadimo približno 2 tedna po povprečnem zadnjem datumu zmrzali na sončno lego.

Najraje ima peščena in celo nekoliko skeletna tla, dobro odcedna. Primeren pH tal je lahko od 6,0 do 8,5, vendar je najbolj primeren med 6,0 in 7,5. Primerne za oskrbo so nizke do zmerne količine vode. Tla so lahko razmeroma suha med zalivanji, vendar naj se ne bi popolnoma izsušila za več kot nekaj dni zaporedoma. Viri se razlikujejo glede stopnje gnojenja, ki jo rožmarin potrebuje za dobro uspevanje, pri čemer nekateri predlagajo, da se naj gnojenje sploh ne izvaja, drugi pa priporočajo tedensko uporabo dušika. Mladim rastlinam moramo obrezati glavne vejice, da spodbudimo grmičasto rast, kar vodi do večjega pridelka. Odstraniti moramo tudi vsa odmrla stebila in rastlino po cvetenju dobro obrezati. Priporočeno je mulčenje okrog rastlin, s čimer se zadržuje vlaga v tleh v suhih poletjih in ohranja toplota v hladnih zimah. Če rožmarin gojimo na prostem v coni 7 ali nižje, je smiselno čez zimo nanesti slamo ali drug organski material okoli dna rastline, da se tla počasneje ohlajajo.

Lahko se pobira približno šest do osem tednov po sajenju. Ker imajo rastline največjo vsebnost olja tik pred cvetenjem, je to najbolj primeren čas za spravilo. Naj pa ne bi obrezali več kot 1/3 rastline naenkrat in se izogibali rezanju olesenelih vejic, saj bi to lahko poškodovalo rastlino. Vejice pobiramo tako, da jih porežemo s škarjami (Rosemary Common, 2022).

Uporabni del so listi. Kot navajajo v literaturi, je pridelek 0,8–1,8 t/ha suhe snovi (Baričevič, 1996), 6,7 t/ha (Wikifarmer), 0,23–1,13 kg/rastlino (CC Grow), 0,23–0,41 g/rastlino (Ugrinovič, 2022). Pri profesionalnih pridelovalcih je povprečni pridelek posušenih listov 2,5 t/ha, povprečna vsebnost eteričnega olja blizu 0,3 % v svežem pridelku, torej lahko pričakujemo povprečni pridelek 60 kg/ha eteričnega olja (Rosemary ..., 2022).

Uporablja se kot zdravilo, začimba in kot okrasna rastlina. Vsebuje eterično olje, čreslovine, grenčine, saponine, smole in organske kisline, dosti kalcija, magnezija in kalija ter vitaminov A in C. V zadnjem času pa je rožmarin postal zanimiv zaradi visoke vsebnosti snovi, ki delujejo antioksidativno in preprečujejo avtooksidacijo maščob ter povečajo obstojnost živil. Le-te so pomembne, ker lahko nadomestijo sintetične antioksidante. Za industrijsko predelavo je pomembna zadostna količina surovine izenačene kakovosti, kar lahko zagotovi lastna pridelava. Po določilih Evropske farmakopeje naj bi rožmarin vseboval najmanj 1,2 ml eteričnega olja/100g vzorca. Zaželeno je čim večja vsebnost eteričnega olja, ker pozitivno vpliva na krvni obtok (ga poživlja), zvišuje krvni tlak, krepi živce, pomaga pri starostnem opešanju srca, omili izčrpanost in lajša glavobole. Karnozolna kislina spada med fenolne spojine in ima antioksidativno delovanje. Zato jo vedno več uporabljajo kot naravni konzervansi pri konzerviranju živil.

V Sloveniji je veliko zanimanje s strani farmacevtske in tudi prehranske industrije po pridelovanju rožmarina (eterično olje, karnozolna kislina) na večji površini. Zato smo želeli preskusiti, ali so sorte iz tujine, ki imajo v okolju, iz katerega izvirajo, dober pridelek in ustrezno vsebnost zelenih snovi in so opredeljene kot odporne na nizke temperature, primerne tudi za pridelovanje v celinskih razmerah Slovenije.

2 MATERIAL IN METODE

Leta 2019 smo na poskusnem posestvu IHPS zasnovali triletni tipalni sortni poskus z rožmarinom. Vključili smo dve sorti iz tujine, Arp in Blue Winter, obe opisani kot dobro

prezimni v celinskem podnebjju. Sorta Arp je zimzelen grm s trdo pokončno rast, pozno pomladi do zgodaj poleti zacveti s svetlo modrimi cvetovi in je odporna na mraz in tolerantna na sušo (High Country Gardens, 2022). Sorta Blue Winter ima kompakten, proti zmrzali odporen, zimzelen grm s pokončnimi vejami in modrozelenimi listi ter blede modrimi cvetovi, je tolerantna na sušo. Raste na manj rodovitnih, dobro odcednih tleh (Shoot Gardening, 2022). Vključili smo tudi akcesijo iz kolekcije zdravilnih in aromatičnih rastlin na IHPS, ki raste v našem podnebjju že več kot 30 let in je dobro prezimna. Dobili smo jo leta 1980 iz Trenta v Italiji.

Sadike smo vzgajali na IHPS in jih 26. 4. 2019 posadili, in sicer po 20 sadik vsake sorte na eno parcelico na razdaljo 50 cm x 50 cm, poskus smo zastavili kot bločni poskus v treh ponovitvah. Poskus smo oskrbovali v skladu z dobro agronomsko prakso; okopavali smo in ga po potrebi opleli. V juniju in juliju 2019 smo po enkrat namakali, da se je prvoletni nasad dobro ukoreninil. Vsako leto smo spomladi zabeležili odstotek propadlih rastlin. Spomladi 2020 smo poskus dosadili z vzgojenimi sadikami prejšnjega leta. V letu 2021 nismo dosajali, saj bi bila razlika med dosajenimi in 3 letnimi rastlinami prevelika.

Grmičke smo porezali enkrat letno, in sicer konec avgusta ali v začetku septembra, odvisno od leta – kako je zrastle biomasa, in določili svežo maso pridelka, odvzeli vzorec za določitev vlage za preračun v pridelek suhe snovi in pridelek posušili. Ločili smo liste od stebel in izračunali razmerje. Ta podatek je pomemben, saj so za uporabo primerni samo listi, stebela pa so odpad. Pred pravilom smo pri vseh grmičkih izmerili višino in širino grma ter število glavnih in stranskih poganjkov. Kemično analizo listov smo izvedli po obravnavanjih v skladu z Evropsko farmakopejo. Določili smo vsebnost vlage, celokupnega pepela, v kislini netopnega pepela, eterično olje in karnozolno kislino. Podatke smo obdelali z računalniškima programoma Excel in Statgraphics Centurium.

Vremenske razmere. Zima 2019 (januar - marec 2019) je bila topla in po nižinah skoraj brez snežne odeje. V aprilu je prevladovalo toplo vreme z sorazmerno enakomerno razporejenimi padavinami. V mesecu maju je sledil temperaturni preobrat z zelo hladnim in deževnim vremenom. Meteorološko poletje (junij - avgust) je bilo toplo in sorazmerno bogato s padavinami. Povprečna temperatura zraka je bila v vseh treh mesecih višja od vrednosti dolgoletnega povprečja.

V letu 2020 je bila zima nadpovprečno topla, sončna in skromna s padavinami ter po nižinah skoraj brez snežne odeje. Pomlad so zaznamovala izrazita nihanja temperature zraka in nadaljevanje pomankanja padavin. V spomladanskem obdobju (21. marec – 20. junij) smo na referenčni postaji zabeležili le 191 mm padavin. Pomanjkanje padavin, ki smo ga beležili v januarju in februarju, se je nadaljevalo tudi v marcu in aprilu. Meteorološko poletje (junij-avgust) je bilo ekstremno deževno, s pogostimi nalivi in neurji. Povprečna mesečna temperatura zraka je bila v juniju in juliju na nivoju dolgoletnega povprečja, medtem ko je bil avgust nekoliko toplejši.

Zima 2021 je bila nadpovprečno topla, z izrazitim nihanjem temperatur zraka, bogata s padavinami, po nižinah predvsem v obliki dežja in skoraj brez snežne odeje. Pomlad je bila hladna, z veliko padavin v maju, čemur je sledil temperaturni preobrat v mesecu juniju. V obdobju april - junij so velika temperaturna nihanja zelo neugodno vplivala na rast in razvoj vseh kultur. Poletje je nadpovprečno toplo.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Prvoletne rastline so, kljub temu da smo jih pokrili z zimsko kopreno proti zmrzali, pri vseh sortah propadle v 50 %. K temu sta najbrž pripomogla tudi zelo suha zima in začetek pomladi. Preostale rastline so v drugem letu začele z intenzivno rastjo šele v juniju. Naslednje leto je po

suhi zimi z malo padavin in podpovprečnimi temperaturami v januarju propadlo manj rastlin kot v prvem letu, vendar dokaj velik delež kljub vsemu pri sortah Blue Winter in akcesiji IHPS. Najmanj rastlin je tekom poskusa popadlo pri sorti Arp (preglednica 2). Seveda bo potrebno rezultate preizkusiti na večji površini, da se rezultati potrdijo, kljub temu pa prvi rezultati nakazujejo, da je potrebno pozornost posvetiti preprečevanju propada rastlin preko zime.

Preglednica 2: Odstotek propadlih rastlin posamezne sorte rožmarina v posameznih letih

Sorta	Leto	Odstotek propadlih rastlin
Arp	2020	50
	2021	16
Blue Winter	2020	50
	2021	36
Akcesija IHPS	2020	50
	2021	36

Iz rezultatov iz preglednice 3 je vidno, da je spomladi najhitreje začela z rastjo sorta Blue Winter, posamezni cvetovi pa so se pojavili 5–7 dni prej pri sorti Blue Winter in akcesiji IHPS, kot pri sorti Arp. Zaključek rasti je v obeh letih nastopil najprej pri sorti Arp.

Preglednica 3: Rast in razvoj rožmarina sort Arp in Blue Winter ter akcesije IHPS (iz kolekcije na IHPS) v letih 2020 in 2021

Fenofaze	Leto	Arp	Blue Winter	Akcesija IHPS
Začetek pomladanske rasti	2020	20.3.	13.3	18.3.
	2021	1.4.	28.3.	1.4.
Cvetenje - posamezni cvetovi	2020	10.4.	2.4.	2.4.
	2021	15.4.	10.4.	10.4.
Začetek rasti stranskih poganjkov	2020	10.4.	2.4.	2.4.
Zaključek rasti	2020	10.7.	15.7.	13.7.
	2021	12.8.	18.8.	12.8.
Spravilo	2020	29.8.	29.8.	29.8.
	2021	14.9.	14.9.	14.9.

Preglednica 4: Morfološke značilnosti rožmarina in pridelek v sortnem poskusu v letu 2020

Sorta	Širina grmička (cm)	Višina grmička (cm)	Št. glavnih poganjkov	Št. stranskih poganjkov	Svež pridelek (kg/rastlino)	Pridelek (g SS listov/rastlino)	Odstotek listi : stebila
Arp	50 a*	51 a	6 a	65 a	0,24	130 a	54 : 46
B. Winter	72 c	73 b	7 b	87 b	0,69	300 b	51 : 49
Akc. IHPS	66 b	69 b	7 b	86 b	0,54	240 b	49 : 51

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

Spravilo smo v vseh treh letih pri vseh treh sortah izvedli na isti dan (19. 9. 2019, 29. 8. 2020 in 14. 9. 2022). Rezultati meritev morfoloških lastnosti rožmarina v času pobiranja pridelka za leto 2020 in 2021 in pridelek so prikazani v preglednicah 4 in 5, v preglednici 6 pa rezultati kemične analize pridelka (listov).

Preglednica 5: Morfološke značilnosti rožmarina in pridelek v sortnem poskusu v letu 2021

Sorta	Širina grmička (cm)	Višina grmička (cm)	Št. glavnih poganjkov	Št. stranskih poganjkov	Svež pridelek (kg/rastlino)	Pridelek (g SS listov/rastlino)	Odstotek listov : stebel
Arp	28,6 a*	27,6 a	14,2 b	58,3 a	0,13	50 a	50 : 50
B. Winter	53,1 b	55,0 b	5,8 a	87,4 b	0,47	160 b	50 : 50
Akc. IHPS	57,9 b	56,1 b	6,4 a	79,6 b	0,63	220 c	52 : 48

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

Preglednica 6: Kemična analiza pridelka rožmarina (listov) glede na leto in glede na preučevano sorto

	Leto	Vlaga %	Celokupni pepel (%)	V kislini netopen pepel	Eterično olje (mL/100 g vzorca)	Karnozolna kislina (%)
Arp	2019	7,9	8,71	1,31	2,41	3,65
	2020	8,6	8,44	2,08	3,98	3,78
	2021	7,5	7,64	0,70	2,35	4,15
	Povp.	8,0	8,26	1,36	2,9	3,86
Blue Winter	2019	7,9	8,36	0,99	2,31	3,04
	2020	8,6	7,69	0,80	2,65	3,95
	2021	7,5	7,53	0,51	1,99	4,09
	Povp.	8,0	7,74	0,77	2,32	3,69
Akcesija IHPS	2019	8,1	8,01	0,76	2,40	3,39
	2020	8,9	7,41	0,60	3,28	4,34
	2021	7,5	7,19	0,22	3,02	3,20
	Povp.	8,2	7,53	0,53	2,90	3,64
Ph. Eur. 5.0*		Max: 10,0	Max: 9,0	-	Min: 1,2	-

* Ph. Eur. 5.0 = zahtevane vrednosti po parametrih glede na Evropsko farmakopejo 5.0

Sorta Arp je imela značilno najožje in najnižje grmičke. Št. glavnih poganjkov je bilo v letu 2021 značilno večje pri sorti Arp kot pri akcesiji IHPS in sorti Blue Winter, število stranskih poganjkov pa značilno manjše kot pri drugih dveh sortah v obeh letih. Razmerje med listi in stebli je bilo najboljše pri sorti Arp, primerljivo pri sorti Blue Winter, nekoliko slabše pa pri akcesiji IHPS.

Pridelek listov na rastlino je bil v prvem letu poskusa (prvoleten nasad; pri sorti Arp 13 g SS/rastlino, sorti Blue Winter 22 g SS/rastlino, akcesiji IHPS 17 g SS/rastlino) bistveno manjši kot v naslednjih dveh letih.

V drugem in tretjem letu poskusa je bil pridelek značilno manjši pri sorti Arp (130 g/rastlino v letu 2020 in 50 g/rastlino v letu 2021) kot akcesiji IHPS (240 g/rastlino v letu 2020 in 220 g/rastlino v letu 2021) in sorti Blue Winter (300 g/rastlino v letu 2020 in 160 g/rastlino). Triletno povprečje pridelka je najvišje pri sorti Blue Winter (161 g/rastlino), nekoliko manjši je pri akcesiji IHPS (159 g /rastlino), najnižji pa pri sorti Arp (64 g/rastlino). Akcesija IHPS se je nakazala z izenačenim pridelkom v drugem in tretjem letu, medtem ko je bil pridelek pri sorti Blue Winter bolj odvisen od leta. Očitno sorti Blue Winter ne ustreza hladna pomlad z obilnimi

majskimi padavinami, kot je bila v letu 2021, ko je bil pridelek te sorte za polovico manjši kot v letu prej.

Vse tri preučevane sorte so v vseh letih dosegle ustrezno kakovost glede na zahteve Evropske farmakopeje. Triletno povprečje vsebnosti eteričnega olja je bila višja pri akcesiji IHPS in sorti Arp (2,9 mL/100 g suhe snovi) in nižja pri sorti Blue Winter (2,3 mL/100 g suhe snovi). Najvišja vsebnost pri vseh sortah je bila dosežena v letu 2020; pri sorti Arp 4,0 mL/100 g suhe snovi, sorti Blue Winter 2,7 mL/100 g suhe snovi in akcesiji IHPS 3,3 mL/100 g suhe snovi vse.

Vsebnost karnozolne kisline je bila v triletnem povprečju med sortami primerljiva (sorta Arp 3,8 %, sorta Blue Winter 3,7 %, akcesija IHPS 3,6 %). Na letni ravni pa je bila najvišja pri sorti Arp leta 2021 - 4,2 %, leta 2021 pri sorti Blue Winter - 4,1 % in leta 2020 pri akcesiji IHPS - 4,3 %.

4 SKLEPI

V letu 2021 smo zaključili triletni tipalni sortni poskus z rožmarinom. Namen je bil izbrati ustrezno sorto za gojenje v celinskih razmerah Slovenije. Tekom prve zime je pri vseh sortah propadla polovica rastlin; prvi rezultati nakazujejo, da je potrebno posvetiti večjo pozornost preprečevanju propada rastlin preko zime. Povprečni triletni pridelek je bil največji pri sorti Blue Winter (161 g/rastlino), primerljiv s pridelkom akcesije IHPS, ki smo jo dobili pred 30 leti iz Italije (159 g/rastlino), najmanjši pa je bil pri sorti Arp (64 g/rastlino). V drugem in tretjem letu poskusa je imela akcija IHPS primerljiv pridelek (240 oziroma 220 g SS/rastlino), medtem ko se je sorta Blue Winter nakazala kot bolj občutljiva na vremenske razmere, saj je bil pridelek te sorte v letu s hladno in mokro pomladjo polovico manjši kot v letu prej (300 oziroma 160 g SS/rastlino). Vsebnost eteričnega olja je bila v vseh letih pri vseh sortah ustrezna - nad spodnjo mejo po določilih Evropske farmakopeje.

Glede na rezultate tipalnega poskusa priporočamo gojenje sorte Blue Winter (3,71 ml eteričnega olja/rastlino in 6,0 g karnozolne kisline/rastlino) in akcesije IHPS (4,6 ml eteričnega olja/rastlino in 5,7 g karnozolne kisline). Sorta Arp je v razmerah poskusa imela enostavno premajhen pridelek, kljub temu da je imela ustrezno vsebnost tako eteričnega olja kot karnozolne kisline. Seveda bo potrebno rezultate preizkusiti na večji površini, da se rezultati potrdijo.

Zahvala. Preskušanja, ki so predstavljena v tem prispevku, so bila financirana v okviru Javne službe v vrtnarstvu (pogodba št. 2330-21-000028 in 2330-20-000153).

5 LITERATURA

- Arp Rosemary. 2022. Dosegljivo na: <https://www.highcountrygardens.com/perennial-plants/culinary-perennial-herbs/rosmarinus-officinalis-arp>
- Baričević D. 1996. Priročnik za cikel predavanja Pridelovanje zdravilnih rastlin, 1. del. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 79.
- European Pharmacopoeia 5th Edition, 2004, Council of Europe, Strasbourg, str. 2377
- Rode J. 2001. Zeliščni vrt, domača lekarna. Založba Kmečki glas, Ljubljana: 183-186.
- Rosemary Plant and Essential Oil Yield. 2022. Dosegljivo na: <https://wikifarmer.com/rosemary-plant-and-essential-oil-yield/amp/>
- ROSEMARYCommon. 2022. Dosegljivo na: [http://www.phytotheca.com/phytotheca/rosemary-common/Salvia rosmarinus 'Blue Winter' \(Rosemary 'Blue Winter'\)](http://www.phytotheca.com/phytotheca/rosemary-common/Salvia rosmarinus 'Blue Winter' (Rosemary 'Blue Winter')).
2022. Dosegljivo na: <https://www.shootgardening.co.uk/plant/salvia-rosmarinus-blue-winter>
- Ugrinovič K. in sod.: Poročilo Javne službe v vrtnarstvu za leto 2021, KIS, 2022.

Pridelek in kakovost silaže prezimnih dosevkov in njihovih mešanic

Robert LESKOVŠEK⁹⁰ in Branko LUKAČ⁹¹

Izvleček

Z namenom ugotavljanja količine pridelka in kakovosti silaže, pridobljenih iz zgodnje spomladanske košnje prezimnih dosevkov, smo na plitkih, meljasto-ilovnatih tleh v Jabljah sredi avgusta 2015 zasnovali poskus z najbolj razširjenimi vrstami prezimnih dosevkov (mnogocvetna ljuljka (*Lolium multiflorum* L.), inkarnatka, (*Trifolium incarnatum* L.), kuštrava grašica (*Vicia villosa* Roth.) in ozimna rž (*Secale cereale* L.)). Silaže smo pripravili iz čistih posevkov in tudi iz treh mešanic (mnogocvetna ljuljka + ozimna grašica (50 % + 50 %), rž + ozimna grašica (50 % + 50 %) ter rž + inkarnatka (50 % + 50 %)), ki smo jih pripravili z vključevanjem ustreznega masnega deleža posamezne vrste prezimnega dosevka. Po zgodnji košnji dosevkov (20. 4. 2016) je sledilo 48 urno venenje zelinja na tleh. Ovenel rastlinski material smo zrezali in z njim napolnili steklene laboratorijske posode prostornine 1 l. Naši rezultati so pokazali, da je tudi z zelo zgodnjo košnjo prezimnih dosevkov mogoče pridelati relativno kakovostno silažo, z zadostno vsebnostjo neto energije za laktacijo (NEL). Po kakovosti je izstopala silaža iz mnogocvetne ljuljke, dodatek metuljnic v mešanico z ozimni ržo in mnogocvetno ljuljko je bistveno povečal vsebnost surovih beljakovin (SB). Največji pridelek sušine (SS) smo izmerili pri inkarnatki (5,34 t SS ha⁻¹), medtem ko so bili pridelki ozimne rži (3,84 t SS ha⁻¹), kuštrave grašice (3,96 t SS ha⁻¹) in mnogocvetne ljuljke (3,83 t SS ha⁻¹) podobni. S ciljem doseganja večje vsebnosti sušine za siliranje bi bilo priporočljivo ozimno rž in obe metuljnici kositi nekoliko kasneje.

Ključne besede: prezimni dosevki, mnogocvetna ljuljka, rž, ozimna grašica, inkarnatka, siliranje, hranilna vrednost

Yield and silage quality of winter hardy cover crops and their mixtures

Abstract

With the aim to investigate the productivity and silage quality from the early spring cut of the most widely spread winter hardy cover crops and their mixtures, a field study was conducted on shallow, silty-clay soils at the location Jablje. Cover crop species Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.), crimson clover (*Trifolium incarnatum* L.), hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) and winter rye (*Secale cereale* L.) were sown in middle of August 2015. Three mixtures of individual cover crop species ryegrass + hairy vetch (50% + 50%), winter rye + hairy vetch (50% + 50%) and winter rye + crimson clover (50% + 50%) were also included in the silage treatments. Cover crops were cut on 20th of April 2016 and left to dry for 48 hours in the natural field conditions. Wilted plant material was chopped and filled into glass micro silage containers of 1 L volume. Our results showed that even with very early cutting, relatively high-quality silage with sufficient net energy for lactation - NEL was produced. The ryegrass silage had the best quality, while the addition of legumes to the winter rye and Italian ryegrass improved the crude protein content in the mixtures. The highest dry matter yield was observed in crimson clover (5.34 t DM ha⁻¹), while the dry matter yields in winter rye (3.84 t SS ha⁻¹), hairy vetch (3.96 t SS ha⁻¹) and Italian ryegrass (3.83 t SS ha⁻¹) was similar. To achieve greater dry matter content of silage, spring cut of winter rye and both legumes should be delayed.

Key words: winter hardy cover crops, Italian ryegrass, rye, hairy vetch, crimson clover, silage, nutritive value

⁹⁰ Dr., univ. dipl. inž. kmet., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: robert.leskovsek@kis.si

⁹¹ Dr., univ. dipl. inž. kmet., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: branko.lukac@kis.si

1 UVOD

Poenostavitev pridelovalnih sistemov, uporaba kmetijske mehanizacije, uvajanje novih sort ter intenzivna uporaba mineralnih gnojil in pesticidov so močno olajšali pridelavo in omogočili precejšnje povečanje pridelka poljščin (Pretty in sod., 2019; Rodriguez in sod., 2017). Hkrati se povečuje spoznanje, da ima intenzivna kmetijska pridelava dolgoročne negativne učinke na sposobnost agroekosistemov pri podpori ekosistemskih storitev, kot so kroženje hranil, ohranjanje rodovitnosti tal, varovanje voda in ohranjanje biodiverzitete (Emmerson in sod., 2016; Zhang in sod., 2014). Raziskave kažejo, da uvajanje prezimnih dosevkov prispeva k varovanju tal in izboljšuje kratkoročno ekonomsko korist (Drenovski in sod., 2018). Z vključevanjem prezimnih dosevkov v kolobar s koruzno silažo, lahko povečamo pridelavo beljakovin in zagotovimo ustrezno stabilnost pridelave krme v letih z ekstremnimi vremenskimi razmerami (Vujič in sod., 2021). V Sloveniji so dosevki del redne prakse v poljedelstvu, vendar pri namenskih prezimnih ozelenitvah, ki ne predstavljajo glavne poljščine zaradi poceni semena ter strukture kolobarja, prevladuje setev križnic (MKGP, 2022). Tako se po žetvi ozimnih žit pri nas večinoma sejejo neprezimni dosevki, medtem ko je po pravilu koruze v pozni jeseni praviloma možno sejati samo še ozimna žita. Ena od možnosti za večjo diverzifikacijo kmetijske pridelave, povečanja izkoristka njiv in doseganja dolgoročnih ciljev zmanjševanja izpustov toplogrednih plinov in amonijaka, je povečanje deleža metuljnic v prezimnih ozelenitvah (Ur.l. RS, št. 119/21). V naših pridelovalnih razmerah so se med prezimnimi metuljnicami uveljavile predvsem inkarnatka in ozimna grašica, ki do spomladi v svojo biomaso akumulirata precejšnje količine dušika (Časar, 2010). Iz tujine se k nam vse bolj kot prezimna dosevka širita tudi ozimna rž in tritikala, ki sta lahko uporabni tako za energetske namene kot za pridelavo krme za silažo. Predvsem poljedelsko-živinorejske kmetije v nižinah so v zadnjih letih dosegle precejšen razvoj in zaradi spremenljivih vremenskih razmer ter pomanjkanja kakovostnih kmetijskih zemljišč težijo k čim boljšemu izkoriščanju svojih pridelovalnih površin. Njihov cilj je pridelava zelo kakovostne osnovne krme, zato na svojih njivskih površinah pridelujejo predvsem koruzno silažo in mnogocvetno ljujko ter druge kratkotrajne travno-deteljne mešanice, ki jih kosijo že pri pridelku 3000 do 3500 kg SS ha⁻¹, za kar je potrebna relativno zgodnja prva košnja. Pri prezimnih dosevkih iz družine metuljnic je večina raziskav usmerjenih v preučevanje njihovega ugodnega vpliva na vezavo dušika in s tem povezano rodovitnostjo tal. Tako je z izjemo mnogocvetne ljujke in deloma tudi ozimne rži za inkarnatko in kuštravo grašico relativno malo znanstvenih objav o kakovosti silaže iz zelo zgodnje spomladanske košnje, ko so dosevki še v vegetativni fazi razvoja.

Osnovni namen naše raziskave je bil ugotoviti ali je možno z zelo zgodnjo košnjo prezimnih metuljnic in rži doseči zadostno uvelost krme ter pridelati kakovostno silažo primerljivo z uveljavljeno zgodnjo rabo mnogocvetne ljujke. Dodaten cilj naše raziskave je bil ugotoviti kakšen pridelek ozimne rži, kuštrave grašice, inkarnatke in mnogocvetne ljujke lahko pričakujemo pri zelo zgodnji spomladanski košnji.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poljski poskus je potekal v sezoni 2015/2016 na površinah Kmetijskega inštituta Slovenije (Infrastrukturni center Jablje pri Mengšu, 46.138390, 14.570413, 309 m n. v.). Na poskusni lokaciji prevladujejo plitva tla meljasto-ilovnate teksture. Vsebujejo velik delež skeleta, zaradi česar so dobro propustna in imajo slabo vodno-zadrževalno sposobnost tal za vodo. Kemijska analiza pred začetkom izvajanja poskusa je pokazala, da so tla bazične reakcije (pH=7,5) ter srednje preskrbljena z dostopnim fosforjem (13 mg P₂O₅ na 100 g tal) in s kalijem (22 mg K₂O na 100 g tal). Tal so humozna (3,6 % organske snovi). Predposevek je bila ozimna pšenica, katere slama je bila odpeljana z njive. Po žetvi je bila opravljena osnovna obdelava tal s plugom

in dopolnilna obdelava tal s predsetvenikom. Poskus je bil zasnovan v pasovih, vsak dosevek je bil posejan v pasu dolžine 80 m in širine 10 m. V poskusu so bile posejane štiri vrste prezimnih krmnih dosevkov, medtem ko smo tri mešanice sestavili po košnji z mešanjem ozimne rži, inkarnatke, kuštrave grašice in mnogocvetne ljuljke (preglednica 1). Setev dosevkov je bila opravljena 18. 8. 2015, pri čemer ni bilo uporabljenih nobenih mineralnih ali organskih gnojil. Po setvi so bile vremenske razmere zelo ugodne, saj je v mesecu dni po setvi sledilo več kot 100 mm padavin, povprečne temperature v avgustu in septembru leta 2015 pa so bile za več kot 2 °C večje od dolgoletnega povprečja (UVHVVR, 2015). Posevki so bili pred koncem rastne dobe (30. 11. 2015) v naslednjih fenofazah: mnogocvetna ljuljka BBCH 23, ozimna rž BBCH 24, inkarnatka BBCH 26 ter kuštrava grašica BBCH 25 (Meier, 2018). Zima je bila relativno mila, zato so vsi dosevki dobro prezimili. Obdobje od februarja do zadnje deкаде aprila leta 2016 je bilo dobro preskrbljeno z vlago in 3 do 4 °C toplejše od dolgoletnega povprečja (UVHVVR, 2022). Pred košnjo (20.4.2016) smo izbrali štiri naključna vzorčna mesta, kjer smo na manjši površini (0,25 m²) opravili natančno vzorčenje biomase prezimnih dosevkov. Za določitev pridelka suhe snovi na hektar smo ob košnji (20.4.2016) opravili natančno vzorčenje pridelka zelinja na štirih naključnih mestih (0,25 m²). Na teh svežih vzorcih smo določili vsebnosti sušine (s sušenjem tri dni pri 60 °C) in z mase vzorcev in sušine izračunali pridelek suhe snovi na hektar.

Preglednica 1: Seznam posejanih vrst in sestava mešanic preučevanih silirnih postopkov

Vrsta/silirni postopek	Setvena norma (v kg ha ⁻¹)	Masni delež posamezne vrste (v %)
Mnogocvetna ljuljka (<i>Lolium multiflorum</i> L.; Draga)	30	100 %
Ozimna rž (<i>Secale cereale</i> L.; Elego)	180	100 %
Inkarnatka (<i>Trifolium incarnatum</i> L.; Inkara)	30	100 %
Kuštrava grašica (<i>Vicia villosa</i> Roth; Hungvilosa)	120	100 %
Ozimna rž + kuštrava grašica	/	50:50 %
Ozimna rž + inkarnatka	/	50:50 %
Mnogocvetna ljuljka + kuštrava grašica	/	50:50 %

V času košnje so posamezne vrste prezimnih dosevkov dosegle razvojne faze, prikazane v preglednici 2. Po košnji je sledilo 48 urno venenje na njivi, pri čemer smo rastlinski material enkrat dnevno ročno obrnili. Vremenske razmere za venenje v tem obdobju so bile relativno ugodne, z jutranjo roso približno do 9 ure in maksimalnimi dnevnimi temperaturami okoli 20 °C (UVHVVR, 2016). Rastlinski material namenjen za siliranje smo pred polnjenjem (22. 4. 2016) v steklene posode zrezali z laboratorijsko siloreznico (Wintersteiger Hege) na dolžino 2–3 cm. Obravnavanja silirnih postopkov smo naredili iz čistih posevkov in mešanic, ki smo jih pridobili z mešanjem ustreznega 50 % masnega deleža posamezne vrste dosevka (preglednica 1). Rezanico posameznih silirnih postopkov smo nato z lesenim valjem natlačili v steklene laboratorijske posode s prostornino 1 L. Vzorce smo po 70 dni skladiščenja v temnem prostoru zamrznili na -20 °C in na ta način pri vseh postopkih zagotovili enak čas vrenja.

Vsebnost amonijaka v silaži je bila določena po Kjeldahlovi metodi (Naumann in Bassler 1976). Vsebnost mlečne kisline in hlapnih maščobnih kislin (ocetna, maslena, propionska, valerianska) je bila določena s plinsko kromatografijo po postopku, ki sta ga opisala Holdemann in Moore (1975). Statistična analiza je bila opravljena s programskim orodjem STATGRAPHICS Centurion XVIII (2018, Statpoint Technologies, Warrenton, VA). Značilnosti vpliva

posameznega postopka (vrsta prezimnega dosevka) smo testirali z enosmerno ANOVO, povprečja pa primerjali s post-hoc Tukeyevim HSD testom ($\alpha = 0,05$).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

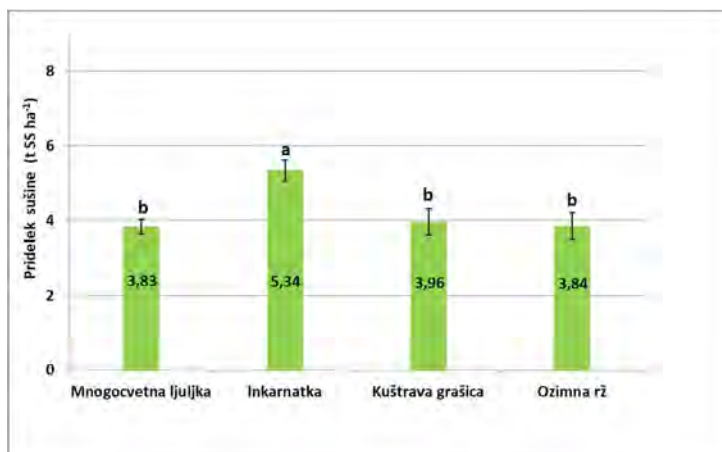
3.1 Pridelek in morfološke lastnosti prezimnih dosevkov

Naši rezultati so pokazali statistično značilno razliko v vsebnosti sušine ($p \leq 0,001$), medtem ko se višina rastlin med prezimnimi dosevki ni razlikovala. Krma iz prezimnih dosevkov ob zgodnji spomladanski košnji, brez ustreznega venenja, ni primerna za siliranje. Zaradi iztekanja silaznega soka lahko pride do precejšnje izgube hranilnih snovi ali pa neželenega poteka vrenja. Kljub temu, da so bili vsi prezimni dosevki v vegetativni razvojni fazi, smo med posameznimi vrstami ugotovili precejšnje razlike v vsebnosti sušine. Največji delež sušine $181,7 \text{ g kg}^{-1}$ je vsebovala mnogocvetna ljujka, značilno manjšo vsebnost sušine $96,3 \text{ g kg}^{-1}$ smo izmerili pri kuštravi grašici (preglednica 2).

Preglednica 2: Razvojna faza, višina rastlin in vsebnosti sušine prezimnih dosevkov ob košnji

Vrsta prezimnega dosevka	Razvojna faza (BBCH)	Višina rastlin (cm)	Vsebnost sušine (g kg^{-1})
Mnogocvetna ljujka	BBCH 34	$50 \pm 4,5$	$183,6 \pm 3,0$
Inkarnatka	BBCH 37	$40 \pm 3,7$	$112,1 \pm 3,5$
Kuštrava grašica	BBCH 38	$55 \pm 6,1$	$96,3 \pm 2,6$
Ozimna rž	BBCH 36	$60 \pm 5,9$	$164,9 \pm 5,8$

Prikazane so povprečne vrednosti $\pm$ standardna napaka povprečja



Slika 1: Pridelki sušine prezimnih dosevkov ob košnji dne 20. 4. 2016 (različne male črke med stolpci pomenijo statistično značilno razliko med povprečjih glede na rezultat mnogoterih primerjav Tukey HSD testa ($\alpha=0,05$))

Pridelki sušine ugotovljeni v naši raziskavi so bili primerljivi s pridelki, izmerjenimi konec aprila v naših klimatskih razmerah (Kramberger in sod., 2009). Statistično značilno večji pridelek smo ugotovili pri inkarnatki ($5,34 \text{ t SS ha}^{-1}$), medtem ko med hektarskimi pridelki ostalih treh prezimnih dosevkov ni bilo statistično značilnih razlik (od 3,8 do 4 t SS ha^{-1}) (slika 1).

3.2 Parametri kakovosti in potek vrenja silaže

O dogajanju med siliranjem in o kakovosti silaž lahko sklepamo na podlagi produktov vrenja (Preglednica 3). Velika vsebnost amonijaka je rezultat prekomernega razkrajanja beljakovin med siliranjem. Razlog je počasno padanje pH vrednosti, kar lahko omogoči rast klostridijev s proteolitičnim delovanjem. V našem primeru je bil amonijakov N v silažah v razponu med 25,0 in 60,5 g kg⁻¹ skupnega dušika, kar jih po tem kriteriju z izjemo mnogocvetne ljuljke uvršča med odlične silaže. Statistično značilno ($p < 0,05$) manjše vrednosti amonijakovega N smo izmerili v silažah kuštrave grašice in mešanicah kuštrave grašice z ozimno ržjo oziroma mnogocvetno ljuljko. Tudi glede na vsebnost ocetne kisline lahko dobljene silaže ocenimo kot odlične, saj vsebujejo manj kot 15 g kg⁻¹ SS le te. V dobrih silažah predstavlja mlečna kislina 65 do 70 % od skupne količine kislin (Kung in Shaver, 2001). Kljub razmeroma nizkim vsebnostim mlečne kisline v vseh silažah (8,72 do 30,93 g kg⁻¹ SS), je bil delež mlečne kisline v primerjavi s ostalimi organskimi kislinami optimalen. Izjema je bila silaža iz ozimne rži, kjer je bil delež mlečne kisline manjši (58 %). Tudi ocena stabilnosti silaž, oziroma povezava med vsebnostjo sušine in pH vrednostjo po Dulphy and Demarquilly (1981), kaže da silaže ozimne rži, inkarnatke in njune mešanice niso dosegle dovolj nizke pH vrednosti za preprečitev razvoja neželenih mikroorganizmov. Prisotnost maslene kisline (3,15 g kg⁻¹ SS) v silaži ozimne rži kaže na prisotnost klostridijev. Majhne vrednosti propionske kisline (< 2 g kg⁻¹ SS; rezultati niso prikazani) v silaži grašice oziroma silaži rži v mešanici s kuštravo grašico kažejo na začetek razkrajanja beljakovin.

Preglednica 3: Vsebnost sušine, amonijakovega dušika, organskih kislin in pH vrednosti silaž po 70 dneh vrenja

Vrsta silaže	Sušina	pH	NH ₃ -N	Mlečna kislina	Ocetna kislina	Maslena kislina
	g kg ⁻¹		g kg ⁻¹ skupnega N	g kg ⁻¹ SS		
Mnogocvetna ljuljka	453 ^a	4,75 ^a	60,5 ^a	8,72 ^c	4,34 ^d	0,00
Ozimna rž	261 ^d	4,48 ^c	46,4 ^b	9,64 ^c	3,83 ^d	3,15
Inkarnatka	238 ^d	4,19 ^e	43,0 ^{bc}	30,93 ^a	9,03 ^a	0,00
Kuštrava grašica	322 ^c	4,65 ^{ab}	22,6 ^d	30,56 ^a	6,64 ^{bc}	0,00
Ozimna rž + kuštrava grašica	323 ^c	4,48 ^c	25,2 ^d	22,49 ^b	6,48 ^c	0,00
Ozimna rž + inkarnatka	253 ^d	4,32 ^d	43,1 ^{bc}	17,56 ^b	7,15 ^{bc}	0,00
Mnogocvetna ljuljka + grašica	392 ^b	4,57 ^{bc}	32,3 ^{cd}	17,55 ^b	7,43 ^b	0,00
S.E.M	12,42	0,02	2,52	0,94	0,14	
p	***	***	***	***	***	ns

S.E.M.: Standardna napaka ocene aritmetične sredine

Stopnja značilnosti: *** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; ns-ni statistično značilno

Povprečja v stolpcih, ki so označena z enako majhno črko znotraj istega stolpca, se med seboj statistično značilno ne razlikujejo glede na rezultate Tukey HSD testa ($\alpha=0,05$)

3.3 Sestava in energijska vrednost silaž

Kakovost silaže je odvisna od številnih dejavnikov, v največji meri pa od kakovosti krme ob košnji in postopkov pri njeni pripravi. V Sloveniji priporočamo, da je vsebnost sušine za siliranje travniške krme od 350 do 450 g kg⁻¹. V naših silažah je bila vsebnost sušine v razponu od 238 do 453 g kg⁻¹ (preglednica 3). Razpon v vsebnosti sušine je bil zaradi rastlinske vrste in različnih hitrosti venenja pričakovano večji pri enovrstnih silažah kot pri silažnih mešanica. Z izjemo silaže mnogocvetne ljuljke, oziroma mešanice mnogocvetne ljuljke in grašice, so ostale silaže vsebovale premajhno vsebnost sušine. To zna biti posebej problematično pri siliranju rastlinskega materiala z zelo majhno vsebnostjo sušine (pod 250 g kg⁻¹), saj lahko pride do izcejanja silažnega soka, kar bi bilo v našem primeru pričakovati pri silažah inkarnatke in mešanice ozimne rži in inkarnatke.

Preglednica 4: Sestava in energijska vrednost silaž po 70 dneh vrenja

Silaža/postopek	Vodotopni ogljikovi hidrati (VOH)	Surove beljakovine (SB)	Surove vlaknine (SVI)	KDV _{os}	Surove maščobe (SM)	Neto energija laktacije (NEL)
	g kg ⁻¹ SS					MJ kg ⁻¹ SS
Mnogocvetna ljuljka	196 ^a	133 ^f	200 ^e	198 ^e	25 ^c	6,84 ^a
Ozimna rž	44 ^b	143 ^f	294 ^a	289 ^a	32 ^b	6,02 ^e
Inkarnatka	24 ^{bc}	221 ^c	216 ^d	276 ^{bc}	27 ^c	6,19 ^d
Kuštrava grašica	8 ^c	294 ^a	230 ^c	263 ^c	41 ^a	6,51 ^{bc}
Ozimna rž + kuštrava grašica	10 ^{bc}	233 ^b	252 ^b	271 ^{cd}	41 ^a	6,44 ^c
Ozimna rž + inkarnatka	30 ^{bc}	180 ^e	255 ^b	281 ^{ab}	29 ^{bc}	6,06 ^e
Mnogocvetna ljuljka + grašica	37 ^{bc}	201 ^d	228 ^c	250 ^d	32 ^b	6,55 ^b
S.E.M	6,17	2,19	2,01	197	0,77	0,017
p	***	***	***	***	***	***

Stopnja značilnosti: *** p≤0,001; ** p≤0,01; * p≤0,05; ns-ni statistično značilno

Povprečja v stolpcih, ki so označena z enako majhno črko znotraj istega stolpca, se med seboj ne razlikujejo statistično značilno glede na rezultate Tukey HSD testa (α=0,05).

Vsebnost surovih beljakovin (SB) je bila v razponu od 133 g kg⁻¹ SS pri mnogocvetni ljuljki do 294 g kg⁻¹ SS pri kuštravi grašici. Krma za prežvekovalce naj bi vsebovala 140 do 150 g SB kg⁻¹ SS (Peyraud in Astrigarraga, 1998). Pri manjših vsebnostih se zauživanje krme zmanjša, pri vsebnostih nad 160 g SB kg⁻¹ SS pa se zmanjša izkoriščanje SB (Tas, 2006). Omenjenemu kriteriju ustreza samo silaža rži, ki vsebuje 143 g SB kg⁻¹, medtem ko vsebujejo silaže metuljnic in njihovih mešanic nad 180 g SB kg⁻¹ SS (preglednica 4). Z izjemo ozimne rži (294 g SVI kg⁻¹ SS) so bile pri ostalih enovrstnih silažah oziroma njihovih mešanica vrednosti SVI ugodne in krepko pod najvišjimi še priporočljivimi vrednostmi (manj kot 290 g SVI kg⁻¹ SS). Poleg vsebnosti SB je pomembna tudi vsebnost energije, ki omogoča ponovno sintezo beljakovin iz nebeljakovinskega dušika v prebavilih prežvekovalcev (Verbič, 2006). V splošnem je bila vsebnost neto energije za laktacijo (NEL) nadpovprečna za slovenske razmere (5,74 MJ NEL kg⁻¹ SS; Lukač, 2016). Vrednosti NEL so bile v razponu od 6,02 MJ NEL kg⁻¹ SS v silaži iz ozimne rži in do 6,84 MJ NEL kg⁻¹ SS v silaži iz mnogocvetne ljuljke. Silaže mnogocvetne

ljudjke, kuštrave grašice ter njune mešanice vsebujejo NEL nad 6,4 MJ NEL kg⁻¹ SS, kar bi zadovoljilo potrebe visoko produktivnih krav molznic.

4 SKLEPI

V naši raziskavi smo potrdili, da je z mnogocvetno ljudjko, bodisi v čisti setvi ali mešanici s kuštravo grašico, relativno enostavno pridelati zelo kakovostno silažo. Potrdilo se je, da je ozimna rž v fazi kolenčenja relativno zahtevna za siliranje, vendar lahko sestavo in energijsko vrednost te silaže izboljšamo z dodajanjem metuljnic. Kljub temu, da je možno dobro silažo pridelati tudi samo iz inkarnatke in ozimne grašice je potrebno veliko pozornost nameniti ustreznemu venenju, saj lahko zaradi nizke vsebnosti sušine (pod 250 g kg⁻¹) prihaja do izcejanja silažnega soka. Če nam vremenske razmere ne omogočajo ustreznega venenja, je bolje s košnjo počakati. V tem primeru bodo tudi pridelki večji, vendar moramo računati z nekaj slabšo hranilno in energijsko vrednostjo krme.

Zahvala. Raziskava je nastala s finančno pomočjo Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) in programske skupine Kmetijstvo naslednje generacije (P4-0431) in Agrobiodiverziteta (P4-0072). Zahvaljujemo se dr. Tomažu Žnidaršiču za nasvete in pomoč pri izvedbi raziskave ter tehničnim sodelavcem Kmetijskega inštituta Slovenije na oddelku Infrastrukturnega centra Jabilje, za optimalno izvedene agrotehnične ukrepe obdelave tal in setve.

5 LITERATURA

- Časar V., 2010. Primerjava uporabnosti nekaterih rastlin za prezimno ozelenitev tal. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, diplomska naloga, str. 37.
- Dulphy J.P., Demarquilly C., 1981. Problèmes particuliers aux ensilages. Préviation de la valeur nutritive des aliments des Ruminants. Versailles, INRA Publication, 81-104.
- Vujić S., Krstić, D., Mačkić K., Čabilovski R., Radanović Z., Zhan A., Čupina, B., 2021. Effect of winter cover crops on water soil storage, total forage production, and quality of silage corn, *European Journal of Agronomy*, 130, 126366.
- Emmerson M., Morales M.B in sod., 2016. How Agricultural Intensification Affects Biodiversity and Ecosystem Services. *Advances in Ecological Research*, 55, 43–97.
- Holdemann L.V., Moore W.E.C. 1975. Anaerobe laboratory manual. 3rd ed. VPI Anaerobe Laboratory, Blacksburg, 132 str.
- Kramberger B., Gselman A., Janzekovic, M., Kaligarić M. in Bracko B., 2009. Effects of cover crops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. *European Journal of Agronomy*, 31, pp. 103-109.
- Kung L., Shaver R. 2001. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. *Focus on forage*, 3, 13:1-5.
- Lukač B., Žnidaršič T., Hohler A., Slatnar J., Zavodnik A., Prepadnik H., Mežan A., Bevc S., Verbič J. 2016. Hranilna vrednost krme na Slovenskih kmetijah v letu 2016. V: Čeh T.(ur) , Kapun S. (ur) Zbornik predavanj 26. Mednarodni posvet o prehrani domačih živali Zdravčevi in Erjavčevi dnevi 2017 str. 85-92.
- Meier, U., 2018. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. Julius Kühn-Institut (JKI), Quedlinburg.
- Mustafa, A., Seguin, P., 2003. Ensiling characteristics, ruminal nutrient degradabilities and whole tract nutrient utilization of berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) silage. *Canadian Journal of Animal Science*, 83, 147-152.
- Naumann K., Bassler R. (1993): Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch, Band III, 3. Ergänzung, Darmstadt, VDLUFA-Verlag, 1993, 218 str.
- Naumann K., Bassler, R. (1976): Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch. Band 3, Neudamm, Verlag Neumann, 265 s.

- Peyraud J.L., Astigarraga L., 1998. Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion, and nutritive value of fresh herbage: consequences on animal nutrition and N balance. *Animal Feed Science Technology* 72,3-4: 235-259.
- Pretty J., Bharucha, Z.P., 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals in Botany*, 114, 1571–1596.
- Tas B., 2006. Effects of Perennial Ryegrass Cultivars on Milk Yield and Nitrogen Utilization in Grazing Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 89, 9:3494-3500.
- Uprava RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin (UVHVVR), Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS (MKGP), 2016. Agrometeorološki portal, mreža agrometeoroloških postaj. Prezem meteoroloških podatkov za obdobje 2016, lokacija Jablje, postaja 49208. <http://agromet.mkgp.gov.si/APP2/sl/Home/Index> (dostopano 10.11. 2022).
- Verbič J., 2006. Travinje kot vir beljakovin za prežvekovalce. *Naše travinje* 2,1 :8-10.
- Zhang, W., Ricketts, T.H., Kremen C., Carney K., Swinton S.M., 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological. Economics*, 64, 253–260.
- Žnidaršič T., Verbič J., VERBIČ J., 2015. Kemična sestava in energijska vrednost posameznih vrst trav in metuljnic prve košnje v povezavi s časom košnje. *Kmetovalec: glasilo c. kr. Kmetijske družbe vojvodstva kranjskega*, letn. 83, št. 5, str. 17-20.

Analiza pridelka krme s travinja glede na režim košnje in leta z različnim vremenom

Anastazija GSELMAN⁹², Uroš KOTNIK⁹³ in Miran PODVRŠNIK⁹⁴

Izvleček

Na trajnem travniškem poskusu, ki je bil zasnovan leta 1995 na distričnih rjavih tleh, smo izvedli raziskavo o vplivu pogostnosti rabe travne ruše (2-kosna; 4-kosna; 4-kosna raba, kjer vsako drugo leto prvo košnjo opravimo v polnem cvetenju vodilnih trav) in vremenskih razmer v posameznem letu (2003, 2014 in 2020) na količino pridelka suhe snovi. Poskus je bil zasnovan v obliki naključnega bloka v štirih ponovitvah. Na osnovi rezultatov ugotavljamo, da način rabe statistično značilno vpliva na količino pridelka suhe snovi travne ruše. Največji pridelek (8,85 t SS/ha) smo dosegli s 4-kosno rabo, kjer vsako drugo leto prvo košnjo opravimo v polnem cvetenju vodilnih trav. Pridelka 2-kosne in 4-kosne rabe (8,28 in 7,87 t SS/ha) pa sta bila značilno manjša in med seboj statistično primerljiva. Pridelki se statistično značilno razlikujejo tudi po posameznih primerjanih letih. Značilno najvišji pridelek (11,92 t SS/ha) smo dosegli v letu 2014 (mokro leto; 1238,4 mm; 11,2 °C), sledi leto 2020 (normalno leto; 916 mm; 11,2 °C; 8,71 t SS/ha), medtem ko je najmanjši pridelek (4,37 t SS/ha) zabeležen v letu 2003 (suho leto; 689,2 mm; 10,6 °C).

Ključne besede: travinje, pridelek, pogostnost košnje, vremenske razmere

Analysis of grassland forage production as a function of cutting frequency and climatic condition

Abstract

Since 1995, a field experiment has been conducted on semi-natural grassland in the district brown soil to compare how different cutting frequencies (twice, four times, and four times per year - with the grass in full flower every second year) and climatic conditions affect the level of dry matter yield over several years (2003, 2014 and 2020). The experimental design was a randomized block trial with four replications of three management treatments (different cutting frequencies). The results show that the different cutting frequencies have a statistically significant effect on dry matter yield (DMY). The highest DMY (8.85 t DMY/ha) was obtained when the sward was cut four times per year and the first cut was every two years after full flowering. The yields with two and four cuts per year (8.28 and 7.87 t DMY/ha, respectively) were significantly lower and statistically comparable with each other. There is also a statistically significant difference in individual yields when compared across years. The statistically highest yield (11.92 t DMY/ha) was recorded in 2014 (higher rainfall; 1238.4 mm; 11.2 °C), followed by 2020 (normal rainfall; 916 mm; 11.2 °C; 8.71 t DMY/ha), while the lowest yield (4.37 t DMY/ha) was recorded in the year with a drought (2003; 689.2 mm; 10.6 °C).

Keywords: grassland, yield, cutting frequency, weather conditions

1 UVOD

V Sloveniji so pridelovalne razmere neposredni odraz talnih, podnebnih in reliefnih značilnosti. Te pa so povezane z geografsko lego (stičišče alpskega, kraškega, panonskega in sredozemskega podnebnega območja). Travinje, ki v Sloveniji prekriva nekaj več kot 60 % kmetijskih zemljišč, je v svetovnem merilu največji kopenski ekosistem. Dojemanje njegove vrednosti se je z vidika ekosistemskih storitev pomembno spremenilo. Travinje je pomembno

⁹²Doc. dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede (FKBV), e-pošta: anastazija.gselman@um.si

⁹³ Dipl. inž. kmet., FKBV, e-pošta: uros.kotnik1@student.um.si

⁹⁴ Mag. kmet., FKBV, e-pošta: miran.podvrsnik@um.si

za proizvodnjo krme, varovanje tal in vode, ohranjanje kulturne krajine in raznolikosti narave ter shranjevanje ogljika (Kramberger in Podvršnik, 2021).

Travinje prekriva travna ruša, ki je nenehno izpostavljena številnim okoljskim dejavnikom, zato je vnaprejšnje napovedovanje pridelka še posebej zahtevno. Pomemben dejavnik v kmetijski pridelavi in hkrati eden izmed glavnih virov njene negotovosti je vreme (Gallego in sod., 2007; Bielza Diaz-Caneja in sod., 2008). Mnoge analize preteklih let so pokazale, da je produktivnost travne ruše močno odvisna od kombinacije dostopne vode v tleh, temperature zraka, gnojenja in načina rabe (Barrett in sod., 2005). Prav velika variabilnost vremenskih parametrov je tudi eden najbolj omejujočih dejavnikov pri pridelavi krme (Herrmann in sod., 2005).

Ob velikih letnih količinah padavin visoke temperature ne vplivajo na produktivnost travinja, večji vpliv imajo v sušnih letih. Relativno visoke temperature zraka pozitivno vplivajo na bujnejšo rast travne ruše le zgodaj spomladi (od sredine marca do sredine maja), medtem ko je v poletnem obdobju rast odvisna predvsem od razpoložljive vlage. Travnna ruša je namreč velika porabnica vode, saj za pridelek 1 kg suhe snovi potrebuje 600-800 litrov vode. V naših razmerah je za optimalni pridelek travne ruše potrebna povprečna letna količina padavin okrog 1100–1200 mm, ob tem pa ima velik pomen tudi porazdelitev padavin. Pri tem se upošteva, da ruša lahko izkoristi le del padavin, pretežni del se izgubi z odtekanjem, izhlapevanjem in pronicanjem v globlje plasti tal. Izkoristek padavin je odvisen tudi od povprečnih temperatur in relativne vlažnosti zraka. V povprečju zadošča 90 mm padavin na mesec oz. 60 mm za posamezno košnjo. Za optimalno preskrbljenost tal z vodo na travinju je zato zaželeno, da se padavine pojavijo saj vsakih 10 do 14 dni (Herrmann in sod., 2005).

Rastline, ki sestavljajo travno rušo, imajo pretežno plitev koreninski sistem. V poletnih mesecih, ob visokih temperaturah in ob pomanjkanju padavin, rastline rastejo počasneje ali pa se njihova rast popolnoma ustavi.

Z raziskavo smo želeli proučiti, kako intenzivnost gospodarjenja in vremenske razmere vplivajo na proizvodno zmogljivost travne ruše na srednje težkih, peščeno-ilovnatih tleh. Cilj je bil ugotoviti, kako pogostnost rabe (dvokosna ali štirikosna raba) in posamezno leto z značilnim odstopanjem količine padavin in povprečnih temperatur od dolgoletnega povprečja, vplivajo na letni pridelek krme.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Raziskavo smo izvedli na pol naravnem travniku, na posestvu Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (SV Slovenija, 305 m n. v.). Poskus je bil zasnovan leta 1995 v obliki naključnega bloka v štirih ponovitvah. Osnovna parcelica meri 40 m² (8 m × 5 m). V preizkušanje so vključena tri obravnavanja, in sicer: štiri košnje letno (4K) in štiri košnje, kjer vsako drugo leto prvo košnjo opravimo v polnem cvetenju vodilnih trav (4K+) ter dve košnji letno (2K). Vsako leto obravnavanja, kjer opravimo štiri košnje v letu (4K in 4K+), gnojimo s 170 kg/ha N, 120 kg/ha P₂O₅ in 180 kg/ha K₂O. V obravnavanju z dvema košnjama letno (2K) gnojimo le z 80 kg P₂O₅ in 120 kg K₂O. Z dušika v tem obravnavanju ne gnojimo, zaradi vzpodbujanja rasti metuljnic.

Košnjo travne ruše v vseh letih in tudi v vrednotenje vključenih eksperimentalnih letih (2003, 2014 in 2020) izvajamo s pomočjo brezprstne strižne kosilnice. Časovna razporeditev terminov košenj za izbrana leta je prikazana v preglednici 1.

Ob vsaki košnji smo pridelek zelene mase posameznega obravnavanja ovrednotili s tehtanjem zelinja z 8 m² (8 m × 1 m) velike površine. S posameznega obravnavanja smo po ponovitvah odvzeli povprečne vzorce, jih stekali in posušili v sušilni omari (T = 55 °C) do konstantne mase ter določili še pridelek suhe snovi (SS).

Preglednica 1: *Terminska razporeditev košenj glede na obravnavanja*

Obravnavanje	Zaporedna košnja	Termin košnje
4K	1.	8. 5. – 15. 5.
4K+	1.	29. 5. – 7. 6.
2K	1.	12. 6. – 17. 6.
4K	2.	17. 6. – 26. 6.
4K+	2.	27. 6. – 4. 7.
4K, 4K+	3.	14. 8. – 28. 8.
2K	2.	18. 9. – 3. 10.
4K, 4K+	4.	23. 10. – 24. 10.

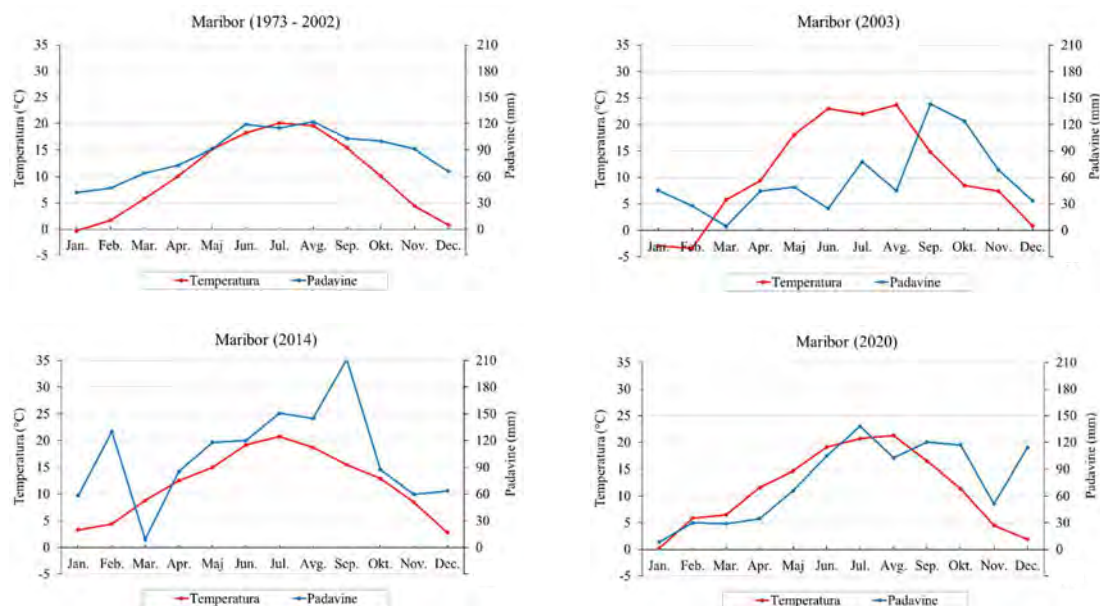
4K – 4-kosna raba; 4K+ – 4-kosna raba, kjer vsako 2. leto prvo košnjo opravimo v polnem cvetenju vodilnih trav;
2K – 2-kosna raba

2.1 Tla

Tla na poskusu so distrična rjava, podtip »na deluviju« in varieteta »oglejena« (ARSO, 2022). Za ta tip tal je značilno, da je avtomorfne nastanka, kar pomeni, da so nastala pod vplivom padavinske vode, ki prosto odteče skoti talni profil, na nekarbonatni podlagi (Dystric Cambisol; FAO, 1989). Po teksturi so tla srednje težka, peščeno-ilovnata s 67,4 % peska, 24,2 % melja in 8,3 % gline. Kemijska analiza tal je pokazala, da so tla s fosforjem dobro (17,5 mg P_2O_5 /100 g zračno suhih tal) in s kalijem prekomerno (40,1 mg K_2O /100 g zračno suhih tal) preskrbljena, s $pH_{(CaCl_2)}$ 5,9.

2.2 Vremenske razmere in izračun mesečnega dežnega faktorja

Podatke o temperaturah in padavinah za obravnavana leta (2003, 2014 in 2020) smo pridobili za najbližjo meteorološko postajo Letališče Edvarda Rusjana Maribor, ki leži na nadmorski višini 264 m in je od poskusnega polja oddaljena približno 3 km zračne linije (slika 1).



Slika 1: *Modificiran Walter-Gaussonov klimadiagram (razmerje 1:6) za meteorološko postajo Maribor v letih 2003, 2014 in 2020 ter dolgoletno povprečje 1973–2002 (ARSO, 2022)*

Povprečna letna temperatura zraka je bila v vseh obravnavanih letih nad dolgoletnim povprečjem (9,7 °C). V letu 2003 je znašala 10,6 °C, v letu 2014 smo v povprečju namerili 11,9 °C in v letu 2020 11,2 °C.

Glede na povprečno letno količino padavin celotnega dolgoletnega obdobja (1973–2002) na tem območju, ki je znašala 946,4 mm padavin, leto 2003 opredelimo kot suho (689,2 mm), leto 2014 kot mokro (1238,4 mm) in leto 2020 (916 mm) kot normalno leto (ARSO, 2022).

S slike 1 je razvidno, da je v letu 2003 sušno obdobje, ko je padavinska krivulja padla pod temperaturno, trajalo od marca do konca meseca avgusta. V letu 2014 je bilo nekoliko več padavin. Vidno izstopa mesec september z 212 mm. Skupno je v tem letu v rastni dobi (meteorološko gledano od aprila do septembra) padlo 831 mm dežja. V letu 2020, kljub 916 mm padavin na letni ravni, beležimo padec padavinske krivulje pod temperaturno od meseca februarja do junija. Manjše sušno obdobje nakazuje padec padavinske krivulje pod temperaturno tudi v mesecu avgustu, medtem ko so bile padavine v mesecu juliju (138,2 mm) nad dolgoletnim povprečjem (115 mm).

Povezavo med mesečnimi padavinami in povprečnimi mesečnimi temperaturami podaja Gračaninov mesečni dežni faktor (MDF; Gračanin, 1950). V preglednici 2 so za obravnavana leta 2003, 2014, 2020 in 30-letno obdobje (1973–2002) prikazane izračunane vrednosti MDF v rastni dobi (od aprila do septembra). Leto 2003 je bilo glede na dolgoletno povprečje najbolj sušno, saj so vso rastno dobo vztrajale suhe aridne vremenske razmere. Leta 2014 pa so prevladovala vlažna, semihumidna do humidna vremenska razmera. Leto 2020 smo opredelili kot normalno leto, saj je bilo glede na izračunani MDF primerljivo z dolgoletnim povprečjem.

Preglednica 2: Gračaninov mesečni dežni faktor v vegetacijskem obdobju opazovanih let (2003, 2014 in 2020) ter dolgoletno povprečje 1973–2002 za meteorološko postajo

Leto	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep
2003	4,7 sa	2,7 a	1,1 a	3,5 sa	1,9 a	9,7 h
2014	6,8 h	7,9 h	6,3 sh	7,2 h	7,8 h	13,6 ph
2020	3,0 a	4,5 sa	5,5 sh	6,7 h	4,8 sa	7,3 h
1973-2002	7,2 h	6,0 sh	6,5 sh	5,7 sh	6,2 sh	6,7 h

a = aridna, sa = semiaridna, sh = semihumidna, h = humidna, ph = perhumidna

Statistično vrednotenje pridelkov in njihovo primerjavo po izbranih eksperimentalnih letih smo izvedli z uporabo analize variance (two way ANOVA, programom IBM SPSS Statistics 22). Statistično značilne razlike med povprečnimi pridelki suhe snovi (SS v t/ha) glede na način rabe travne ruše in glede na izbrana leta smo testirali z LSD testom pri 5 % tveganju. Z Duncanovim testom ($p \leq 0,05$) pa smo preverili, ali obstaja skupni in statistično značilen vpliv (interakcija) obeh dejavnikov (načina rabe in izbranega leta) na količino pridelka.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Na osnovi rezultatov poskusa (preglednici 3) ugotavljamo, da na količino pridelka suhe snovi travinja (t SS/ha) statistično značilno vplivata tako način rabe ($p \leq 0,01$) kot opazovano leto ($p \leq 0,001$). Statistično značilna je tudi interakcija ($p \leq 0,001$) oziroma medsebojni vpliv načina rabe travne ruše in leta na pridelek sušine.

Preglednica 3: Vpliv načina rabe in leta na količino pridelka suhe snovi (t SS/ha) travinja

Dejavnik	Način rabe**			
Leto***	4K	4K+	2K	Povprečje ± SEM
2003	4,45 ± 0,20c	5,08 ± 0,37c	3,59 ± 0,33c	4,37 ± 0,23C
2014	10,60 ± 0,36ab	12,65 ± 0,44a	12,50 ± 0,35a	11,91 ± 0,34A
2022	8,56 ± 0,36b	8,81 ± 0,32b	8,74 ± 0,32b	8,71 ± 0,18B
Povprečje ± SEM	7,87 ± 0,80B	8,85 ± 0,95A	8,28 ± 1,11B	

** statistično značilen vpliv dejavnika ($p \leq 0,01$), *** statistično značilen vpliv dejavnika ($p \leq 0,001$)

A–C srednje vrednosti dejavnika ($\pm$ standardna napaka povprečja (SEM)) označene z različnimi črkami se med seboj statistično razlikujejo (LSD, $\alpha = 0,05$)

a–c srednje vrednosti interakcije ($\pm$ SEM) označene z različnimi črkami se med seboj statistično razlikujejo (Duncan, $\alpha = 0,05$)

4K – 4-kosna raba; 4K+ – 4-kosna raba, kjer vsako 2. leto prvo košnjo opravimo v polnem cvetenju vodilnih trav; 2K – 2-kosna raba

Glede na način rabe travne ruše (preglednica 3) smo v primeru štirih košenj letno, kjer vsako drugo leto prvo košnjo opravimo v polnem cvetenju vodilnih trav (4K+), dosegli statistično značilno najvišji pridelek sušine (8,85 t SS/ha), medtem ko sta povprečna pridelka suhe snovi 2-kosne (8,28 t/ha) in 4-kosne rabe (7,87 t/ha) travinja statistično značilno primerljiva. Rezultati poskusa potrjujejo navedbe v strokovni literaturi, da povečana pogostnost rabe negativno vpliva na količino pridelka suhe snovi. Čop in sod. (2009) navajajo, da so razlike v količini pridelka sušine dovolj izražene le, če je tudi dovolj velika razlika med pogostnostjo rabe. Temu pritrujujejo tudi Kramberger in Gselman (2000) ter Kováčiková in sod. (2012) z navedbo, da je količina pridelka suhe snovi tem nižja, čim pogostejša je košnja.

Vzrok za razliko v količini pridelka med 4-kosno in 4-kosno rabo, kjer vsako drugo leto pustimo prvi odkos v polno cvetenje, je tudi ta, da je travna ruša slednjega gostejša. Večja je tudi rastlinska pestrost, kar je posledica regeneracije travne ruše s semenitvijo rastlin. To pa pri 4-kosni rabi travinja ni omogočeno.

Statistično značilne razlike v pridelku suhe snovi obstajajo tudi med opazovanimi leti (preglednica 3). Največji pridelek suhe snovi (11,91 t SS/ha) je bil dosežen v letu 2014. Sledi leto 2020 z 8,71 t SS/ha, medtem ko smo statistično najmanj (4,37 t SS/ha) pridelali v letu 2003. Vzrok za značilne razlike v količini pridelka pripisujemo razlikam v vremenskih razmerah, predvsem razlikam v količini padavin. Le te imajo velik vpliv na rast in razvoj travne ruše v rastni dobi (Smit in sod., 2008). Za naše rastne razmere namreč velja, da so za normalno priraščanje travne ruše v rastni dobi potrebne mesečne vrednosti MDF med 4,5 in 6 (Korošec, 1998). Vrednosti MDF (preglednica 2) v rastni dobi proučevanih let se skladajo z navedenimi priporočili. V letu 2014, ki ga za to poskusno območje opredeljujemo kot mokro leto (>1200 mm padavin/letno), je povprečni MDF v rastni dobi znašal 8,3. Travnna ruša je v tem letu, najboljše priraščala. V letu 2020 (<1000 mm padavin; normalno leto glede padavin) je povprečni MDF v rastni dobi znašal 5,3. Najnižjo vrednost MDF pa smo zabeležili v letu 2003 (3,9), ki smo ga glede na količino padavin (<700 mm padavin) opredelili kot sušno leto.

Medsebojni vpliv načina rabe travne ruše in leta (interakcija; $p \leq 0,001$) je prav tako statistično značilno vpliva na pridelek sušine (t SS/ha; preglednica 3). Primerjava rezultatov poskusa je pokazala, da je v letu 2014 med vsemi načini rabe travne ruše (4K, 4K+ in 2K) pridelek suhe snovi krme največji (10,6 t SS/ha, 12,65 t SS/ha in 12,72 t SS/ha) in statistično medsebojno primerljiv. Vzrok pripišemo ugodnim temperaturnim razmeram v rastni dobi, kakor tudi količini padavin, s katerimi je bilo to leto nadpovprečno bogato. Pridelek suhe snovi 4-kosne rabe v letu 2014 (4K; 10,6 t SS/ha) pa je statistično primerljiv s pridelki sušine, doseženimi v

letu 2020 (8,65 t SS/ha, 8,82 t SS/ha in 8,75 t SS/ha). Med obravnavanimi pridelki pa po načinu rabe prav tako ni statističnih razlik v količini pridelka. Značilno najmanjši, pa vendar po načinu rabe primerljivi pridelki suhe snovi, so bili doseženi v letu 2003 (4,45 t SS/ha, 5,08 t SS/ha in 5,24 t SS/ha). V tem letu je bilo v celotni rastni dobi najmanj padavin (preglednica 2; slika 1). Brez večjih pomislekov lahko vzrok za zmanjšanje pridelka v letu 2003, ki je v posameznih načinih rabe tudi za več kot polovico manjši kot v letu 2014, pripišemo izjemno majhni količini mesečnih padavin (slika 1), kar potrjuje tudi Smith in sod. (2008). Avtorji navajajo, da je pridelek travne ruše močno povezan z letnimi padavinami, manj pa z letno temperaturno vsoto ali dolžino rastne dobe. Prav tako navajajo, da pridelek travne ruše še posebej prizadene suša.

4 SKLEPI

Na podlagi obravnavane tematike in opravljenih analiz, s katerimi smo proučevali, kako pogostnost rabe (2-kosna, 4-kosna in 4-kosna raba, kjer vsako drugo leto prvo košnjo opravimo v polnem cvetenju vodilnih trav) in posamezno leto (2003, 2014 in 2020) z značilnim odstopanjem količine padavin in povprečnih temperatur od dolgoletnega povprečja (1973–2002), vplivajo na celotni letni pridelek krme, lahko podamo naslednje ugotovitve:

- Način rabe travne ruše (dvokosna, štirikosna) statistično značilno vpliva na količino pridelka suhe snovi (SS) krme. Največje pridelke SS (t/ha) smo dosegli tam, kjer smo opravili štiri košnje v letu in smo vsako drugo leto prvo košnjo opravili v polnem cvetenju vodilnih trav, medtem ko med povprečnima pridelkoma dveh in štirih košenj letno ni bilo statističnih razlik.
- Značilne so tudi razlike v pridelku suhe snovi (SS) krme glede na vremenske razmere, torej glede na obravnavana leta (2003 in 2014), ki odstopajo od leta najbližjega dolgoletnemu povprečju (2020). Vrednosti vseh preučevanih let se med seboj statistično značilno razlikujejo. Največji pridelek SS smo dosegli v letu 2014 (mokro leto z 1238,4 mm padavin), sledi leto 2020 (normalno leto z 916 mm padavin), medtem ko smo statistično najmanj pridelali v letu 2003 (suho leto z 689,2 mm padavin).

5 LITERATURA

- ARSO METEO. 2021. Arhiv meritev. (<https://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/>) prevzeto: 20. 12. 2022
- ARSO. 2022. Atlas okolja. (http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso) prevzeto: 20. 12. 2022
- Barrett, P. D., Laidlaw, A. S. in Mayne, C. S. (2004). An evaluation of selected perennial ryegrass growth models for development and integration into a pasture management decision support system. *Journal of Agricultural Science*, 142, 327–334.
- Bielza Diaz-Caneja, M., Conte, C.G., Dittmann, C., Gallego Pinilla, F.J. in Stroblmair, J. (2008). *Agricultural insurance schemes*. JRC, European Commission. (https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Javier-Gallego-Pinilla/publication/268324327_Agricultural_Insurance_Schemes/links/54777b100cf293e2da26768e/Agricultural-Insurance-Schemes.pdf) prevzeto: 20. 12. 2022
- Čop, J., Vidrih, M. in Hacin, J. (2009). Influence of cutting regime and fertilizer application on the botanical composition, yield and nutritive value of herbage of wet grasslands in Central Europe. *Grass and Forage Science*, (64) 454 – 465.
- FAO. (1989). FAO_UNESCO Soil Classification System. Food and Agriculture Organization. (<https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-classification/en/>) prevzeto: 5. 1. 2023
- Gallego, J., Conte, C., Dittmann, C., Stroblmair, J. in Bielza, M. (2007). *Mapping Climatic Risks in the EU Agriculture*. (<https://ideas.repec.org/p/ags/eea101/9260.html>) prevzeto: 20. 12. 2022.
- Gračanin, M. (1950). Mjesečni kišni faktori i njihovo značenje u pedološkim istraživanjima, Izdavački zavod Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti. Poljoprivredna znanstvena smotra, 12, 51-66.

-
- Herrmann, A., Kelm, M., Kornhe, r A. in Taube F. (2005). *Performance of grassland under different cutting regimes as affected by sward composition, nitrogen input, soil conditions and weather – a simulation study*. European Journal of Agronomy, 22: 141-158.
- Korošec, J. (1998). *Pridelovanje krme na travinju in njivah*. Ljubljana: Biotehniška fakulteta.
- Kovačiková, Z., Vargová, V. in Michalec, M. (2012). Effects of non-fertilised grassland management intensity on herbage quality and quantity. *Agriculture: Journal for Agriculture Sciences*, 58(2), 41–49.
- Kramberger, B. in Gselman, A. (2000). Changes in productivity and botanical composition of semi-natural grassland as a consequence of cutting frequency. *Rostlinná Výroba*, 46(7), 325–330.
- Kramberger, B. in Podvršnik, M. (2021). Gospodarjenje na travinju za ogljik in učinkovita raba dušika iz gnojevke. Maribor: Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba.
- Smit, H.J., Metzger, M.J. in Ewert, F. (2008). *Spatial distribution of grassland productivity and land use in Europe*. Agricultural Systems, 98: 208-219.

Analiza registriranih traktorjev v Sloveniji

Tomaž POJE⁹⁵

Izvilleček

Konec leta 2021 je bilo v Sloveniji registriranih 116.707 traktorjev. Kmetje so v letu 2021 kupili 1.362 novih traktorjev. 1,4 % kupcev novih traktorjev je dobilo subvencijo za nakup traktorja. 75,04 % novih lastnikov je fizičnih oseb in 24,96 % je pravnih oseb. Med fizičnimi osebami je 92,5 % moških. Največ lastnikov je v starosti med 50 in 60 leti. Povprečna moč novih traktorjev je 63,3 kW. Vodilna blagovna znamka je New Holland s 16,2 % deležem.

Gljučne besede: Slovenija, traktorski park, registrirani traktorji, moč, lastnik

Analyse of registered tractors in Slovenia

Abstract

In Slovenia, 116,707 tractors were registered at the end of 2021. Farmers bought 1,362 new tractors in 2021. 1.4 % of buyers of new tractors received a financial subvention from the state. 75.04% of new owners were individuals and 24.96 % legal entities. Among individuals 92.5% were male owners and most owners were between 50 and 60 years old. Average power of new tractors is 63.3 kW. The leading brand in newly bought tractors was New Holland, with 16.2 % share.

Keywords: Slovenia, tractor fleet, registered tractors, power, owner

1 UVOD

Slovenija ima dve pomembni podatkovni bazi o traktorjih. Za prvo skrbi Statistični urad Republike Slovenije (SURS), ki na vsakih 10 let izvede Popis kmetijstva. Druga podatkovna baza pa so podatki ustreznih Ministrstev za registrirana vozila (traktorje). V preteklih letih je bilo v Sloveniji opravljenih nekaj analiz stanja traktorske tehnike na osnovi podatkovnih baz in izvedenih anket (Poje in sod., 2006; Poje, 2010; Poje, 2012; Poje, 2018; Ječič in sod., 2004). Po Popisu kmetijstva 2010 (Popis..., 2012) je bilo v Sloveniji 101.756 traktorjev, za leto 2013 pa SURS navaja 106.696 traktorjev. Poleg teh dvoosnih traktorjev v letu 2013 SURS navaja še 21.292 enoosnih traktorjev. V letu 2020 v Popis kmetijstva zaradi spremembe metodologije niso bili zajeti traktorji in drugi kmetijski stroji.

Grgić (2009) je ugotovil, da je kmetijska tehnika na hrvaških družinskih kmetijah zelo stara in pogosto premalo učinkovita. Na Hrvaškem je bilo po podatkih Centra za vozila Hrvaške konec leta 2021 registriranih 133.564 traktorjev, od tega jih je 90,80 % starejših od 10 let. 4.185 traktorjev pa je novih oziroma starih 1 leto. Povprečna starost vseh registriranih traktorjev v Hrvaški je 31,82 let (CVH, 2022).

Die Wirtschaftskammer Österreich (Gospodarska zbornica Avstrije) v okviru delovne skupine za kmetijsko tehniko analizira registracijo novih traktorjev v Avstriji. Leta 2021 se je v Avstriji registriralo skupno 7.525 novih traktorjev. Od tega je bilo 5.954 novih standardnih traktorjev, 824 sadjarsko vinogradniških traktorjev, 536 komunalnih traktorjev in 211 drugih traktorjev. Med standardnimi traktorji je bilo največ novih traktorjev blagovne znamke Steyr in sicer 18,4 %, na drugem mestu pa je bila znamka New Holland s 15,8 % deležem (Statistiken Landmaschinen, 2022).

Konec leta 2020 je bilo v Avstriji registriranih vse skupaj 467.065 traktorjev, od tega 421.427 standardnih traktorjev, 11.755 sadjarsko vinogradniških traktorjev, 11.816 komunalnih traktorjev in 22.067 ostalih traktorjev (Statistiken Landmaschinen, 2022).

⁹⁵ Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: tomaz.poje@kis.si

CEMA (Evropsko združenje proizvajalcev kmetijskih strojev) navaja, da je bilo leta 2021 v vsej Evropi registriranih skoraj 230.000 novih traktorjev. Od teh registracij je bilo nekaj manj kot 30 % traktorjev z močjo manjšo od vključno 37 kW, ostali traktorji pa so imeli moč 38 kW in več. CEMA ocenjuje, da je med 230 tisoči kmetijskih vozil nekaj manj kot 180.000 kmetijskih traktorjev. Ostala kmetijska vozila sicer po homologacijskih zahtevah spadajo med traktorje, so pa to na primer motorni štirikolesniki (ATV), teleskopski nakladalniki itd. Največ novih traktorjev je bilo registriranih v Franciji in sicer 36.053 traktorjev, sledi pa ji Nemčija s 34.472 kmetijskimi traktorji. Skoraj tri četrtine registriranih traktorjev v Nemčiji so predstavljali traktorji z močjo nad 50 KM (CEMA, 2022).

Povpraševanje na svetovnem trgu kmetijskih traktorjev je bilo leta 2021 ocenjeno na 2,765 milijona traktorskih enot in naj bi se v naslednjih letih še povečevalo. To visoko šte-vilo prodanih novih traktorjev predstavlja velik korak v smeri povečanega mehaniziranja kmetij. Največji traktorski trg sta Indija in Kitajska. Trg traktorjev je v letu 2021 ocenjen na 70,55 milijarde ameriških dolarjev (Agricultural Tractors Market Size Report, 2022)

Namen prispevka je analiza razvojnih tendenc traktorskega parka v Sloveniji na osnovi podatkov o registriranih traktorjih.

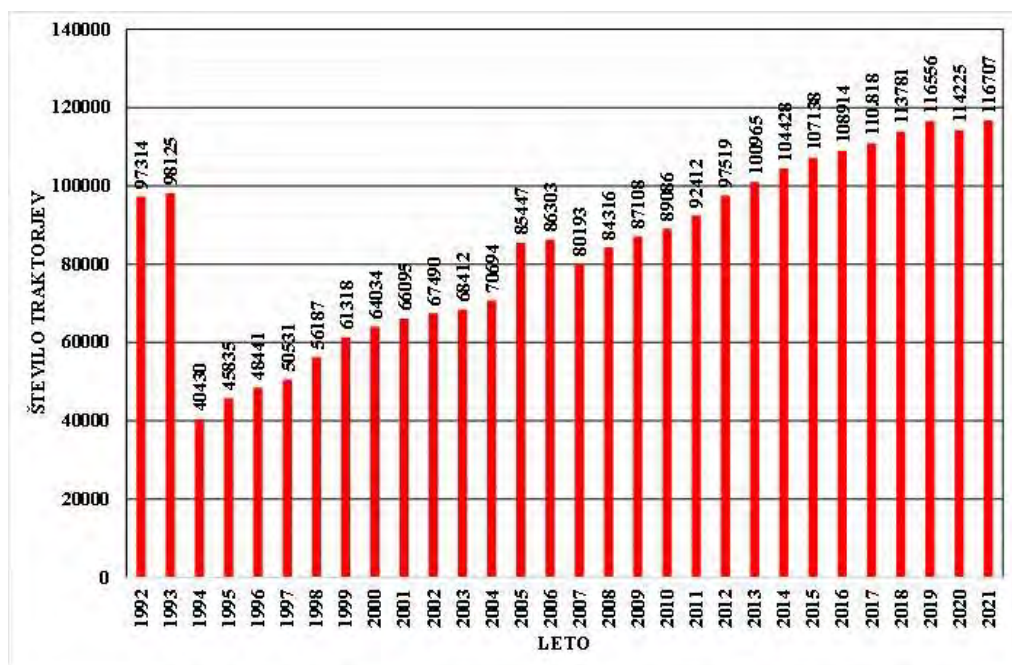
2 MATERIAL IN METODE DELA

Kot vir podatkov za analizo smo uporabili portal NIO (data.gov.si/nio/ alias nio.gov.si/nio/), ki je spletišče, ki je namenjeno objavi odprtih podatkov javnega sektorja v Republiki Sloveniji. Portal NIO na enem mestu povezuje katalog elektronskih storitev in vzpostavlja centralno točko za objavo odprtih podatkov javnega sektorja. Portal NIO, je slovenski portal nacionalnega okvira interoperabilnosti in odprtih podatkov. Na tem portalu so tudi podatki o vseh registriranih vozilih in o prvič registriranih vozilih v Sloveniji. Za te podatke sta odgovorni dve instituciji skrbnici in sicer Ministrstvo za infrastrukturo in prostor ter Ministrstvo za notranje zadeve, kjer so se te podatkovne baze nahajale do leta 2013. V prispevku analiziramo vse in na novo registrirane traktorjev v izbranih letih s poudarkom na traktorjih iz leta 2021. Podatke o subvencioniranih novih traktorjih pa smo pridobili na Agenciji za kmetijske trge in razvoj podeželja. V analizo zajeti podatki so obdelani z ustreznimi statističnimi analizami (opisna statistika).

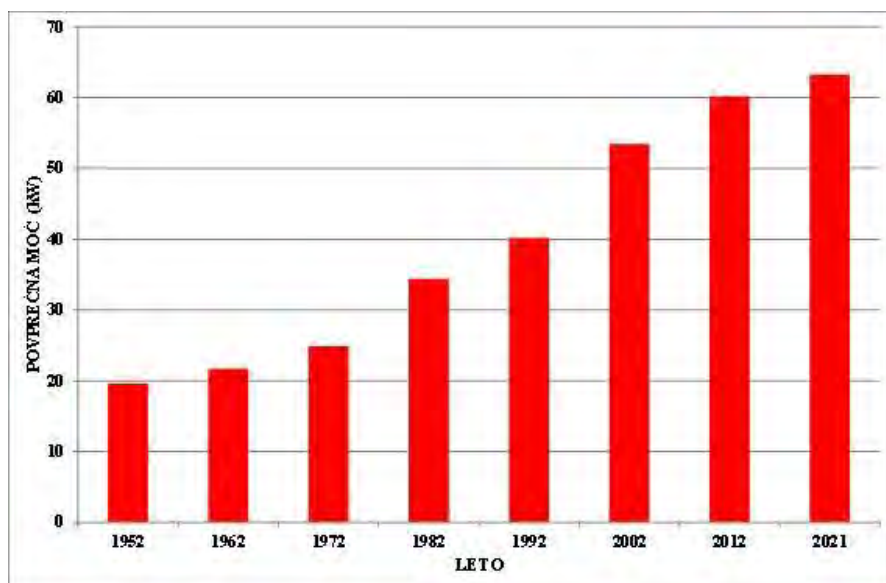
3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Iz podatkovne baze o vseh registriranih vozilih v Sloveniji smo analizirali vse registrirane traktorje. Na sliki 1 je prikazano število vseh registriranih traktorjev v Sloveniji za obdobje od leta 1992 do 2021. V letu 1993 je bilo registriranih 98.125 traktorjev, naslednje leto pa se je število registriranih traktorjev zmanjšalo na 40.430 traktorjev zaradi prehoda na nove slovenske registrske tablice in takrat marsikdo ni več registriral traktorja. Po tem letu je število registriranih traktorjev počasi naraščalo, velik porast registriranih traktorjev pa je bil v letu 2005, ko je bilo v Sloveniji možno registrirati star traktor tudi brez podatkov o lastništvu. Konec leta 2021 je bilo registriranih 116.607 traktorjev. Je pa Popis kmetijstva iz leta 2010 naštel 101.756 traktorjev (Popis..., 2012).

Iz podatkov Ministrstva za notranje zadeve RS in Ministrstva za infrastrukturo RS za registrirana vozila smo za zadnjih sedemdeset let izračunali tudi povprečno moč registriranih traktorjev za posamezna leta. S slike 2 je razvidno, kako se je povečevala moč po desetletjih. Za traktorje, izdelane in registrirane v letu 1952, je bila izračunana povprečna moč 19,6 kW. V letu 2021 je bila povprečna moč novih traktorjev v Sloveniji malo več kot 63 kW.



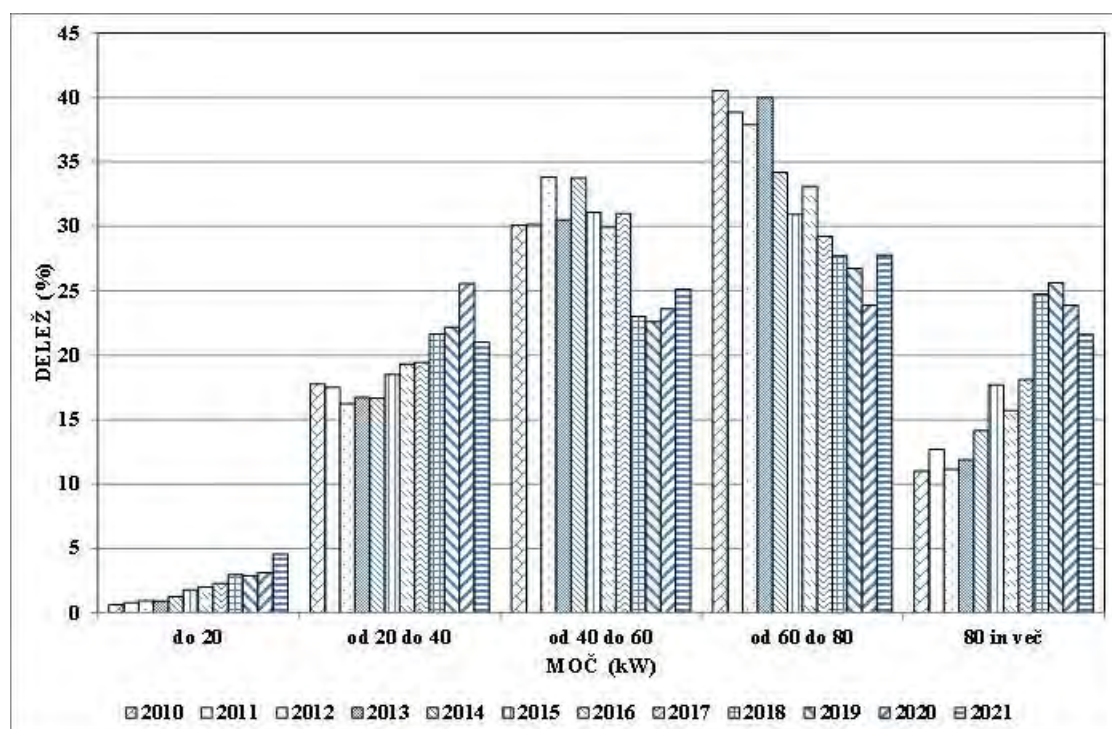
Slika 1: Registrirani traktorji v Sloveniji po letih



Slika 2: Porast moči traktorskih motorjev v Sloveniji v obdobju od 1952 do 2021

Na sliki 3 so prikazani novi registrirani traktorji od leta 2010 do 2021 po kategorijah moči. Iz grafa je razvidno, da je število traktorjev v kategoriji do 20 kW sicer naraščalo v obravnavanih letih, vendar ta skupina traktorjev predstavlja le majhen delež vseh traktorjev. Kategorija traktorjev z močjo več kot 80 kW ima tudi izrazit porast deleža. Kategorija traktorjev z močjo od 60 do 80 kW ima trend padanja deleža. Vendar je ta delež še vedno relativno visok in v

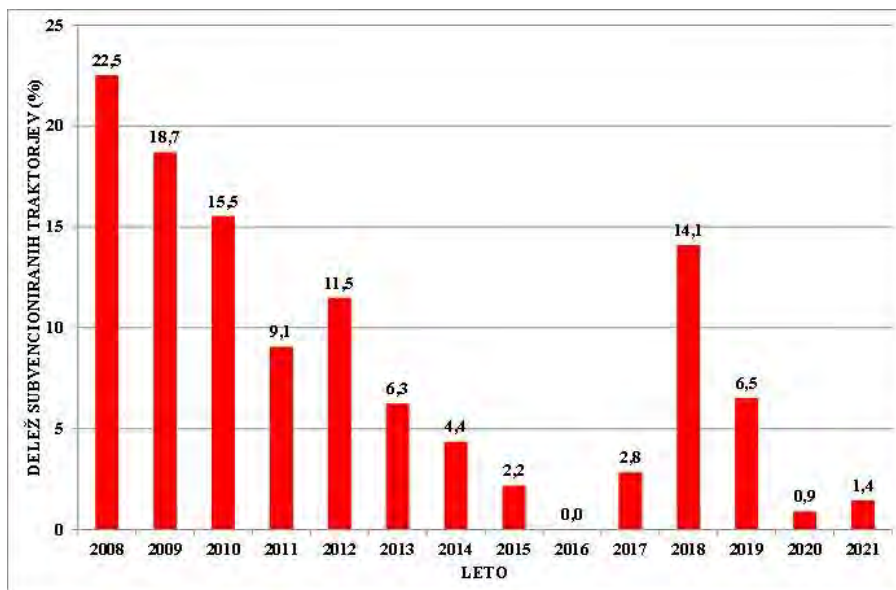
zadnjem proučevanem letu 2021 znaša 27,7 %. Kategorija novih traktorjev z močjo med 40 in 60 kW ima v prvih osmih letih analiziranega obdobja stabilni delež z okrog 30 %, nato pa v zadnjih štirih letih delež pade na okrog 23 %. Iz grafa se da razbrati tudi, da najmočnejša kategorija sicer raste, vendar delež še ni preskočil četrtnine vseh kupljenih traktorjev. To kaže na to, da večina kmetijskih gospodarstev racionalno kupuje traktorje oziroma, da se ne odločajo po nepotrebnem za premočne traktorje. Posesna struktura v Sloveniji se namreč zelo počasi veča – povprečna velikost kmetije je trenutno le 6,9 ha (Kmetijstvo..., 2022).



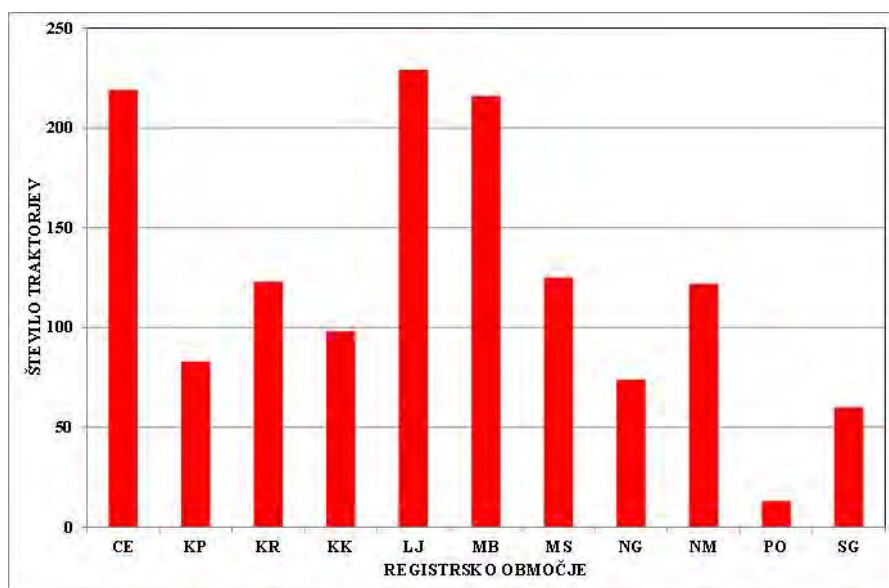
Slika 3: Novi traktorji registrirani v Sloveniji za zadnja leta po različnih kategorijah moči

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije oziroma njihova Agencija za kmetijske trge in razvoj podeželja je v okviru ukrepov za razvoj kmetijstva sofinanciralo nakup novih traktorjev (Podukrep..., 2022). Delež sofinanciranih traktorjev za posamezna leta prikazuje slika 4. Iz grafa je razvidno, da je sofinanciranje iz leta 2008, ko je bilo subvencioniranih 22 % traktorjev, v letu 2016 padlo na nič subvencioniranih traktorjev. Nato so sledila leta, ko je bilo subvencioniranih le nekaj odstotkov kupljenih traktorjev. Izjema je le leto 2018, ko je delež subvencioniranih traktorjev znašal 14,1 %. V letu 2021 je bilo sofinanciranih le 1,4 % novih traktorjev.

V letu 2021 je bilo v Sloveniji registriranih 1.362 novih traktorjev. Analiza novih traktorjev po blagovnih znamkah kaže, da je New Holland prvi v prodaji traktorjev s 16,48 %. New Holland je sicer že vrsto let vodilni po prodaji traktorjev v Sloveniji. Solis je v letu 2021 drugi po prodaji, Case IH pa tretji. Sedemnajst proizvajalcev je imelo več kot 2-odstotno delež. Skupaj so bili v letu 2021 v Sloveniji prodani traktorji 40 različnih proizvajalcev. Na koncu lestvice po prodaji so Carraro Agritalia, JCB in Reform s po enim traktorjem.



Slika 4: Delež subvencioniranih traktorjev med novimi traktorji med leti 2008 in 2021



Slika 5: Delež novih registriranih traktorjev v letu 2021 po registrskih območjih

Analiza lastnikov novih traktorjev v letu 2021 kaže, da je med lastniki 75,04 % fizičnih oseb in 24,96 % pravnih oseb. Med fizičnimi osebami je 92,56 % moških in 7,44 % žensk. Med kupci traktorjev je veliko pravnih oseb. V Sloveniji je namreč v zadnjih letih opazen trend, da družinske kmetije ustanavljajo lastna podjetja zaradi zahtev pri poslovanju.

V letu 2021 je tako kot leto prej največ kupcev – lastnikov novih traktorjev (28,8-odstotni delež) v starostni skupini od 50 do 60 let. Sledi skupina lastnikov med 40. in 50. letom starosti s 23,3-odstotnim deležem. Lastnikov novih traktorjev, mlajših od 20 let, ni, 0,7 % kupcev je starejših od 80 let, najstarejši ima celo 86 let.

Na sliki 5 so prikazani deleži novih registriranih traktorjev v letu 2021 po registrskih območjih. Največ novih traktorjev je bilo registriranih v registrskih območjih Ljubljane, Maribora in Celja. Vsako območje je imelo preko 200 traktorjev. Najmanj traktorjev je bilo registriranih v registrskem območju Slovenj Gradec in Postojna. Glede na upravne enote je največ registriranih v upravni enoti Ljubljana, Novo mesto in Murska Sobota. V ljubljanski upravni enoti je bilo tako registriranih 78 novih traktorjev. Najmanj traktorjev je bilo registriranih v upravni enoti Trbovlje, Vrhnika in Jesenice. Trbovlje le trije traktorji, Vrhnika in Jesenice pa po enega več. Povprečna moč novih traktorjev v letu 2021 je bila 63,3 kW. V kategoriji moči do 20 kW je bilo 4,6 % traktorjev, v kategoriji moči od 20 do 40 kW je bilo 21 % traktorjev, od 40 do 60 kW je bilo 25,1 % traktorjev. Najštevilčnejša je bila kategorija traktorjev z močjo od 60 do 80 kW. V njej je bilo 27,8 % traktorjev. V najmočnejši kategoriji (nad 80 kW) je bilo 21,6 % traktorjev. Homologacijske zahteve razvrščajo traktorje tudi v različne kategorije glede na tehnične lastnosti. To so za kategorije T za kolesne traktorje in kategorije C za gosenične traktorje. Analiza je pokazala, da so bili v letu 2021 registrirani traktorji kategorije T1, T2 in T5. Največ traktorjev (53,2 %) je v kategoriji T2, njihova povprečna moč je bila 56,8 kW. Sledi kategorija T1 s 46,5 % deležem traktorjev in povprečno močjo 70,1 kW. V T5 kategoriji je le 0,4 % traktorjev s povprečno močjo 139 kW.

Traktorji imajo vedno večjo maso, ravno tako pa tudi njihovi priključki. V letu 1952 so imeli traktorji v povprečju maso 1640 kg, v letu 2021 pa 3713 kg. V letu 2021 je imel največjo maso traktor s 16.900 kg. Vedno večji in masivnejši traktorji pa lahko kljub vedno bolj prijaznim pnevmatikam do tal vplivajo tudi na večjo zbitost tal.

Podatki o stopnji emisij onesnaževal za nove prvič registrirane traktorje v Sloveniji so kot stopnje emisij onesnaževal (stopnja I, II, IIIA, IIIB, IV in V) na voljo za nove registrirane traktorje od leta 2014. Ugotovili smo, da je bilo v letu 2021 21,8 % novih traktorjev s stopnjo IIIA, 42,9 % traktorjev s stopnjo IIIB, 10,1 % traktorjev s stopnjo IV in 25,1 % traktorjev s stopnjo V. Iz tega je razvidno, da veliko proizvajalcev in zastopnikov izkorišča možnost prehodnega obdobja za podaljšanje uporabe manj strogih stopenj emisij.

4 SKLEPI

V Sloveniji imamo konec leta 2021 116.607 registriranih traktorjev. Poleg tega strokovnjaki ocenjujejo, da je še okrog 20.000 traktorjev neregistriranih. Vsako leto kmetijska gospodarstva delno posodablja traktorski park. V letu 2021 je bilo registriranih 1.362 novih traktorjev. Le neznamenit delež nakupov je bilo subvencioniranih. Povprečna moč novih traktorjev ostaja na približno istem nivoju kot v zadnjih letih. New Holland ostaja najbolj prodajana blagovna znamka v zadnjih letih. Med lastniki novih traktorjev v letu 2021 je bilo 340 pravnih oseb in 1022 fizičnih oseb. Med fizičnimi osebami prevladujejo moški.

5 LITERATURA

- Agricultural Tractors Market Size Report (2022) <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/agricultural-tractors-market/segmentation> (22.11.2022)
- CEMA (2022), European tractor market hits new high despite supply chain challenges due to Covid-19; https://www.cema-agri.org/images/publications/press_releases/2022-03-21-CEMA_Economic_Press_Release_Tractor_Registrations_2021.pdf (22.11.2022)
- CVH Centar za vozila Hrvatske (2022). Pregled starosti vozila prema vrstama vozila. https://www.cvh.hr/media/4393/s01_pregled_starosti_vozila_prema_vrstama_vozila_2021.pdf (22.11.2022)
- Grgić I., Levak, V., Matija, R. (2009). Regionalni aspekti opremljenosti obiteljskih poljoprivrednih gospodarstva poljoprivrednim strojevima. In proceedings of the 37. International Symposium on

- Agricultural Engineering, Opatija, Croatia, 10.-13. February 2009. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, pp 337 - 345
- Jejčič V., Cunder T., Poje T. (2004) Tehnični nivo opremljenosti slovenskih kmetij s traktorji. Zbornik simpozija Novi izzivi v poljedelstvu 2004, Čatež ob Savi, 13. in 14. december 2004. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, str. 39-44
- Kmetijstvo, gozdarstvo, ribištvo Aktualni podatki (2022) Statistični urad RS <https://www.stat.si/StatWeb/Field/Index/11> (22.11.2022)
- Podukrep M4.1 – Podpora za naložbe v kmetijska gospodarstva (2022) Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano <https://skp.si/prp-2014-2020-2022/ukrepi/pospesevanje-konkurencnosti-kmetijstva-zivilstva-in-gozdarstva/m4-nalozbe-v-osnovna-sredstva/m4-1-podpora-za-nalozbe-v-kmetijska-gospodarstva> (22.11.2022)
- Poje T. (2012) Razvojne tendence traktorskega parka v Sloveniji. Zbornik radova 40. Mednarodnog simpozija iz področja mehanizacije poljoprivrede Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede, Opatija, 21. - 24. veljače 2012, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, Zagreb, str. 23-29
- Poje T. (2010) Stanje traktorske tehnike v Sloveniji. Zbornik radova 38. Mednarodnog simpozija iz področja mehanizacije poljoprivrede Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede, Opatija, 22. - 26. veljače 2010, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, Zagreb, str. 67-74
- Poje, T. (2018). Analyse of registered tractors in Slovenia in the year 2016. Proceedings of the "46. International Symposium Actual Tasks on Agricultural Engineering, Opatija, February 27 – March 1 2018, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, str. 627-633
- Popis kmetijstva 2010, Slovenija, 2010 - končni podatki. 29. marec 2012 (2012) Prva objava Statistični urad Republike Slovenije – SURS http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=4594 (22.11.2022)
- Statistiken Landmaschinen (2022) Die Wirtschaftskammer Österreich <https://www.wko.at/service/netzwerke/landmaschinen-statistiken.html> (22.11.2022)
- Kmetijstvo, gozdarstvo, ribištvo Aktualni podatki (2022) Statistični urad RS <https://www.stat.si/StatWeb/Field/Index/11> (22.11.2022)

Napredne tehnologije na primeru samovoznih silažnih kombajnov

Tomaž POJE⁹⁶

Izvleček

Samovozni silažni kombajni se vedno bolj uporabljajo za pripravo silaže. Samovozni silažni kombajni imajo vedno močnejše motorje in večjo učinkovitost. Prikazano je nekaj naprednih tehničnih rešitev, ki omogočajo pametno kmetijstvo. Vgrajen NIR analizator omogoča določanje suhe snovi in druge analize v krmi. Na podlagi suhe snovi v krmi se samodejno nastavlja dolžina rezanice. Parametre delovanja kombajna in rezane krme lahko spremljamo neposredno v silažnem kombajnu ali na daljavo.

Gljučne besede: samovozni silažni kombajn, pametno kmetijstvo, NIR analizator, telemetrija

Advanced technologies on the example of self-propelled forage harvesters

Abstract

Self-propelled forage harvesters are being increasingly used for silage preparation. Nowadays self-propelled forage harvesters have increasingly powerful engines and greater efficiency than the old ones. Some advanced technical solutions that enable smart agriculture are shown. The built-in NIR analyser enables the determination of dry matter and other analyses in feed. Based on the dry matter in the feed, the length of the cutlet is automatically adjusted. The operating parameters of the forage harvester and chopped forage can be monitored directly in the forage harvester or remotely.

Keywords: self-propelled forage harvester, smart agriculture, NIR analyser, telemetry

1 UVOD

Samovozni silažni kombajn ali krajše samovozni silokombajn je stroj za pripravo drobno rezane koruzne, travne in druge silaže. Sodobna reja govedi zahteva kakovostno osnovno voluminozno krmo. Ohranjanje kakovosti krme pri spravilu je zelo pomembno. Zato mora biti že od košnje naprej vse usmerjeno v pripravo krme s čim manjšimi izgubami hranil in kakovostnim procesom fermentacije silaže v silosu. V zgodnje spomladanskem ali pozno jesenskem času to ni vedno najbolj preprosto zaradi hitro se spreminjajočih vremenskih razmer. Razvoj sodobnih strojev, kot so stiskalnice za bale in visoko zmogljivi samovozni silažni kombajni, je omogočil spravilo kakovostne krme v relativno kratkem času (Löffler, 2014).

Z rastjo živinorejskih kmetij in potreb po večji produktivnosti postajajo samovozni silažni kombajni vse bolj priljubljeni. Glede na to, da je nabavna cena novih samovoznih silažnih kombajnov zelo visoka, se kmetje pogosto odločajo za najem storitve siliranja z njimi, kar znižuje ceno pridelave silaže.

Samovozni kombajni na področju travniške krme v Sloveniji v preteklosti niso dosegli večjega razmaha zaradi velike cene, neprimerne posestne strukture kmetij (razdrobljenost zemljišč, nagnjenost terenov), verjetno pa so k temu prispevale tudi vedno boljše in zmogljivejše samonakladalne prikolice, ki so cenovno dostopnejše in so obenem še večstransko uporabne. V zadnjem obdobju pa ob povečevanju živinorejskih kmetij in potreb po večji storilnosti, opažamo, da se tudi v Sloveniji samovozni silažni kombajni vedno bolj uveljavljajo. Namen prispevka je predstaviti glavne trende razvoja samovoznih silažnih kombajnov.

2 ŠTEVILO SILAŽNIH KOMBAJNOV

Vsako leto se v svetu proizvede in proda okoli 3000 samovoznih silažnih kombajnov. Večina strojev ima razpon moči motorja od 330 do 590 kW (Schramm in Sümening, 2017). Podatki za

⁹⁶ Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: tomaz.poje@kis.si

Nemčijo kažejo, da se letno proda od 500 do 550 samovoznih silažnih kombajnov. Trg silažnih kombajnov je v Nemčiji tesno povezan z bioplinскими napravami (Schram in sod., 2020). V Švici 69 % kmetij uporablja samovozne silažne kombajne za siliranje koruze. Prevladujejo 6 in 8 vrstna žetvena ustja. Brezvrstna žetvena ustja z vrtljivimi zobatimi valji na samovoznih silažnih kombajnih pa uporablja 78 % kmetij (Groher in sod., 2020).

V Sloveniji še vedno prevladujejo traktorski silažni kombajni. Po dokaj starih podatkih Statističnega urada Republike Slovenije, po Popisu kmetijstva v Sloveniji, je bilo leta 2010 v Sloveniji 5.855 traktorskih in 201 samovoznih silažnih kombajnov (SURS, 2021). Nekateri od teh samovoznih silažnih kombajnov so registrirani tudi kot delovni stroji (OPSI, 2021). Slovenski kmetje vse pogosteje naročajo storitev siliranja s samovoznim silažnim kombajnom (Poje, 2021).

Po podatkih Državnega zavoda za statistiko Republike Hrvaške in Popisu kmetijstva 2020 je na kmetijskih gospodarstvih v Republiki Hrvaški 13522 žitnih kombajnov in samovoznih silažnih kombajnov (Državni zavod za statistiku, 2022).

3 RAZVOJNI TRENDI PRI SAMOVOZNIH SILAŽNI KOMBAJNIH

Osrednja tema razvojnih trendov pri samovoznih silažnih kombajnih je še vedno povečevanje učinkovitosti strojev. Večjo učinkovitost je mogoče doseči z varčevanjem goriva ali s povečanjem produktivnosti. S temi izboljšavami stroji za pripravo silaže delujejo v optimalnih območjih obremenitve. Zaradi uporabe sodobnih sistemov za pomoč pri delu, kot so inteligentni asistenčni sistemi, so upravljalci samovoznih silažnih kombajnov razbremenjeni. Vse pogosteje se uvajajo telematski sistemi za daljinsko spremljanje delovanja strojev ter brezžični prenos podatkov do osebnega računalnika na kmetiji ali do pametnega telefona. Sistemi omogočajo optimizacijo izrabe strojev ter avtomatsko vodenje naročil – storitev siliranja in nadzor celotne linije strojev za spravilo silaže, kar prispeva k prihranku dela in povečani delovni učinkovitosti (Schramm in Sümening, 2017).

3.1 Moč motorja

Eden najpomembnejših tehničnih parametrov za samovozne silažne kombajne je moč motorja. Proizvajalci ponujajo serije samovoznih silažnih kombajnov v katerih je več modelov z različno močjo motorja. Za nove stroje veljajo tudi zahteve Uredbe (EU) št. 167/2013 evropskega parlamenta in sveta z dne 5. februarja 2013 o odobritvi in tržnem nadzoru kmetijskih in gozdarskih vozil (homologacijske zahteve) glede emisij izpušnih plinov, ki morajo trenutno ustrezati zahtevam stopnje V (Uredba., 2013). Proizvajalci izpolnjujejo te vedno strožje zahteve z vključitvijo tehnologije SCR (selektivna katalitična redukcija) z dodajanjem raztopine sečnine (AdBlue), filtrov za delce itd.

Samovozni silažni kombajni, opremljeni z močnejšimi motorji, so imeli prej vgrajena dva motorja. Drugi motor je deloval v primeru potrebe velike pogonske moči (Böttinger, 2015). Sedaj pa imajo samo en motor z veliko (večjo) močjo. Moč novih največjih silažnih kombajnov doseže do 850 kW. V preglednici 1 navajamo moč motorjev, vgrajenih v samovozne silažne kombajne, glede na podatke proizvajalcev v prospektih oziroma iz njihovih spletnih strani. Opazno je, da proizvajalci silažnih kombajnov navajajo moč vgrajenih motorjev na različne načine. Eni podajajo maksimalno moč, drugi trajno moč, tretji nazivno. Nekateri navedejo samo moč. Večina navaja te moči po standardu ECE R 120, nekateri pa ne navajajo standarda. Skratka za direktno primerjavo različnih blagovnih znamk mora potencialni kupec preveriti tudi način navajanja moči silažnega kombajna.

Preglednica 1: Moč motorja vgrajena v samovozne silažne kombajne

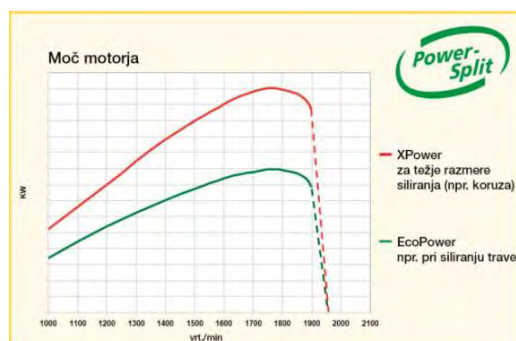
Proizvajalec in serija	Najmanjši model (kW)	Največji model (kW)
Claas Jaguar 900 (največja moč ECE R 120)	340	680
Claas Jaguar 800 (moč pri 1700 vrt./min, ECE R 120)	300	430
Krone BIG X 480 – 630 (trajna moč)	360	480
Krone BIG X 680 – 1180 (trajna moč)	505	850
New Holland FR 480 – 920 (največja moč ECE R 120)	350	670
John Deere 8000 (nazivna moč ECE R 120)	295	428
John Deere 9000 (največja moč ECE R 120)	515	713
Fendt Katana (moč po ECE R 120)	478	623

Proizvajalci ponujajo asistenčne sisteme, ki omogočajo prilagajanje moči motorja dejanskim potrebam pri delu stroja. Krone za svoj model Big X 680 ponuja sistem XtraPower, ki omogoča dodatno povečanje moči motorja za 50–100 KM za željeno število delovnih ur. Lastnik ali upravljevec kombajna lahko vklopi dodatno moč motorja ob plačilu storitve preko spletne trgovine proizvajalca Krone E Solutions Shop. Sistem se izplača, če stroj z več moči potrebujemo le občasno (10–250 delovnih ur/letno) in predvsem za stroje, s katerimi ne silirajo zgolj kornje. V nasprotju z nekaterimi drugimi načini povečanja zmogljivosti (čipiranjem) motorjev je sistem zakonit, ker se registrirana zmogljivost motorja ponovno uporablja pri vožnji po cesti (Poppa in Depenbrock, 2021).

Isti proizvajalec ponuja za silažna kombajna BiG X 580 in 630 tudi opsijsko prilagajanje moči motorja, poimenovano PowerSplit. V tem primeru se moč motorja enostavno prilagodi s pritiskom na gumb. Kdor ne potrebuje polne moči Big X-a, lahko deluje v varčnem načinu EcoPower. Če pa je treba priklicati celotno zmogljivost, potem mora uporabnik preklopiti v način X-Power. Odvisno od aplikacije stroj tudi samodejno in brezstopenjsko preklaplja med tema dvema nastavitvama (Krone, 2022).



Slika 1: Samovozni silažni kombajn John Deere 8500i



Slika 2: Sistem Krone Power-Split. Vir slike: Krone

Asistenčni sistem CEMOS Auto Performance pri Claasovih silažnih kombajnih je koncept inteligentnega upravljanja motorja in transmisije. Auto Performance ohranja konstantno število vrtljajev motorja in uravnava moč motorja in hitrost vožnje glede na maso pridelka. Potrebo po moči je mogoče oceniti z odklonom podajalnih valjev in drugimi izmerjenimi spremenljivkami, moč motorja pa je mogoče prilagoditi vnaprej (Claas, 2022). John Deere ponuja koncept

Harvest Motion na modelu 9900 s 713 kW (955 KM), ki je uporaben predvsem za siliranje trave pri nizkih vrtljajih motorja 1300 vrt/min (John Derre 2022).

3.2 Boben z rezalnimi noži

Boben z rezalnimi noži reže krmo na nastavljeno dolžino rezanice. V samovoznih silažnih kombajnih je nameščen bobenski rezalnik (boben z noži po obodu). Gre za radialni rezalnik, ki je sestavljen iz vodoravno postavljenega bobna, s premerom od 600 do 880 mm in širino od 540 do 900 mm. Na boben so pritrjeni noži za širino bobna ali segmentirani noži. Frekvenca vrtenja bobna je od 800 do 1600 vrt/min. Noži so lahko postavljeni pod kotom na boben, v obliki črke V, ali v obliki segmentiranih nožev (Zimmer et al., 2009).

Dolžina reza koruzne silaže je vedno odvisna od področja uporabe silaže. Na splošno lahko rečemo, da bolj ko je obrok kombiniran z drugimi osnovnimi vrstami krme, ki zagotavljajo strukturo, kot je trava, krajši je lahko rez. Pri rezalnih dolžinah, večjih od 20 mm, se moč, potrebna za tlačjenje silaže, bistveno poveča. To je deloma posledica tako imenovanega "Mikado učinka". Koščki koruznih rastlin ne ležijo vsa v eno smer, ampak so med seboj povezana in prekrizana. To zahteva bistveno težje stroje pri tlačanju rastlinske mase v silosu, pa tudi daljše trajanje tlačenja, če želimo zanesljivo preprečiti segrevanje in pojav plesni v silažnem kupu.

Krone ponuja boben z različnim številom nožev. Na bobnu je lahko 40, 36, 28 ali 20 nožev. Razen bobna z 20 noži, se lahko število nožev prepolovi. Na bobnu je torej lahko tudi 20, 18 ali 14 nožev. To različno število nožev določa tudi dolžino rezanice. Pri 40 nožih je dolžina rezanice med 2,5 in 15 mm, pri uporabi 14 nožev je dolžina rezanice med 8 in 42 mm. Krone priporoča dolžino rezanice od 4 do 7 mm pri uporabi koruzne silaže za bioplin. Dolžina rezanice od 8 do 10 mm je primerna za pitance in za krave molznice, ki imajo 40 % koruzne silaže v obroku. Dolžina rezanice 11 do 19 mm je primerna za krave molznice, ki imajo 60 % koruzne silaže v obroku. Dolžina rezanice med 20 in 30 mm je primerna za krave molznice, ki imajo več kot 80 % koruzne silaže obroku. Te dolžine je mogoče doseči z bobni z različnim številom nožev. Krone ima tudi poseben menjalnik VariLOC za pogon bobna, ki omogoča preprosto spreminjanje števila vrtljajev bobna, od 1.250 do 800 vrt/min, s čimer se doseže do 53 % daljša dolžina odrezkov (Krone, 2022).

3.3 Drobilnik zrnja

Sodoben samovozni silažni kombajn ima vgrajeno napravo za drobljenje koruznega zrnja. Naloga te naprave je, da poškoduje ali zdrobi vsako zrno koruze, da omogoči njegovo popolno prebavljivost. Naprava za drobljenje je sestavljena iz dveh zobatih valjev ali valjev z zobatimi ploščami. Valji s ploščami imajo torno površino za koruzo 2,5-krat večjo od površine zobatih valjev. To omogoča najboljšo obdelavo zrn z visoko zmogljivostjo in vsemi rezalnimi dolžinami (Krone, 2022). Na splošno pa so drobilni valji lahko različnega premera in z različnimi hitrostmi vrtenja posameznih valjev. Nekateri proizvajalci ponujajo tudi nadzorni sistem za merjenje temperature ležajev pri valjih. Drobilni valji za zrnje se ob siliranju trave odmaknejo.

3.4 Samodejno polnjenje prikolice

Izmetalna cev je lahko opremljena s stereo kamero (kamero z dvojno lečo), ki daje potrebne podatke (slike) sistemu za samodejni nadzor vrtenja izmetalne cevi in položaja lopute izmetalne cevi. Sistem lahko aktivno sledi položaju prikolice in s pomočjo zelene strategije polnjenja pridelek usmeri na optimalno mesto v prikolici.



Slika 3: Stereo kamera (globinska kamera) na silažnem kombajnu Claas Jaguar 940.



Slika 4: Prikaz delovanja Claas AUTO FILL sistema na Jaguarju 940.

3.5 Integrirani sistem doziranja silirnih dodatkov

Ob siliranju oziroma med že samim rezanjem krme se lahko uporabljajo silirni dodatki. V ta namen imajo sodobni samovozni silažni kombajni dva rezervoarja, ki omogočata dodajanje dveh različnih siliranih dodatkov ob različnem času ali njihovo kombiniranje. Ti sistemi lahko uporabljajo rezultate meritev z NIR analizatorjem za odmerjanje silirnih dodatkov glede vsebnosti suhe snovi zrezane rastlinske mase.

John Deere ADS Twin Line sistem za doziranje silirnih dodatkov uporablja rezultate meritev HarvestLab-a za odmerjanje silirnih dodatkov glede na časovno enoto, glede na količino pridelka ali glede na količino suhe snovi v silirani masi. Dozirne šobe, ki dobivajo silirne dodatke iz dveh rezervoarjev, imajo lahko stalen ali spremenljiv pretok glede na podatke o suhi snovi silirane mase, ki prihajajo iz HarvestLaba. Dva rezervoarja omogočata kombiniranje dveh različnih silirnih dodatkov ali njihovo dodajanje ob različnih časih (John Deere, 2022).

3.6 NIR analizatorji

Sodobni samovozni silažni kombajni so vse pogostejše opremljeni tudi z NIR analizatorji – sistemi za analizo kakovosti krme. Princip delovanja NIR analizatorja temelji na absorpciji elektromagnetnega valovanja pri različnih valovnih dolžinah v infrardečem delu svetlobnega spektra (700 - 2500 nm). Naprava meri delež vpadnega valovanja, ki se odbije od zrezanega rastlinskega materiala. NIR analizator je nameščen na začetku izmetalne cevi silažnega kombajna (slika 5). Do nedavnega so bile te naprave znane predvsem v laboratorijih. V zadnjih letih pa postajajo vse pogostejše v sodobnih strojih, na primer v žitnih kombajnih in tudi na cisternah za gnojevko za merjenje vsebnosti hranil v gnojevki (Poje 2021).

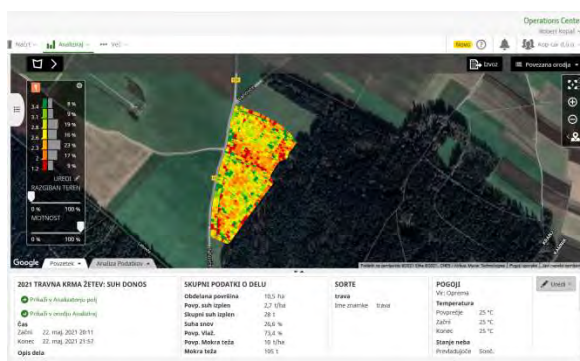
Med prvimi ponudniki NIR analizatorjev na strojih je bil John Deere. Med proizvajalci sicer obstajajo različna komercialna poimenovanja za analizatorje, ki delujejo po istem principu. John Deere svoj sistem imenuje HarvestLab™ 3000, New Holland pa NutriSense™ (Poje, 2021; New Holland, 2021). Tovrstna analitika je priporočljiva na neizenačenih travnikih in njivah, kjer se lahko zaradi rastnih razmer ali drugih dejavnikov na istem polju vsebnost sušine spreminja tudi do 20 %. To zahteva različne dolžine rezanja, da zagotovimo optimalno tlačenje in siliranje. Sistem HarvestLab™ 3000 zagotavlja samodejno nastavitve dolžine rezanja krme glede na vsebnost suhe snovi, kar omogoča tudi optimalno tlačenje narezane krme v silosu in višjo kakovost silaže. Zaradi nihanj kakovosti krme, ugotovljene z NIR analizatorjem, je možno prilagajati tudi odmerek silirnih dodatkov (John Deere, 2022).

Poleg vsebnosti suhe snovi so upravljavcu takoj na voljo podatki o vsebnosti surovih beljakovin, škroba, surovih vlaknini, v nevtralnem detergentu netopnih vlaken (NDF), v kislem detergentu

netopnih vlaken (ADF), sladkorja in surovega pepela. Kupci zrezane koruznice ali trave dobijo tako dokaj natančno oceno o kakovosti požetega pridelka. Skratka veliko informacij za kmeta oziroma tehnologa za morebitno optimiranje delovnega procesa.



Slika 5: Analizator John Deere HarvestLab™ 3000 NIR.



Slika 6: Prikaz suhe snovi pri siliranju trave s silažni kombajnom John Deere 9500i

Nemški DLG e.v. (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) je opravil več testov mobilnih analizatorjev NIR, ki jih različni proizvajalci vgrajujejo v kmetijske stroje. Pri določanju določenega parametra (npr. vlage) preverijo skladnost NIR senzorja na izmetalni cevi in njihove merilne programske opreme z uradno referenčno metodo. Tako je NIR analizator Krone NIR CONTROL Dual prejel certifikat DLG-ANERKANNT za določanje suhe snovi v koruzi (Schuchmann, 2021)

DLG teste analizatorjev NIR so opravili John Deere, Krone New Holland in Claas za določanje vlage v koruzi, Claas pa je testiral tudi določanje vlage NIR za travo (DLG, 2022). Opozoriti je treba, da imajo vsi proizvajalci svojo verifikacijo metode NIR.

3.5 Informacijski sistemi

Operator stroja spremlja podatke o delovanju samovoznega silažnega kombajna in o rezani krmi neposredno v kabini traktorja. Zbrane podatke je mogoče spremljati na daljavo tudi neposredno ali s časovnim zamikom z domačega računalnika ali pametnega telefona. Proizvajalec samovoznih silažnih kombajnov običajno razvijejo lasten telematski sistem. Samovozni silažni kombajn je lahko opremljen z GPS sprejemnikom – satelitsko navigacijo, ki omogoča določitev položaja silažnega kombajna na parceli in geolokacijo ostalih zbranih parametrov.

Glede na vrsto podatkov so eni zanimivi (potrebni) za upravljalca stroja, drugi za lastnika in tretji za najemnika storitve siliranja. Proizvajalci silažnih kombajnov ponujajo raznolike rešitve, ki so pogosto odvisne od paketa opreme, ki je je lastnik kupil. John Deere področje informacijskih sistemov razvija že več desetletij, zato bomo prikazali nekatere njihove rešitve. Številne podatke, ki so pomembni za upravljalca oziroma lastnika John Deere silažnega kombajna lahko vidimo neposredno ob delu na zaslonih v kabini silažnega kombajna ali pa na spletnem podatkovnem portalu MyJohnDeere. Med te podatke spadajo: čas rezanja krme na določeno velikost rezanice, čas, ko so vklopljeni posamezni delovni sklopi silažnega kombajna, čas dela na polju in v transportu. Podane so hitrosti oziroma vrtljaji posameznih delovnih sklopov, informacije o količini razpoložljivega goriva in AdBlue tekočine ter njuna povprečna poraba na uro oziroma na hektar. Podane so hitrosti (vrtljaji) pobiralne naprave, informacije o motorju, izkoriščenosti silažnega kombajna (prosti tek, siliranje, transport), način delovanja motorja. Pomembni so tudi podatki o temperaturah, zaznavanju tujkov, vzdrževanju stroja in tako dalje. Ti podatki so s privolitvijo lastnika dostopni tudi servisni službi, ki lahko nato

pripravlja (prilagaja) tudi svoje aktivnosti v zvezi z rednimi in izrednimi servisi silažnega kombajna.

Najemnika strojnih storitev siliranja pa zanimajo predvsem podatki o silirani krmi. Na voljo so skupni podatki o delu, kot je obdelana površina v hektarih, povprečna suha snov v tonah na hektar, skupna suha snov v tonah, odstotek suhe snovi v krmi, povprečen odstotek vlage v krmi, povprečna masa vlažne krme, skupna silirana masa vlažne krme. Po spravi krme lahko dobijo karte pridelka in tudi vse druge karte z izmerjenimi sestavinami v krmi (karte s tako imenovanimi plastmi). Vsi ti podatki so lahko vezani na posamezno parcelo, GERK ali določeno časovno obdobje.

Preko JDLink Connecta se podatki iz silažnega kombajna samodejno naložijo na internetni podatkovni portal MyJohnDeere. Na njem ima vsak uporabnik – lastnik silažnega kombajna svoj osebni račun in možnost uporabe glede na zakupljen paket digitalnih storitev. Vse delovne procese lahko kadar koli in kjer koli ter iz katerega koli računalnika vizualiziramo glede na izbrano časovno obdobje.

3.6 Eksploatacijska analiza delovanja silažnega kombajna

Samovozni silažni kombajni so po storilnosti zelo zmogljivi stroji. Pri njihovi uporabi je pomembna celotna logistika. Za sprotno odvažanje silirane krme moramo imeti na voljo dovolj veliko število prikolic. Še bolj pomembno je tudi pravilno in dovolj hitro tlačanje silosa. Slednje pri siliranju krme velikokrat predstavlja »ozko grlo«, zato je za optimalni izkoristek priporočljivo silirati več silosov hkrati ali morda raje poiskati drug način spravila zrezane travniške krme npr. s samonakladalko.

Pri praktičnem delu smo 21. 5. 2021 analizirali delovanje silažnega kombajna John Deere 8500i ob siliranju trave. Analiza delovanja je pokazala, da se je motor silažnega kombajna v prostem teku vrtel s povprečnimi vrtljaji 937 vrt./min. Motor je bil ob tem obremenjen 12,18 %, poraba goriva pa je znašala 5,42 l/h. Dolžina - trajanje prostega teka je odvisna od prej opisane logistike. Če je prostega teka preveč (npr. silažni kombajn čaka na prikolico), je potrebno proces optimizirati. Za cestni transport in efektivno delo – siliranje, so podatki prikazani v preglednici 2.

Preglednica 2: Primer analize nekaterih delovnih parametrov pri transportu po cesti in pri efektivnem siliranju trave z JD 8500i 22. maja 2021

	Efektivno delo – siliranje	Transport po cesti
trajanje dela s strojem (h)	7,00	1,90
porabljeno gorivo (l)	561,37	51,88
povprečni faktor obremenitve motorja (%)	74,78	31,06
povprečni vrtljaji motorja (vrt./min)	1952,55	1418,82
povprečna hitrost vožnje (km/h)	7,31	28,45
povprečna poraba goriva (l/h)	80,22	27,34
povprečna storilnost (ha/h)	5,94	-

4 SKLEPI

Trendi razvoja silažnih kombajnov so povečanje moči motorjev in optimizacija njihove uporabe. Kakovost krme se meri neposredno med rezanjem z NIR analizatorjem. Vsi podatki so geolocirani in dostopni prek telematskih sistemov na pametnem telefonu ali domačem računalniku. Podatki, zbrani s senzorji na sodobnih strojih, so na voljo v realnem času in ob pravilni interpretaciji omogočajo optimalno in pravočasno odločitev tehnologov, serviserjev,

lastnikov. Moramo pa jih pravilno razlagati in tudi uporabljati pri optimizaciji dela na kmetijskem gospodarstvu.

5 LITERATURA

- Böttinger, S. (2015) Feldhäckler – aktuelle Technik und zukünftige Entwicklungen. Mais 42(3): 108 - 111
- Claas (2022) Cemos Auto Performance. <https://www.claas.de/produkte/digitale-loesungen/ceмос/ceмос-jaguar> (28.9.2022)
- DLG Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (2022) Prüfberichte Feldhäckslers. URL: <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/tests/suche-nach-pruefberichten/?page=1&pruefgebiet=2&unterkategorie=86> (28.9.2022)
- Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske (2022) Broj strojeva na poljoprivrednom gospodarstvu, Republika Hrvatska. URL: https://web.dzs.hr/PXWeb/Selection.aspx?px_tableid=PP61.px&px_path=Popis%20poljoprivrede%202020_Poljoprivredni%20strojevi&px_language=hr&px_db=Popis%20poljoprivrede%202020&rxid=a4974e7e-f650-48a1-8e6a-0c3895b8038c (28.9.2022)
- Groher T., Heitkampfer K., Umstätter C. (2020) Stand der Mechanisierung in der Schweizer Landwirtschaft : Teil 1: Pflanzenproduktion. Agroscope Transfer, 351, 2020, 1-123.
- Krone (2022) OptiMaize. URL: <https://landmaschinen.krone.de/english/products/forage-harvester/optimaize/> (28.9.2022)
- Löffler C. (2014) Trends bei der Produktion von Grassilage. Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein. 19. Alpenländisches Expertenforum, 9 – 14
- John Deere (2022) John Deere Technologien für die Präzisionslandwirtschaft <https://www.deere.de/assets/publications/index.html?id=b52d9bb8#1> (28.9.2022)
- New Holland Agriculture (2021) New Holland NutriSense nutrient analysis technology helps farmers make informed decisions to market their crops more profitably. <https://agriculture.newholland.com/eu/en-uk/about-us/whats-on/news-events/2021/nutrisense-nutrient-analysis-technology> (28.9.2022)
- OPSI - Odprti podatki Slovenije (2022) Evidenca registriranih vozil - presek stanja, po letih. 2022. URL: <https://podatki.gov.si/dataset/evidenca-registriranih-vozil-presek-stanja> (28.9.2022)
- Poje, T. (2021) Pametna poljoprivreda na primjeru silažnog kombajna John Deere 8500i. Glasnik zaštite bilja. 44 (6), 60-71.
- Poppa, L., Depenbrock, C. (2021) Halmgutbergung. U: Frerichs, L. ur. Jahrbuch Agrartechnik 2020. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 1-11
- Schramm, F., Poppa, L. (2020) Halmgutbergung. U: Frerichs, L. ur. Jahrbuch Agrartechnik 2019. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 1-12
- Schramm, F., Sümening, F. (2017) Crop Harvesting. U: Frerichs, L. ur. Jahrbuch Agrartechnik 2016. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 1-11
- Schuchmann, G. H. (2021) DLG - Prüfbericht 7222 Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH & Co. KG Krone NIR Control dual Trockenmassebestimmung in Mais. URL: <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/tests/pruefberichte/aussenwirtschaft/test-krone-nir-control-dual> (28.9.2022)
- Statistični urad Republike Slovenije – SURS (2021) Lastna kmetijska mehanizacija in oprema, Slovenija, večletno. URL: <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1516301S.px/> (28.9.2022)
- Zimmer, R., Košutić, S., Zimmer, D. (2009) Poljoprivredna tehnika u ratarstvu. Poljoprivredni fakultet, Sveučilište J. J. Strossmayer, Osijek
- Uredba (EU) št. 167/2013 evropskega parlamenta in sveta z dne 5. februarja 2013 o odobritvi in tržnem nadzoru kmetijskih in gozdarskih vozil. 2013. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0167&from=EN> (28.9.2022)

Uporaba tehnik tarčnega preurejanja genomov v podporo žlahtnjenju

Ester STAJIČ⁹⁷ in Urban KUNEJ⁹⁸

Izvleček

Tehnike tarčnega preurejanja genomov so novo orodje, razvito iz imunskega sistema prokariotov, ki so odprle nove možnosti za žlahtnjenje rastlin. Uporabne so tako za preučevanje funkcij genov, kot tudi za pridobivanje kmetijskih rastlin z izboljšanimi lastnostmi. Nukleaze, ki se pri tem uporabijo, povzročijo spremembe na tarčnem mestu v genomu na natančen in predvidljiv način, zato zamudna povratna križanja za vnos novih lastnosti niso potrebna. V primerjavi z ostalimi tehnikami preurejanja genomov ima sistem CRISPR/Cas9 številne prednosti, saj je bolj učinkovit in enostavnejši za uporabo. Protokol za tarčno preurejanje genomov na osnovi CRISPR/Cas9 smo uspešno razvili tudi pri zelju in njegovo učinkovitost preverili na primeru gena *cenh3*, ki ima potencialne aplikacije pri pridobivanju novih hibridnih sort.

Ključne besede: tarčno preurejanje genomov, žlahtnjenje, CRISPR/Cas9, odpornost, haploidi, CENH3

Application of genome editing techniques to support breeding

Abstract

Genome editing techniques are a new tool developed from the immune system of prokaryotes that have opened new possibilities for plant breeding. They are useful both for studying gene functions and for obtaining crops with improved traits. The nucleases used cause changes at the target site in the genome in a precise and predictable manner, eliminating the need for time-consuming backcrosses to introduce new traits. Compared to other genome editing techniques, the CRISPR/Cas9 system has many advantages because it is more efficient and easier to use. A CRISPR/Cas9-based protocol for genome editing has also been successfully developed for cabbage and its efficacy was tested on the *cenh3* gene, which has potential applications in obtaining new hybrid varieties.

Key words: genome editing, breeding, CRISPR/Cas9, resistance, haploids, CENH3

1 UVOD

Žlahtnjenje rastlin naslavlja številne težave sodobnega kmetijstva, kot so vedno večje potrebe po hrani zaradi naraščajočega prebivalstva, globalno segrevanje, itd. Klasični pristopi žlahtnjenja in izboljšave na področju tehnologije pridelave so pripomogle k povečanju velikosti in kvalitete pridelkov, vendar imajo tudi le-te svoje omejitve pri doseganju željenih ciljev (Ran in sod., 2017, Jaganathan in sod., 2018). Številni mehanizmi odziva rastlin na dejavnike biotskega in abiotskega stresa še niso poznani, prav tako lahko s pristopi žlahtnjenja z izzvanimi mutacijami vnašamo spremembe le na naključnih mestih v genomu (Jaganathan in sod., 2018). Nedavni razvoj tehnik tarčnega preurejanja genomov (angl. genome editing) ponuja priložnost odpravljanja ovir klasičnega žlahtnjenja z možnostjo ustvarjanja sprememb na tarčnih regijah v genomu. Med tehnike tarčnega preurejanja genomov uvrščamo vse pristope, ki temeljijo na uporabi nukleaz, ki prepoznajo specifično DNA zaporedje. Med bolj poznane spadajo ZFN (nukleaze cinkovih prstov, angl. zinc finger nucleases), TALEN (transkripcijskim aktivatorjem podobne efektorske nukleaze, angl. transcriptional activator-like effector nucleases) in CRISPR/Cas9 (gruče enakomerno prekinjenih kratkih palindromnih ponovitev, angl. clustered regularly interspaced short palindromic repeats) (Curtin in sod., 2012; Podevin in sod., 2013; Bortesi in Fischer, 2015). ZFN in TALEN uvrščamo v prvo generacijo nukleaz, ki se uporabljajo za induciranje tarčnih mutacij (Jaganathan in sod., 2018). Njihova slabost je uporaba fuzijskih proteinov za prepoznavo in vezavo na tarčno DNA, ki so težavni za pripravo

⁹⁷ Asist. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, e-pošta: ester.stajic@bf.uni-lj.si

⁹⁸ Asist. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, e-pošta: urban.kunej@bf.uni-lj.si

(Curtin in sod., 2012; Podevin in sod., 2013). V nasprotju pa je druga generacija nukleaz, kamor uvrščamo sistem CRISPR/Cas9, veliko enostavnejša za načrtovanje in uporabo, saj temelji na interakciji RNA-DNA (Bortesi in Fischer, 2015). V prispevku je zato poudarek predvsem na tehnologiji CRISPR/Cas9, od odkritja sistema do primerov uporabe v žlahtnjenju rastlin. Na kratko so povzeti tudi rezultati naše raziskovalne skupine na tem področju.

2 TEHNOLOGIJA CRISPR/Cas9

Odkritje sistema CRISPR/Cas9 sega v leto 1987, ko so Ishino in sod. (1987) v genomu bakterije *Escherichia coli* opazili tandemske ponovitve zaporedij, obdane z neponavljajočimi se odseki DNA. Šele leta 2005 so Mojica in sod. (2005) odkrili, da so te neponavljajoče se sekvence homologne tuji DNA iz plazmidov in fagov. Te skupaj s proteinom Cas9 delujejo kot del prirojenega imunskega sistema. Uporabnost tega sistema za namen spreminjanja genoma na tarčnih mestih so pokazali Jinek in sod. (2012) na celicah sesalcev. Temu so kmalu sledile tudi prve objave pri rastlinah, najprej na modelnih organizmih, nato pa tudi pri pomembnih poljščinah, kot so riž, koruza, pšenica in številne druge (Belhaj in sod. 2013; Jiang in sod., 2013a; Li in sod., 2013; Nekrasov in sod., 2013).

Sistem CRISPR/Cas9, ki se uporablja za tarčno preurejanje genomov, je sestavljen iz dveh komponent: sgRNA (enoverižna vodilna RNA, angl. single guide RNA) in proteina Cas9. Prva zagotavlja tarčnost delovanja, saj se prvih 20 nukleotidov sgRNA ujema z regijo, ki jo želimo spreminjati, protein Cas9 pa po vezavi sgRNA na to regijo v genomu DNA razreže (Podevin in sod., 2013; Bortesi in Fischer, 2015). Dvoverižni prelom DNA, ki pri tem nastane, se lahko popravi po poti združevanja nehomolognih koncev (NHEJ, angl. non-homologous end joining) ali homologne rekombinacije (HR). NHEJ je dominantna pot, ki vodi v manjše insercije ali delecije (indel mutacije), v primeru, da je prisotna donorska sekvenca s homolognimi konci, se lahko po poti HR vstavi celoten gen ali pa pride do manjše spremembe gena (Curtin in sod., 2012; Podevin in sod., 2013; Bortesi in Fischer, 2015).

3 UPORABA PRI RASTLINAH

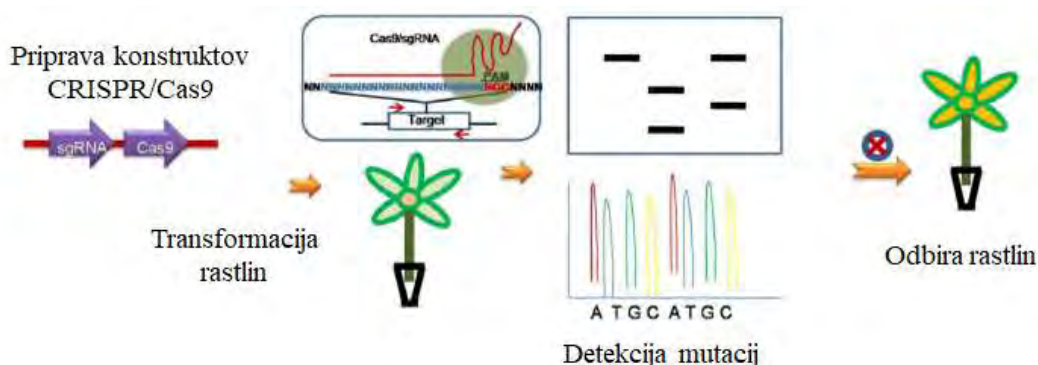
3.1 Postopek

Hiter razvoj tehnik tarčnega preurejanja genoma je privedel do objav številnih protokolov tudi pri rastlinskih vrstah. Te temeljijo na različnih metodah genskih transformacij, s pomočjo katerih se glavni komponenti sistema CRISPR/Cas9 (sgRNA in Cas9) vneseta v rastlinske celice (Bortesi in Fischer, 2015; Zhang in sod., 2016). Najpogostejše sta v obliki plazmidne DNA, ki se jo lahko vnaša z različnimi neposrednimi ali posrednimi načini. Pri posrednih metodah se poslužujemo vektorjev, kot je talna bakterija *Agrobacterium tumefaciens* (*A. t.*), ki na poškodovanih delih rastlinskega tkiva v celice prenese del plazmidne DNA, ki se nato vgradi v rastlinski genom (Gelvin, 2003). V tem primeru (največkrat) govorimo o stabilni vgraditvi konstruktov, ki pa jih je možno v naslednji generaciji izločiti in odbrati samo rastline z induciranimi tarčnimi mutacijami, ki nimajo zapisa za sgRNA in Cas9 (Khatodia, 2016). Postopek z uporabo bakterije *A. t.* je primeren samo za rastline, za katere so že objavljeni uspešni protokoli za transformacijo, kar omejuje uporabo pri številnih rastlinskih vrstah. Sam postopek je tudi dolgotrajen, rastline, ki jih na ta način pridobimo, pa po trenutni evropski zakonodaji uvrščamo med gensko spremenjene (GS) rastline (Direktiva 2001/18/EC).

Hitrejši pristop temelji na prehodnem izražanju ekspresijskih vektorjev CRISPR/Cas9 z infiltracijo *A. t.* (agroinfiltracijo) ali transformacijo protoplastov (Ran in sod., 2017). Slednjo uvrščamo med neposredne metode, pri katerih lahko konstrukte CRISPR/Cas9 vnašamo v obliki plazmidne DNA ali pa kot ribonukleoproteinske (RNP) komplekse, ki so sestavljeni iz

proteina Cas9 in *in vitro* prepisane sgRNA. V tem primeru lahko pridobimo rastline s tarčnimi mutacijami brez vnosa tuje DNA (t.i. 'DNA-free' metoda preurejanja) (Metje-Sprink in sod., 2019).

Pri rastlinah, ki jih pridobimo po transformaciji, je potrebno potrditi nastanek mutacij na tarčnih mestih. Mutacije, inducirane s sistemom CRISPR/Cas9, najpogosteje vključujejo manjše insercije ali delecije. Osrednji pristopi za identifikacijo teh mutacij so PCR-RFLP, endonukleazni T7E1 test in sekvenciranje (Hendel in sod., 2015). Celoten potek tarčnega preurejanja pri rastlinah je predstavljen na sliki 1.



Slika 1: Glavni koraki pri uporabi sistema CRISPR/Cas9 pri rastlinah: priprava konstruktov CRISPR/Cas9 za tarčne regije v genomu, vnos konstruktov v rastlinske celice s transformacijo, potrjevanje nastalih mutacij pri regeneriranih rastlinah in odbira rastlin z željenimi genomskimi spremembami (prirejeno po Khatodia in sod., 2016).

3.2 Aplikacije

Prve objave s področja tarčnega preurejanja genomov pri rastlinah so bile objavljene kot potrditev uporabnosti tehnologije z izbijanjem markerskih genov, kot je gen *pds*, pri katerem mutacije povzročijo pojav albino fenotipa (Li in sod., 2013; Nekrasov in sod., 2013; Shan in sod., 2014; Jia in Wang, 2014). Pogosto so v uporabi tudi geni za odpornost na herbicide ali drugi selekcijski markerski geni, ki omogočajo enostavno selekcijo spremenjenih rastlin. Izmed kmetijsko pomembnih lastnosti, so sistem CRISPR/Cas9 uporabili za povečanje pridelka in razumevanje mehanizmov odpornosti na številne bolezni in različne dejavnike abiotnega stresa, kot sta suša in slanost. Te lastnosti so običajno pod vplivom dveh ali več genov, CRISPR/Cas9 pa lahko pri tem služi kot orodje za vnašanje in preučevanje vpliva mutacij pri preučevanih genih (Jaganathan in sod., 2018).

Pri pridobivanju rastlin, odpornih na škodljivce, so v uporabi različne strategije. Večina temelji na izbijanju občutljivostnih (*S*, angl. susceptible) genov, ki uravnavajo rastlinske mehanizme odpornosti in zavirajo imunski odziv, ter lahko spodbujajo rast patogenov znotraj rastlin. Izbijanje *S* genov se je izkazalo za učinkovito pri pridobivanju rastlin, odpornih na številna virusne in glivične bolezni pri vrstah kot so riž, pšenica in ječmen (Talakayala in sod., 2022).

4 INDUKCIJA HAPLOIDOV

Žlahtnjenje rastlin je običajno dolgotrajen postopek, ki za pridobivanje nove sorte lahko zahteva tudi več deset let. Zato je za pospešitev žlahtniteljskih procesov zaželen razvoj in vključevanje novih metod. Ena izmed najpogosteje uporabljenih biotehnoloških metod pri žlahtnjenju je indukcija haploidov, s katero lahko z uporabo različnih tehnik iz ženskega ali moškega gametofita pridobimo haploidne rastline v eni generaciji. Po podvajanju genoma dobimo

podvojene haploide, ki so homozigotni na vseh lokusih (Murovec in Bohanec, 2012) in jih lahko dalje uporabimo za žlahtnjenje novih hibridnih sort (Rudolf Piliš in sod., 2012). Na ta način se izognemo zamudnemu samoopraševanju (Rudolf Piliš in Bohanec, 2014). Pridobivanje haploidov iz moških gamet (androgeneza) ima številne prednosti, kot je spontano podvajanje kromosomov in enostavnost metode, vendar pa je uspešnost metode v veliki meri odvisna od genotipa (Murovec in Bohanec, 2012), tudi pri zelju (Rudolf in sod., 1999). Pri neodzivnih genotipih je zato potrebno uporabiti alternativne pristope za indukcijo haploidov, kot je uporaba opraševalskih linij, pri katerih pride po opraševanju do izločanja kromosomov opraševalske rastline in nastanka haploidnih potomcev (Murovec in Bohanec, 2012).

Primer pridobivanja haploidov z izločanjem kromosomov preko centromer sta opisala Ravi in Chan (2010) pri navadnem repnjakovcu. Pri tem ima glavno vlogo centromerni protein CENH3 (angl. centromere specific histone H3), ki sodeluje pri ločevanju kromosomov med mejozo in mitozo. Spremembe proteina, ki so bile opisane pri navadnem repnjakovcu (Karimi-Ashtiyani in sod., 2015; Kuppu in sod., 2015; Kuppu in sod., 2020), povzročijo manj učinkovito pripenjanje niti delitvenega vretena na centromere. Pri križanju divjega tipa in mutante se zato kromosomi s spremenjenimi oblikami proteina CENH3 po oploditvi izločijo in nastanejo haploidi (Ravi in Chan, 2010). Izmed objavljenih mutacij proteina CENH3, so za praktično uporabo najbolj obetavne točkovne mutacije v ohranjenem delu proteina, saj je njihov nastanek mogoče inducirati s pristopi izzvane mutageneze ali bolj tarčno s tehnikami preurejanja genomov, kot je CRISPR/Cas9.

Natančne spremembe posameznih nukleotidov je s tehnikami tarčnega preurejanja mogoče doseči s pomočjo popravljanja dvoverižnih prelomov po poti HR. Zaradi prevladovanja popravljanja po poti NHEJ je v rastlinskih celicah učinkovitost HR zelo nizka (Svitashev in sod., 2015; Sauer in sod., 2016), zato je bilo pred kratkim razvito orodje tarčnega preurejanja nukleotidov (TPN; angl. base editing). TPN je orodje, pridobljeno iz CRISPR/Cas9, ki omogoča natančne substitucije nukleotidov. Sestavljeno je iz neaktivne oblike proteina Cas9 (dCas9) ali Cas9 nikaze (nCAs9), spojene z encimom deaminazo, ki povzroči deaminacijo nukleotidov. Uporabljata se dve deaminazi: citozin deaminaza, ki povzroči zamenjavo C-G v T-A, in adenin deaminaza, ki z deaminacijo adenina povzroči tvorbo inozina in kasnejšo substitucijo A-T v G-C (Kim, 2018; Bharat in sod., 2020).

Zaradi velikega potenciala objavljenih mutacij pri proteinu CENH3, smo v okviru doktorske disertacije identificirali gen *cenh3* pri zelju in z uporabo treh različnih pristopov (transformacija protoplastov, agroinfiltracija in stabilna transformacija z *A. t.*) vektorje CRISPR/Cas9 vnašali v celice zelja. S transformacijo protoplastov smo dosegli do 11,95 % in z agroinfiltracijo do 14,42 % induciranih indel mutacij (Stajič in sod., 2019; Stajič, 2020). V okviru podoktorskega projekta 'Optimizacija protokola za CRISPR/Cas9 in tarčno preurejanje nukleotidov pri zelju' (ARRS projekt Z4-3215) želimo dalje preučiti vpliv dejavnikov, kot je zgradba konstruktov CRISPR/Cas9, na učinkovitost mutageneze pri zelju, ter z optimizacijo protokola transformacije protoplastov razviti učinkovit protokol za tarčno preurejanje genoma s pomočjo tehnologije CRISPR/Cas9 pri zelju. Do sedaj pridobljeni rezultati kažejo, da imajo tako promotor za *Cas9*, kot tudi parametri transformacije protoplastov (koncentracija reagenta PEG4000 za transformacijo in čas inkubacije s PEG4000) vpliv na učinkovitost nastalih mutacij. V nadaljevanju projekta želimo tudi inducirati točkovne mutacije v genu *cenh3* s pristopom TPN, ki bi lahko vodile k pridobivanju opraševalskih linij za indukcijo haploidov pri zelju.

5 SKLEP

Tehnike tarčnega preurejanja genomov bodo zaradi velikega potenciala postale nepogrešljivo orodje pri sodobnih programih žlahtnjenja rastlin, saj omogočajo razumevanje genetskega ozadja pomembnih lastnosti in z uporabo metod genskega inženiringa ustvarjanje novih kultivarjev. Za razvoj uspešnega protokola pri rastlinah je ključen učinkovit način vnosa komponent CRISPR/Cas9 in uspešna regeneracija spremenjenih rastlin. V večini primerov je v uporabi stabilna transformacija z bakterijo *A. t.*, pri kateri pridobimo GS rastline. Velik potencial imajo zato transformacije z RNP kompleksi, ki bi se lahko izognile GSO zakonodaji in omogočile praktično uporabo novih izboljšanih rastlin. Združevanje različnih orodij klasičnega žlahtnjenja in biotehnoloških pristopov, kot so tehnike tarčnega preurejanja genomov, bodo v prihodnosti omogočile nove pristope za izboljšanje kmetijsko pomembnih rastlinskih vrst.

Zahvala. Avtorja se za finančno podporo zahvaljujeva Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (podoktorski projekt Z4-3215 in raziskovalni program P4-0077).

6 LITERATURA

- Belhaj, K., Chaparro-Garcia, A., Kamoun, S., Nekrasov, V. 2013. Plant genome editing made easy: targeted mutagenesis in model and crop plants using the CRISPR/Cas system. *Plant Methods*, 9: 39, doi: 10.1186/1746-4811-9-39: 10 str.
- Bharat, S. S., Li, S., Li, J., Yan, L., Xia, L. 2020. Base editing in plants: Current status and challenges. *The Crop Journal*, 8, 384-395.
- Bortesi, L. in Fischer, R. 2015. The CRISPR/Cas9 system for plant genome editing and beyond. *Biotechnology Advances* 33, 41-52.
- Curtin, S. J., Voytas, D. F., Stupar, R. M. 2012. Genome Engineering of Crops with Designer Nucleases. *The Plant Genome* 5, 42-50.
- Direktiva o namernem sproščanju gensko spremenjenih organizmov v okolje. 2001. Direktiva 2001/18/EC.
- Gelvin, S. B. 2003. *Agrobacterium*-mediated plant transformation: the biology behind the “gene-jockeying” tool. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 67: 16-37
- Ishino, Y., Shinagawa, H., Makino, K., Amemura, M., Nakata, A. 1987. Nucleotide sequence of the *iap* gene, responsible for alkaline phosphatase isozyme conversion in *Escherichia coli*, and identification of the gene product. *Journal of Bacteriology*, 169, 12: 5429-5433
- Jaganathan, D., Ramasamy, K., Sellamuthu, G., Jayabalan, S., Venkataraman, G. 2018. CRISPR for crop improvement: an update review. *Frontiers in Plant Science*, 9, 985: 17 str.
- Jiang, W., Zhou, H., Bi, H., Fromm, M., Yang, B., Weeks, D. P. 2013. Demonstration of CRISPR/Cas9/sgRNA-mediated targeted gene modification in *Arabidopsis*, tobacco, sorghum and rice. *Nucleic Acids Research*, 41: e188, doi: 10.1093/nar/gkt780: 12 str.
- Jinek, M., Chylinski, K., Fonfara, I., Hauer, M., Doudna, J. A., Charpentier, E. 2012. A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science* 337, 816-821.
- Karimi-Ashtiyani, R., Ishii, T., Niessen, M., Stein, N., Heckmann, S., Gurushidze, M., Banaei-Moghaddam, A. M., Fuchs, J., Schubert, V., Koch, K., Weiss, O., Demidova, D., Schmidt, K., Kumlehn, J., Houben, A. 2015. Point mutation impairs centromeric CENH3 loading and induces haploid plants. *PNAS*, 112, 11211-11216.
- Khatodia, S., Bhatotia, K., Passricha, N., Khurana, S. M. P., Tuteja, N. 2016. The CRISPR/Cas genome-editing tool: application in improvement of crops. *Frontiers in Plant Science*, 7: 506: doi: 10.3389/fpls.2016.00506: 13 str.
- Kim, J. 2018. Precision genome engineering through adenine and cytosine base editing. *Nature Plants* 4, 148-151.
- Kuppu, S., Tan, E. K., Nguyen, H., Rodgers, A., Comai, L., Chan, S., Britt, A. B. 2015. Point mutations in centromeric histone induce post-zygotic incompatibility and uniparental inheritance. *PLoS Genetics* 11, e1005494.

- Kuppu, S., Ron, M., Marimuthu, M. P. A., Li, G., Huddleson, A., Siddeek, M. H., Terry, J., Buchner, R., Shabek, N., Comai, L., Britt, A. B. 2020. A variety of changes, including CRISPR/Cas9-mediated deletions, in CENH3 lead to haploid induction on outcrossing. *Plant Biotechnol. J.* 18, 2068–2080.
- Li, J. F., Norville, J. E., Aach, J., McCormack, M., Zhang, D., Bush, J., Church, G. M., Sheen, J. 2013. Multiplex and homologous recombination-mediated genome editing in *Arabidopsis* and *Nicotiana benthamiana* using guide RNA and Cas9. *Nature Biotechnology*, 31: 688–691
- Metje-Sprink, J., Menz, J., Modrzejewski, D., Sprink, T. 2019. DNA-free genome editing: past, present and future. *Frontiers in Plant Science* 9, 1957.
- Mojica, F. J., Diez-Villasenor, C., Garcia-Martinez, J., Soria, E. 2005. Intervening sequences of regularly spaced prokaryotic repeats derive from foreign genetic elements. *Journal of Molecular Evolution*, 60: 174–182
- Murovec, J. in Bohanec, B. 2012. Haploids and doubled haploids in plant breeding. V: *Plant breeding*. Abdurakhmonov I. (ur.). Rijeka, InTech, 87–106.
- Nekrasov, V., Staskawicz, B., Weigel, D., Jones, J. D., Kamoun, S. 2013. Targeted mutagenesis in the model plant *Nicotiana benthamiana* using Cas9 RNA-guided endonuclease. *Nature Biotechnology*, 31: 691–693
- Podevin, N., Davies, H. V., Hartung, F., Nogue, F., Casacuberta, J. M. 2013. Site-directed nucleases: a paradigm shift in predictable, knowledge-based plant breeding. *Trends in Biotechnology* 31, 375–383.
- Ran, Y., Liang, Z., Gao, C. 2017. Current and future editing reagent delivery systems for plant genome editing. *Science China, Life Science* 60, 490–505.
- Ravi, M. in Chan, S. 2010. Haploid plants produced by centromere-mediated genome elimination. *Nature Letters* 464, 615–619.
- Rudolf, K., Bohanec, B., Hansen M. 1999. Microspore culture of white cabbage, *Brassica oleracea* var. *capitata* L.: Genetic improvement of non-responsive cultivars and effect of genome doubling agents. *Plant Breeding* 188, 237–241.
- Rudolf-Pilih, K., Bohanec, B., Šuštar Vozlič, J. 2012. Genska banka zelja in žlahtnjenje hibridnih sort (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. f. *alba*). *Acta agriculturae Slovenica* 3, 387–391.
- Rudolf Pilih, K. in Bohanec, B. 2014. Pomen samoinkompatibilnosti in citoplazemske moške sterilnosti pri pridobivanju hibridnih sort zelja (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). V: *Zbornik izvečkov: Prenos inovacij, znanja in izkušenj v vsakdanjo rabo. 3. konferenca z mednarodno udeležbo, konferenca VIVUS, Naklo, 14. – 15. november 2014*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, 55–59.
- Sauer, N. J., Narvaez-Vasquez, J., Mozoruk, J., Miller, R. B., Warburg, Z. J., Woodward, M. J. 2016. Oligonucleotide-mediated genome editing provides precision and function to engineered nucleases and antibiotics in plants. *Plant Physiology* 17, 1917–1928.
- Shan, Q., Wang, Y., Li, J., Gao, C. 2014. Genome editing in rice and wheat using the CRISPR/Cas system. *Nat Protoc* 9, 2395–2410.
- Stajič, E., Kielkowska, A., Murovec, J., Bohanec, B. 2019. Deep sequencing analysis of CRISPR/Cas9 induced mutations by two delivery methods in target model genes and the CENH3 region of red cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*). *Plant Cell Tiss Organ Cult* 139, 227–235.
- Stajič, E. 2020. Tarčno preurejanje gena za centromerni protein CENH3 pri zelju (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) s tehnologijo CRISPR/Cas9. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta
- Svitashev, S., Young, J. K., Schwartz, C., Gao, H., Falco, S. C., Cigan, A. M. 2015. Targeted mutagenesis, precise gene editing, and site-specific gene insertion in maize using Cas9 and guide RNA. *Plant Physiology*, 169, 931–945.
- Talakayala, A., Ankanagari, S., Garladinne, M. 2022. CRISPR-Cas genome editing system: A versatile tool for developing disease resistant crops. *Plant Stress*, 3, 100056
- Zhang, D., Li, Z., Li, J. 2016. Targeted gene manipulation in plants using the CRISPR/Cas technology. *Journal of Genetics and Genomics*, 43, 5: 251–262

Pregled, inventarizacija in monitoring rastlinskih genskih virov za prehrano in kmetijstvo, ki se ohranjajo *in situ* na kmetijskih gospodarstvih

Jelka ŠUŠTAR VOZLIČ⁹⁹, Zlata LUTHAR¹⁰⁰, Gregor OSTERC¹⁰¹, Valentina USENIK¹⁰², Janko VERBIČ¹⁰³, Dea BARIČEVIČ¹⁰⁴, Stanko VRŠIČ¹⁰⁵, Anastazija JEŽ KREBELJ¹⁰⁶, Nataša FERANT¹⁰⁷, Igor ŠANTAVEC¹⁰⁸, Kristina UGRINOVIC¹⁰⁹, Katja ŠUKLJE ANTALICK¹¹⁰, Andrej ZEMLJIČ¹¹¹ in Branko LUKAČ¹¹²

Izvleček

Rastlinski genski viri za prehrano in kmetijstvo predstavljajo osnovni vir raznolikosti za vzgojo novih sort kmetijskih rastlin, prilagojenih spreminjajočim razmeram v okolju in potrebam potrošnika. Poseben pomen imajo stare lokalne sorte in populacije gojenih rastlin, ki so prilagojene na razmere določenega pridelovalnega območja, vendar jim zaradi različnih vplivov okolja, rasti prebivalstva in sprememb kmetijske prakse grozi genska erozija. V Sloveniji ima zbiranje in ohranjanje rastlinskih genskih virov dolgoletno tradicijo. Od leta 2018 za njihovo ohranjanje in trajnostno rabo skrbimo v okviru Javne službe nalog rastlinske genske banke. Sistematičen pregled, inventarizacija in monitoring ohranjanja rastlinskih genskih virov na kmetijah v Sloveniji pa do sedaj še niso bili narejeni. Predstavljeni so rezultati ohranjanja rastlinskih genskih virov *in situ* na kmetijskih gospodarstvih, ki smo jih pridobili na osnovi sistematičnega pregleda in izvedbe pilotnih monitoringov lokalnih populacij in sort poljščin, krmnih rastlin, vrtnin, zdravilnih in aromatičnih rastlin in vinske trte na treh izbranih območjih ter monitoringa lokalnih sort jabolane in hruške na nivoju cele države. Ugotovili smo, da število pridelovalcev starih lokalnih sort upada, zato smo pripravili nabor opozorilnih sistemov pred izgubo rastlinskih genskih virov.

Ključne besede: rastlinski genski viri, ohranjanje na kmetijah, tradicionalna uporaba, trajnostna raba

Survey, inventarization and monitoring of plant genetic resources for food and agriculture maintained on-farm in Slovenia

Abstract

Plant genetic resources for food and agriculture are the foundation of diversity for breeding new crop varieties and for ensuring sustainable crop production. Of special importance are landraces, old local varieties and other heterogeneous material that are adapted to specific cultivation areas, but due to various environmental influences, population growth and the abandonment of the traditional way of farming they are in danger of disappearing. In Slovenia, collection and conservation of plant genetic resources have long tradition. Since 2018 conservation and sustainable use are ensured through

⁹⁹ Izr. prof., dr., Kmetijski inštitut Slovenije (KIS), e-pošta: jelka.vozlic@kis.si

¹⁰⁰ Prof. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta (UL BF), e-pošta: zlata.luthar@bf.uni-lj.si

¹⁰¹ Prof. dr., UL BF, e-pošta: gregor.osterc@bf.uni-lj.si

¹⁰² Prof., dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: valentina.usenik@bf.uni-lj.si

¹⁰³ Univ. dipl. ing. agr., KIS, e-pošta: janko.verbic@kis.si

¹⁰⁴ Prof., dr., UL BF, e-pošta: dea.baricevic@bf.uni-lj.si

¹⁰⁵ Prof., dr., Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Univerza v Mariboru, e-pošta: stanko.vrsic@um.si

¹⁰⁶ Dr., KIS, e-pošta: anastazija.jezkrebeldj@kis.si

¹⁰⁷ Mag., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: natasa.ferant@ihps.si

¹⁰⁸ Dr., UL BF, e-pošta: igor.santavec@bf.uni-lj.si

¹⁰⁹ Dr., KIS, e-pošta: kristina.ugrinovic@kis.si

¹¹⁰ Izr. prof. dr., KIS, e-pošta: katja.sukljeantalick@kis.si

¹¹¹ Univ. dipl. ing. agr., KIS, e-pošta: andrej.zemljic@kis.si

¹¹² Dr., KIS, e-pošta: branko.lukac@kis.si

the Public Service for Plant Genetic Resources; however, a systematic survey, inventory, and monitoring of *in situ* and on-farm conservation have not been performed yet. With the aim to identify areas and/or farms where old varieties and landraces are still cultivated a systematic survey and monitoring were performed. For apple and pear, monitoring was conducted on the entire territory of Slovenia, whereas for fodder crops, cereals, vegetables, medicinal and aromatic plants, and grapevine monitoring was performed in three selected areas. The results indicate that there are less and less farmers who still cultivate old varieties. A set of warning systems has been proposed to prevent genetic erosion.

Key words: plant genetic resources, on-farm conservation, traditional use, sustainable production

1 UVOD

Rastlinski genski viri (RGV) za prehrano in kmetijstvo predstavljajo osnovo za zagotavljanje prehranske varnosti v svetu, ohranjanje biotske raznovrstnosti in trajnostno kmetijstvo. Raznoliki genski viri predstavljajo tudi osnovo za žlahtnjenje novih sort kmetijskih rastlin, prilagojenih na spreminjajoče okoljske razmere in potrebe potrošnikov. Poseben pomen imajo stare lokalne sorte in populacije gojenih rastlin, ki so prilagojene na razmere določenega pridelovalnega območja, vendar jim zaradi različnih vplivov okolja, naraščanja prebivalstva in opuščanja tradicionalnega načina kmetovanja in nepremišljenih posegov v naravo grozi genska erozija (Thormann in Engels, 2015; Khoury in sod., 2022). Pred izgubo jih ohranjamo v genskih bankah (*ex situ*), *in situ* v naravi in na kmetijah. K ohranjanju RGV nas zavezujejo številni mednarodni dokumenti in sporazumi (ITPGRFA, 2001; FAO, 2012; ECPGR, 2021), ki jih je ratificirala oziroma jih upošteva tudi Slovenija (Zakon ..., 2005).

V Sloveniji ima ohranjanje in uporaba RGV dolgoletno tradicijo. Njihovo zbiranje se je začelo že v sredini preteklega stoletja, v veliki meri za potrebe žlahtnjenja rastlin. Od leta 2018 ohranjanje in trajnostno rabo RGV izvajamo v okviru Javne službe nalog rastlinske genske banke (Uredba ..., 2017; Zakon..., 2022).

Predpogoj za oceno stopnje genske erozije je informacija o stanju RGV *in situ* (Thormann in Engels, 2015), tako na naravnih rastiščih kot na kmetijah. V okviru FAO deluje informacijski opozorilni sistem za RGV - WIEWS (World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture) (FAO, 2020), ki predstavlja osnovo za periodično pripravo pregleda stanja ohranjanja in uporabe RGV, ki je pripravljen na osnovi podatkov in informacij iz posameznih držav in je vezan na cilje drugega globalnega akcijskega načrta za rastlinske genske vire (FAO, 2012). Za razvoj opozorilnih sistemov je potrebno poznati indikatorje genske erozije, ki so lahko lokalno in vrstno specifični (Brown in Hodgkin, 2015; Thorman in Engels, 2015).

V prispevku so predstavljeni rezultati sistematičnega pregleda, inventarizacije in monitoringa ohranjanja RGV *in situ* na kmetijskih gospodarstvih v Sloveniji, ki smo ga izvajali v obdobju 2020-2022. Pregledali in popisali smo stanje gojenja lokalnih populacij in opuščenih sort poljščin, krmnih rastlin, vrtnin, zdravilnih in aromatičnih rastlin ter vinske trte na terenu na treh izbranih lokacijah na nivoju vasi in/ali občin. Za sadne rastline (jablana in hruška) smo popis delali na nivoju cele države. Podan je tudi nabor opozorilnih sistemov pred izgubo RGV.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 Pregled in popis stanja RGV *in situ* na kmetijskih gospodarstvih

Z namenom priprave pregleda vrst, lokalnih sort in populacij, ki so se na kmetijah pridelovale v preteklosti in načina njihove tradicionalne rabe, smo pregledali številne pisne vire (stari zapiski, glasila, revije), Register kmetijskih gospodarstev (RKG) in druge javno dostopne baze podatkov. Izvedli smo anketo o pridelavi starih sort in ob pomoči Kmetijsko gozdarske zbornice

Slovenije - Sektorja za kmetijsko svetovanje ter Javne službe kmetijskega svetovanja pridobili podatke s terena. Na osnovi rezultatov smo pripravili pregled območij in kmetij ter ostalih fizičnih in pravnih oseb, ki še hranijo oziroma so ali še pridelujejo stare redke vrste oziroma opuščene lokalne sorte in lokalne populacije poljščin, krmnih rastlin, vrtnin, zdravilnih in aromatičnih rastlin, sadnih rastlin in vinske trte.

2.2 Izdelava modelov monitoringa

Na osnovi anketnih odgovorov in pridobljenih rezultatov s terena smo izdelali dva modela monitoringa RGV na kmetijskih gospodarstvih (KMG) v Sloveniji, in sicer: 1) model monitoringa lokalnih, zlasti opuščanih sort ter populacij jablane in hruške na ravni države, ki vključuje pridelovalna območja, primerna za gojenje sadnih rastlin ter 2) model monitoringa vsega avtohtonega genskega materiala oziroma RGV za prehrano in kmetijstvo na KMG na manjšem območju (vas, občina).

2.3 Izvedba pilotnih monitoringov

Pri izvedbi monitoringa jablane in hruške na nivoju celotne Slovenije smo se povezali s posamezniki, ki v določeni regiji natančneje poznajo problematiko pridelave lokalnih starih sort. S pomočjo njihovih informacij ter na osnovi pridobljenih informacij o posamezni regiji smo določili območja za izvedbo monitoringa. Znotraj teh območij smo obiskali posamezne kmetije in ljudi, ki se ukvarjajo s starimi sortami, v posameznih primerih pa smo teren pregledali brez lokalnih sodelavcev (npr. Kočevska, kjer so vasi porušene in so sadne rastline že del gozda ali travnikov).

Pri modelu enoletnega pilotnega monitoringa vsega avtohtonega genskega materiala na nivoju občine oz. vasi smo na podlagi predhodnih rezultatov izbrali tri geografsko različna območja z manjšo poseljenostjo, manj intenzivnim in predvsem raznolikim kmetijstvom (primernejšim za ekstenzivno pridelavo posameznih RGV), ki se razlikujejo glede talno-klimatskih značilnosti in prisotnosti različnih vrst kmetijskih rastlin, in sicer: i) Zgornje Posočje (prevladujejo krmne rastline, vrtnine, zdravilne in aromatične rastline); ii) Haloze (prevladujejo poljščine, krmne rastline, vrtnine, vinska trta, zdravilne in aromatične rastline) in iii) Slovenske gorice (značilna je večja pestrost rastlinskih vrst).

2.4 Izdelava opozorilnih sistemov pred izgubo RGV

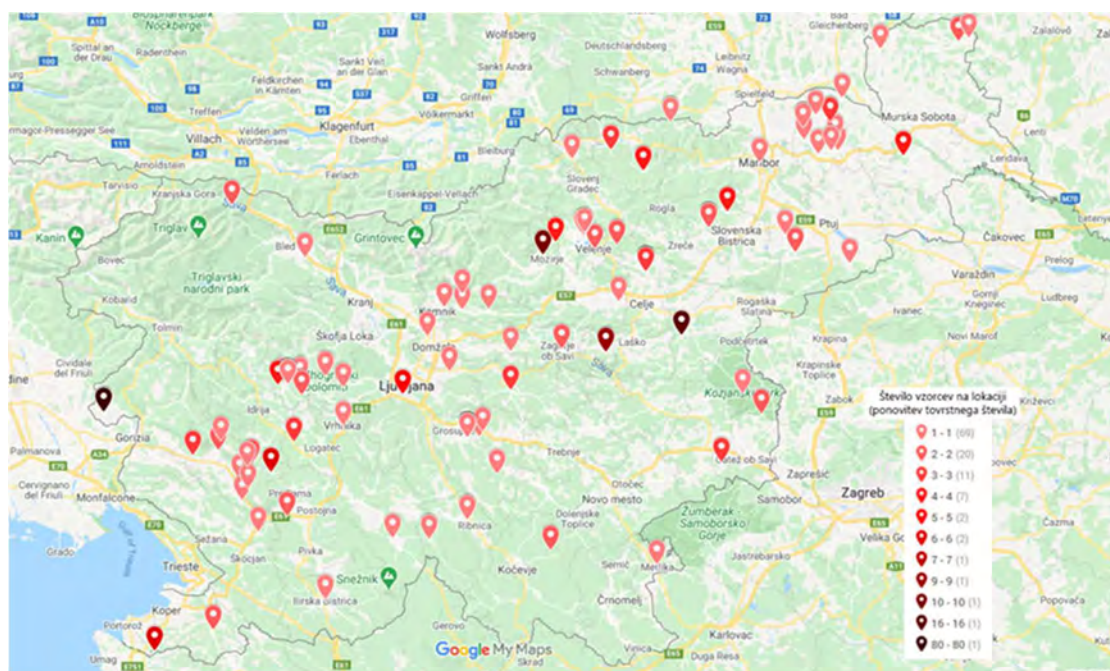
Na osnovi pridobljenih podatkov in pregledane literature, rezultatov anket, ogledov na terenu ter opravljenih intervjujev smo pripravili predloge opozorilnih sistemov pred izgubo RGV, ki se na proučevanih območjih še pridelujejo oziroma hranijo.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Pregled in popis stanja RGV *in situ* na kmetijskih gospodarstvih

Na osnovi obsežnega pregleda o stanju RGV smo ugotovili, da se je v Sloveniji ohranil le del RGV in/ali lokalnih sort ter populacij kmetijsko pomembnih rastlinskih vrst, ki so se pridelovali v preteklosti. Del se jih hrani v slovenski rastlinski genski banki, nekaj v zasebnih zbirkah, v sklopu regijskih parkov in botaničnih vrtov. Pri pregledu tujih baz podatkov (preko spletnega EURISCO kataloga), pa smo ugotovili, da je del genskih virov, ki izvirajo iz Slovenije, shranjen tudi v nekaterih tujih genskih bankah (npr. 103 GV koruze se hrani v srbski genski banki, Zemun Polje; RGV solate, ki izvirajo iz Slovenije, hranijo genske banke v Nemčiji, na Češkem in Nizozemskem). Relativno majhen delež se še ohranja s pridelovanjem na kmetijah (npr. Bela Krajina, Gorenjska), prav tako se ohranjajo še nekateri primeri tradicionalne rabe (primer

koruze bohinske trdinke, zaloškega zelja). Na sliki 1 je prikazan pregled območij v Sloveniji, kjer še pridelujejo stare sorte kmetijskih rastlin.



Slika 1: Razporeditev (število) odgovorov o pridelavi starih sort, pridobljenih na osnovi spletne in pisne ankete (Šuštar Vozlič in sod., 2020)

Za posamezne skupine rastlin smo pripravili tudi pregleden seznam vrst, lokalnih sort in populacij, ki so se na kmetijah pridelovale v preteklosti in so se opustile oziroma se danes manj uporabljajo v kmetijski pridelavi. Kjer je bil na razpolago opis, smo ga dodali ter dokumentirali tradicionalno uporabo, način in območje pridelave.

3.2 Enoletni pilotni monitoring rastlinskih genskih virov v Sloveniji

3.2.1 Enoletni pilotni monitoring lokalnih sort in populacij jablane in hruške

Rezultati glede stanja starih sort v Sloveniji se med jablano in hruško precej razlikujejo. Pri jablani smo na terenu odkrili 545 starih sort in če zraven prištejemo še 7 sort, ki so jih ljudje dodatno sporočili v okviru anket, lahko ugotovimo, da še razpolagamo s 552 različnimi starimi sortami oz. s 552 različnimi imeni sort. Poudariti je potrebno, da je v okviru teh pri jablani zagotovo veliko sinonimov in homonimov, kar vsekakor nakazuje, da bo tu izjemno pomembno tudi nadaljnje delo, ki bi moralo biti med drugim usmerjeno v razjasnitev te problematike. Od sort jablane, ki so bile leta 1915 predstavljene v časopisu Slovenski sadjar kot 'bolj znana jabolka', jih v travniških sadovnjakih ali v kolekcijah raste še 58 %.

Zbrani podatki kažejo, da je trenutno stanje glede hranjenja posameznih genotipov pri jablani delno urejeno. Manjši delež teh sort je ohranjen v genski banki, večji del sort pa se je ohranil zaradi posameznikov (ki so večinoma starejši) ali društev, ki ohranjajo sorte zgolj zaradi lastnega prepričanja o pomenu teh sort za razvoj narodove kulture. Prav tako smo ugotovili, da

je velika večina dreves ohranjenih sort v travniških sadovnjakih že zelo starih, kar vse kaže na to, da so trenutno ohranjene sorte pri jablani pred veliko nevarnostjo izgube.

Na osnovi izvedenega monitoringa pri hruški smo ugotovili, da je pri hruški ohranjenih precej manj genskih virov kot pri jablani. Prav tako smo ugotovili, da je veliko ohranjenega materiala pri hruški omejeno na eno lokacijo, kar pomeni, da nimamo dvojnikov in če se na tem mestu kaj nepredvidljivega zgodi, izgubimo vse. Na terenu smo našli 160 sort hruške, ki spadajo v dve skupini: žlahtna hruška (*Pyrus communis* L.) ter moštnice (*Pyrus* L. spp.), poleg teh pa s pomočjo anketiranja še dodatnih 10 ('Trnovka', 'Podpapirnica', 'Maura', 'Lušprna', 'Drobnica', 'Kumlanka', 'Ječmenka', 'Močnica', 'Kumšča', 'Japkasta mala').

Rezultati in ugotovitve kažejo, da je nevarnost pred gensko erozijo pri jablani in hruški zelo velika, še posebej, če ne bomo na nivoju države takoj in učinkovito ukrepali.

3.2.2 Enoletni pilotni monitoring vseh rastlinskih genskih virov

Za izvedbo pilotnega monitoringa vsega avtohtonega genskega materiala oziroma RGV za prehrano in kmetijstvo na KMG na manjšem območju (občina, vas) smo izbrali tri geografsko različna območja z manj intenzivnim in predvsem raznolikim kmetijstvom, od živinoreje do vinogradništva, ki se razlikujejo po poseljenosti, talno-klimatskih značilnostih in prisotnosti različnih vrst kmetijskih rastlin. Vsa tri območja so bila namensko izbrana, ker smo glede na geografsko lego, ki ne omogoča intenzivne pridelave, pričakovali, da bomo za vse izbrane RGV še našli pridelovalce, ki se ukvarjajo s pridelavo tipičnih lokalnih RGV (populacij, starih sort). Ugotovili smo, da na območjih, kjer poteka intenzivna pridelava, ni več pričakovati, da bi našli stare, lokalne sorte oziroma RGV. V okviru izvedbe monitoringa vseh RGV na izbranih treh območjih smo ugotovili, da so nekatera obravnavana območja, predvsem Zgornje Posočje in Haloze, zaradi specifičnih klimatskih razmer, oddaljenosti in naravne izoliranosti (Zgornje Posočje), kljub hitremu izginjanju starih sort še vedno zanimiva za raziskovanje in nabiranje genskih virov. Ker pridelava starih sort sloni pretežno na starejših ljudeh, je opazen velik trend zmanjševanja pridelave, zato bi bilo potrebno stare sorte in RGV vseh vrst in/ali skupin rastlin, ki še obstajajo na terenu in jim grozi genska erozija, čim prej pridobiti, vključiti v zbirke RGV, ki jih hranimo v okviru JSRGB in varno shraniti tudi za prihodnje rodove.

Zlasti v povojnem obdobju, v času intenzivnih obnov vinogradov, se je zaradi novega sadilnega materiala kot tudi introdukcije novih tujih sort iz zahodnih evropskih držav, število lokalnih sort vinske trte drastično zmanjšalo. Zaradi globalizacije vinskega trga se zmanjšuje genetska raznolikost vinske trte, kar se odraža v le nekaj svetovno poznanih sortah in v izginotju starih lokalno prepoznavnih sort, za katere pa smo v okviru monitoringa ugotovili, da na terenu še obstajajo in bi jih bilo nujno potrebno ohraniti.

V izbranih geografskih območjih smo zasledili še veliko neokrnjenih samoniklih rastišč zdravilnih in aromatičnih rastlin ter krmnih rastlin, ki jih prebivalci s pridom izkoriščajo in tako ohranjajo naravne habitate.

3.4 Nabor opozorilnih sistemov pred izgubo RGV

Na osnovi pridobljenih rezultatov izvedenih monitoringov smo pripravili predlog opozorilnih sistemov pred izgubo RGV v slovenskem prostoru, ki vključuje naslednje: i) celovito ozaveščanje o pomenu ohranjanja RGV, njihove trajnostne rabe in preprečevanju genske erozije (lastnikov, ki imajo dragocene genske vire, pridelovalcev, splošne javnosti) preko različnih medijev, tiskanih gradiv, izvedbe delavnic in promocijskih aktivnosti; ii) vključitev občin in območij (kjer je bilo v okviru monitoringa ugotovljeno, da na terenu še obstajajo stare sorte), v pridobivanje informacij o pridelavi starih sort, organizirati njihovo zbiranje in vključitev v zbirke JSRGB; iii) vzpostavitev ohranjanja genskih virov na kmetijah; iv) spodbujanje mlajše

in srednje generacije za ohranjanje, pridelavo in trženje lokalnih RGV; v) vzpostavitev ohranjanja zdravilnih in aromatičnih rastlin ter krmnih rastlin na naravnih rastiščih (*in situ*); vi) spodbujanje raziskav za študije ogroženosti RGV in genske erozije.

Pri jablani in predvsem pri hruški je potrebno nemudoma sprejeti določene nujne ukrepe, če ne želimo sort, ki jih še imamo, dokončno izgubiti: i) vzpostaviti kontakt pristojnih državnih služb s posamezniki, ki ohranjajo stare sorte, da se ne bi čutili zapostavljene; ii) finančno podpreti vzdrževanje zasebnih kolekcij starih sort; izobraževati o pomenu ohranjanja starih sort; iii) s pomološkimi in genetskimi analizami in s pomočjo strokovne literature razjasniti sinonime in homonime; iv) izvesti cepljenje zbranih starih sort in jih vključiti v varno hranjenje.

4 SKLEPI

Na osnovi rezultatov pilotnega monitoringa, ki smo ga za jablano in hruško izvedli na nivoju celotne države, smo dobili vpogled, katere stare sorte so se v Sloveniji še ohranile. Ugotovili smo:

- da je velik del starih sort zbran v zasebnih kolekcijah, ki pa so zelo ogrožene, saj so njihovi lastniki predvsem ostareli (večina je starejša od 80 let), zato je tu nevarnost genske erozije največja,
- da je stopnja ohranjenosti starih sort pri jablani veliko večja kot pri hruški, kar pa ne pomeni, da je jablana z vidika genske erozije manj ogrožena,
- da je pri jablani potrebno določiti, katere sorte so najbolj ogrožene in čimprej zagotoviti njihovo varno hranjenje,
- da smo pri hruški žal izgubili že veliko sort (predvsem tiste, ki izhajajo iz skupine žlahtne hruške),
- da so sorte hruške, ki so še ohranjene, večinoma hranjene zgolj na enem mestu in še to pretežno v zasebnih kolekcijah, za katere pa smo ugotovili, da so zelo ogrožene.

Z namenom ohranitve starih sort jablan in hrušk smo pripravili celovit nabor ukrepov, ki jih je nujno potrebno sprejeti pred dokončno izgubo tega dragocenega materiala.

V sklopu izvedbe monitoringa vseh RGV na treh izbranih območjih smo ugotovili:

- da so nekatera obravnavana območja, predvsem Zgornje Posočje in Haloze, zaradi specifičnih klimatskih razmer, oddaljenosti in naravne izoliranosti (Zgornje Posočje), kljub hitremu izginjanju starih sort še vedno zanimiva za raziskovanje in nabiranje genskih virov,
- da pridelava starih sort sloni pretežno na starejših ljudeh, zato je opazen velik trend zmanjševanja pridelave.

Zato bi bilo nujno potrebno: i) izvesti monitoring vseh RGV še na drugih območjih v Sloveniji, ii) čim prej pridobiti stare sorte in RGV vseh vrst in/ali skupin rastlin, ki še obstajajo na terenu in jim grozi genska erozija, ter jih vključiti v zbirke RGV, ki jih hranimo v okviru JSRGB in tako varno shraniti tudi za prihodnje rodove, iii) izvesti monitoring zdravilnih in aromatičnih rastlin ter krmnih rastlin na naravnih rastiščih (*in situ*) in iv) vzpostaviti privlačen sistem ohranjanja RGV na kmetijah tudi za mlajšo populacijo in tako zagotoviti njihovo trajnostno uporabo.

Zahvala. Rezultati, predstavljeni v prispevku, so bili pridobljeni v okviru projektne naloge "Pregled, inventarizacija in monitoring rastlinskih genskih virov, ki so pomembni za prehrano in kmetijstvo in se ohranjajo *in situ* na kmetijskih gospodarstvih", sofinancirane iz Evropskega kmetijskega sklada za razvoj podeželja in Programa razvoja podeželja RS 2014 – 2020 (Podukrep M10.2 – Podpora za ohranjanje, trajnostno rabo in razvoj genskih virov v kmetijstvu, številka 430-127/2018). Za pomoč pri pridobivanju informacij se zahvaljujemo Kmetijsko

gozdarski zbornici Slovenije – Sektorju za kmetijsko svetovanje, Javni službi kmetijskega svetovanja in svetovalcem na terenu ter številnim posameznikom in društvom, ki so prijazno omogočili obisk oziroma na kakršenkoli drug način posredovali informacijo o pridelavi starih sort na kmetijah.

5 LITERATURA

- Brown A.H.D., Hodgkin T. 2015. Indicators of genetic diversity, genetic erosion and genetic vulnerability for plant genetic resources. V: Genetic Diversity and Erosion in Plants - Indicators and prevention. Ahuja M.R., Mohan Jain S. (ur.). Switzerland, Springer International Publishing: 25-53
- ECPGR (2021) Plant Genetic Resources Strategy for Europe. European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources, Rome, Italy: 91 str.
- FAO 2012. Second global plan of action for plant genetic resources for food and agriculture. Rome, FAO: 96 str.
- FAO 2020. WIEWS - World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. <http://www.fao.org/wiews/en/> (10. nov. 2022)
- ITPGRFA. 2001. International treaty on plant genetic resources for food and agriculture. <https://www.fao.org/plant-treaty/en/> (10. nov. 2022)
- Khoury C.K., Brush S., Costich D.E. in sod. 2022. Crop genetic erosion: understanding and responding to loss of crop diversity. *New Phytologist*, 233: 84–118
- Šuštar Vozlič J, Luthar Z, Osterc G Verbič J., Baričevič D., Jež Krebelj A., Šantavec I., Usenik V., Ugrinović K., Zemljich A., Vrščič S., Ferant N., Lukač B., Muzica L. 2020. Pregled, inventarizacija in monitoring rastlinskih genskih virov, ki so pomembni za prehrano in kmetijstvo in se ohranjajo *in situ* na kmetijskih gospodarstvih. Poročilo o izvedeni storitvi: 1. faza. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije, 1 zv. (loč. pag.)
- Uredba o javni službi nalog rastlinske genske banke. 2017. Ur. l. RS št. 60/17
- Thormann I., Engles J.M.M. 2015. Genetic diversity and Erosion – A global perspective. V: Genetic Diversity and Erosion in Plants - Indicators and prevention. Ahuja M.R., Mohan Jain S. (ur.). Switzerland, Springer International Publishing: 263-294
- Zakon o kmetijstvu, neuradno prečiščeno besedilo št. 9. Pravno informacijski sistem Republike Slovenije. <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO4716> (10. nov. 2022)
- Zakon o ratifikaciji Mednarodne pogodbe o rastlinskih genskih virih za prehrano in kmetijstvo. 2005. Ur. l. RS, št. 18/05

Učinkovitost uporabe hladne plazme na zmanjšanje vsebnosti mikotoksinov na koruznem zrnju

Aleš KOLMANIČ¹¹³, Simon OGRAJŠEK¹¹⁴, Breda JAKOVAC STRAJN¹¹⁵, Gabrijela TAVČAR KALCHER¹¹⁶, Janja BABIČ¹¹⁷, Pia STARIČ¹¹⁸, Matic RESNIK¹¹⁹ in Ita JUNKAR¹²⁰

Izvleček

Mikotoksini so raznolika skupina sekundarnih metabolitov, katerih zauživanje lahko povzroči številne akutne ali kronične zdravstvene težave. Uporaba hladne plazme predstavlja možnost zmanjšanja vsebnosti mikotoksinov v živilih z zanemarljivim vplivom na kakovost obdelanih živil. V naši raziskavi smo vlažno koruzno zrnje skladiščili v pogojih, ki so ugaljali razvoju gliv in tvorbi njihovih mikotoksinov. Na zrnju so bili v različnih koncentracijah prisotni mikotoksini deoksinivalenol (DON), 15-acetil deoksinivalenol (15-AcDON), 3-acetil deoksinivalenol (3-AcDON), deoksinivalenol 3-β-d-glukozid (DON-3G), toksin HT-2, toksin T-2, zearalenon (ZEA), fumonizin B1 (FB1), fumonizin B2 (FB2) ter aflatoxin B1 (AFB1). Zrnje smo izpostavili visokofrekvenčni induktivno sklopljeni plazmi s kisikom kot nosilcem pri različnih parametrih električne napetosti in moči in časa obdelave. Rezultati kažejo, da je v povprečju obdelava s plazmo zmanjšala skupno vsebnost mikotoksinov za 21 %, postopek 1, ki je bil najučinkovitejši, pa za 31 %. Značilne razlike v vsebnosti mikotoksinov med postopki smo zaznali pri ZEA ter AFL-B1, vsebnosti DON, HT-2, FUM-B1, FUM-B2 in DON-3G pa so se opazno zmanjšale a brez značilnih razlik med postopki. Pri večini mikotoksinov je daljši čas obdelave z manjšo močjo razgradil več mikotoksinov kot obdelava z večjo močjo za krajši čas.

Ključne besede: mikotoksini, hladna plazma, razstrupljanje, nastajajoče tehnologije

Efficacy of cold plasma at reducing mycotoxin content on maize grains

Abstract

Mycotoxins are a diverse group of secondary metabolites that can cause several acute or chronic health problems. The use of cold plasma is an alternative option for reducing the content of mycotoxins in foods with only a minor impact on the quality of processed foods. In our study, moist maize grains were placed in conditions that favored the development of fungi and the formation of their mycotoxins. Mycotoxins found on grains at different concentrations were deoxynivalenol (DON), 15-acetyl deoxynivalenol (15-AcDON), 3-acetyl deoxynivalenol (3-AcDON), deoxynivalenol 3-β-d-glucoside (DON-3G), HT-2 toxin, T-2 toxin, zearalenone (ZEA), fumonisin B1 (FB1), fumonisin B2 (FB2) and aflatoxin B1 (AFB1). The grains were treated with a high-frequency inductively coupled plasma with oxygen as a carrier at different settings of electric potential and power, and treatment time. The results showed that, on average, plasma treatment reduced total mycotoxin content by 21% and procedure 1, which was the most effective, by 31%. Significant differences in the contents of mycotoxins between the plasma treatments were observed for the mycotoxins ZEA and AFL-B1. The contents of the toxins DON, HT-2, FUM-B1, FUM-B2, and DON-3G decreased noticeably after the plasma treatments, however, without significant differences between treatments. For most mycotoxins, a longer treatment time at a lower power degraded more mycotoxins than a higher power treatment at a shorter time.

Key words: mycotoxins, cold plasma, detoxification, emerging technologies

¹¹³ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: ales.kolmanic@kis.si

¹¹⁴ Mag. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: simon.ograjsek@kis.si

¹¹⁵ Dr., Veterinarska fakulteta, e-pošta: breda.jakovacstrajn@vf.uni-lj.si

¹¹⁶ Dr., Veterinarska fakulteta, e-pošta: gabrijela.tavcarkalcher@vf.uni-lj.si

¹¹⁷ Dr., Veterinarska fakulteta, e-pošta: janja.babic@vf.uni-lj.si

¹¹⁸ Mag. mol. funk. bio., Institut Jožef Štefan, e-pošta: pia.staric@ijs.si

¹¹⁹ Dr., Institut Jožef Štefan, e-pošta: [matic.resnik@ijs.si](mailto:matc.resnik@ijs.si)

¹²⁰ Dr., Institut Jožef Štefan, e-pošta: ita.junkar@ijs.si

1 UVOD

Mikotoksini so raznolika skupina sekundarnih metabolitov, ki jih tvorijo glive in plesni, najdemo pa jih lahko v različnih pridelkih in živilih. Njihovo zauživanje lahko povzroči škodljive akutne ali kronične zdravstvene učinke na ljudeh in živalih, odvisno od vrste, količine in trajanja zauživanja. Med pomembnejšimi mikotoksini so aflatoksini (AF), ohratoksin A (OTA), zearalenon (ZEA), enniatini, toksin T-2, nivalenol (NIV), deoksinivalenol (DON), fumonizini (FUM), ergot alkaloidi in alternarijski toksini, ki jih tvorijo glive rodov *Claviceps*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* in *Alternaria* (Bennet in Klinch, 2009). Da so koncentracije mikotoksinov v pridelkih in živilih v okviru reguliranih mejnih vrednosti, so potrebni sistematični pristopi in ukrepi v pridelavi, skladiščenju in predelavi, kar povečuje ekonomsko breme za pridelovalce, živilsko industrijo, prodajalce hrane in potrošnike (Matumba in sod., 2021). Kljub izvajanju dobrih praks v pridelavi se pogosto dogaja, da v letih, primernih za glivične okužbe in razvoj gliv, vsebnosti mikotoksinov presegajo regulirane mejne vrednosti za posamezne mikotoksine, in so v živilski industriji primorani izvajati ukrepe za njihovo zmanjšanje (Matumba in sod., 2021; Dao in sod., 2021). Standardni ukrepi v živilski industriji za zmanjšanje mikotoksinov v hrani večinoma temeljijo na fizičnem ločevanju in odstranjevanju surovine ali dela surovine z visoko vsebnostjo mikotoksinov. Najpogostejši ukrepi so čiščenje, pranje, sortiranje, luščenje, brušenje, ločevanje in mletje zrn ter uporaba termične obdelave (npr., kuhanje in peka). Čeprav te metode učinkovito zmanjšajo vsebnosti mikotoksinov v končnem proizvodu, so slabosti dolgi časi obdelave, večja poraba energije in s tem povezani stroški ter večje količine zavržene surovine. Njihova uporaba pa je lahko omejena tudi zaradi vpliva na organoleptične lastnosti ali hranilne vrednosti obdelanih proizvodov. Kot alternativni način odstranjevanja mikotoksinov preučujejo raziskovalci in živilska industrija možnosti uporabe nizko temperaturnih načinov obdelave s t.i. hladno plazmo (Misra in sod., 2019). Plazmo lahko v grobem opredelimo kot ionizirani plin, ki obsega več reaktivnih vrst (npr. ioni, elektroni in prosti radikali) in ultravijolično (UV) sevanje. Študije kažejo, da obdelava zrnja s plazmo lahko vpliva na mikotoksine posredno z uničenjem gliv, ki jih tvorijo in neposredno z razgradnjo mikotoksinov. Oboje je mogoče doseči s kratkimi časi obdelave, pri nizkih temperaturah in z zanemarljivim vplivom na kakovost obdelanih živil, a tako metode kot dosežene učinkovitosti v raziskavah precej variirajo (Gavahian in Cullen, 2020).

Cilj naše raziskave je bil preveriti učinkovitost zmanjšanja naravno prisotnih mikotoksinov na koruznem zrnju z uporabo visokofrekvenčne induktivno sklopljene plazme s kisikom kot medijem pri različnih parametrih toka, moči in časa delovanja.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Priprava zrnja

Zrnje za izvedbo poskusov z uporabo plazme smo pridelali leta 2021 na polju Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah (osrednja Slovenija). Koruzo sorte DKC 4391 smo pridelali v skladu s smernicami integriranega varstva rastlin. Obdelava tal je bila konvencionalna, z jesenskim oranjem do globine 25 cm in predsetveno pripravo. Predposevek koruzi je bil jari oves. Gnojenje je temeljilo na kombinaciji N gnojil v odmerku 200 kg N/ha ter kalijeve soli v odmerku 140 kg/ha. Od požete količine zrnja smo odvzeli vzorec približno 700 kg zrnja, ki smo ga nasuli v t.i. big bag vrečo, jo zaprli in za 14 dni postavili v prostor s temperaturo med 16 °C in 20 °C, da bi sprožili proces plesnenja in posledično razvoja gliv in tvorbe mikotoksinov. Dodatno smo ob žetvi odvzeli tudi tri vzorce zrnja po 1 kg, na katerih smo z analizatorjem Perten Aquamatic izmerili vlago in temperaturo zrnja v času žetve. Vlaga zrnja so se v času žetve gibale med 27,6 in 28,2 %. Vzorce zrnja smo nato dali v sušilno komoro in jih 48 ur sušili

pri 60 °C do približno 9 % vlage in jih nato analizirali na vsebnosti mikotoksinov. Po 14 dneh skladiščenja vlažnega vzorca koruze v vreči na temperaturah med 16 °C in 20 °C smo s sondo odvzeli več vzorcev v skupni količini pet kilogramov, jih združili in dali za 48 ur sušiti na 60 °C. S sušenjem smo preprečili nadaljnji razvoj gliv in s tem vzorec stabilizirali. Po sušenju smo iz posušenega vzorca odvzeli osem vzorcev teže 200 gramov. Pet vzorcev smo poslali na Inštitut Jože Štefan na plazemsko obdelavo, tri vzorce pa na analizo vsebnosti mikotoksinov na Veterinarsko fakulteto.

2.2 Obdelava s plazmo

Pred obdelavo s plazmo smo vsak 200 gramski vzorec razdelili na štiri 30 gramske vzorce (teža, preden je bila izpostavljena vakuumu in plazmi), ostanek zrnja smo zavrgli. Dodatno smo za analizo vsebnosti mikotoksinov brez obdelave s plazmo pripravili štiri vzorce zrnja po 30 gramov.

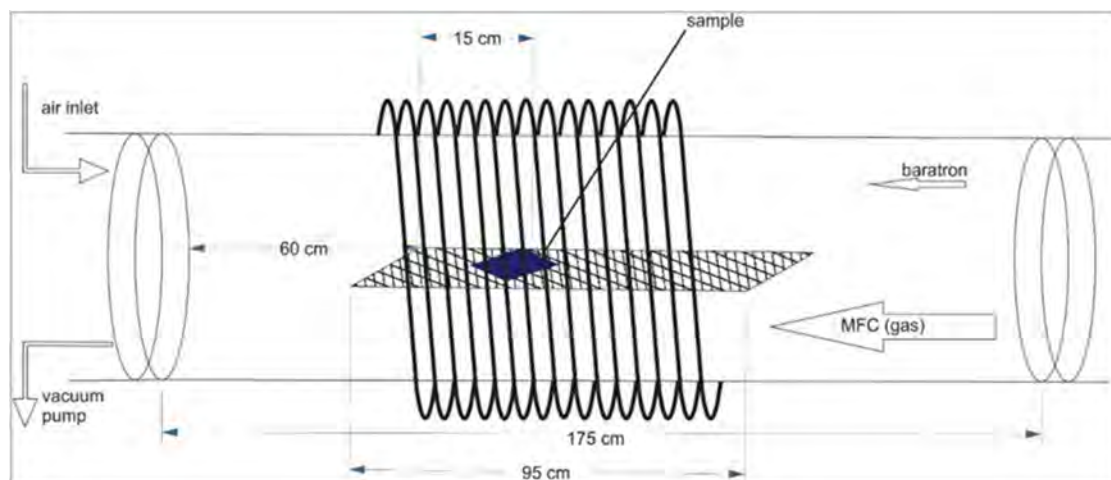
Preglednica 1: Parametri obravnavanj s plazemsko obdelave vzorcev zrnja koruze

Postopek	Napetost (V)	Moč (kW)	Čas obdelave (s)	Tlak (Pa)
Plazma 1	1500	0,4	720	30
Plazma 2	1500	0,4	360	30
Plazma 3	2500	1,9–1,4	45	30
Plazma 4	2500	1,9–1,4	180	30

Za obdelavo zrnja s plazmo smo uporabili visokofrekvenčno (RF) induktivno sklopljeno plazmo (ICP) s kisikom kot medijem. Obdelavo smo naredili s štirimi postopki, ki so se med seboj ločili po napetosti in moči električnega toka in času obdelave (preglednica 1). Shematski prikaz naprave za obdelavo vzorcev s plazmo prikazujemo na sliki 1. Vzorce koruze smo dali na majhno držalo iz perforiranega aluminija. Kisik smo v plazemsko posodo dovajali skozi kanal s konstantno hitrostjo 150 Nml/min, ter tako v posodi med obdelavo s plazmo dosegli skupni tlak približno 30 Pa. Po končanih postopkih obdelave s plazmo so bili vsi vzorci poslani na analize vsebnosti mikotoksinov na Veterinarsko fakulteto.

2.3 Analize mikotoksinov

Ekstrakcije mikotoksinov iz vzorcev mletih žit in določanje z LC-MS/MS (Waters, Milford, MA, USA) so temeljile na analiznih metodah, ki jih navajajo Rasmussen in sod. (2010), Lattanzio in sod. (2011) ter Schenzel in sod. (2012). Z laboratorijskim mlinom Retsch ZM 100 smo vzorce zmleli na velikost delcev 1 mm. 10 g vzorec smo eno uro ekstrahirali s 100 ml mešanice acetonitrila in deionizirane vode (84:16, v/v) z uporabo stresalnika IKA HS 501. Skupno 4 mL filtriranega ekstrakta smo uparili do suhega v vakuumu z uporabo sistema Syncore Polyvap. Suhi ostanek smo rekonstituirali v 0,5 mL mešanice metanola in vode (20:80, v/v). Alikvot 10 µL smo nato injicirali v sistem UPLC (Acquity), povezan s trojnim kvadrupolnim masnim spektrometrom Xevo TQ in opremljenim z vmesnikom za ionizacijo z elektrosprejem. Podatke smo zajeli in obdelali s programsko opremo MassLynx. Posebni parametri LC-MS/MS, povezani s posameznimi mikotoksini (retenzijski časi, način ionizacije in prehodi), so na voljo pri avtorjih prispevka in jih zaradi omejitve dolžine prispevka ne prikazujemo.



Slika 1: Shematski prikaz naprave za obdelavo vzorcev koruze z visokofrekvenčno induktivno sklopljeno plazmo

2.4 Statistične analize

Podatke smo statistično obdelali s programom Statgraphics Centurion XVIII. Analizo variance (ANOVA) smo naredili z uporabo večfaktorske analize. V modelu smo postopek obdelave s plazmo označili kot fiksni dejavnik, ponovitev pa kot naključni dejavnik. Postopek obdelave s plazmo smo analizirali kot združeno obdelavo s plazmo in kot posamezne postopke obdelave glede na specifične parametre plazme. Kjer smo ugotovili prisotne ekstremne vrednosti (ang. outlier), smo te vrednosti pred analizo odstranili. Če je ANOVA pokazala statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$), smo razlike med obravnavanji preverili s Tukey HSD testom za primerjavo mnogoterih obravnavanj ($\alpha = 0,05$). Kjer so bile analizirane vrednosti pod mejo vrednotenja (LOQ) smo jih za namene statistične primerjave zabeležili kot najnižjo možno zaznano vrednost. Kjer ANOVA ni pokazala značilnih razlik, a so bile dejanske razlike v vsebnosti mikotoksinov med postopki in kontrolo po naši oceni večje, smo naredili primerjave izbranega postopka s kontrolo s t–testom. Grafično obdelavo smo naredili s programom R in paketom GGPlot2.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Rezultati analiz vsebnosti mikotoksinov v zrnju takoj po žetvi ter po 14 dnevnem plesnenju so prikazani v preglednici 2. Zrnje z njive je vsebovalo razmeroma majhne vsebnosti mikotoksinov, večinoma iz skupine trihotecenov. Od dvanajstih analiziranih mikotoksinov smo jih zaznali samo pet, pri čemer pri nobenem nismo zaznali vsebnosti, ki presegajo mejne vrednosti za zrnje (Uredba komisije (ES) št. 1881/2006). Najvišje so bile vsebnosti DON, sledijo vsebnosti njegove acetilirane oblike 15-AcDON. Nizke zaznane vsebnosti mikotoksinov, ki so jih večinoma tvorile glive iz rodu *Fusarium*, pripisujemo vremenskim razmeram med rastno dobo in v času dozorevanja v pridelovalnem letu, ki niso pretirano spodbujale razvoja omenjenih gliv. Predvidevamo, da je bila odsotnost mikotoksinov, ki jih tvorijo glive iz rodov *Aspergillus* ter *Penicillium*, predvsem posledica razmer, ki sploh niso omogočale razvoja ali tvorbe toksinov teh gliv. Skladiščenje vlažnih vzorcev koruze na toplem za 14 dni je povečalo število zaznanih mikotoksinov na deset, obenem pa so se povečale tudi vsebnosti mikotoksinov (preglednica 2). Mikotoksini, ki spadajo v skupino trihotecenov in jih tvorijo glive iz rodu *Fusarium* so prevladovali tudi po t.i. plesnenju, z največjimi vsebnostmi toksinov DON in 15-AcDON. Mikotoksinov DAS ter OTA tudi po plesnenju nismo zaznali,

razmeroma majhno spremembo smo opazili tudi pri toksinu AFB1. Opaženo pripisujemo razmeram med plesnjenjem, kjer so temperature med 17 in 20 °C bolj ugovajale razvoju gliv iz rodu *Fusarium*.

Preglednica 2: Vrste mikotoksinov, njihove povprečne vsebnosti (mg/kg) in standardni odklon (SD) na koruznem zrnju v času žetve in po plesnjenju koruze.

Mikotoksin		Vsebnosti po žetvi (n = 3)		Vsebnosti po plesnjenju (n = 7)	
Okrajšava	Polno ime	Povprečje	SD	Povprečje	SD
DON	Deoksinivalenol	0,505	0,011	7,324	2,156
15-AcDON	15-acetil deoksinivalenol	0,230	0,006	2,371	0,576
3-AcDON	3-acetil deoksinivalenol	0,078	0,001	0,826	0,205
DON-3G	Deoxynivalenol 3-β-d-glukozid	0,101	0,0002	0,860	0,077
DAS	Diacetoksiscirpenol	<0,04 (LOQ)		<0,04 (LOQ)	
HT-2	HT-2 toksin	<0,04 (LOQ)		0,064	0,025
T-2	T-2 toksin	<0,04 (LOQ)		0,052*	0,012
ZEA	Zearalenon	<0,02 (LOQ)		0,458*	0,043
FB1	Fumonizin B1	0,089	0,015	0,146*	0,159
FB2	Fumonizin B2	<0,05 (LOQ)		0,059*	0,018
OTA	Ohratoksin	<0,005 (LOQ)		<0,005 (LOQ)	
AFB1	Aflatoksin B1	<0,002 (LOQ)		0,004*	0,0016

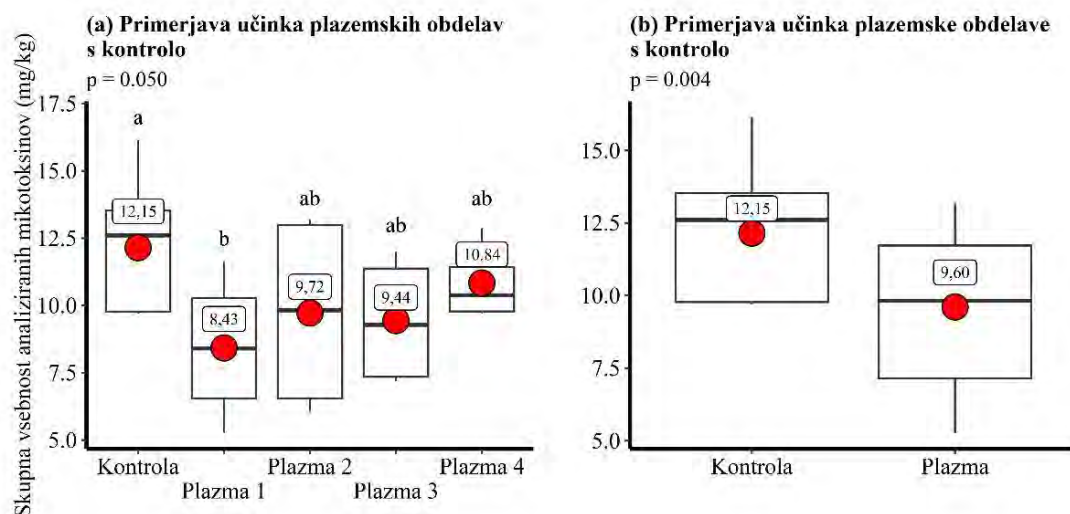
Vrednosti označene z znakom * kažejo povprečne vsebnosti šestih vzorcev (n=6). Vzorce, kjer smo zaznali ekstremne vrednosti (ang. outlier) smo odstranili; LOQ, meja vrednotenja.

Učinek obdelave vzorcev koruze s plazmo (združeni postopki ter po posameznih postopkih) na skupno vsebnost analiziranih mikotoksinov prikazujemo na sliki 2. Obdelava s plazmo je značilno zmanjšala skupno vsebnost analiziranih mikotoksinov, v povprečju za 21,0 %. Tudi pri primerjavi učinkov posameznih načinov obdelave s plazmo analiza variance kaže prisotnost značilnih razlik. Nadaljnja analiza je pokazala, da ima zrnje, obdelano s postopkom »Plazma 1« značilno manjšo skupno vsebnost analiziranih mikotoksinov od kontrole (slika 2a). S to obdelavo se je skupna vsebnost mikotoksinov zmanjšala za 30,6 % glede na kontrolo. Najmanjše znižanje vsebnosti toksinov je bilo s postopkom »Plazma 4« (zmanjšanje za 10,8 %).

Primerjava učinkov obdelave s plazmo na posamezne prisotne mikotoksine prikazujemo na sliki 3. Značilne razlike v vsebnosti mikotoksinov med postopki smo zaznali pri mikotoksinih ZEA in AFB1. Vsebnost ZEA je bila po obdelavi s postopkom »Plazma 3« značilno nižja od kontrole (zmanjšanje za 68,2 %). Vsebnosti ZEA se pri ostalih postopkih obdelave s plazmo niso značilno razlikovali od kontrole, prav tako pa ni bilo razlik med postopki obdelave s plazmo. Kljub temu pa so vsi postopki obdelave s plazmo zmanjšali vsebnosti ZEA (v povprečju za 48,3 %). Vsebnosti mikotoksina AFB1 so bile s postopki plazme značilno manjše od kontrole ter pod mejo detekcije.

Vsebnosti toksinov DON, HT-2, FB1, FB2 in DON-3G so se po obdelavah s plazmo zmanjšale, a razlike niso bile značilne. Z izjemo DON in DON-3G, so bile razlike v učinkovitosti zmanjšanja vsebnosti mikotoksinov med postopki obdelave s plazmo majhne. Mikotoksin DON smo s postopkom »Plazma 1« zmanjšali za 55,3 % v primerjavi s kontrolo. Primerjava s t-testom tukaj kaže na značilno razliko med obema skupinama. Postopek »Plazma 2« je vsebnost DON zmanjšal za 44,2 %, »Plazma 3« za 40,6 % ter »Plazma 4« za 32,7 %«. HT-2 smo z obdelavo s plazmo v povprečju vseh postopkov zmanjšali za 33,2 %. Mikotoksin FB1 smo z

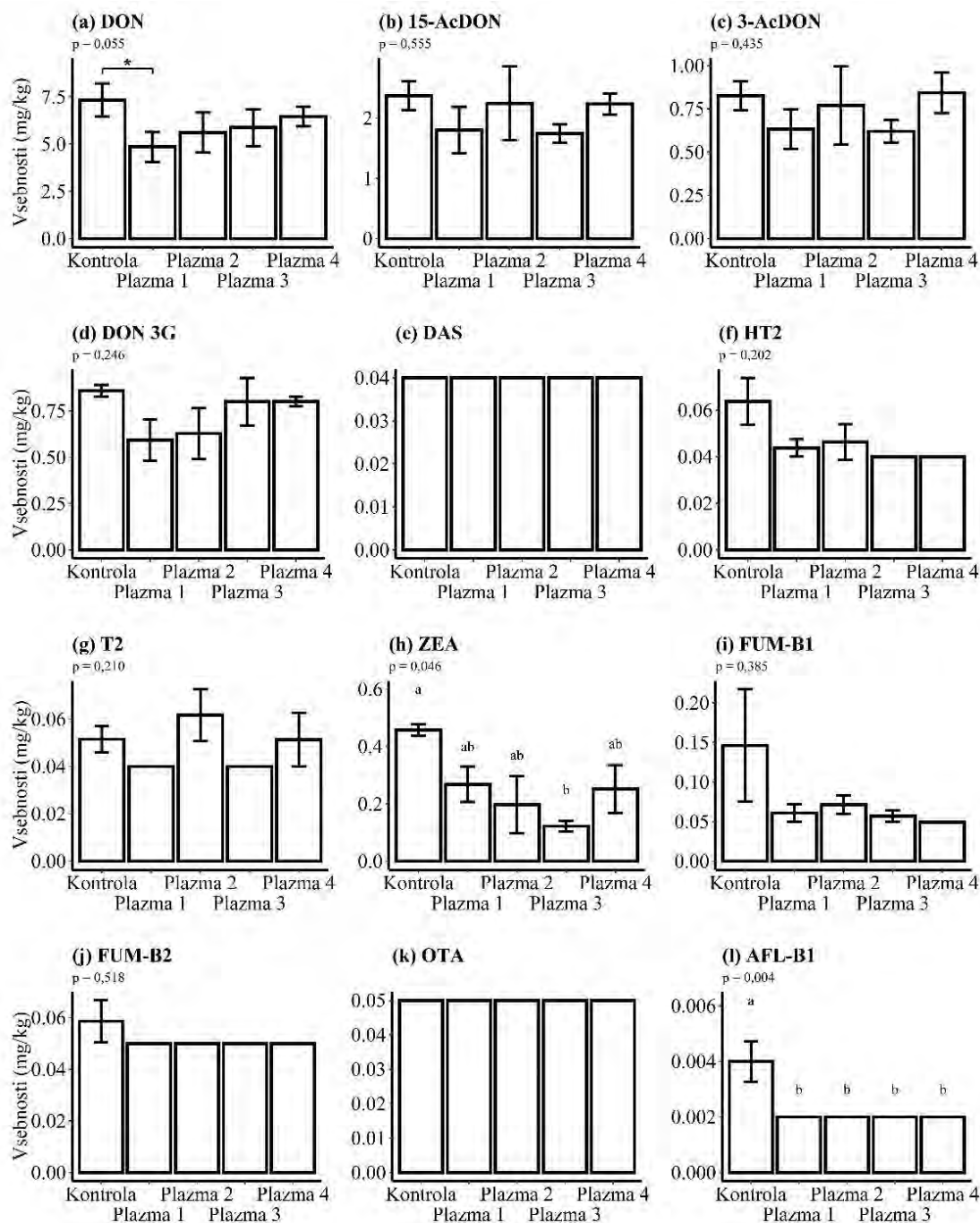
obdelavo s plazmo v povprečju zmanjšali za 59,2 %, z majhnimi razlikami med postopki obdelave. Vsebnosti FB2 so bile po obdelavi s plazmo pod mejo detekcije pri vseh postopkih. Vsebnost mikotoksina DON-3G sta zmanjšala samo postopka »Plazma 1 in Plazma 2« (v povprečju za 28,9 %).



Slika 2: Učinek obdelave s plazmo na skupne vsebnosti mikotoksinov na koruznem zrnju. Postopki, ki so označeni z različno črko, se med seboj značilno razlikujejo glede na rezultate Tukey HSD testa.

Pri toksinih 15-AcDON, 3-AcDON in T-2 nismo opazili značilnega učinka obdelave s plazmo. Pri teh toksinih je tudi prisotna večja variabilnost med analiziranimi vzorci kot pri ostalih toksinih. Nakazuje se, da so bile vsebnosti s postopkoma »Plazma 1« ter »Plazma 3« manjše kot s postopkoma »Plazma 2« ter »Plazma 4«, a zaradi variabilnosti ni jasnega odziva in možnih zaključkov. Opaženo pripisujemo omejitvam izbrane metode plesnenja, zaradi česar so bile variabilnosti v vsebnostih teh mikotoksinov večje in so zakrile morebitne učinke plazme. V raziskavi smo poskušali variabilnosti med vzorci zmanjševati s homogeniziranjem vzorcev, a smo bili pri omenjenih toksinih pri tem manj uspešni.

Čeprav mehanizem razgradnje mikotoksinov z uporabo kisikove plazme ni popolnoma pojasnjen, je verjetno, da je razgradnja povezana z nastankom reaktivnih kisikovih vrst. Uporaba kisikove plazme na površine materialov uvaja reaktivne kisikove vrste, kot so npr. ozon, hidroksil, kisikovi radikali in aldehid radikali (Misra in sod., 2019). Študije navajajo, da ozon reagira s funkcionalnimi skupinami v molekulah mikotoksina in spreminja njihove molekularne strukture (Misra in sod., 2019; Afsah–Hejri in sod., 2020).



Slika 3: Učinek obdelave s postopki plazme na posamezne analizirane mikotoksine na koruznem zrnju. Intervali prikazujejo standardno napako. Postopki, ki so označeni z različno črko, se med seboj značilno razlikujejo, uporabili smo Tukeyev HSD test.

Skoraj vse obstoječe študije so narejene na kalibriranih vzorcih, na katere so umetno nanesti določen mikotoksin, le redko so jih nanesti več. Dosežene učinkovitosti razgradnje

mikotoksinov v naši študiji so malce manjše kot jih navajajo drugi avtorji (predvsem če primerjamo z delovanjem na čiste mikotoksine), a menimo, da se zaradi našega pristopa bolj približajo pričakovanim pri obdelavi s plazmo v praksi. Pri večini mikotoksinov je daljši čas obdelave z manjšo močjo razgradil več mikotoksinov kot obdelava z večjo močjo za krajši čas, ob tem smo zaznali tudi manj učinkov na zrnje. V naši študiji smo s postopkoma »Plazma 3 in 4« po določenem času obdelave opazili padec moči ter povečanje tlaka do 40 oziroma 60 Pa, kar pripisujemo poku semena zaradi pregretja in sproščanju vlage iz notranjosti zrnja. Sklepamo, da je opaženo povezano tudi z manjšo učinkovitostjo teh postopkov obdelave.

4 SKLEPI

Rezultati kažejo potencial uporabe plazemske obdelave zrnja za zmanjšanje vsebnosti analiziranih mikotoksinov na koruzi. Daljši čas obdelave z manjšo močjo se je v našem poskusu izkazal kot učinkovitejši za razgradnjo mikotoksinov kot obdelava z večjo močjo za krajši čas. Pri obdelavi z manjšo močjo smo opazili tudi manj učinkov na zrnje, predvsem manjši toplotni vpliv na zrnje koruze. Rezultati kažejo, da je z raziskavami smiselno nadaljevati in optimizirati parametre za skrajšanje obdelovalnih časov in za izboljšanje učinkovitosti razgradnje. Prav tako je smiselno preučiti razpadne produkte mikotoksinov po obdelavi s plazmo in njihove toksičnosti.

Zahvala. Raziskava je sofinancirana v okviru programa Javnih služb v poljedelstvu, ki ga financira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, ter ciljnega raziskovalnega projekta V4-2001, ki ga je financirata Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS.

5 LITERATURA

- Afsah-Hejri, L., Hajeb, P., Ehsani, R.J. 2020. Application of ozone for degradation of mycotoxins in food: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19: 1777–1808.
- Bennett, J.W., Klich, M. 2003. Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews*, 16: 497–516.
- Daou, R., Joubrane, K., Maroun, R.G., Khabbaz, L.R., Ismail, A., El Khoury, A. 2021. Mycotoxins: Factors influencing production and control strategies. *AIMS Agriculture and Food*, 6, 1: 416–447.
- Gavahian, M., Cullen, P.J. 2019. Cold Plasma as an Emerging Technique for Mycotoxin-Free Food: Efficacy, Mechanisms, and Trends. *Food Reviews International*, 36: 193–214.
- Lattanzio, V.M.T., Della Gatta, S., Suman, M., Visconti, A. 2011. Development and in-house validation of a robust and sensitive solid-phase extraction liquid chromatography/tandem mass spectrometry method for the quantitative determination of aflatoxins B1, B2, G1, G2, ochratoxin A, deoxynivalenol, zearalenone, T-2 and HT-2 toxins in cereal-based foods. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 25: 1869–1880.
- Matumba, L., Namaumbo, S., Ngoma, T., Meleke, N., De Boevre, M., Logrieco, A.F., De Saeger, S. 2021. Five keys to prevention and control of mycotoxins in grains: A proposal. *Global Food Security*, 30: 100562.
- Misra, N.N., Yadav, B., Roopesh, M.S., Jo, C. 2019. Cold Plasma for Effective Fungal and Mycotoxin Control in Foods: Mechanisms, Inactivation Effects, and Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18, 1: 106–120.
- Rasmussen, R.R., Storm, I.M.L.D., Rasmussen, P.H., Smedsgaard, J., Nielsen, K.F. 2010. Multi-mycotoxin analysis of maize silage by LC-MS/MS. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 397: 765–776.
- Schenzel, J., Forrer, H.R., Vogelgsang, S., Bucheli, T.D. 2012. Development, validation and application of a multi-mycotoxin method for the analysis of whole wheat plants. *Mycotoxin Research*, 28: 135–147.

Možnosti uporabe zmanjšanih odmerkov herbicidov pri pridelavi soje s konvencionalno in ohranitveno obdelavo tal

Aleš KOLMANIČ¹²¹, Simon OGRAJŠEK¹²², Andrej ZEMLJIČ¹²³ in Jakop MANFRED¹²⁴

Izvleček

Z uporabo zmanjšanih odmerkov herbicidov pred vznikom soje in plevelov lahko zmanjšamo količine FFS vnesenih v okolje in stroške pridelave ob istovrstnem doseganju zadovoljivih učinkov zatiranja plevelov ter velikosti pridelkov soje. Možnosti uporabe zmanjšanih odmerkov herbicidov pred vznikom soje in plevelov (PRE–EM) smo preučevali v poljskih poskusih v letih 2019 in 2020. Dejavniki v poskusih so bili obdelava tal (konvencionalna ter ohranitvena) ter obravnavanja s herbicidi (kombinacije 0, 25, 50, 75 in 100 % odmerkov Dual Gold 960 EC + Stomp Aqua (PRE–EM) ter 100 % odmerkov Basagran 480 in Focus Ultra (POST–EM in samo POST–EM) in neškropljeno kontrolo. Rezultati kažejo, da je bila na parcelah s konvencionalno obdelavo tal značilno večja učinkovitost zatiranja plevelov (značilno manjše število in biomasa plevelov) in pridelki zrnja. Pri uporabi zmanjšanih odmerkov smo pri konvencionalni obdelavi že s 50 % in 75 % odmerkom herbicidov Stomp Aqua in Dual Gold 960 EC pred vznikom soje ter z dodatno s herbicidi po vzniku soje dosegali učinkovitosti zatiranja plevelov med 94 % in 98 %. Pri ohranitveni obdelavi smo učinkovitosti zatiranja plevelov nad 94 % dosegli šele s polnimi odmerki herbicidov. Pridelki zrnja se niso razlikovali med odmerki PRE–EM herbicidov pri obeh načinih obdelave tal. Rezultati kažejo, da bi lahko pri konvencionalni obdelavi tal in ob podobni plevelni flori odmerke PRE–EM herbicidov zmanjšali za 50 % brez tveganj bogatenja banke plevelnega semena v tleh, pojava odpornosti ter zmanjšanja pridelkov soje.

Ključne besede: soja, herbicidi, zmanjšani odmerki, obdelava tal

Possibilities of using reduced doses of herbicides in soybean cultivation with conventional and conservation soil tillage

Abstract

The use of reduced doses of pre-emergence herbicides could reduce the amount of herbicidal active substances introduced into the environment and lower production costs with the potential to achieve acceptable weed control and yields. The potential of reduced doses of PRE-EM herbicides in the cultivation of soybeans was studied in field experiments in 2019 and 2020. The factors in the experiments were soil tillage (conventional and conservation tillage) and herbicide treatments (control, combinations of 0, 25, 50, 75, and 100% dose of pre-emergence Dual Gold 960 EC + Stomp Aqua and 100% dose of Basagran 480 and Focus Ultra, only use of POST-EM herbicides). Results showed that conventionally tilled plots had a significantly smaller number and biomass of weeds and higher efficacy of herbicides and yield. On conventionally tilled plots, a 50% and 75% dose of Stomp Aqua + Dual Gold 960 EC, supplemented with post-emergence herbicide achieved efficacies between 94% and 98%. In conservation tillage, efficacies above 94% were achieved only with 100% doses of PRE-EM herbicides. Grain yields did not differ between 25% and 100% doses of pre-emergence herbicides, regardless of applied soil tillage. The results show that doses of PRE-EM herbicides could be reduced by 50% on conventionally tilled fields with a similar weed flora without the risks of enriching the weed bank, the emergence of resistance, and the loss of yield.

Key words: soybeans, herbicides, reduced doses, soil tillage

¹²¹ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: ales.kolmanic@kis.si

¹²² Mag. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: simon.ograjsek@kis.si

¹²³ Univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: andrej.zemljic@kis.si

¹²⁴ Mag., Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, e-pošta: manfred.jakop@um.si

1 UVOD

Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) je najbolj razširjena zrnata stročnica na svetu in med najpomembnejšimi viri visokokakovostnih beljakovin za prehrano ljudi in krmo (Zander s sod., 2016). Zaradi njenega počasnega mladostnega razvoja je obvladovanje plevelov izziv pri pridelavi, zlasti v ekološki pridelavi (Horneburg s sod., 2017). Zapleveljenost posevkov zmanjša velikost pridelka soje, vpliva na učinkovitost žetve, spremeni biokemično sestavo zrnja in poveča prisotnost obolelega ali poškodovanega semena (Vollmann s sod., 2010). Pridelek se zmanjša zaradi neposrednega ali posrednega vpliva plevelov in zmanjšanje je odvisno od vrste plevela, talnih lastnosti, vremenskih razmer in stopnje zapleveljenosti (Gogoi s sod., 1991; Soltani s sod., 2017).

Zatiranje plevelov v konvencionalni pridelavi soje pri nas večinoma temelji samo na uporabi herbicidov, v manjšem obsegu so opazne kombinacije z mehanskim zatiranjem plevelov, uporaba samo mehanskih načinov zatiranja plevelov pa je zelo redka (Kolmanič, 2022). Zatiranje plevelov v soji z uporabo herbicidov pri nas večinoma temelji na kombinaciji uporabe herbicidov pred vznikom soje in plevelov (PRE–EM) in korekcijskih herbicidov po vzniku soje in plevelov (POST–EM). Učinkovitosti večine herbicidnih aktivnih snovi, ki so pri nas dovoljene v posevkih soje, so preizkušali že v preteklosti in večinoma poročali, da imamo kljub manjšemu številu dovoljenih aktivnih snovi na voljo dovolj učinkovitih herbicidov za uspešno pridelavo soje, z izjemo zatiranja nekaterih plevelnih vrst (Kolmanič 2022). Smernice integriranega varstva uporabe herbicidov pri uravnavanju plevelne populacije se nagibajo k ciljni uporabi herbicidov po vzniku plevelov in opuščajo neciljno uporabo herbicidov pred vznikom plevelov. A izkušanje iz preučevanja učinkovitosti herbicidov v soji kažejo, da se v naših pridelovalnih razmerah uporabi herbicidov pred vznikom verjetno ni mogoče povsem izogniti in je potrebno iskati druge možnosti zmanjšanja njihove uporabe.

Z uporabo zmanjšanih odmerkov herbicidov pred vznikom soje in plevelov bi se lahko količine aktivnih snovi vnesenih v okolje zmanjšale, in s tem tudi pocenili stroški pridelave. A pri uporabi zmanjšanih odmerkov je obenem želeno tudi doseganje zadovoljivih učinkov zatiranja plevelov ter velikosti pridelkov soje. Možnosti uporabe zmanjšanih odmerkov ali celo ukinjanje rabe PRE–EM herbicidov v pridelavi soje pri nas še niso bile preučevane. Obenem tudi ni poznan učinek načina obdelave tal na možnosti uporabe zmanjšanih odmerkov. Potencial uporabe zmanjšanih odmerkov nakazujejo opažanja, da se z razvojem soje njena tekmovalnost s pleveli povečuje, kar bi lahko v teoriji izkoristili in količino herbicidov zmanjšali na minimalno potrebno, ki bi zadržala razvoj plevelov do razvojne faze soje, ko ima primerno tekmovalnost s pleveli oz. ko pleveli nimajo več možnosti razvoja zaradi zasenčenosti s sojo. Pleveli so povezani tudi z načini obdelave tal (Buhler, 1995) in študije kažejo, da je številčnost plevelov pogosto manjše pri konvencionalni obdelavi (Demjanová s sod., 2009; Gruber in Claupein, 2009), manjša pa je tudi zaloga plevelnih semen v tleh (Cardina s sod., 2002). Način obdelave tal vpliva tudi na prevladujoče vrste plevelov, predvsem enoletni travni pleveli in trajni pleveli so dobro prilagojeni načinom pridelave z zmanjšano obdelavo tal, medtem, ko so širokolistni enoletni pleveli bolj pogosti v konvencionalni obdelavi tal (El Titi, 2003).

Cilji naše raziskave so bili i) oceniti učinkovitosti zatiranja plevelov in ii) spremljati odziv velikosti pridelkov zrnja soje pri uporabi polnih in zmanjšanih odmerkov kombinacij PRE–EM in POST–EM herbicidov v dveh načinih obdelave tal (konvencionalna in ohranitvena obdelava).

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poskusa smo zasnovali v letih 2019 in 2020 na poljih podjetja ŽIPO Lenart d.o.o. (severovzhoda Slovenija). Tla, kjer smo zasnovali poskusa spadajo v tip hipoglejnih evtričnih tal. Obdelava tal

na poljih je ohranitvena, saj že več kot 10 let uporabljajo samo orodja za ohranitveno obdelavo tal brez oranja (rahljalniki idr.). Za namene našega poskusa so del njive preorali na globino 25 cm in ta postopek v študiji obravnavamo kot konvencionalno obdelavo tal ob zavedanju, da razlike med obema načinoma obdelave tal v naši študiji odražajo učinek oranja dolgoletno ohranitveno obdelanih tal. Sojo smo posejali s sejalnico za žita na medvrstno razdaljo 37,5 cm s setveno gostoto 55–60 rastlin/m². V vsakem letu sta bili na poskusih posejani dve sorti; leta 2019 ES Mentor ter Altona in leta 2020 sorti ES Mentor in Sinara. Vse sorte so srednje zgodnje (00) in po tipu rasti determinantne. Ker so se sorte soje med leti spreminjale jih v naši študiji ne obravnavamo kot samostojni dejavnik v statističnih obdelavah podatkov, ampak kot ponovitve obravnavanj s herbicidi in neškrpljeno kontrolo. Po setvi soje smo začrtali posamezne parcele, na katere smo z naključno razporeditvijo nanесли obravnavanja s herbicidi in neškrpljeno kontrolo. Preučevali smo sedem različnih obravnavanj s herbicidi in neškrpljeno kontrolo (preglednica 1). Vsako obravnavanje smo ponovili štirikrat za posamezno sorto, kar ob dveh posejanih sortah pomeni skupno osem ponovitev posameznega obravnavanja na leto. Velikost posamezne parcele je bila 21 m² (3 × 7 m, osem vrst soje), ocene in vrednotenja smo opravljali samo na notranjih štirih vrstah soje (10,4 m²).

Preglednica 1: Zasnova obravnavanj s herbicidi in neškrpljeno kontrolo, odmerki herbicidov in čas uporabe herbicidov. Obravnavanja so bila enaka pri konvencionalni in ohranitveni obdelavi tal

Postopek	Herbicidna kombinacija	Odmerek	Uporaba
KONTROLA	/	/	/
25 % PRE-EM + 100 % POST-EM	Dual Gold 960 EC + Stomp Aqua Basagran 480 + Focus Ultra	0,25 l/ha + 0,65 l/ha 1,5 l/ha + 1 l/ha	PRE-EM POST – EM
50 % PRE-EM + 100 % POST-EM	Dual Gold 960 EC + Stomp Aqua Basagran 480 + Focus Ultra	0,5 l/ha + 1,3 l/ha 1,5 l/ha + 1 l/ha	PRE-EM POST – EM
75 % PRE-EM + 100 % POST-EM	Dual Gold 960 EC + Stomp Aqua Basagran 480 + Focus Ultra	0,75 l/ha + 1,95 l/ha 1,5 l/ha + 2,6 l/ha	PRE-EM POST – EM
100 % PRE-EM + 100 % POST-EM	Dual Gold 960 EC + Stomp Aqua Basagran 480 + Focus Ultra	1 l/ha + 1,3 l/ha 1,5 l/ha + 1 l/ha	PRE-EM POST – EM
100 % POST-EM 1+2	Basagran 480 + Focus Ultra	1,5 l/ha + 1 l/ha	POST – EM
100 % POST-EM 1	Basagran 480	1,5 l/ha	POST – EM
100 % POST-EM 2	Focus Ultra	1 l/ha	POST – EM

PRE – EM, herbicidi aplicirani pred vznikom soje in plevelov (BBCH 01); POST – EM, herbicidi aplicirani po vzniku soje in plevelov (BBCH 12–13)

Herbicide smo uporabili v dveh rokih; prvič po setvi soje, pred vznikom posevka ter plevelov (BBCH 01, PRE-EM) in drugič, ko so posevki razvijali drugi ali tretji trojni list (BBCH 12–13, POST-EM). Za nanos smo uporabili nahrbtno škropilnico na stisnjen zrak s porabo škropilne brozge 250 l/ha, s šobami Lechler IDK 120-03 in delovnim pritiskom 3 bare. Vizualno oceno učinkovitosti smo izvedli 21 dan po drugi uporabi herbicidov, kjer smo s primerjavo z neškrpljenimi kontrolami ocenili biotično učinkovitost herbicidnih kombinacij ter prešteli število plevelov na dveh ocenjevalnih mestih na vsaki parcelici (vsako po 0,25 m²). Botanično sestavo plevelne flore smo popisali na kontrolnih parcelicah, kjer smo naključno izbrali dve ocenjevalni mesti (vsaka po 0,25 m²). Biomaso plevelov smo vzorčili na začetku dozorevanja soje (BBCH 81–82) na dveh ocenjevalnih mestih na vsaki parcelici (vsako po 0,25 m²). V polni zrelosti smo s parcelnim kombajnom poskuse poželi, stehali pridelke zrnja in izmerili vlago zrnja ob žetvi.

Podatke smo statistično obdelali s programom Statgraphics Centurion XVI. Analizo variance smo naredili z več-faktorsko analizo variance z uporabo splošnega linearnega modela GLM. V modelu so bili dejavniki način obdelave tal, obravnavanja s herbicidi in neškropljeno kontrolo in interakcija kot fiksni dejavniki, leto in ponovitev pa kot naključna dejavnika. Ker so se sorte med leti spreminjale, sorto nismo obravnavali kot dejavnik v statističnem modelu, ampak kot ponovitev obravnavanj s herbicidi in neškropljeno kontrolo. 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 herbicidnih kombinacij z naključnimi vremenskimi razmerami v preučevanem obdobju po našem mnenju bolj realen prikaz učinka herbicidnih kombinacij. Kjer je analiza pokazala statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$), smo razlike med obravnavanji ovrednotili s Tukey HSD testom za primerjavo mnogoterih obravnavanj ($\alpha = 0,05$). Primerjave učinka herbicidnih kombinacij med načinoma obdelave tal smo ovrednotili s pomočjo t -testa. Grafično obdelavo smo naredili s programom R in paketom GGPlot2.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

V obeh letih preizkušanja so bili po številu prevladujoča plevelna flora ozkolistni pleveli (približno 96 % plevelov), med njimi je večino predstavljala navadna kostreba (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. BEAUV.). Med ozkolistnimi pleveli so bili prisotni še sivozelene muhvič (*Setaria viridis* (L.) P. BEAUV.), krvavordeča srakonja (*Digitaria sanguinalis* (L.) SCOP.), divji sirek (*Sorghum halepense* (L.) PERS.) in plazeča pirnica (*Elytrigia repens* (L.) Desv. Ex. Nevski). Med širokolistnimi pleveli so bili prisotni bela metlika (*Chenopodium album* L.), mnogosemenska metlika (*Chenopodium polyspermum* L.), srhkodlakavi ščir (*Amaranthus retroflexus* L.), breskova dresen (*Polygonum persicaria* L.) in pasje zelišče (*Solanum nigrum* L.) ter občasno ščavjelistna dresen (*Polygonum lapathifolium* L.) ptičja dresen (*Polygonum aviculare* L.), navadna loboda (*Atriplex patula* L.), njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.), in pleveli, ki spadajo med križnice (*Brassica* sp). Med načinoma obdelave tal ni bilo opaznejših razlik v plevelni flori, kar je pričakovano glede na to, da smo za namene študije preorali del dolgoletno ohranitveno obdelanih tal.

Analiza variance kaže, da sta obdelava tal ter postopki zatiranje plevelov značilno vplivala na učinkovitosti, število plevelov ter biomaso plevelov (preglednica 2) ter na pridelek zrnja (slika 1), interakcije med obema dejavnikoma niso bile značilne. Pri konvencionalni obdelavi tal sta bila število plevelov in biomaso plevelov značilno manjši, učinkovitost pa značilno večja kot pri ohranitveni obdelavi (preglednica 2). Oranje je zmanjšalo število plevelov za 62 % in njihovo biomaso za 60 % ter izboljšalo učinkovitost zatiranja plevelov za 6,7 odstotnih točk. Primerjava obravnavanj s herbicidi in neškropljeno kontrolo kaže, da je največja učinkovitost pri kombinaciji 100 % PRE-EM + 100 % POST-EM (97,2 %) in ta učinkovitost je značilno večja od ostalih obravnavanj z izjemo 50 % PRE-EM + 100 % POST-EM (89,1 %) ter 75 % PRE-EM + 100 % POST-EM (94,5 %). Tudi število in biomaso plevelov sta bili najmanjši pri kombinaciji 100 % PRE-EM + 100 % POST-EM, a značilne razlike so bile večinoma samo med kombinacijami PRE-EM in POST-EM, uporabo samo POST-EM in neškropljeno kontrolo.

Če primerjamo enake herbicidne kombinacije pri različnih načinih obdelave tal, smo imeli pri konvencionalni obdelavi tal večje učinkovitosti zatiranja plevelov, a značilno razliko samo pri 25 % PRE-EM + 100 % POST-EM. Učinkovitosti zatiranja plevelov nad 90 % smo pri konvencionalni obdelavi tal dosegli že s kombinacijo 25 % PRE-EM + 100 % POST-EM, medtem ko smo pri ohranitveni obdelavi učinkovitost nad 90 % dosegli šele s 75 % PRE-EM

+ 100 % POST–EM. Uporaba samo POST–EM herbicidov ni imela primerljivih učinkovitosti ne glede na način obdelave tal.

Preglednica 2: Učinkovitosti zatiranja plevelov v soji glede na način obdelave tal (A), obravnavanja s herbicidi in neškropljeno kontrolo (B) in interakcijo $A \times B$.

	Učinkovitosti		Število plevelov		Biomasa plevelov	
	%		m ²		g/0,25 m2	
A: Obdelava tal						
KONVENCIONALNA (KONV.)	73,6		70,5		55,6	
OHRANITVENA (OHR.)	66,9		113,0		91,3	
Standardna napaka povprečja	2,3		7,4		5,9	
<i>p</i> vrednost	0,041		0,000		0,000	
B: Obravnavanja s herbicidi in neškropljeno kontrolo						
KONTROLA	0	a	329,9	a	222,6	a
25 % PRE-EM + 100 % POST-EM	83,2	cd	36,4	cd	41,4	cd
50 % PRE-EM + 100 % POST-EM	89,1	de	19,3	d	23,0	d
75 % PRE-EM + 100 % POST-EM	94,5	de	8,0	d	11,7	d
100 % PRE-EM + 100 % POST-EM	97,2	e	3,4	d	4,9	d
100 % POST-EM 1+2	60,9	b	116,3	b	89,5	bc
100 % POST EM 1	64,2	b	127,7	b	104,4	b
100 % POST EM 2	72,9	bc	93,2	bc	90,0	bc
Standardna napaka povprečja	4,6		14,7		11,9	
<i>p</i> vrednost	0,000		0,000		0,000	
A × B						
	KONV.	OHR.	KONV.	OHR.	KONV.	OHR.
KONTROLA	0	0	270,2	389,6	175,8	269,4
25 % PRE-EM + 100 % POST-EM	90,5	75,9	19,8	53,0	24,7	58,1
50 % PRE-EM + 100 % POST-EM	93,6	84,7	15,7	22,9	15,3	30,8
75 % PRE-EM + 100 % POST-EM	98,1	91,0	5,6	10,4	10,6	12,8
100 % PRE-EM + 100 % POST-EM	99,1	95,4	1,8	5,0	0,8	9,00
100 % POST-EM 1+2	65,3	55,9	84,3	148,4	61,7	117,3
100 % POST EM 1	67,3	61,0	93,9	161,5	85,4	123,4
100 % POST EM 2	75,0	70,9	72,9	113,5	70,6	109,4
Standardna napaka povprečja	6,5		20,9		16,8	
<i>p</i> vrednost	0,978		0,083		0,163	

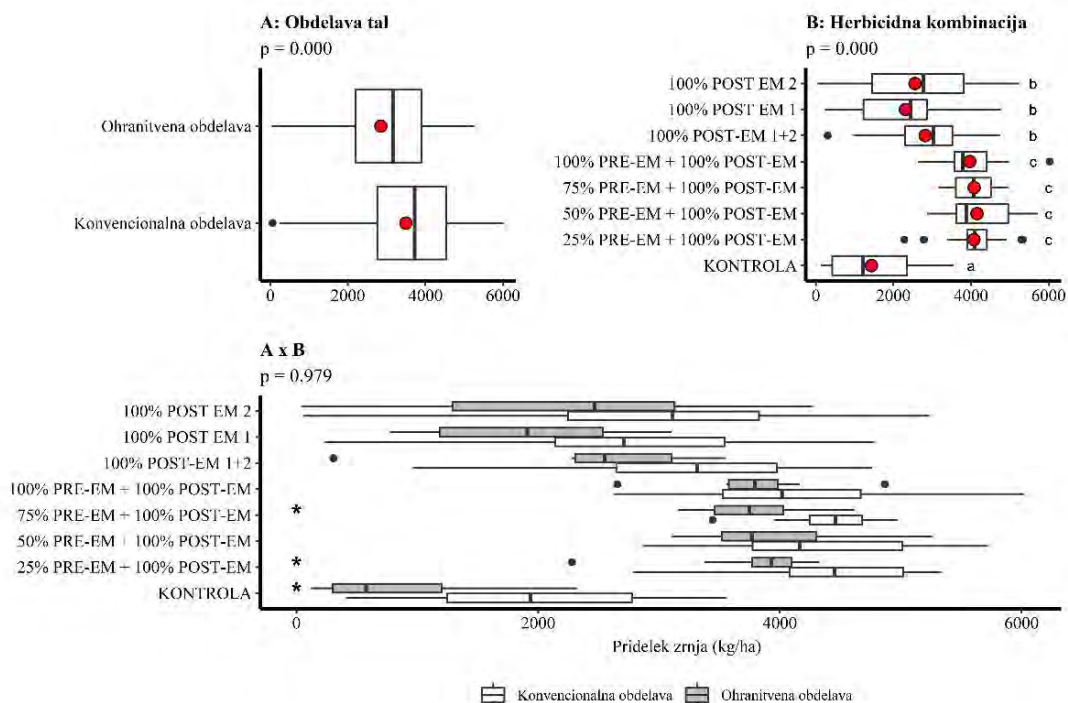
*biomasa plevelov prikazuje suho snov nadzemne biomase plevelov

Obravnavanja, ki so znotraj posameznega stolpca označene z različno črko se razlikujejo značilno glede na Tukey HSD test. Obravnavanja kjer so vrednosti napisane z odebeljeno številko se razlikujejo značilno med načinoma obdelave tal glede na *t*-test.

Primerjava števila plevelov med obdelavama tal kaže, da je bilo pri konvencionalni obdelavi tal značilno manj plevelov v kontrolah ter pri postopku 25 % PRE–EM + 100 % POST–EM. Opazne razlike v številu plevelov med obdelovalnima načinoma so bile tudi pri primerjavi uporabe samo POST–EM herbicidov, kjer je bilo število plevelov za 69 % manjše pri konvencionalni obdelavi tal, a brez značilnih razlik. Kljub temu, pa je bilo z uporabo samo POST–EM herbicidov kritično število plevelov preseženo v obeh načinih obdelave tal.

Biomasa plevelov potrjuje velik potencial plevelov na poskusnih parcelah in kaže povezavo med učinkovitostjo herbicidov ter številom plevelov. Analiza s *t*-testom kaže, da je bila na kontrolah in pri herbicidnih kombinacijah 25 % PRE–EM + 100 % POST–EM ter 100 % PRE–EM + 100 % POST–EM značilno manjša biomasa plevelov s konvencionalno obdelavo tal. Pri

ostalih postopkih razlika med obdelovalnima načinoma ni bila značilna, a je bila biomasa plevelov konstantno manjša pri konvencionalni obdelavi.

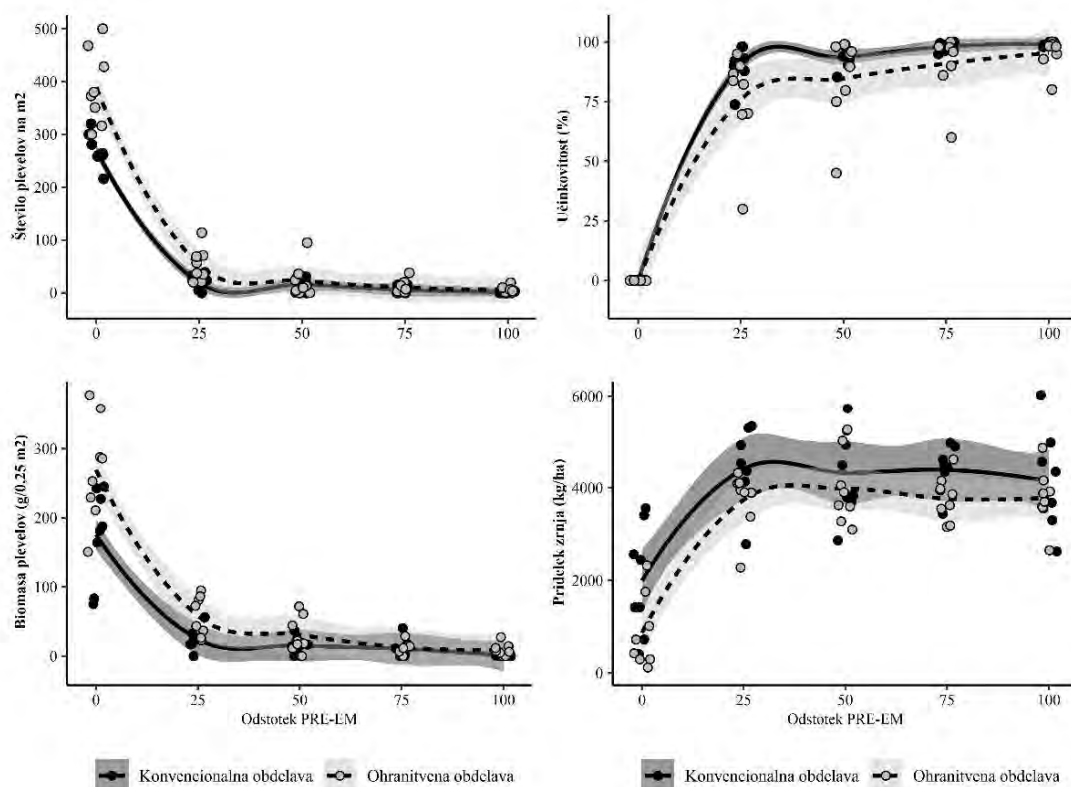


Slika 1: Odziv pridelka zrnja glede na način obdelave tal (A), obravnavanja s herbicidi in neškropljeno kontrolo (B) in interakcijo A × B. Obravnavanja, ki so znotraj posameznega stolpca označena z različno črko se razlikujejo značilno glede na Tukey HSD test. Obravnavanja označena z »*« se razlikujejo značilno med načinoma obdelave tal glede na t-test.

Pridelki soje so bili za 23 % večji pri konvencionalni obdelavi tal (slika 1). S kombinacijami PRE-EM in POST-EM (povprečje 4096 kg/ha) so bili pridelki značilno večji od uporabe samo POST-EM (2560 kg/ha) ter od kontrole (1433 kg/ha), obenem so bili pri uporabi samo POST-EM pridelki značilno večji od neškropljene kontrole. Interakcija med obema dejavnikoma ni bila značilna, a so bili pridelki konstantno večji pri konvencionalni obdelavi tal. Analiza s t-testom je pokazala značilno večje pridelke pri konvencionalni obdelavi tal pri neškropljenih kontrolama (razlika 1123 kg/ha), 25 % PRE-EM + 100 % POST-EM (razlika 670 kg/ha) ter 75 % PRE-EM + 100 % POST-EM (razlika 650 kg/ha). Pri uporabi herbicidov samo po vzniku je pri obeh načinih obdelave tal opazna velika variabilnost pridelkov.

Rezultati kažejo, da so uporabljene kombinacije herbicidov pri polnih odmerkih učinkovite za zatiranje prisotne plevelne flore ne glede na način obdelave tal (slika 2). Tudi pri zmanjšanih odmerkih PRE-EM so kombinacije lahko učinkovito zatrle plevel, a je možnost za zmanjšanje odmerkov večje pri konvencionalni obdelavi tal. Razloge za to pripisujemo neposrednemu učinku oranja na plevel, ter posrednemu učinku preko hitrejšega razvoja soje, ki je pri konvencionalni obdelavi prej sklenila vrste (podatkov ne prikazujemo). Posledično smo pri konvencionalni obdelavi že s 25 % dovoljenih odmerkov PRE-EM herbicidov dosegali učinkovitosti zatiranja plevelov nad 90 % in zmanjšanje biomase plevelov za 86 %. Pri ohranitveni obdelavi tal smo podobne učinkovitosti dosegli šele s 75% odmerkom PRE-EM

herbicidov, medtem ko smo primerljivo zmanjšanje biomase dosegali že s 50% odmerkom PRE-EM. Večanje odmerka PRE-EM herbicida nad 25 odstotkov v nobenem primeru ni povečalo pridelke zrnja, kar potrjuje možnosti uporabe zmanjšanih odmerkov PRE-EM herbicidov pri pridelavi soje tudi s tega stališča.



Slika 2: Odziv števila in biomase plevelov, učinkovitosti zatiranja plevela ter pridelka zrnja glede na zmanjšanje količine PRE-EM herbicidov.

4 SKLEPI

Uporabljene kombinacije herbicidov so pri polnih odmerkih učinkovite za zatiranje prisotne plevelne flore pri obeh načinih obdelave tal. Oranje tal (konvencionalna obdelava) je značilno zmanjšalo število in biomaso plevelov in na težjih tleh pospešilo razvoj soje, kar se je odrazilo v večji konkurenčnosti soje in v večji učinkovitosti zatiranja plevelov z zmanjšanimi odmerki herbicidov. Pri konvencionalni obdelavi smo tako že s 50 % in 75 % odmerkom herbicidov Stomp Aqua in Dual Gold 960 EC pred vzniku soje ter dodatno uporabo s herbicidi po vzniku dosegali učinkovitosti zatiranja plevelov med 94 % in 98 %. Pri ohranitveni obdelavi smo učinkovitosti zatiranja plevelov nad 94 % dosegli šele s polnimi odmerki omenjenih herbicidov. Uporaba samo POST-EM herbicidov se ni izkazala za učinkovito, ne glede na način obdelave tal. Večanje odmerka PRE-EM nad 25 % odmerka ni povečalo pridelke zrnja. Smernice IVP se pri uporabi herbicidov za uravnavanju plevelne populacije nagibajo k ciljni uporabi herbicidov po vzniku plevelov. A naši rezultati nakazujejo, da je vprašljivo, če se pri pridelavi soje lahko popolnoma izognemo uporabi PRE-EM herbicidov. Bi pa lahko njihove odmerke zmanjšali za vsaj 50 % brez tveganja bogatenja plevelne banke, pojava odpornosti ter izgube pridelkov soje, kjer so tla konvencionalno obdelana in je podobna plevelna flora kot v naši

študiji. Možnost zmanjšanja odmerkov herbicidov pri ohranitveni pridelavi je manjša a z določeno stopnjo tveganja bi lahko občasno odmerke herbicidov pred vznikom soje in plevelov zmanjšali tudi za 25 %.

Zahvala. Raziskava je sofinancirana v okviru programa Javne službe v poljedelstvu, ki ga financira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, ter projekta Zrnate stročnice – pridelava, predelava in uporaba, ki se je izvajal v okviru Evropskega partnerstva za inovacije na področju kmetijske produktivnosti in trajnosti (EIP-AGRI) ukrepa Sodelovanje in ga je sofinanciralo Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

5 LITERATURA

- Horneburg, B., Seiffert, S., Schmidt, J., Messmer, M.M., Wilbois, K.P. 2017. Weed tolerance in soybean: a direct selection system. *Plant Breeding*, 136, 3: 372–378.
- Vollmann, J., Wagentristsl, H., Hartl, W. 2010. The effects of simulated weed pressure on early maturity soybeans. *European Journal of Agronomy*, 32: 243–248.
- Gogoi, A.K., Kalita, H., Pathak, A.K. 1991. Integrated weed management in soybean [*Glycine max.* (L.) Merrill]. *Indian Journal of Agronomy*, 36, 3: 453–454.
- Soltani, N., Dille, J., Burke, I., Everman, W., Van Gessel, M., Davis, V., Sikkema, P. 2017. Perspectives on Potential Soybean Yield Losses from Weeds in North America. *Weed Technology*, 31: 1–7.
- Kolmanič, A. 2022. Integrirano varstvo soje pred pleveli. V: Manfred, J. (ur.), Grobelnik Mlakar, S. (ur.). Pidelava zrnatih stročnic. Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba: 75 str.
- 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.
- Buhler, D. 1995. Influence of Tillage Systems on Weed Population Dynamics and Management in Corn and Soybean in the Central USA. *Crop Science*, 35, 5:1247–1258.
- Demjanová, E., Macák, M., Dalović, I., Majerník, F., Týr Š., Smatana, J. 2009. Effects of tillage systems and crop rotation on weed density, weed species composition and weed biomass in maize. *Agronomy Research*, 7, 2: 785–792.
- Gruber, S., Claupein, W. 2009. Effect of tillage intensity on weed infestation in organic farming. *Soil & Tillage Research*, 105: 104–111.
- Cardina, J., Herms, C. P., Doohan, D. J. 2002. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Science*, 50: 448–460.
- El Titi, A. 2003. Implications of soil tillage on weed communities. V: El Titi, A. (ur.). Soil Tillage in Agroecosystems. CRC Press, Boca Raton, FL, USA: 147–186.

Sočasna proizvodnja električne energije in hrane - Agrofotovoltaika

Blaž GERMŠEK¹²⁵, Tomaž POJE², Miran KAVREČIČ¹²⁶ in Tomi MEDVED⁴

Izvleček

Agrofotovoltaika (APV) pomeni proizvodnjo električne energije (EE) s PV moduli, povezanimi v sončne elektrarne (SE) na površinah, kjer opravljamo kmetijsko dejavnost, in je v bistvu simbioza dveh dejavnosti. Agrofotovoltaični sistemi predstavljajo ključno tehnologijo za doseganje ciljev trajnostnega razvoja z zmanjšanjem konkurence zemljišč, ki se uporabljajo za hrano in zemljišč, in se uporabljajo za proizvodnjo elektrike. Energetska oskrba kmetij bo v bližnji prihodnosti postala eden od bistvenih elementov, ki bo v veliki meri vplival tudi na profitabilnost kmetije oz. proizvodnega obrata. Področje sočasne proizvodnje električne energije in hrane pri nas še ni zakonsko urejeno in definirano. Slovenija se bo morala na tem področju prilagoditi Evropski zakonodaji in smernicam na področju povečane samooskrbe električne energije. V tujini že nekaj let potekajo raziskave na področju agrofotovoltaike, saj je že postavljenih veliko delujočih sistemov. V prispevku smo povzeli nekaj praktičnih primerov in podali smernice za nadaljnje raziskave na tem področju. Ugotavljamo, da bomo tovrstna testiranja v našem agroklimatskem prostoru morali začeti izvajati izjemno hitro. Potrebe po relevantnih, neodvisnih in lastnih izkušnjah na področju agrofotovoltaike bi kmetijska, infrastrukturna in elektro stroka potrebovala že danes.

Ključne besede: agrovoltaika, kmetijstvo, hrana, elektrika

Simultaneous electricity and food production - Agrivoltaics

Abstract

Agrophotovoltaic (APV) is the generation of electricity (EE) with PV modules connected to solar power plants (SE) on land where agricultural activities are carried out, and is essentially a symbiosis of two activities. Agrophotovoltaic systems represent a key technology for achieving the Sustainable Development Goals by reducing competition between land for food production and land for electricity generation. In the near future, farm energy supply will become one of the essential elements that will largely affect the profitability of farms or production facilities. In our country, the area of simultaneous production of electricity and food is not yet regulated and defined by law. In this area, Slovenia will have to adapt to European legislation and directives in the field of increased self-sufficiency in electricity. Research in the field of agrophotovoltaics has been going on abroad for several years, and many functioning systems have already been established. In this article, we have provided some practical examples and established guidelines for further research in this area. We are aware that we need to start conducting harmful tests in our agro-climatic area very quickly. The agricultural, infrastructure and electrical industries would need relevant, independent and up-to-date experience in agrophotovoltaics today.

Key words: agrivoltaics, agriculture, food, electricity

1 UVOD

Slovenija se je v sklopu evropskih direktiv zavezala v naslednjih 30 letih korenito spremeniti energetske sistem. Pri tem naj izpostavimo zgolj dva strateška cilja; znižanje emisij toplogrednih plinov ter znižanje odvisnosti od uvoza energentov oziroma povečanje slovenske samooskrbe (Celoviti..., 2020). Glede na družbeno sprejemljivost različnih tehnologij domače pridelave energije iz obnovljivih virov, ki je odgovor na zgornja dva izziva, je v tem primeru velik

¹²⁵ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: blaz.germsek@kis.si

² Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: tomaz.poje@kis.si

³ Holding Slovenske elektrarne d.o.o., e-pošta: miran.kavrecic@hse.si

⁴ Dr., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, e-pošta: tomi.medved@fe.uni-lj.si

poudarek dan prav pridobivanju električne energije (EE) iz energije sonca s pomočjo fotovoltaičnih panelov - PV panelov (beseda PV izhaja iz angleške besede photovoltaics). Načrti za leto 2050 predvidevajo celo do 10 TWh na leto. Po drugi strani pa je že zdaj eden perečih nacionalnih problemov majhna samooskrba s hrano, saj se v kmetijstvu srečujemo s problemom majhne dodane vrednosti in kljub subvencijam zelo slabo dobičkonosnostjo. Brez dvoma in mnogokrat dokazana je proizvodnja EE v velikih enotah bolj učinkovita tako v času investicije (izgradnje) kot vzdrževanja (obratovanja). V Sloveniji bi bilo potrebno za letno proizvodnjo reda 10 TWh zgraditi za okrog 10 GW sončnih elektrarn. To je približno 1 milijon strešnih elektrarn moči 10 kW, kar je celo malenkost več kot ena strešna elektrarna na en električni priključek v državi. Zato bo nujno treba delati velike elektrarne, ki pa bodo zahtevale velike površine. In prav velika polja so ekonomsko in tehnično najprimernejša za ta namen. Na drugi strani pa pridelovalcu hrane soproizvodnja električne energije skozi sinergijske učinke omogoča dvig dodane vrednosti, kar je ključ za dvig interesa za proizvodnjo hrane ter s tem dvig nizkega nivoja samooskrbe s hrano v Sloveniji. Različne študije (Agrivoltaics, 2022) dokazujejo, da agrofotovoltaika v določenih primerih povečuje količino pridelka gojenih rastlin, predvsem zaradi tega, ker rastline bolje pod nadomestijo pomanjkanje dežja, zahvaljujoč senci, ki jo zagotavljajo fotonapetostni moduli. Svetovni trendi se hitro spreminjajo in prilagajajo trenutnim razmeram, vendar kljub temu ostaja dejstvo, da je potreba po električni energiji in hrani vedno večja, prostor, ki ga imamo na razpolago, pa kljub vedno večjim potrebam omejen (Globalno..., 2017). Tako električna energija kot hrana se v 21. stoletju uvrščata v strateške in nujne dobrine vsake države. Zelo pomembno dejstvo vsake neodvisne države je tudi, da je delež doma proizvedene hrane in električne energije konstanten ter čim bližje 100 % samooskrbi. V bolj razvitih državah velja, da sta obe dobrini pridelani na okolju prijazen in obnovljiv vir s sočasno skrbjo po ohranjanju biodiverzitete, k čemur smo se kot članica Evropske unije, zavezali tudi s Pariškim sporazumom (Pariški..., 2022).



Slika 1: Dvojna raba kmetijskega zemljišča v sadovnjaku. Nad vrstami v sadovnjaku so postavljeni tako imenovani zebrasti fotovoltaični paneli, ki imajo 49 % prepustnost svetlobe in 300 W moči. (foto: B. Germšek)



Slika 2: SE Buče - agrofotovoltaika na travniku, kjer ovce popasejo travno rušo (Vir slike: EKOD)

Agrofotovoltaika (APV) pomeni proizvodnjo električne energije (EE) s PV moduli, povezanimi v sončne elektrarne (SE), na površinah, kjer opravljamo kmetijsko dejavnost, in je v bistvu simbioza dveh dejavnosti. S tem se večja pridobivanje EE iz obnovljivih virov energije (OVE) in ohranja rodovitne obdelovalne površine za kmetijstvo. Po definiciji Agostini in sod. (2021) so APV tehnologije, pri katerih so paneli za proizvodnjo EE na zadostni višini od tal, da omogočimo običajne proizvodne prakse gojenja in proizvodnje hrane pod njim. Ta dejavnost

se je po svetu v zadnjih letih zelo razvijala. Nemci ocenjujejo, da je bila inštalirana moč APV leta 2020 več kot 14 GW. Po vsem svetu in še zlasti v Evropi poteka tudi veliko raziskovalnih projektov, kjer optimizirajo tako načine kmetijske pridelave kot tudi fotovoltaične sisteme. Fotovoltaični paneli so lahko pri APV postavljeni poševno ali pa vertikalno. Tudi velikost panelov in njihova prosojnost je lahko različna (glede na potrebe kmetijstva). Prednost APV je, da je za njeno širitev na voljo veliko kmetijskih površin, hkrati pa so veliki APV sistemi lahko cenejši od majhnih PV strešnih sistemov. Na drugi strani pa ima kmetijstvo od tega tudi določene prednosti, kot je varovanje pred točo in sušo. Kmetijska dejavnost, ki se jo lahko izvaja pod oz. skupaj z APV, je lahko zelo raznolika: od paše živali pod fotovoltaičnimi paneli do intenzivne proizvodnje poljedelskih ali sadjarskih kultur ter proizvodnje zelenjave in sadja v rastlinjaki.

Po slovenski zakonodaji SE ne smemo postavljati na kmetijskih površinah. Teoretično jo lahko postavimo na določene kmetijske objekte, kot so rastlinjaki, stebri v sadovnjakih (opora za protitočne mreže) itn. Podatki za SE z deklaracijami (podporami) kažejo, da imamo tudi 69 prostostojećih SE. Vsaj nekaj jih je tudi na kmetijskem zemljišču. Ob postavitvi take SE na kmetijsko zemljišče, so morali investitorji načeloma spremeniti namembnost zemljišča v stavbnega (z industrijskim objektom), ki je nato tudi ustrezno obdavčeno. Lahko tudi zapišemo, da pri nas dvojna raba kmetijskih zemljišč ni na dobrem glasu (podobno je tudi v Avstriji in nekaterih drugih evropskih državah).

Spremembe namembnosti zemljišča so se lotili na Kozjanskem v Vrenski gorci, kjer od leta 2009 deluje SE Buče (slika 2). Kljub temu da se na območju SE pasejo ovce, s čimer se na območju izvaja kmetijska dejavnost, jo težko opredelimo kot APV, saj zemljišče pod njo ni več kmetijsko. Podoben primer kot je SE Buče, je tudi SE Prapretno, ki stoji na degradiranem območju na odlagališču pepela Prapretno blizu Trbovelj. Območje je bilo sanirano, nastal je travnik, na katerem so občasno ovce, postavljena pa je tudi SE, ki je v trenutku pisanja članka največja v Sloveniji.

Ministrstvo za infrastrukturo Republike Slovenije (MzI) je konec septembra objavilo predlog Zakona o umeščanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije (ZUOVE). V okviru ZUOVE z vidika APV izpostavljamo uvajanje dveh novosti: dopustne spremljajoče rabe kmetijskih zemljišč in regulatornih peskovnikov.

MzI z omenjenim predlogom ZUOVE predlaga termin dopustne spremljajoče rabe namesto dvojne ali souporabe prostora, s čimer še močneje poudari, da je pridobivanje EE spremljajoča dejavnost in ne glavna dejavnost na kmetijski površini. Predlog zakona uvaža tudi varovalke kot so na primer: točkovno temeljenje, konstrukcija na način izboljšanja oz. vsaj ohranjanja potenciala zemljišča, konstrukcija mora omogočati obdelavo s kmetijsko mehanizacijo in odstranitev fotovoltaične elektrarne v primeru, da se kmetijska dejavnost preneha izvajati.

Regulatorni peskovnik omogoča ministrstvu, pristojnemu za energijo, izdajo dovoljenja za odstopanje od veljavne zakonodaje za omejen čas za namene pilotnih projektov s področja razvoja in uporabe novih in naprednih tehnologij, proizvodov, pristopov ali drugačnih načinov uporabe obstoječih na področju proizvodnje električne energije z izrabo sončne in vetrne energije vključno z napravami za shranjevanje energije.

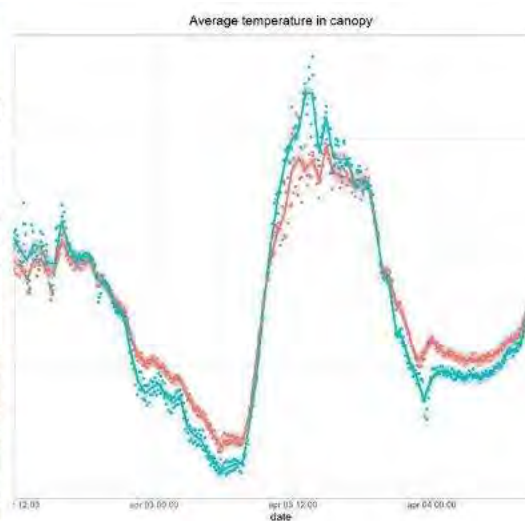
V času priprave tega prispevka dokončna ureditev predloga zakona še ni jasna, avtorji pa predlog ocenjujemo kot korak v pravo smer v kontekstu združevanja dveh panog, kjer je samooskrba pomembna, poudarek pa ostaja na kmetijstvu.

2 PREGLED RAZISKAV

Schindele in sod. (2020) so v svoji raziskavi z rezultati tehnično-ekonomskega vrednotenja APV primerjali APV in običajno talno nameščeno SE v Nemčiji. Vrednotenje so opravili za

APV in SE, ki sta postavljeni na površini 2 ha. Investicijske stroške APV so ocenili na 1.294 €/kW, s čimer lahko postavimo za 1.038 kW panelov z močjo APV (519 kW/ha). Investicijske talno nameščene SE so ocenili na 748 €/kW za nameščenih 1.379 kW (690 kW/ha). Na podlagi te ocene sklepamo, da je cena za kW nameščene moči pri APV 75 % višja, pri čemer za 1 kW APV potrebujemo več površine kot pri talni izvedbi SE. Na drugi strani so obratovalni stroški APV 13 % nižji, saj se površina pod APV že obdeluje in ne potrebuje dodatnega vzdrževanja. Iz podobnega razloga je cenejša tudi parcela, saj se strošek zemljišča deli med dva izdelka: hrano in EE. Raziskovalci so ocenili tudi vpliv APV na krompir in pšenico. Pridelek krompirja se je v primeru APV zmanjšal za 12 %, pšenice pa za 16 %.

V Belgiji je v teku pilotni projekt APV z imenom H2020 HyperFarm. V okviru tega projekta je bil objavljen izsledek o vplivu delnega prekrivanja kmetijske površine s PV moduli. Na sliki 3 je predstavljen primer, ko so pod APV izmerili manjše nihanje temperature (rdeča krivulja) kot na referenčnem odkritem območju (zelena krivulja). APV je v konkretnem primeru na rastline vplivala tako, da je bila ponoči temperatura nekoliko višja, podnevi pa nižja. V tej enaki raziskavi so raziskovalci izvedli meritve temperature in zapisali, da je APV obvarovala hruške pred pozebo. Na spletni strani projekta je objavljeno tudi orodje, s pomočjo katerega lahko uporabnik z nastavitvijo različnih parametrov izračuna letno proizvodnjo EE in vpliv na pridelek.



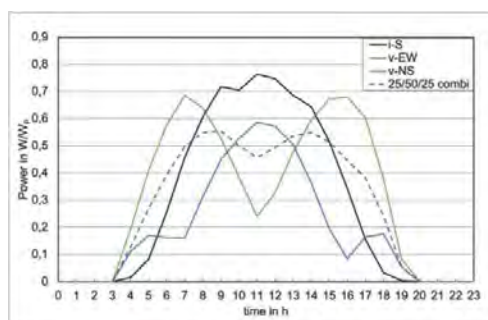
Slika 3: Temperatura izmerjena pod APV v zimskem času v okviru projekta H2020 Hyperfarm (H2020 Hyperfarm, 2022)

Po vsem svetu in še zlasti v Evropi poteka tudi veliko raziskovalnih projektov, kjer optimizirajo tako načine kmetijske pridelave kot tudi fotovoltaične sisteme. DIN Deutsches Institut für Normung je leta 2021 izdal DIN specifikacijo DIN SPEC 91434 Agri-Photovoltaik-Anlagen – Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung, ki govori o agrofotovoltaiki. Specifikacija je dejansko predhodnik standarda za agrofotovoltaiko. Ta dokument je bil pripravljen na podlagi izkušenj s pilotnimi agrofotovoltaičnimi napravami in predstavlja dognanja na tem področju, ki se lahko v prihodnosti še razvija (DIN SPEC 91434, 2021).

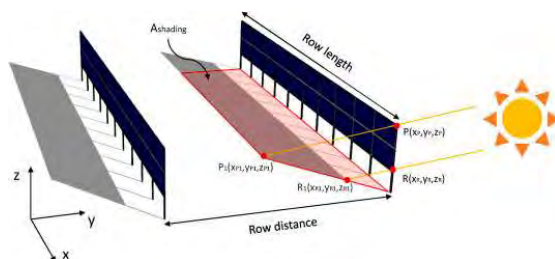
V specifikaciji so razjasnjeni pojmi iz področja agrofotovoltaike, kategorizacija agrofotovoltaičnih naprav, merila in zahteve za osnovno kmetijsko pridelavo, načrtovanje in tehnične zahteve za agrofotovoltaične sisteme, zahteve za namestitev, delovanje in vzdrževanje. V okviru tega dokumenta so agrofotovoltaični sistemi razdeljeni na: visoko nameščene panele

(kategorija I) in na agrofotovoltaične sisteme, kjer so paneli nameščeni blizu tal - na tleh (kategorija II). Kmetijske površine obeh kategorij pa delijo v štiri kategorije uporabe: trajni nasadi in večletne rastline, enoletne rastline, trajno travnjenje s košnjo, trajno travnjenje s pašno rabo (DIN SPEC 91434, 2021).

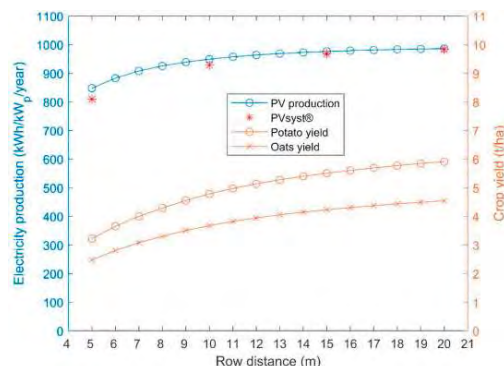
Z vidika proizvodnje EE je zanimiva tudi vertikalno postavljena APV. Reker in sod. (2022) so s pomočjo javno dostopnih podatkov razvili orodje, ki simulira proizvodnjo EE z APV. Simulacija je obsegala proizvodnjo EE iz horizontalno oz. nekoliko nagnjenih PV modulov in usmerjenih na jug (i-S), proizvodnjo vertikalno postavljenih PV modulov v smeri sever-jug (lici obrnjeni na vzhod in zahod, v-EW) ter vertikalno postavljenih PV modulov (v-NS). Izračunana proizvodnja EE iz tako postavljenih modulov je prikazana na sliki 4. Z vidika proizvodnje EE največ proizvede običajno postavljena APV (1,02 MWh/leto), vertikalno postavljena APV, kjer celice gledajo na vzhod in zahod le nekoliko manj (1,0 MWh/leto), najmanj EE pa proizvede APV, kjer celice gledajo na jug in sever (0,93 MWh/leto) za 1 kW instalirane moči. Pri izračunu so za vertikalno postavljeno APV predpostavili dvostranske PV module.



Slika 4: Primer proizvodnje električne energije EE v odvisnosti od postavitve modulov (Vir slike: Reker in sod., 2022)



Slika 5: Senčenje pri vertikalno postavljeni APV (Vir slike: Campana in sod. 2021)



Slika 6: Proizvodnja EE in ovesa oz. krompirja v odvisnosti od razdalje med vertikalnimi vrstami APV (Vir slike: Campana in sod., 2021)



Slika 7: Svedrska izvedba temeljenja APV (Vir slike: Hugergy, 2022)

Campana in sod. (2021) so za primer lokacije na Švedskem iskali optimalno razdaljo med vertikalno postavljenimi vrstami APV. Odvisnost pridelka od senčenja so izračunali za primer ovesa in krompirja. Izračun avtorjev za omenjeno lokacijo je, da je optimalna razdalja med vrstami 9,2 m za oves in 9,7 m za krompir, kar je grafično prikazano na sliki 5.

V Italiji je Parra (2022) v poletnem času sprejel smernice za APV. APV je razvrstili v dve kategoriji: navadno in napredno. Za uvrstitev APV v navadno, običajno kategorijo morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji: nameniti kmetijstvu vsaj 70 % površine in popolnoma osenčena površina ne sme presegati 40 % površine. Na površini mora potekati pridelava hrane, hkrati proizvodnja EE ne sme biti manjša kot 60 % običajne SE. Obvezno je spremljanje pridelave hrane.

Za napredno APV morajo biti poleg zgornjih pogojev izpolnjeni še pogoji, da mora biti APV: opremljen s sistemom za spremljanje rodnosti tal, mikroklimatskih razmer in prihranka vode. AVP mora biti postavljen na enega od predpisanih dveh načinov (vertikalna ali horizontalna), ki omogoča nemoteno izvajanje primarne kmetijske dejavnosti.

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, kot vodilna raziskovalna institucija za agrofotovoltaiko v Nemčiji, v publikaciji »Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende Ein Leitfaden für Deutschland Stand April 2022« za Nemčijo navaja informacije o potencialu, trenutnem stanju tehnologije in pravnem okviru agrofotovoltaike ter predstavlja praktične informacije o njeni uporabi za kmete, občine in podjetja (Agri-Photovoltaik, 2022).

Ressar in sod. (2021) ugotavljajo, da za razvoj agrofotovoltaike v Avstriji niso dovolj samo ustrezne tehnične rešitve. Potrebni so uspešni primeri agrofotovoltaičnih sistemov, ki so znanstveno spremljani in nato ozaveščajo ter prenašajo znanja na podlagi empiričnih podatkov. Pri agrofotovoltaiki je potrebno upoštevati različne podnebne razmere ter geografske in kulturne razmere ter tehnike kmetijske pridelave. Šele na osnovi znanstvenih analiz lahko potrdimo učinke in potencial agrofotovoltaičnih sistemov. Za Avstrijo velja, da nimajo še dovolj podatkov o učinkih agrofotovoltaike na kmetijsko pridelavo, prav tako imajo še pomanjkljivo zakonodajo na tem področju. Nerešeno je tudi vprašanje subvencij. Ressar in sod. (2021) za Avstrijo v svoji raziskavi prav tako ugotavljajo, da je uspešnost agrofotovoltaike v veliki meri odvisna od sprejemanja tehnologije s strani različnih interesnih skupin, predvsem kmetov. Med kmeti in odločevalci v kmetijskem sektorju prevladuje konkurenca med pridelavo hrane in energije, zaradi katere prihaja do družbene (ne)sprejemljivosti APV tehnologije. APV na njivskih površinah je pogosto obravnavana kot konkurenca pridelavi hrane, na travinju pa je večinoma obravnavana kot dejavnost, ki poveča vrednost takega zemljišča. Pri umeščanju APV je potrebno upoštevati še druge funkcije krajine (npr. kulturni vidiki, biotska raznovrstnost, rekreacijski vpliv itd.), veliko pomislekov je tudi glede negativnega vpliva na videz krajine.

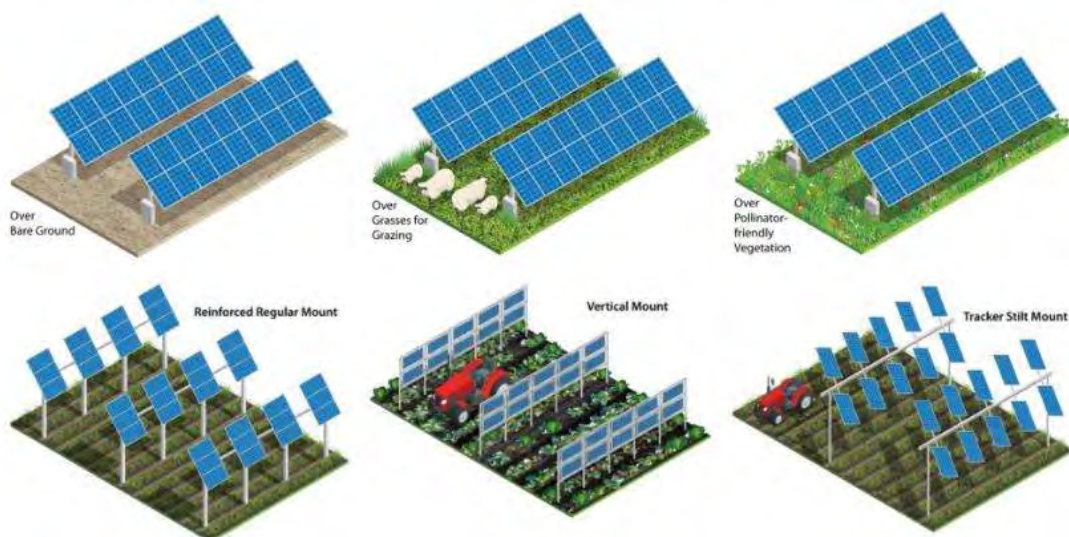
Vollprecht in sod. (2021) v svoji raziskavi ugotavljajo, da leta 2020 v Nemčiji AVP sistemi še niso bili vključeni v pravni okvir. Za uveljavitev agrofotovoltaike in energetskega (zelenega) prehoda in trajnostne pridelave hrane je pravna implementacija zelo pomembna. V mnogih primerih je težko ali nemogoče pridobiti dovoljenje za postavitev agrofotovoltaike.

Andrew in sod. (2021) ugotavljajo, da spadajo travniki med najboljša mesta za namestitev sončnih elektrarn. V študiji so ugotavljali učinkovitost praks upravljanja živine pod fotovoltaiiko. Prirasti in proizvodnja žive teže jagnjet je bila primerljiva v obeh tipih pašnikov (brez in s fotovoltaiiko). Še pomembneje pa je, da lahko sončne celice zagotovijo živalim bolj prijazno okolje za pašno živino, saj zagotavljajo zavetje pred soncem, dežjem in vetrom.

3 KLASIFIKACIJA AGROFOTOVOLTAIKE

Obstaja več izvedb APV. Glede na postavitev PV modulov lahko APV delimo na horizontalne in vertikalne, pri čemer imamo s horizontalnimi še vedno v mislih določen naklon glede na tla, ki omogoča največ izkoristka sončnega sevanja. Horizontalni moduli so lahko fiksni, ali pa imajo sisteme za sledenje soncu v eni ali dveh oseh. Tudi brez sistema za sledenje so lahko horizontalno postavljeni PV moduli gibljivi. Gibljivost v splošnem omogoča boljši izkoristek sončnega sevanja, predvsem pa lahko omogoči boljšo zaščito pred padavinami. Modul, ki ima

blag nagib, lahko postavimo popolnoma horizontalno in s tem povečamo površino, ki jo modul prekriva nad tlemi. Tako zmanjšamo površino na tleh, ki je neposredno izpostavljena močnim padavinam. Konstrukcijo lahko izkoristimo tudi za zajemanje vode, ki odteka s panelov, lahko jo uporabimo tudi za namakanje ali postavitev protitočnih mrež.



Slika 8: Različni tipi SE oz. APV. Vir slike: *Capital Costs for Dual-Use Photovoltaic Installations: 2020 Benchmark for Ground-Mounted PV Systems with Pollinator-Friendly Vegetation, Grazing, and Crop*

Horizontalno nameščeni moduli so z vidika konstrukcije zahtevnejši, saj mora biti ta dovolj visoka ali za živino ali za kmetijsko mehanizacijo. Na drugi strani so vertikalni moduli, kjer je konstrukcija enostavnejša. Profil proizvodnje EE ima v primeru vertikalne postavitve dve nižji konici in se razlikuje od profila običajnih SE (slika 8).

Različna so tudi temeljenja. Pri obeh tipih postavitve so lahko uporabljene betonske kocke, ki služijo kot temelj, na katerega se privijači konstrukcija. Namesto betonskih kock se lahko uporabi tudi betonske klešče, ki so v uporabi tudi pri elektrodistribucijskem omrežju. Tak tip temeljenja ne predstavlja degradacije površine in preprečuje stik jeklene ali lesene konstrukcije s tlemi, ki so lahko vlažna in povzročijo hitrejšo staranje lesenih konstrukcij. Vedno bolj pa se razvijajo tudi rešitve »svedrske« izvedbe, pri katerih se izognemo betonu in tako zmanjšamo strošek, pohitrimo inštalacijo ter zmanjšamo negativni učinek na tla.

Izvedba je odvisna tudi od uporabe modulov: enostranski ali obojestranski PV moduli ter neprosojni ali prosojni moduli. Študij, ki bi se osredotočile na razliko med prosojnimi ali polnimi moduli z vidika kmetijstva, nismo našli. Na drugi strani pa z energetskega vidika igra pomembno vlogo dvostranskost modula. Predvsem pri vertikalni postavitvi je dvostranskost nujna, sicer vertikalna postavitev izgubi svojo energetska prednost.

4 SKLEPI

Fotovoltaika danes predstavlja hitro rastočo gospodarsko panogo. Pri nas v zadnjih letih postavljajo predvsem samooskrbne sončne elektrarne in večina kmetij ima za pokrivanje lastne električne porabe na voljo dovolj strešnih površin. Agrofotovoltaika pa je področje, kjer bi morali s pilotnimi projekti pokazati in preveriti sinergijo pridelave EE in hrane za slovenske razmere. V ta namen moramo tudi v Sloveniji postaviti pilotni projekt, kjer bomo lahko izdelali

smernice za Agrofotovoltaiko v našem agroklimatskem prostoru. Na podlagi tega projekta bomo prav tako lahko ustrezno uredili zakonodajo na tem področju.

5 LITERATURA

- Agostini, A., Colauzzi, M., Amaducci, S., 2021. Innovative agrivoltaic systems to produce sustainable energy: An economic and environmental assessment, *Applied Energy* 281, 1-13.
- Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende Ein Leitfaden für Deutschland | Stand April 2022 (2022) Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 74 st.
- Agrivoltaics, 2022. Opportunities for Agriculture and the Energy Transition, A Guideline for Germany, April 2022 Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Freiburg, 2022, Second edition, April 2022
- Andrew, A. C., Higgins C. W., Bionaz, A., Smallman, M. A., Ates, S. (2021) Pasture Production and Lamb Growth in Agrivoltaic System AIP Conference Proceedings 2361, 060001 (2021); <https://doi.org/10.1063/5.0055889>
- Tasić, B.P. 11.2.2022. Agrovoltaika prvič: 12 let pozneje. Finance.si, <https://agrobiznis.finance.si/8986783/Agrovoltaika-prvic-12-let-pozneje>
- Campana P.E., Stridh B., Amaducci S., Colauzzi M., 2021. Optimisation of vertically mounted agrivoltaic systems. *Journal of Cleaner Production* 325. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621032807>
- Capital Costs for Dual-Use Photovoltaic Installations: 2020 Benchmark for Ground-Mounted PV Systems with Pollinator-Friendly Vegetation, Grazing, and Crops. NREL 2020. <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/77811.pdf>
- Celoviti nacionalni energetski in podnebni načrt Republike Slovenije (2020) Vlada Republike Slovenije https://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/nepn/dokumenti/nepn_5.0_final_feb-2020.pdf
- EKOD, Ekod d.o.o. <https://ekod.si/si/>
- Globalno in lokalno: varna in cenovno dostopna energija (2017) European Environment Agency <https://www.eea.europa.eu/downloads/17f1949c14ec422a9572b3da3945b3ff/1620729303/globalno-in-lokalno-varna-in.pdf>
- H2020 HyperFarm <https://hyperfarm.eu/>
- Hugergy 2022, https://www.hugergy.com/ground-screw_c9
- M. J. J. Parra, 5.7.2022. Italy publishes new national guidelines for agrovoltaic plants. PV Magazine. <https://www.pv-magazine.com/2022/07/05/italy-publishes-new-national-guidelines-for-agrovoltaic-plants/>
- Ministrstvo za Infrastrukturo Republike Slovenije, 26.9.2022. Javna obravnava Zakona o umeščanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije. <https://e-uprava.gov.si/drzava-in-druzba/e-demokracija/predlogi-predpisov/predlog-predpisa.html?id=14674>
- Pariški sporazum o podnebnih spremembah (2022) Evropski svet <https://www.consilium.europa.eu/sl/policies/climate-change/paris-agreement/>
- Ressara, K., Muhar, A., Schauppenlehner, T. (2021) Agrivoltaics in Austria: A stakeholder perspective on the opportunities and constraints of synergetic land use Cite as: AIP Conference Proceedings 2361, 020001 (2021); <https://doi.org/10.1063/5.0054601>
- Reker S., Schneider J., Gerhards C., 2022. Integration of vertical solar power plants into a future German energy system. *Smart Energy* 7. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666955222000211>
- Schindele S., Trommsdorff M., Schlaak A., Obergfell T., Bopp G., Reise C., Braun C., Weselek A., Bauerle A., Högy P., Goetzberger A., Weber E., 2020. Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy* 265. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626192030249X>
- Vollprecht, J., Trommsdorff, M., Hermann, C. (2021) Legal Framework of grivoltaics in Germany AIP Conference Proceedings 2361, 020002 (2021); <https://doi.org/10.1063/5.0055133>

Uporaba prečiščene odpadne vode za namakanje: rezultati in spoznanja iz izvedenih poskusov

Špela ŽELEZNIKAR¹²⁷, Gašper LESKOVAR¹²⁸, Nina KACJAN MARŠIČ¹²⁹, Tjaša GRIESSLER-BULC¹³⁰, Damijana KASTELEC¹³¹ in Marina PINTAR¹³²

Izveček

Iskanje in uvedba novih, alternativnih vodnih virov za namakanje predstavlja vse pogostejši trend v številnih državah sveta, tudi v Sloveniji. V namen ohranjanja večjih količin čiste pitne vode se lahko z rabo prečiščene odpadne vode (POV) za namakanje zmanjša raba osnovnega naravnega vodnega vira. Praksa ponovne uporabe vode za potrebe namakanja sega več kot 5000 let v preteklost, trenutni trend ponovne uporabe vode pa se v zadnjih letih v svetu povečuje. Namakanja s POV se povečuje zaradi rasti prebivalstva in turizma in s tem povezanim večanjem količin odpadne vode ter zaradi potreb po prilagajanju na podnebne spremembe. Obseg in stopnja čiščenja odpadne vode se v Sloveniji povečuje. V namen raziskovanja vplivov uporabe POV za namakanje na tla, rastline in pridelek smo ob Centralni čistilni napravi (CCN) v Ajdovščini postavili poskusno polje s 30 lizimetri. V prispevku bomo predstavili rezultate poskusov na bučah, izvedenih na CCN v Ajdovščini. Proučevali smo vpliv namakanja z različno prečiščenimi odpadnimi vodami iz CCN v primerjavi z namakanjem z vodovodno vodo kot kontrolo.

Glavne besede: prečiščena odpadna voda, vodni vir, namakanje, buče, tla

Using treated wastewater for irrigation: experimental results and lessons learned

Abstract

The identification and introduction of new, alternative water sources for irrigation is a growing trend in many countries around the world, including Slovenia. In order to conserve larger quantities of clean drinking water, the use of treated wastewater (TWW) for irrigation can reduce the use of the primary natural water resource. The practice of water reuse for irrigation dates back more than 5000 years, and the current trend of water reuse has been increasing worldwide. Irrigation from TWW is increasing due to population and tourism growth and the associated increase in wastewater volumes, as well as the need to adapt to climate change. The volume and level of wastewater treatment is increasing in Slovenia. In order to study the impact of the use of TWW for irrigation on soil, plants and crops, an experimental field with 30 lysimeters was set up at the Central Municipal Wastewater Treatment Plant (CMWWTP) in Ajdovščina. In this paper we will present the results of the first experiments on pumpkin carried out at the Ajdovščina CMWWTP. We investigated the effect of irrigation with differently treated effluents from the WWTP compared to irrigation with tap water as a control.

Key words: treated wastewater, water sources, irrigation, pumpkin, soil

1 UVOD

Voda je izredno pomemben naravni vir. Poleg tega, da je nujno potrebna za naš obstoj tudi današnja industrija brez nje ne more delovati. Svetovna zaloga čiste pitne vode se nenehno zmanjšuje. Med glavnimi porabniki zalog vode je kmetijstvo in z njim povezano namakanje kmetijskih površin. Le-to po trenutnih ocenah predstavlja 80 % celotne porabe vode, do leta 2030 pa naj bi se poraba vode za namakanje povečala še za 15 % (SDG poročilo, 2019). V namen ohranjanja večjih količin čiste pitne vode trenutno v svetu poteka aktivno iskanje in

¹²⁷ Mag. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: spela.zeleznikar@bf.uni-lj.si

¹²⁸ Mag. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: gasper.leskovar@bf.uni-lj.si

¹²⁹ Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: nina.kacjan.marsic@bf.uni-lj.si

¹³⁰ Prof. dr., Zdravstvena fakulteta, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana, e-pošta: tjasa.bulc@zf.uni-lj.si

¹³¹ Izr. prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: damijana.kastelec@bf.uni-lj.si

¹³² Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

uvedba novih, alternativnih vodnih virov za namakanje. Enega izmed njih predstavlja uporaba prečiščene odpadne vode (POV). POV je opredeljena kot »voda, ki je bila vsaj sekundarno očiščena in dezinficirana in se ponovno uporabi potem, ko izteče iz čistilne naprave« (Hashem in Qi, 2021). Čiščenje odpadne vode in njena uporaba predstavljata dragocen vir in privlačno izbiro, zlasti v sušnih regijah, saj POV velja za neizčrpen, zanesljiv vir vode in hranil (Hashem in Qi, 2021; Becerra-Castro in sod., 2015). Uporabljamo jo lahko za namakanje kmetijskih ter drugih površin (ekološke in rekreacijske površine), ponovno uporabo v industriji ali za uporabo v mestih (čiščenje in gašenje mestnih površin). De Carlo in sod. (2020) navajajo, da ima uporaba POV kot vira za namakanje ekonomske in okoljske koristi. Zmanjša ali celo odpravi potrebo po oskrbi tal s nekaterimi vrstami gnojil, saj vsebuje organsko snov in hranila, ki so koristna za rastline. Njena uporaba predstavlja tudi nevarnosti, saj lahko povzroči povečanje slanosti tal ter poveča vsebnost mikroorganizmov in drugih modernih onesnažili v tleh (Gao in sod., 2021; De Carlo in sod., 2020; Ganjgunte in sod., 2018).

Prvi dokument o merilih in kakovosti POV je nastal leta 1973 v okviru Svetovne zdravstvene organizacije (WHO). Posodobili so ga leta 2006 in zajema širok nabor navodil ter napotkov za varno uporabo POV. Organizacija Združenih narodov za prehrano in kmetijstvo (FAO) je zadnja navodila za uporabo POV za namakanje izdala leta 1999, Agencija za varstvo okolja Združenih držav Amerike (EPA) pa leta 2012 (Hashem in Qi, 2021). Smernice, ki so zapisane v dokumentih, ki so jih izdale WHO, FAO in EPA, so izhodišče za urejanje zakonodaje v posameznih državah. Evropska unija je na podlagi teh smernic leta 2018 izdala predlog za uvedbo regulative o ponovni uporabi vode za kmetijske namene (Shoushtarian in Negahban-Azar, 2020). Kljub povečevanju pritiska na vodne vire zaradi ekstremnih sušnih obdobj, ki so posledica podnebnih sprememb in s tem vedno večjih potreb po namakanju v kmetijskem sektorju, Slovenija še ni sprejela zakonodaje in določil za namakanje s POV.

Poznamo veliko različnih postopkov čiščenja odpadne vode, vsem pa je skupno, da imajo dva produkta, POV in blato. Ločimo tri stopnje čiščenja (i) primarno ali mehansko čiščenje z usedanjem, pri tej stopnji z mehanskimi postopki odstranimo večje neraztopljene delce onesnaženja, (ii) sekundarno čiščenje ali biološko čiščenje, kjer s pomočjo mikroorganizmov odstranimo biološko razgradljive snovi, ki bi lahko povzročile pomanjkanje kisika ter (iii) terciarno čiščenje, namenjeno odstranjevanju fosforjevih in dušikovih spojin, kar preprečuje prekomerno zaraščanje vodotokov oz. evtrofikacijo.

V naši raziskavi smo na lizimeterski postaji CCN Ajdovščina želeli ugotoviti primernost POV (uporaba in primerjava različnih postopkov čiščenja POV) za namakanje. Zanimala nas je tudi koncentracija težkih kovin v tleh in rastlinah, kjer smo namakali s POV ter vpliv POV na elektroprovodnost (EC) in pH odcednih vod iz lizimetrov.

2 MATERIALI IN METODE DELA

2.1 CCN Ajdovščina

CCN Ajdovščina deluje kot klasična pretočna naprava s predhodno denitrifikacijo in anaerobno stabilizacijo blata v gniliščih. Sestavljena je iz dveh linij, linije vode in linije blata.

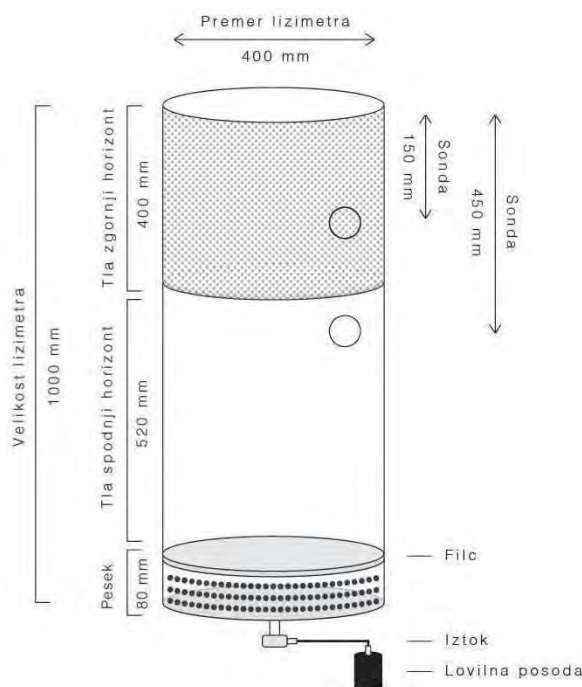
Poleg naprav, ki so del klasične pretočne naprave, sta na območju CCN Ajdovščina postavljena tudi algni sistem (AS) ter rastlinska čistilna naprava (RČN). AS so čistilne naprave, ki s pomočjo mikroalg ali bakterij očistijo vodo. Aljno-rastlinsko biomaso, ki nastane med procesom čiščenja vode, lahko uporabimo za proizvodnjo plina, bioplastiko ali krmo. RČN delujejo po principu posnemanja delovanja naravnih močvirij. V njih rastline, mikroorganizmi in substrat omogočajo razgradnjo in odstranjevanje onesnaženja na okolju prijazen in naraven

način. Večji del čiščenja opravijo mikroorganizmi, ki se nahajajo na rastlinskih koreninah in substratu, s katerim je naprava napolnjena (Istenič in sod., 2019).

2.2 Poskusna zasnova

Poskus namakanja z različno POV smo izvedli na območju CČN Ajdovščina kot bločni poskus s petimi obravnavanji v šestih ponovitvah. Obravnavanja so predstavljale štiri različne iztočne vode: voda iz rastlinske čistilne naprave (RČN), voda prečiščena s pomočjo algne tehnologije (AT) ter voda iz CČN z dodanim gnojenjem (KČNg) in iz CČN brez dodanega gnojenja (KČNbg). Kot peto obravnavanje - kontrola je bila uporabljena vodovodna voda (VV) iz vodarne Hubelj. Poskus je potekal v lizimetrih vkopanih v tla (slika 1), velikosti 400 mm × 1000 mm. V vsakem sta bila vgrajena dva merilnika vsebnosti vode in slanosti tal. V lizimetre smo nasuli predhodno analizirana tla iz bližine CČN. Analizirali smo tudi pH in EC različnih virov vode, ki smo jih uporabljali za namakanje. V vsakem lizimetru je bila posajena ena rastlina Hokkaido buče (*Cucurbita maxima* Duchesne), cv. 'Shishikura', ki predstavlja eno izmed kmetijsko najpomembnejših vrst buč. Hokkaido buče smo 31. 5. 2019 posadili in pognojili z 31 g KAN-a, 44 g gnojila Hypekorn (0:26:0) in 84 g K₂SO₄ na posamezno rastlino. Dodatno gnojenje smo opravili 21. 6. 2019 in 24. 7. 2020 z 31g KAN-a na rastlino.

Namakali smo po potrebi rastlin, pri čemer smo si pomagali s podatki za referenčno evapotranspiracijo na vremenski postaji Bilje, ki je skozi rastno dobo znašala 487,4 mm in količino padavin na vremenski postaji Slap v Vipavski dolini, kjer je v času poskusa padlo 169,4 mm padavin. Namakanje smo izvajali v približnem razmaku treh dni. Namakali smo manj, kot bi potrebovali po zgornjem izračunu, vendar na rastlinah ni bilo opaziti vidnih znakov pomanjkanja vode. Zalivanje smo v prvem tednu izvajali ročno (13,6 l/na rastlino), nato s kapljičnim namakanjem (en kapljač na rastlino/lizimeter) v sedemnajstih obrokih (68 l/na rastlino). V iztočni vodi lizimetrov smo med 10. 7. 2019 in 28. 8. 2019 merili pH, EC in volumen vode, ki je iztekala iz lizimetrov. Pobiranje pridelka (buč), rastlin in vzorčenje zemlje smo izvedli 3. 9. 2019.

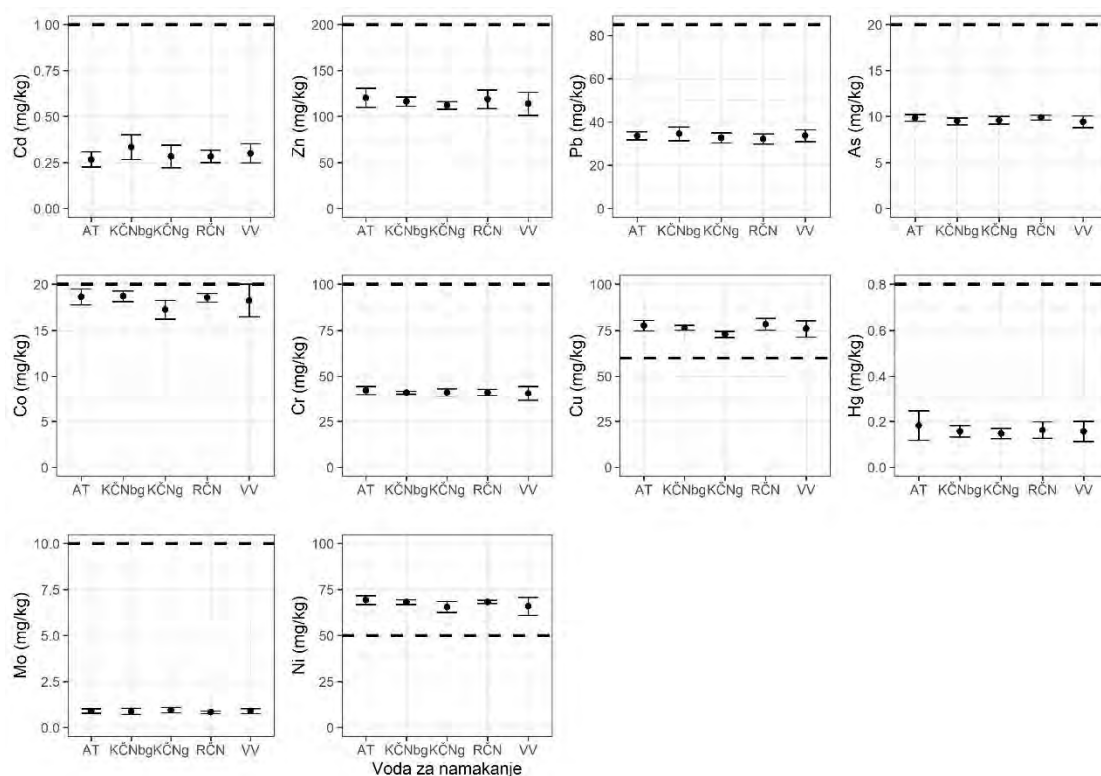


Slika 1: Skica lizimetra

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

V tleh smo spremljali koncentracije kovin arzena (As), kadmija (Cd), bakra (Cu), molibdena (Mo), niklja (Ni), svinca (Pb), cinka (Zn), kobalta (Co) in kroma (Cr). Na vsebnost kovin v tleh vpliva predvsem matična podlaga, atmosferske depozicije, uporaba gnoj, gnojevke, različnih fitofarmaceutskih sredstev in mineralnih gnojil.

Večina analiziranih kovin, razen Cu in Ni v tleh ni presegala mejnih imisijskih vrednosti (Ur. I. RS št. 68/96, črtkana črta slika 2), prav tako ni bilo statistično pomembnih razlik v povprečni vsebnosti kovin v tleh med obravnavanji (Slika 2). Podobno potrjujeta rezultate tudi raziskavi Albdaawi in sod. (2022) ter Kumar in sod. (2021), kjer ugotavljajo, da pri neprekinjenem namakanju s POV ni prišlo do kopičenja težkih kovin v tleh in le-te niso presegale WHO mejnih vrednosti. Povečana koncentracija Cu v tleh je lahko posledica človeškega vpliva na okolje (ukrepi varstva rastlin ob pridelavi trte in breskev na območju CČN Ajdovščina) (Murtaza in sod., 2015), za povečane vrednosti Ni pa sklepamo, da izhajajo iz naravno povečanih koncentracij v tleh, ki so posledica preperevanja kamnin z območja, kjer je potekal poskus (Zupan in sod., 2008).

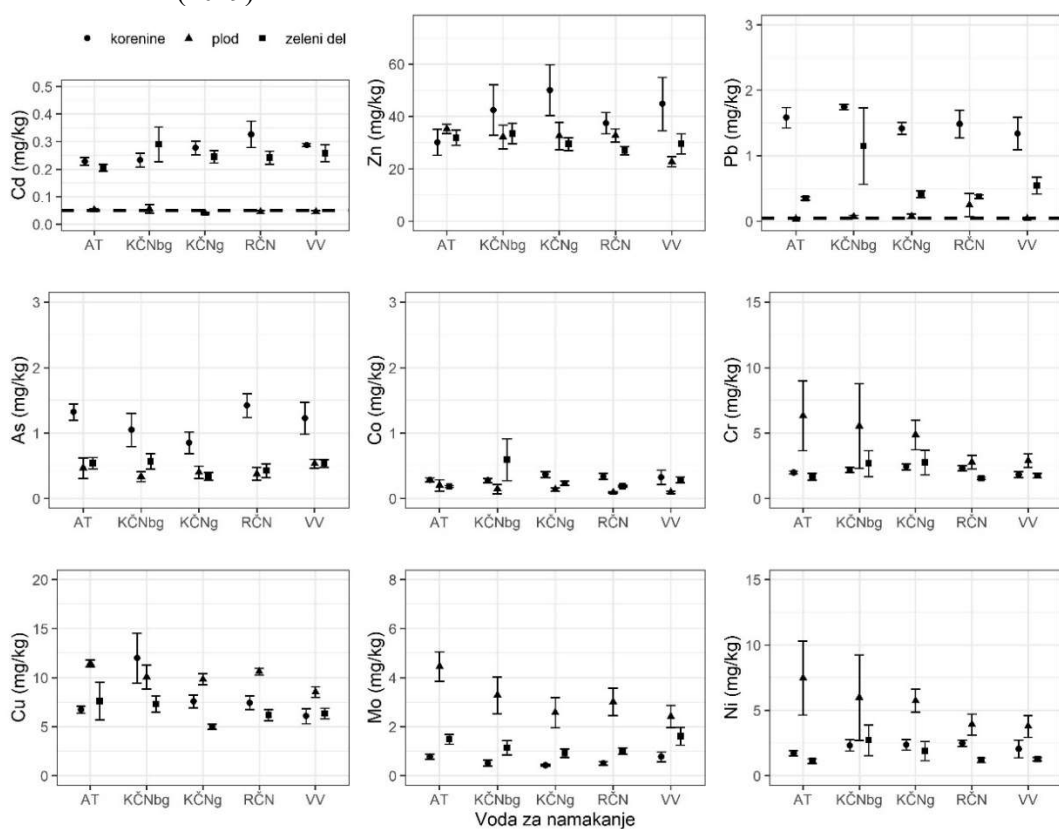


Slika 2: Povprečne vsebnosti kovin v tleh lizimetrov (mg/kg) za različne vode uporabljene za namakanje s pripadajočimi 95 % intervali zaupanja na CČN Ajdovščina, vzorčeno 3. 9. 2019. Črtkana črta predstavlja mejno imisijsko vrednost za kovine v tleh (Ur. I. RS št. 68/96).

Vsebnost kovin je bila izmerjena tudi v vzorcih različnih delov rastline. Ti podatki so bili analizirani kot dvofaktorski poskus, kjer je voda za namakanje predstavljala en proučevani dejavnik, del rastline pa drugega. Rezultati statistične analize so pokazali, da ni bilo prisotnega medsebojnega vpliva med načinom namakanja in kopičenjem kovin v različnih delih rastline (slika 3). Pri vseh kovinah so bile statistično pomembne razlike v povprečni vsebnosti kovin

med različnimi deli rastlin. To potrjujejo tudi druge raziskave, kjer Ofori in sod. (2021) ter Roba in sod. (2016), navajajo da imajo rastline in različni deli rastlin, različno zmožnost bioakumulacije. Le-ta je odvisna predvsem od vrste rastline, vrste kovine in tipa tal. Akumulacija kovin v rastlinah, ter njihov prenos preko prehranjevalne verige v človeško telo, pa predstavlja glavno nevarnost za razvoj različnih obolenj pri prehrani z onesnaženimi pridelki (Rai in sod., 2019). Ofori in sod. (2021) pravijo, da namakanje s POV lahko poveča vsebnost nekaterih kovin v tleh in rastlinah, njihovo kopičenje pa lahko povzroči toksičnost, če so koncentracije nad mejnimi vrednostmi.

Trenutno veljavne smernice za prehrano, predpisujejo mejne vrednosti koncentracij kovin v plodovih buč samo za Cd in Pb. Povprečna vsebnost Cd in Pb je bila statistično pomembno najnižja v plodu, vendar je interval zaupanja za ta povprečja vseboval mejno vrednost določeno pri 0,05 mg/kg sveže mase za plodovke, po veljavnih predpisih za prehrano, ki jih oblikujeta FAO in WHO (2019).

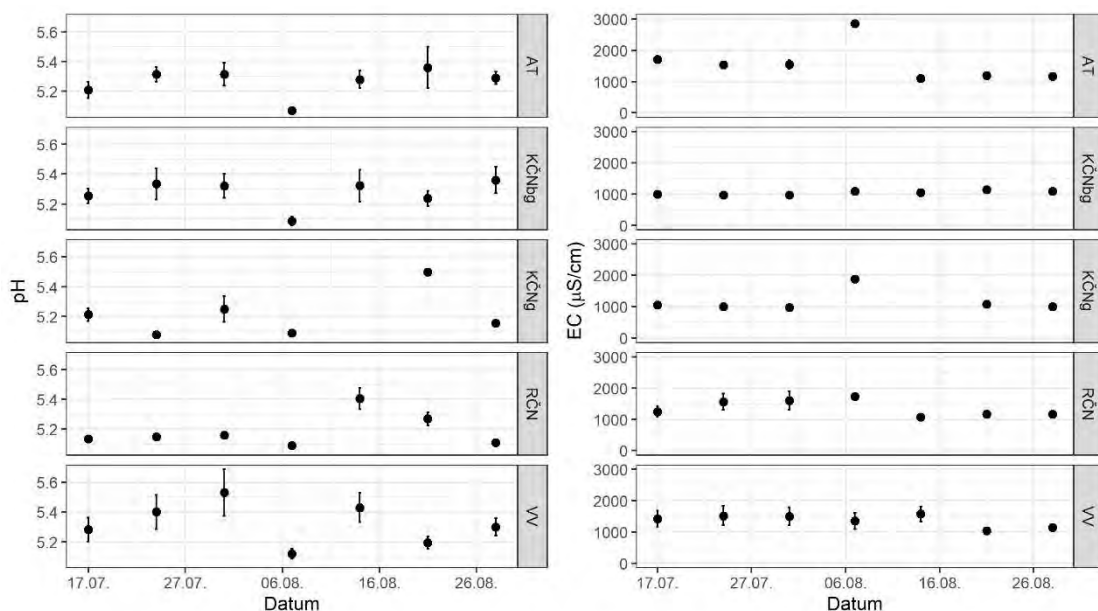


Slika 3: Povprečne vsebnosti kovin (mg/kg) s pripadajočo standardno napako, v koreninah, plodu in zelenem delu rastline (steblo in listi) za različne vode, uporabljene za namakanje. Črčkana črta predstavlja mejne vrednosti vsebnosti kovine za kovine, ki so trenutni v veljavi, v plodovih buč, namenjenih prehrani (FAO/WHO, 2019)

Povprečna vsebnost Zn in As je bila v koreninah statistično značilno večja kot v plodu in zelenem delu, med katerima ni bilo statistično pomembnih razlik. Povprečna vsebnost Co v plodu buče je bila statistično značilno manjša kot v ostalih dveh delih rastline. V plodu je bilo v povprečju več Cr, Cu, Mo in Ni kot v koreninah in zelenem delu. Glede načina namakanja smo statistično značilne razlike dobili samo pri Cu in Mo. Pri Cu se je pokazala v povprečju

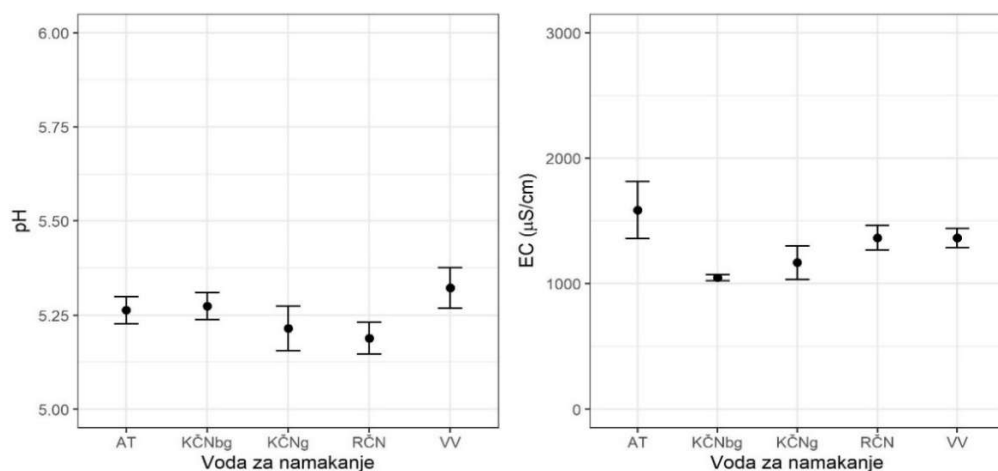
višja vsebnost pri namakanju s KČNbg v primerjavi s KČNg in VV. Pri Mo pa je bila povprečna vsebnost višja pri AT v primerjavi s KČNg. Tudi literatura nakazuje, da se vsebnosti kovin v različnih delih rastline, namakanih z POV lahko precej razlikujejo. Hussain in sod. (2019) ter Kumar in sod. (2021) navajajo, da na prenos in kopičenje kovin v različnih delih rastlin vpliva več dejavnikov. Med njimi koncentracija teh kovin v tleh in tip tal, pa tudi čas spravila in stopnja zrelosti plodov.

Poleg spremljanja akumulacij kovin v tleh in različnih delih namakanih rastlin je potrebno pri uporabi POV preučevati tudi vrednosti EC ter pH v uporabljeni POV. EC je pomemben pokazatelj kakovosti vode za namakanje in omejitveni dejavnik pri izbiri namakane kulture, saj so nekatere kulture bolj ali manj občutljive na EC (Drechsel in sod., 2022). V ta namen, smo v raziskavi spremljali EC in pH izcednih vod iz lizimetrov ter ugotavljali, ali so med različnimi viri POV razlike. Iz slike 4 je razvidno, da se pH iztočne vode iz lizimetrov ne razlikuje po viru vode za namakanje kljub temu, da imajo uporabljene vode za namakanje različen pH. Najverjetnejša razloga za to so padavine v času poskusa, ki so imele razredčitveni učinek in dejstvo, da mora iztočna voda prepotovati skozi celotno dolžino lizimetra.



Slika 4: Časovna vrsta meritev povprečnih vrednosti pH (levo) ter EC ($\mu\text{S/cm}$) (desno) s pripadajočo standardno napako, na iztoku lizimetrov za različne vode uporabljene za namakanje, v času od 17. 7. – 28. 8. 2019.

Rezultati merjenja pH ter EC (slika 5) v odcednih vodah iz lizimetrov kažejo, da pri vrednostih pH ni statistično značilnih razlik po obravnavanjih, pri vrednostih EC pa je obravnavanje KČNbg statistično značilno manjše od obravnavanj VV ter AT. Razlog za manjšo vrednost EC pri KČNbg, bi lahko bil v manjšem deležu hranil, saj pri tem obravnavanju rastlin nismo osnovno gnojili in dognojevali. Za natančnejše rezultate ter pojav več razlik, bi tako meritve morali izvajati v daljšem časovnem obdobju ter izvajati pogostejše namakanje.



Slika 5: Povprečne vrednosti pH (levo) ter povprečna vrednost EC ($\mu\text{S/cm}$) (desno) s pripadajočo standardno napako, na iztoku lizimetrov za različne vode uporabljene za namakanje.

4 SKLEPI

Tako po svetu, kot tudi v Slovenji so vodni viri za namakanje omejeni. Zato bi lahko, na območjih kjer ni drugih vodnih virov, uporaba POV za namakanje predstavljala nov, alternativni vodni vir. Vendar, namakanje s POV prinese precej dodatnih omejitev ter potreb po preverjanju kakovosti uporabljene POV, ki jih pri uporabi običajnih vodnih virov za namakanje ne potrebujemo. Z namenom preverjanja ustreznosti in iskanja novih vodnih virov za namakanje, načrtujemo in izvajamo poskuse predstavljene v prispevku.

Po treh mesecih namakanja, kolikor je trajal poskus z bučami, smo ugotovili, da ni razlik med namakanjem z različnimi viri POV v koncentracijah kovin in različnih delih rastline. Prav tako ni statistično značilnih razlik po obravnavanjih pri pH, pri vrednostih EC pa je obravnavanje KČNbg statistično značilno manjše od obravnavanj VV ter AT. Naše ugotovitve so rezultat časovno kratkega poskusa. Za celovito razumevanje in pregled vpliva uporabe POV na rastline, pridelek in tla bi morali v raziskavo vključiti večletne poskuse ter izvajati pogostejše namakanje. Saj, kot pravijo Ofori in sod. (2021), ima koncept in praksa uporabe POV za namakanje tako prednosti kot slabosti. Uporaba POV za namakanje predstavlja koristi pa tudi okoljske, zdravstvene in ekonomske izzive. Iz literature (Drechsel in sod., 2022; Ofori in sod., 2021) ter iz naših poskusnih izkušenj lahko kot glavne slabosti navajamo nevarnost zasljevanja tal ter zviševanje koncentracij kovin v tleh. Zaščita in varčevanje z vodnimi viri, oskrba s hranili ter vpliv na donosnost kmetij pa so glavne prednosti pri uporabi POV za namakanje.

Namakanje s POV vpliva na tla, vodne vire in javno zdravje. Način in resnost vpliva pa nista odvisna le od kakovosti POV temveč tudi od značilnosti namakanih tal, morfologije in fiziologije namakanih kultur, načina namakanja in kmetijske prakse ter podnebja. Kljub vsemu pa lahko uporaba POV za namakanje prispeva k trajnostni rabi vode ter vodi v smer spodbujanja in razvoja trajnostnega kmetijstva.

Zahvala. Raziskava je bila podprta v okviru raziskovalnega programa J2-8162 (ARRS).

5 LITERATURA

Albdaiwi R. N., Al-Hawadi J. S., Al-Rawashdeh Z. B., Al-Hababeh K. A., Ayad J. Y., Al-Sayaydeh R. S. 2022. Effect of Treated Wastewater Irrigation on the Accumulation and Transfer of Heavy Metals in Lemon Trees Cultivated in Arid Environment. *Horticulturae*, 8(6). Scopus. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8060514>

- Becerra-Castro C., Lopes A. R., Vaz-Moreira I., Silva E. F., Manaia C. M., Nunes O. C. 2015. Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health. *Environment International*, 75:117–135. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.11.001>
- De Carlo L., Battilani A., Solimando D., Caputo M. C. 2020. Application of time-lapse ERT to determine the impact of using brackish wastewater for maize irrigation. *Journal of Hydrology*, 582, 124465. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124465>
- Drechsel P., Qadir M., Galibourg D. 2022. The WHO Guidelines for Safe Wastewater Use in Agriculture: A Review of Implementation Challenges and Possible Solutions in the Global South. *Water (Switzerland)*, 14(6). Scopus. <https://doi.org/10.3390/w14060864>
- FAO-WHO. Contaminants | CODEXALIMENTARIUS FAO-WHO. 2019. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/thematic-areas/contaminants/en/#c452833> (15.nov. 2022)
- Ganjegunte G., Ulery A., Niu G., Wu Y. 2018. Organic carbon, nutrient, and salt dynamics in saline soil and switchgrass (*Panicum virgatum* L.) irrigated with treated municipal wastewater. *Land Degradation & Development*, 29: 80–90. <https://doi.org/10.1002/ldr.2841>
- Gao Y., Shao G., Wu S., Xiaojun W., Lu J., Cui J. 2021. Changes in soil salinity under treated wastewater irrigation: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 255, 106986. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106986>
- Hashem M. S., Qi, X. 2021. Treated Wastewater Irrigation—A Review. *Water*, 13(11), Art. 11. <https://doi.org/10.3390/w13111527>
- Hussain M. I., Muscolo A., Farooq M., Ahmad W. 2019. Sustainable use and management of non-conventional water resources for rehabilitation of marginal lands in arid and semiarid environments. *Agricultural Water Management*, 221, 462–476. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.04.014>
- Istenič D., Atanasova N., Klemenčič K. A., Prosenc F., Bulc G. T. 2019. Evaluation and cost-efficiency of on-site wastewater reuse systems. V: 3rd IWA Resource Recovery Conference Venice, IWA RR 2019. https://water2return.eu/wpcontent/uploads/2019/10/IWARR2019_Book-of-Abstracts-2.pdf (16.nov. 2022)
- Kumar V., Pandita S., Singh Sidhu G. P., Sharma A., Khanna K., Kaur P., Bali, A. S., Setia R. 2021. Copper bioavailability, uptake, toxicity and tolerance in plants: A comprehensive review. *Chemosphere*, 262, 127810. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127810>
- Murtaza G., Javed W., Hussain A., Wahid A., Murtaza B., Owens G. 2015. Metal uptake via phosphate fertilizer and city sewage in cereal and legume crops in Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(12), 9136–9147. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4073-y>
- Ofori S., Puškáčová A., Růžičková I., Wanner J. 2021. Treated wastewater reuse for irrigation: Pros and cons. *Science of The Total Environment*, 760, 144026. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144026>
- Rai P.K., Lee S.S., Zhang M., Tsang Y.F., Kim K.H. 2019. Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. *Environment International*, 125, 365–385. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.067>
- Roba C., Roșu C., Piștean I., Ozunu A., Baciuc C. 2016. Heavy metal content in vegetables and fruits cultivated in Baia Mare mining area (Romania) and health risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 23: 6062–6073. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4799-6>
- Shoushtarian F., Negahban-Azar, M. 2020. Worldwide Regulations and Guidelines for Agricultural Water Reuse: A Critical Review. *Water*, 12(4), Art. 4. <https://doi.org/10.3390/w12040971>
- Sustainable Development Goals Report 2019 | Multimedia Library—United Nations Department of Economic and Social Affairs. (b. d.). <https://www.un.org/development/desa/publications/sustainable-development-goals-report-2019.html> (10.nov. 2022)
- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. 1996. Ur. I. RS, št. 68/96
- Zupan M., Grčman H., Lobnik F. 2008. Raziskave onesnaženosti tal Slovenije. Agencija RS za okolje: 68 str

Nov spletni portal za prikazovanje sušnih razmer v Sloveniji

Andreja SUŠNIK¹³³, Marko PUŠKARIĆ¹³⁴, Andreja MODERC¹³⁵, Maja ŽUN¹³⁶ in Živa VLAHOVIĆ¹³⁷

Izvleček

Z namenom sprotnega večplastnega zaznavanja sušnih razmer in obveščanja javnosti je Agencija RS za okolje razvila spletni portal Sušomer, s katerim redno predstavlja stanje sušnih razmer v površinskem sloju tal, površinskih vodah in podzemnih vodah. Sušomer predstavlja napredek pri podajanju informacij o sušnih razmerah v državi, saj je na enem mestu dostopna aktualna informacija o sušnih razmerah za vsa tri področja vodnega kroga na enotni prostorski in časovni skali. Obenem so opisane tudi meteorološke razmere kot izvor sušnih razmer. Vsebina Sušomera se posodablja tedensko, vsak četrtek preko celega leta. Sušomer se nenehno razvija, napredek pa spodbujajo predvsem novi podatki, raziskave in zahteve končnih uporabnikov.

Glavne besede: Sušomer, suša, tipi suše, sušne razmere v površinskem sloju tal

A new on-line portal for displaying drought conditions in Slovenia

Abstract

With the aim of regular multi-layered detecting of drought conditions and informing the public, the Slovenian Environment Agency has developed a new on-line portal Sušomer. In Sušomer, we regularly monitor drought in three vertical layers, namely topsoil drought, hydrological drought of surface waters and hydrological drought of groundwater. Sušomer is a step forward in the provision of information on drought conditions in the country, as up-to-date information is available in one place for all three types of drought on a uniform spatial scale. Furthermore, meteorological conditions as the triggers of drought are also described. Sušomer is updated weekly, every Thursday throughout the year. Sušomer is constantly developing, and the progress is mainly driven by new data, research, and end-user requirements.

Key words: Sušomer, drought, drought types, top soil drought conditions

1 UVOD

Suša je počasi razvijajoč in ponavljajoč meteorološki pojav, ki je del naravne spremenljivosti podnebja. Suše postajajo vedno bolj pogoste, v zadnjih desetletjih se z njo soočamo v vseh letnih časih, tudi v regijah, kjer v preteklost ni bila značilno kot npr. alpski prostor. Osnovni vzrok nastanka sušnih razmer je dlje časa trajajoče pomanjkanje padavin, kar sčasoma privede do različnih anomalij v vodnem krogu - zmanjšanja snežnega pokrova, suhih tal, znižanja vodostajev površinskih in podzemnih voda. Zato je ob navajanju stopnje sušnih razmer smiselno navesti tudi, v katerem področju vodnega kroga se je le ta pojavila.

Suša se od drugih izjemnih vremenskih pojavov, kot so npr. pozeba, toča, neurja in poplave, razlikuje v tem, da se razvija počasi in postopoma, zato je v očeh splošne javnosti pogostokrat zaznana šele, ko doseže očitne posledice – največkrat in najopazneje v kmetijstvu. Pomanjkanje padavin pogosto spremljajo tudi visoke temperature zraka, ki povzročajo povečano izhlapevanja vode ter s tem vročinski stres tako pri rastlinah kot pri živalih. Pretekle meritve

¹³³ Dr., Agencija RS za okolje, e-pošta: andreja.susnik@gov.si

¹³⁴ Univ. dipl. inž. agr., Agencija RS za okolje, e-pošta: marko.puskaric@gov.si

¹³⁵ Univ. dipl. meteor. geofiz., Agencija RS za okolje, e-pošta: andreja.moderc@gov.si

¹³⁶ Mag., Agencija RS za okolje, e-pošta: maja.zun@gov.si

¹³⁷ MSc Atmosphere, Ocean and Climate (Združeno kraljestvo Velike Britanije in Severne Irske), Agencija RS za okolje, e-pošta: ziva.vlahovic@gov.si

meteoroloških spremenljivk Agencije RS za okolje (ARSO) kažejo negativen trend količine padavin v poletnih mesecih, ko je v kmetijstvu potreba po vodi največja. Povprečna temperatura zraka kaže značilen trend naraščanja, obenem pa se povečuje jakost in pogostost vročinskih valov, kar dodatno povečuje izhlapevanje vode iz tal in rastlin. V Sloveniji se pogostost suše površinskega sloja tal povečuje, predvsem od leta 2000, po katerem smo beležili kar sedem suš, ki so Slovenijo prizadele v razsežnosti naravne nesreče. V Sloveniji je kmetijstvo edino področje, kjer se podatki o posledicah suše sistematično zbirajo, vendar le v tistih letih, ko suša doseže razsežnost naravne nesreče. V letu 2013 je ocenjena škoda zaradi suše znašala 106 mio EUR, v letu 2017 pa 65 mio EUR (Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2022). Podobno, ali celo večjo oceno škode, lahko pričakujemo tudi v letu 2022, ko nas je prizadela suša, ki se bo po razsežnosti približala letu 2003, ko smo v Sloveniji beležili do sedaj najhujšo sušo v kmetijstvu. Narava suše v zadnjih letih kaže značilne spremembe tudi v drugih segmentih vodnega kroga, kot na primer v površinskih in podzemnih vodah ali v snežni odeji.

Tudi podnebni scenariji za Slovenijo potrjujejo pozitivni trend naraščanja povprečne letne temperature do konca 21. stoletja, medtem ko pri količini padavin signalizirajo sprememb niso tako enoznačni. Največje spremembe v skupni količini padavin bodo v zimskem času, ko se pričakuje več padavin. Ker se bo temperatura zraka še dodatno višala, bo večina zimskih padavin v obliki dežja. V poletnem času večjih sprememb v skupni količini padavin do sredine stoletja ne pričakujemo, spremenilo pa se bo število padavinskih dni. Le to se bo zmanjšalo, kar pomeni, da bo večina padavin padla v zelo kratkem času, zato lahko pričakujemo močnejše in pogostejše nalive ter neurja, pogostejše pa se bomo srečevali tudi z vmesnimi sušnimi obdobji, ki bodo intenzivnejši zaradi vročine (Bertalančič in sod., 2018).

Izkušnje mednarodne skupnosti, tudi praksa Evropskega observatorija za sušo, kažejo, da je potrebno pri obravnavanju suše upoštevati več različnih kazalnikov, od enostavnih do zelo kompleksnih, ki presegajo uporabo le atmosferskih spremenljivk ter se osredotočajo na specifične značilnosti posameznih delov vodnega kroga. Sistemi sprotne opozarjanja na sušne razmere so odločilni element pri pravočasnem obvladovanju tveganj in načrtovanju potrebnih ukrepov.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Z namenom aktualnejšega spremljanja sušnih razmer v Sloveniji in obveščanja javnosti tudi izven izjemne sušnosti je ARSO razvil spletni portal Sušomer, ki se vsebinsko posodablja vsak teden, sestoji pa iz opisa preteklih meteoroloških razmer, ocene stopnje sušnih razmer v površinskem sloju tal, površinskih vodah in podzemnih vodah ter hkrati podaja srednjeročno napoved sušnih razmer po enotni prognostični razdelitvi Slovenije. Ocena sušnih razmer temelji na specifičnih kazalnikih, prilagojenih posameznemu delu vodnega kroga, in analizi njihovih odstopanj v zadnjih 30 dneh v primerjavi z referenčnim obdobjem 1991–2020. Osnova analizam so podatki, ki so v domeni ARSO. Spletni portal Sušomer je sestavljen iz naslednjih sedmih sklopov oziroma podstrani: Povzetek, Stanje površinskega sloja tal, Stanje vodotokov, Stanje podzemnih voda, Meteorološke razmere, Časovni pregled in Opis metodologije.

Povzetek vsebuje zbirni zemljevid, na katerem je posamezna regija obarvana z najvišjo izmed stopenj sušnosti, ki je zaznana v obravnavanih delih vodnega kroga, dodane pa so tudi pripadajoče grafične ikone (slika 1). Morebitne manj izrazite stopnje sušnosti, ki so ob tem lahko še prisotne, so razvidne z zemljevidov na posamezni podstrani (slika 2). Pod zemljevidom so povzetki meteoroloških razmer, stanj vodne bilance površinskega sloja tal, vodotokov in podzemnih voda ter njihove kratkoročne napovedi. Sušomer je prosto dostopen na spletni strani ARSO (<https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/agromet/bulletin/drought/sl/>).



Slika 1: Posnetek začetne strani Sušomera z dne 14. 7. 2022.

2.1 Meteorološke razmere

V opisu so navedeni glavni vremenski sistemi, ki so vplivali na vreme v preteklem tednu. Pri temperaturnih razmerah so opisane tedenske povprečne in izjemne vrednosti ter odkloni temperatur v zadnjih 30 dneh glede na dolgoletno povprečje. Na enak način so opisane tudi padavinske razmere in izhlapevanje, ki imata neposredni vpliv na razvoj sušnih razmer.

2.2.1 Stanje površinskega sloja tal

Sušne razmere v površinskem sloju tal se določijo na osnovi podatkov izbranih reprezentativnih postaj posamezne regije. Glavni kazalnik za oceno sušnih razmer v površinskem sloju tal je meteorološka vodna bilanca, ki pomeni razliko med količino padavin ter količino izhlapele vode iz tal in referenčne rastline za izbrano obdobje. V primerih, ko sušni kazalnik kaže izjemno sušne razmere, mora stopnjo potrditi tudi pristojni strokovnjak, ki uporabi dodatne sušne kazalnike in razpoložljive informacije o posledicah suše na kmetijskih rastlinah s terena, ki jih deloma pridobimo z mrežo terenskih poročevalcev o suši. Pri interpretaciji informacij o sušnosti tal je potrebno upoštevati, da se znotraj iste regije stanje površinskega sloja tal lahko razlikuje, odvisno od lokalnih vremenskih razmer in vodno-zadrževalnih lastnosti tal. Srednjeročna napoved sušnih razmer v površinskem sloju tal temelji na centilni analizi pričakovane 30-dnevne površinske vodne bilance, ki upošteva preteklih 23 dni in 7 dni prognostičnih podatkov površinske vodne bilance za posamezno regijo.

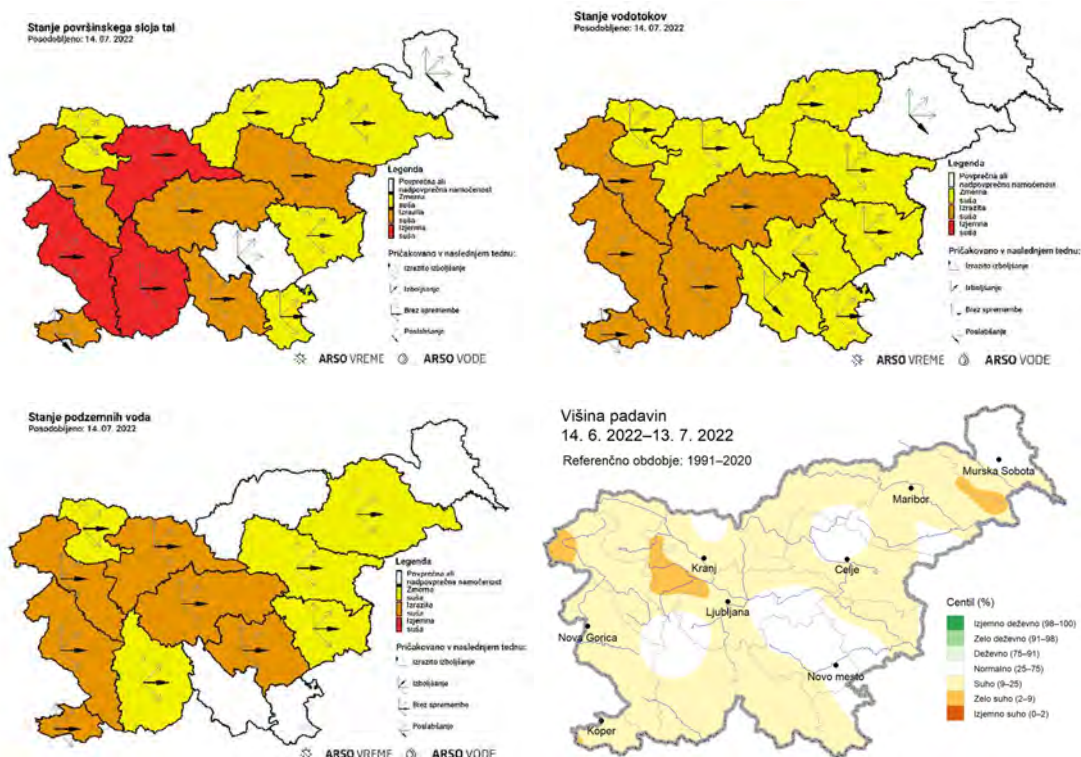
V opisu stanja kmetijskih ekosistemov je zajet opis temperaturnih razmer v površinskem sloju tal. Meritve temperature tal se izvajajo na glavnih in samodejnih meteoroloških postajah. V poletnih mesecih, še posebej v času, ko se pričakuje vročinske valove, je pomemben del Sušomera tudi opis preteklega stanja in napoved temperaturno-vlažnostnega indeksa. Za natančnejšo strokovno oceno sušnega stresa se pri pripravi vsebin upošteva vodnobilančni

model IRRFIB in dekadni indeks sušnega stresa (DISS), ki sta modelski orodji za oceno vpliva sušnih razmer za posamezne kmetijske kulture. Dragocen vir informacij so tudi poročila terenskih opazovalcev, ki tedensko spremljajo stanje tal in vegetacije, ter fenološka opazovanja, ki potekajo na 53 fenoloških postajah, v okviru katerih se spremlja letni fenološki razvoj gojenih in negojenih rastlin..

2.3 Stanje vodotokov in podzemnih voda

Glavni del ocene sušnih razmer v vodotokih predstavlja primerjava trenutnih in predvidenih dnevnih pretokov v primerjavi z najnižjimi dnevnimi pretoki v pripadajočem 30-dnevem obdobju referenčnega obdobja. V sklopu površinskih voda je zajet tudi opis hidroloških razmer v preteklem tednu in ugotovljene nizkovodne razmere po posameznih porečjih v tem obdobju. Vključuje še hidrološko napoved za prihodnje 3 dni, ki je dopolnjena z izgledi do 7 dni. Sušo podzemnih voda določimo s primerjavo aktualnih dnevnih povprečij količine podzemne vode z mejnimi vrednostmi praga te količine, ki predstavlja empirično verjetnost pojava v dolgoletnem preteklem obdobju meritev.

Tudi pri zaznavanju izjemno sušnih razmer v hidrološkem delu velja, da mora izjemno stopnjo potrditi pristojni strokovnjak, ki v ta namen uporabi še dodatne sušne kazalnike in razpoložljive informacije o zaznanih vplivih suše na vodna telesa in dejavnosti.



Slika 2: Primer kartografskega prikaza stanja površinskega sloja tal (zgoraj levo), stanja vodotokov (zgoraj desno), stanja podzemnih voda (spodaj levo) ter odklon padavin z dne 14. 7. 2022 (spodaj desno).

2.4 Časovni pregled preteklih razmer

Tabele v tem razdelku oziroma interno poljudno poimenovane »čebelnjaki«, omogočajo časovni pregled preteklih objavljenih ocen sušnih razmer posameznega dela vodnega kroga. Primer »čebelnjaka« za obdobje od januarja do oktobra 2022 je prikazan na sliki 3. Osnovni namen časovnega pregleda je v enostavni hrambi zgodovine ocen sušnih razmer po posameznih regijah, zaradi česar bi lahko rekli, da služi kot poenostavljen arhiv. Ker so ocene sušnosti osnovni kazalnik morebitnega kasnejšega negativnega vpliva suhega vremena na okolje in nanj vezane gospodarske dejavnosti, postane sprotna sledljivost izpostavljenosti sušnim razmeram bistvenega pomena za pravočasno prilagajanje dejavnosti varovanja okolja in gospodarnega ravnanja z vodo, še posebno ob dolgotrajnejši izpostavljenosti posamezne regije sušnim razmeram. V primeru dejanskega nastanka negativnih posledic suše nudi časovni pregled možnost daljšega vpogleda v postopnost razvoja sušnih razmer po posameznih delih Slovenije – kdaj so se sušne razmere na določenem območju začele razvijati, koliko časa so trajale in do kakšne stopnje so se razvile.

2022	6. jan.	13. jan.	20. jan.	27. jan.	3. feb.	10. feb.	17. feb.	24. feb.	3. mar.	10. mar.	17. mar.	24. mar.	31. mar.	7. apr.	14. apr.	21. apr.	28. apr.	5. maj.	12. maj.	19. maj.	26. maj.	2. jun.	9. jun.	16. jun.	23. jun.	30. jun.	7. jul.	14. jul.	21. jul.	28. jul.	4. avg.	11. avg.	18. avg.	25. avg.	1. sep.	8. sep.	15. sep.	22. sep.	29. sep.	6. okt.	13. okt.	20. okt.	27. okt.		
Zap. teden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43		
Gorenjska																																													
Zgornjesavska																																													
Bovška																																													
Goriška																																													
Obala																																													
Notranjska																																													
Li okolica																																													
Kočevska																																													
Belokranjska																																													
Dolenjska																																													
Spodnjeposavska																																													
Savinjska																																													
Koroška																																													
Podravska																																													
Pomurska																																													

Št. regij po stopnjah sušnosti:

Običajno	1	5	7	6	7		2	4	5	2						3	15	8	10	12	2	2	4	7	6	3	3	2	1					2	4	4	4	6	14	15	15	15	14	12	
Zmerno	14	10	8	7	8	1	11	9	8	10	12			14	10	12		7	5	2	6	4	4	2	3	4	5	5	3	2	6	4	4	7	9	5	8	1					1	3	
Zelo				2		14	2	2	2	3	3	15	15	1	5						1	7	9	7	6	6	5	5	7	8	6	8	6	4	4	2	6	1							
Izjemno																											2	2	3	4	5	3	3	3	3										

Slika 3: Časovni pregled sušnih razmer v površinskem sloju tal od januarja do oktobra 2022.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Pregled sušnih razmer v površinskem sloju tal v letu 2022 z uporabo Sušomera

Od začetka leta do konca aprila so zmerno do zelo sušne razmere površinskega sloja tal prevladovali na Gorenjskem, v osrednji Sloveniji ter v celotni južni polovici države; na severovzhodu so se razvile nekoliko kasneje, trajale so od sredine februarja do konca aprila. Medtem ko so se na severovzhodu, na Dolenjskem in v Beli krajini zmerno do zelo sušne razmere površinskega sloja tal ponovno razvile koncem junija, je bil površinski sloj tal v zahodni polovici Slovenije, Spodnjem Posavju in na Savinjskem v primežu večinoma zelo sušnih razmer že od zadnje deкаде maja naprej. V visokem poletju se je sušnemu pridružil še močan vročinski stres, kar je sušne razmere na skoraj vseh območjih Slovenije le še stopnjevalo. V tem obdobju na račun skromnih padavin ter tudi številčnejših oziroma dlje časa trajajočih vročinskih valov še posebno izstopajo več tednov trajajoče zelo sušne do izjemno sušne razmere površinskega sloja tal na Bovškem, Gorenjskem, Goriškem, Notranjskem ter v Ljubljani z okolico. Sušne razmere so popustile v mesecu septembru, ki je bil predvsem v drugi polovici

izrazito moker. V letu 2022 se je pomanjkanje vode odražalo tudi na nizkih vodotokih in nizki gladini podtalnice, zaradi česar je bilo ponekod po državi moteno namakanje kmetijskih površin, v najbolj prizadetih območjih pa so se spopadali tudi s pomanjkanjem pitne vode.

3.2 Prednosti in slabosti Sušomera

Po svoji naravi uporabnosti in trenutnega prikaza služi Sušomer v prvi meri državnim institucijam, ki so po svojih nalogah vpletene v varstvo pred naravnimi nesrečami oziroma v zmanjševanje posledic naravnih nesreč. Obenem si želimo, da bi bil Sušomer s svojim časovnim pregledom ocen sušnih razmer pripomoček tudi drugim, ki se pri svojih dejavnostih srečujejo s potrebo po varovanju okolja in prilagajanju dejavnosti na sušne razmere. Zavedamo se, da Sušomer ne vključuje sprotne informacije o fenološkem razvoju, podatkov o preventivnih ukrepih in tehnologijah (npr. namakanju), preredka je tudi poročevalska mreža o posledicah suše s terena. Večje število poročevalcev s terena pomeni več podatkov in s tem boljšo oceno stanja tal in vegetacije ter celovitejšo oceno sušnih razmer, zato si prizadevamo pridobiti čim več posameznikov prostovoljcev v poročevalsko mrežo.

3.3 Nadaljnji razvoj

Monitoring sušnih razmer na državnem nivoju se stalno razvija in nadgrajuje z novimi dognanji v stroki, kar je v veliki meri povezano tudi s tehnološkim in strokovnim razvojem, nova znanja pa pridobivamo tudi s sodelovanjem v mednarodnih projektih in skupinah. Ta se postopoma integrirajo tudi v Sušomer. Projekta, ki sta prinesla novosti na področju spremljanja sušnih razmer v Sloveniji, predvsem zaradi dodatnih virov podatkov kot so satelitska opazovanja in modelski izračuni, sta bila Drought Risk in the Danube region in projekt Alpine Drought Observatory. DriDanube je prinesel spletno orodje Drought Watch (<https://www.droughtwatch.eu/>), v katerega so integrirani sušni kazalniki, ki so zaradi značilnosti regije bolj primerni za spremljanje suše površinskega sloja tal na ravninskem območju. Projekt ADO pa je prinesel ADO platformo (<https://ado.eurac.edu/>), kjer so dostopni sušni kazalniki, prilagojeni specifikam alpskega prostora. Ti poleg spremljanja meteorološke suše in suše površinskega sloja obravnavajo tudi hidrološko sušo v vodotokih ter snežno odejo. Regionalni monitoringi, kot sta Drought Watch in ADO platforma, nudijo pomembne podporne kazalnike za oceno sušnih razmer v Sloveniji, ki bodo sčasoma še bolj integrirani v metodologijo Sušomera.

Ocene sušnih razmer v Sušomeru kažejo veliko mero skladnosti z ocenjevanjem škode po suši s strani kmetijskih svetovalnih služb, žal pa se v Sloveniji zaenkrat sistematične ocene škode na terenu izvedejo šele po razglasitvi naravne nesreče. Oceno sušnih razmer bi bilo smiselno izvajati sproti in na podlagi pridobljenih informacij s terena izvajati sprotne prilagoditvene ukrepe. V ta namen bi bilo potrebno okrepiti tudi medinstitucionalno sodelovanje ter razširiti nabor preventivnih ukrepov tako v kmetijstvu kot v drugih panogah. Sušomer bo dosegel svoj namen, ko bodo informacije o določeni stopnji sušnih razmer povezane z odzivom različnih inštitucij in odzivom družbe kot celote. Na ta način bomo bolj pripravljeni na bodoče sušne dogodke.

4 SKLEPI

Suša pusti posledice v različnih segmentih družbenih aktivnosti in okolja. Po Zakonu o odpravi posledic naravnih nesreč se v Sloveniji vplivi suše v kmetijstvu zbirajo sistematično le v kmetijstvu in infrastrukturi šele ob razglasitvi naravne nesreče; v sušnih letih, ko praga pričakovane škode za razglas naravne nesreče ne dosežemo, se podatki o poškodovanosti rastlin ali drugih negativnih vplivih na gospodarstvo in okolje ne zbirajo. Stalna zbirka podatkov o

negativnem vplivu sušnih razmer bi bili nujni, da bi lažje metodološko okrepili kazalnike različnega odziva rastlin na sušne razmere. Poleg tega škodni dogodki v zadnjih nekaj letih kažejo, da bo potrebno o zbiranju podatkov o vplivu suše razmišljati tudi v drugih sektorjih. Vzpostavljen sistem sprotnega zbiranja informacij o posledicah suše bi omogočil spojitev zgodnjega spremljanja sušnih razmer s pravočasno prilagoditvijo in potrebnim ukrepanjem. Sušomer je orodje, ki se stalno razvija in dopolnjuje tako z vidika novih zahtev uporabnikov kot tudi integracije novih znanj, pridobljenih s sodelovanjem v mednarodnih projektih in skupinah. Posebna skrb se namenja tudi tehničnim posodobitvam Sušomera. Natančnejši podatki s terena bi lahko bistveno prispevali k boljšemu spremljanju, komuniciranju in odzivanju na sušo, kar bi pripomoglo k boljši pripravljenosti družbe na naslednji sušni dogodek. Ob tem ima veliko vrednost tudi evalvacija delovanja ob nedavnem sušnem dogodku.

5 LITERATURA

- Agencija RS za okolje. 2016. Ocena tveganja za sušo, Dostopno na: <http://www.meteo.si/met/sl/agromet/publications/>
- Agencija RS za okolje. 2021. Kazalci okolja v Sloveniji. Dostopno na: <http://kazalci.arso.gov.si/>
- Agencija RS za okolje. 2021. Pregled hidroloških razmer površinskih voda v Sloveniji. Dostopno na: <https://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/>
- Bertalanč, 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. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje: 156 str.
- Brenčič, M. 2017. Kaj je suša. 28. Mišičev vodarski dan: 27-36. Dostopno na: <http://www.mvd20.com/LETO2017/R4.pdf>
- Črepinšek, Z., Kajfež Bogataj, L. 2005. Modeliranje fenološkega razvoja pri rastlinah. *Acta agriculturae Slovenica*, 85(2): 263-281
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. 2022. Naravne nesreče, ki so prizadele kmetijsko proizvodnjo med leti 2003 in 2021. Sektor za podnebne spremembe, NVO, šolstvo in knjigovodstvo
- Pogačar, T., Kajfež Bogataj, L., Črepinšek, Z. 2014. Sledenje suše v Sloveniji in po svetu. *Ujma*, 28: 85-95
- Spinoni, J., Naumann, G., Jürgen, V., Barbosaa, P. 2015. The biggest drought events in Europe from 1950 to 2012. *Journal of Hydrology*, 3: 509-524
- 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. 2014. Zasnove kazalcev spremljanja suše na kmetijskih površinah. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.
- Sušnik, A., Gregorič, G. 2017. Kmetijska suša v 21. stoletju v Sloveniji. V: *Ranljivost Slovenije zaradi suše*, 28. Mišičev vodarski dan: 37-44
- World Meteorological Organization. 2006. Drought monitoring and early warning: concepts, progress and future challenges, 24 str.

Odziv fenološkega razvoja rastlin na spreminjanje podnebja v Sloveniji

Gal OBLIŠAR¹³⁸, Urša VILHAR¹³⁹ in Gregor GREGORIČ¹⁴⁰

Izvleček

Podnebne spremembe pomembno vplivajo na fenološki razvoj rastlin. Pripravili smo fenološki model na podlagi minimalnih in maksimalnih temperatur zraka, fenoloških opazovanj in lokacij fenoloških postaj v Sloveniji v letih od 1971 do 2020. Primerjava modeliranih in opazovanih vrednosti je pokazala, da fenološki model zelo dobro napove začetek posamezne fenološke faze rastline. Z modelom smo ovrednotili spremembe izbranih fenoloških faz treh rastlin do konca 21. stoletja: navadna leska (*Corylus avellana*), regrat (*Taraxacum officinale*) in španski bezeg (*Syringa vulgaris*). Izbrane rastline imajo dolgoletne nize fenoloških podatkov, njihova opazovanja pa so splošno razširjena po celotni Sloveniji. Po zmerno optimističnem scenariju RCP4.5 bo ob koncu 21. stoletja navadna leska začela prašiti v Sloveniji povprečno 21 dni prej, regrat cveteti povprečno 16 dni prej, španski bezeg pa cveteti povprečno 10 dni prej glede na obdobje 1981–2010. Po pesimističnem scenariju RCP8.5 bo ob koncu 21. stoletja navadna leska začela prašiti v Sloveniji povprečno 46 dni prej, regrat cveteti povprečno 41 dni prej, španski bezeg pa cveteti povprečno 26 dni prej glede na obdobje 1981–2010.

Ključne besede: fenološki razvoj rastlin, fenološki model, podnebne projekcije, Slovenija

The response of the phenological development of plants to climate change in Slovenia

Abstract

Climate change has a significant impact on the phenological development of plants. We have created a phenological model on the basis of phenological observations in Slovenia in the period from 1971 to 2020, which has been shown to predict the onset of individual phenological phases very well. The phenological model works on the basis of daily minimum and maximum air temperatures and the location of the phenological observation. The phenological model was used to simulate changes in selected phenological phases of three plants by the end of the 21st century. We selected three plants with the best long-term phenological observations, evenly distributed across the country: common hazel (*Corylus avellana*), dandelion (*Taraxacum officinale*), and lilac (*Syringa vulgaris*). Under the moderately optimistic scenario RCP4.5, common hazel will begin releasing pollen from catkins an average of 21 days earlier at the end of the 21st century, dandelion will begin flowering 16 days earlier, and lilac will begin flowering 10 days earlier than during 1981–2010. Under the pessimistic scenario RCP8.5, common hazel will begin releasing pollen from catkins an average of 46 days earlier, dandelion 41 days earlier, and lilac 26 days earlier at the end of the 21st century compared to 1981–2010.

Keywords: phenological development of plants, phenological model, climate projections, Slovenia

1 UVOD

Podnebje je eden izmed glavnih dejavnikov, ki določa obliko in obseg kmetijske pridelave na prostem. Podnebje na Zemlji je posledica številnih medsebojno povezanih procesov v podnebnem sistemu, ki niso linearno povezani. Podnebje teži k ravnovesju, zato sprememba določenega dejavnika vedno povzroči večjo ali manjšo spremembo vseh ostalih dejavnikov v podnebnem sistemu. Slovenija se zaradi svoje geografske lege segreva hitreje glede na svetovno povprečje. V Sloveniji se je v obdobju od 1961 do 2011 povprečna temperatura zraka zvišala za 1,7 °C, pri čemer je trend višanja temperature zraka nekoliko večji v vzhodnem kot v zahodnem delu države. Povprečen trend v tem obdobju je bil zvišanje temperature zraka

¹³⁸ Mag. dipl. inz. agr, Gozdarski inštitut Slovenije, e-pošta: gal.oblisar@gozdis.si

¹³⁹ Dr., Gozdarski inštitut Slovenije, e-pošta: ursa.vilhar@gozdis.si

¹⁴⁰ Dr., Agencija RS za okolje, Ministrstvo za okolje in prostor, e-pošta: gregor.gregoric@gov.si

0,36 °C na desetletje, z najočitnejšim segrevanjem spomladi in poleti (Bertalanič in sod., 2018a). Spremembe se bodo nadaljevale tudi v prihodnosti, zato je ovrednotenje pričakovanih sprememb fenoloških faz rastlin pomembno tudi za kmetijsko proizvodnjo (Bertalanič in sod., 2018b).

Fenologija preučuje zakonitosti periodičnih pojavov v razvojnem ciklu rastlin in živali. Je tiha pomočnica, ki je spremljala človeško civilizacijo od njenega začetka in nudi biološki koledar pri njenem sobivanju z naravo. Fenološki razvoj rastlin je neprekinjen tok različnih faz rastlin, ki je močno povezan z okoljem, v katerem se opazovana rastlina nahaja. Če je opazovana rastlina na istem mestu in se mikro-klimatski pogoji okolice niso bistveno spremenili, dolgoletna opazovanja posamezne fenološke faze pričajo o spremenljivosti podnebnih pogojev in so tako zelo zanesljiv podnebni indikator. Na pomladanske fenološke faze imajo ključni vpliv temperatura zraka, zadostna vlažnost tal ter fotoperioda (razmerje med dolžino dneva in noči) (Workie in Debella, 2018). Slovenija ima zelo razvejano mrežo fenoloških postaj, pri čemer jih ima večina zelo dolg in standardiziran ter preverjen niz podatkov. Glede na svetovni nivo je slovenska mreža fenoloških postaj ena izmed boljših, le Japonska, kjer je cvetenje češenj močno prepletla s tradicijo praznovanj, se ponaša s skoraj 1200 let starimi zapisi o cvetenju te drevesne vrste (Defila in Clot, 2003). Fenološka opazovanja so v Sloveniji začeli organizirano opravljati leta 1951 kot eno izmed nacionalnih fenoloških mrež v okviru nekdanje skupne države Jugoslavije pod okriljem agrometeorološke službe pri tedanjem republiškem Hidrometeorološkem zavodu. Po letu 2001 so fenološka opazovanja del rednih dejavnosti Oddelka za agrometeorologijo na Agenciji Republike Slovenije za okolje. Sprva so opazovanja potekala na 30 fenoloških postajah, kasneje se je njihovo število povečalo na več kot 200 postaj, ki so dobro pokrivalo reliefno razgiban slovenski prostor. Danes je aktivnih še 46 fenoloških postaj, ki so enakomerno razporejene po celotni Sloveniji (Žust, 2015). Fenološka opazovanja v zadnjih 60-ih letih kažejo na zgodnejše pojavljanje pomladanskih fenoloških faz in daljšanje rastne dobe. Spremembe v Sloveniji se ujemajo s spremembami v širšem evropskem prostoru (Fu in sod., 2014).

2 MATERIAL IN METODE DELA

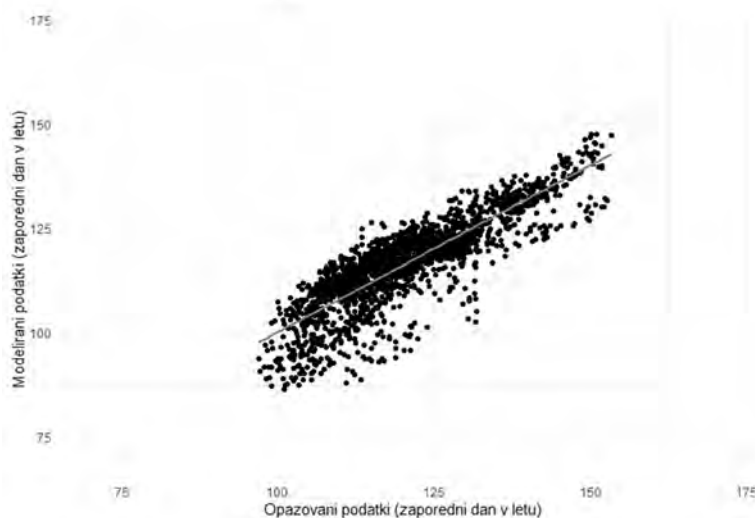
Minimalna in maksimalna temperatura zraka ($T_{\min}$ in $T_{\max}$) ter dolžina dneva igrajo ključno vlogo pri pomladanskih fenoloških fazah cvetenje in olistanje rastlin. Na podlagi podatkov $T_{\min}$ in $T_{\max}$ v letih od 1971 do 2020 ter dolžini dneva za posamezno fenološko postajo smo pripravili fenološki model, ki napove začetek izbrane fenološke faze. Za pripravo in verifikacijo modela je bilo izbranih 47 fenoloških postaj, ki so enakomerno porazdeljene po Sloveniji. Izbrane fenološke faze so bile: začetek prašenja mačic navadne leske (*Corylus avellana*), začetek cvetenja regrata (*Taraxacum officinale*) in začetek cvetenja španskega bezga (*Syringa vulgaris*). Model je bil pripravljen po metodologiji ameriškega pomladanskega indeksa in je pripravljen v programskem okolju MATHLAB. Model ameriškega pomladanskega fenološkega indeksa je zbirka dveh modelov, ki predstavljata povprečje treh posameznih vrst, ki napovedujejo "začetek pomladi" – bodisi fenološko fazo prvih listov, bodisi fenološko fazo prvih cvetov na določeni lokaciji. Ti modeli so bili izdelani s pomočjo opazovanj fenoloških faz prvih listov in začetka cvetenja na kultivarju španskega bezga *Syringa* × *chinensis* "Red Rothomagensis" in dveh klonov kosteničevja *Lonicera tatarica* "Arnold Red" in *Lonicera korolkowii* Stapf. Fenološki objekti so bili izbrani na osnovi razpoložljivosti zgodovinskih podatkov in splošne geografske razširjenosti v Ameriki. Za parametrizacijo modela v Sloveniji smo izbrali rastline in fenološke faze, ki imajo najdaljše homogene nize in so zastopane po celotnem ozemlju države. Povprečen datum pojava posamezne fenološke faze je porazdeljen od zgodnje do pozne pomladi. Osnovni vhodni podatki za model so minimalna in maksimalna dnevna temperatura zraka in lokacija

fenološke postaje. Rezultat modela je datum začetka izbrane fenološke faze v julijanski dnevih oziroma zaporednem dnevu v letu. Model izračunava tudi zadostne potrebe po mrazu (angl. »Chilling degree hours«) pod temperaturo 7.2°C za vsako izbrano rastlino, z začetkom izračuna s 1. oktobrom v predhodnem letu (Schwartz in sod., 2006; Schwartz in sod., 2013; Ault in sod., 2015; Rosemartin in sod., 2015).

Vsi meteorološki podatki, ki so služili za parametrizacijo modela izbranih rastlin in fenoloških faz, so bili pridobljeni iz arhiva Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) za obdobje 1971–2020 iz rastrskih podatkov in preračunani na nadmorsko višino posamezne postaje po metodologiji, opisani v Huld in Pascua (2015). Pripravljen slovenski fenološki model smo potem uporabili za oceno sprememb nastopa izbranih fenoloških faz treh rastlin s projekcijami temperatur zraka do leta 2100. V analizo sta bila zajeta dva scenarija podnebnih sprememb po metodologiji IPCC, in sicer RCP4.5 – zmerno optimistični scenarij in RCP8.5 – pesimistični scenarij (IPCC, 2021). Podatki podnebnih projekcij so bili pridobljeni iz Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) in predstavljajo povprečje šestih podnebnih modelov z razponom možnih odklonov 1981–2100. Do leta 2005 so podnebne projekcije ARSO predstavljale historično simulacijo in služile za verifikacijo podnebnih projekcij, po letu 2005 pa so bile prepuščene nihanjem okoli podnebnih trendov.

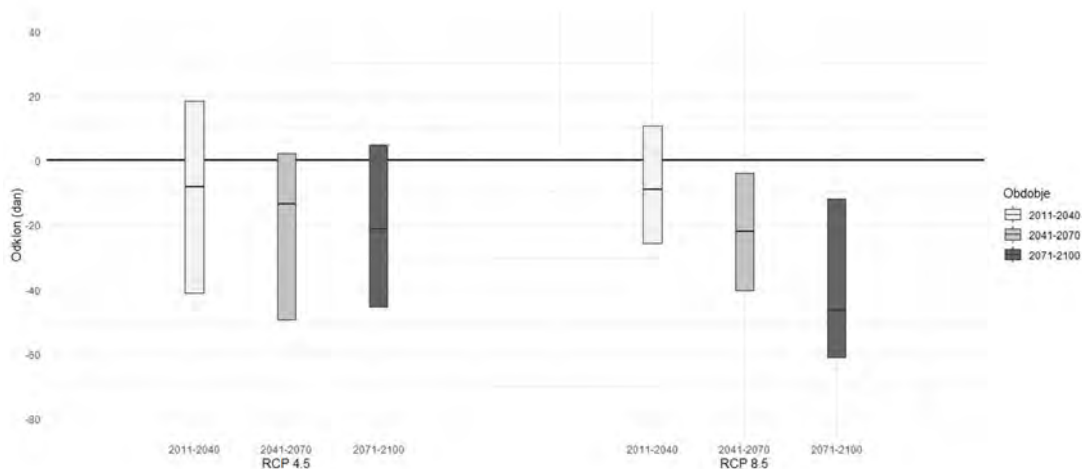
3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Povprečni Pearsonov koeficient korelacije (r) med opazovanimi in modeliranimi fenološkimi podatki v letih 1971–2020 je znašal 0,72. Fenološka faza začetka pršenja navadne leske je med podatki modela in opazovanimi podatki na vseh zajetih fenoloških postajah pokazala 0,69 korelacijo. Najvišjo korelacijo med opazovanimi in modeliranimi podatki so imele postaje Bukovci ($r = 0,89$), Ljubljana-Bežigrad ($r = 0,85$) in Maribor ($r = 0,83$). Fenološka faza začetka cvetenja regrata je med podatki modela in opazovanimi podatki na vseh zajetih fenoloških postajah pokazala 0,74 korelacijo. Najbolje so korelirali podatki postaj Cerknica ($r = 0,88$), Novo mesto ($r = 0,87$) in Ivanovci ($r = 0,86$). Fenološka faza začetka cvetenja španskega bezga je med podatki modela in opazovanimi podatki na vseh zajetih fenoloških postajah pokazala 0,73 korelacijo med podatki. Najbolje so korelirali podatki postaj Ivanovci ($r = 0,88$), Bohinjska Češnjica ($r = 0,88$) in Podlipje ($r = 0,88$).



Slika 1: Primerjava modelnih in opazovanih podatkov začetka cvetenja španskega bezga v letih 1971–2020 na fenoloških postajah

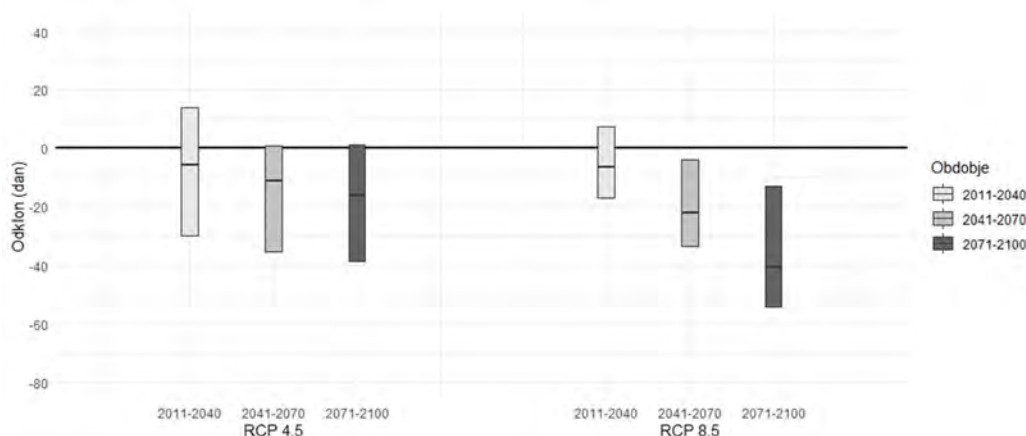
Ocenjena korelacija za obdobje 1981–2005 med modeliranimi in opazovanimi fenološkimi podatki začetka cvetenja španskega bezga v 6-letnih drsečih povprečjih podnebne scenarija RCP4.5 znaša 0,84, medtem ko za scenarij RCP8.5 korelacija znaša 0,83. Pri regratu je korelacija 0,82 med modeliranimi podatki RCP4.5 in opazovanimi podatki ter 0,83 korelacijo med modeliranimi podatki RCP8.5 in opazovanimi podatki. Modelirane vrednosti fenološkega modela ter opazovani podatki imajo visoko korelacijo. Najvišje korelacije imata fazi začetka cvetenja španskega bezga in regrata, nekoliko nižjo pa začetek prašenja navadne leske. Rezultati so boljši od pričakovanih, saj imajo določeno napako že sami fenološki podatki. Do napak v opazovanjih prihaja zaradi specifičnosti posameznih fenoloških opazovalcev, zamenjav opazovalcev skozi zgodovino ter zaradi lege in naklona posamezne fenološke postaje, ki pa v modelu nista upoštevana. Na rezultate lahko vpliva tudi izbor opazovane rastline, ki je na primer pri navadni leski navadno ob gozdnem robu ali kot osamelec, pri regratu pa na travniku z velikim vplivom smeri in naklona travnika ter potencialne snežne odeje v času začetka cvetenja. Pri začetku prašenja mačic navadne leske pričakujemo, da se bo fenološka faza do konca 21. stoletja pojavljala čedalje bolj zgodaj, kar je glede na dvig temperatur zraka pričakovano. Po scenariju RCP4.5 bo navadna leska v Sloveniji začela prašiti povprečno 21 dni bolj zgodaj. Po scenariju RCP8.5 pa povprečno 46 dni bolj zgodaj v primerjavi z obdobjem 1981–2010, kar se približno ujema z začetkom novega leta. Takšne odklone začetka cvetenja navadne leske smo kot najzgodnejše na nekaterih fenoloških postajah po Sloveniji opazili že v zadnjih letih. Razpon negotovosti sprememb pri zmerno optimističnem scenariju do konca 21. stoletja znaša pri prašenju mačic navadne leske med 5 dnevi poznejšega in 45 dni zgodnejšega nastopa fenofaze glede na obdobje 1981–2010. Pri pesimističnem scenariju je razpon negotovosti do konca 21. stoletja med 12 in 61 dnevi zgodnejšega nastopa fenofaze glede na obdobje 1981–2010. Zanesljivost spremembe je v vseh obdobjih pri obeh scenarijih razen v obdobju 2011–2040 visoka.



Slika 2: Povprečni razponi odklonov začetka prašenja mačic navadne leske za tri podnebna obdobja v primerjavi z 1981-2010

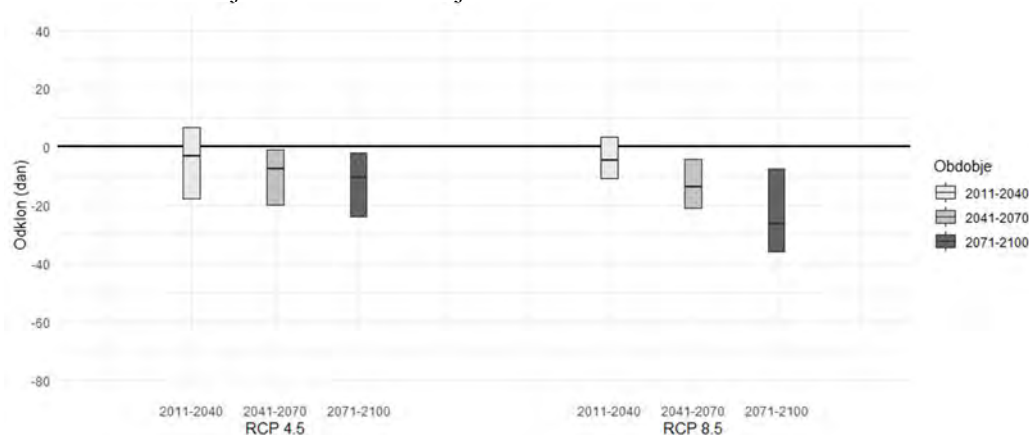
Za začetek cvetenja regrata pričakujemo, da se bo fenološka faza do konca 21. stoletja pojavljala čedalje bolj zgodaj zaradi višjih temperatur zraka. Po scenariju RCP4.5 bo regrat v Sloveniji začel cveteti povprečno 16 dni bolj zgodaj, po scenariju RCP8.5 pa povprečno 41 dni bolj zgodaj glede na obdobje 1981–2010. Razpon negotovosti sprememb pri zmerno optimističnem scenariju je pri začetku cvetenja regrata med 1 dnevom kasnejšega in 39 dnevi zgodnejšega nastopa fenološke faze glede na obdobje 1981–2010. Pri pesimističnem scenariju pa znaša

razpon negotovosti med 13 in 54 dnevi zgodnejšega nastopa fenološke faze glede na obdobje 1981–2010. Zanesljivost spremembe je visoka pri obeh scenarijih za obdobje 2071–2100 oziroma pri pesimističnem scenariju RCP8.5 v obdobju 2041–2070.



Slika 3: Povprečni razponi sprememb odklonov začetka cvetenja regrata za tri podnebna obdobja v primerjavi z 1981-2010

Za začetek cvetenja španskega bezga pričakujemo, da se bo fenološka faza do konca 21. stoletja pojavljala čedalje bolj zgodaj, kar je posledica pričakovanega dviga temperatur zraka. Po scenariju RCP4.5 bo španski bezeg začel cveteti povprečno v Sloveniji 10 dni bolj zgodaj, po scenariju RCP8.5 pa povprečno 26 dni bolj zgodaj glede na obdobje 1981–2010. Razpon negotovosti sprememb pri zmerno optimističnem scenariju do konca 21. stoletja je pri začetku cvetenja španskega bezga med 3 in 24 dnevi zgodnejšega nastopa fenološke faze glede na obdobje 1981–2010. Pri pesimističnem scenariju pa je razpon negotovosti do konca 21. stoletja med 8 in 36 dnevi zgodnejšega nastopa fenološke faze glede na obdobje 1981–2010. Zanesljivost spremembe je visoka pri obeh scenarijih za obdobje 2071–2100 in pri pesimističnem scenariju RCP8.5 v obdobju 2041–2070.



Slika 4: Povprečni razponi sprememb odklonov začetka cvetenja španskega bezga na opazovanih fenoloških postajah za tri podnebna obdobja v primerjavi z leti 1981–2010

4 SKLEPI

Podnebne spremembe so opazne že skoraj na vsakem koraku. Kmetijska pridelava, ki se odvija na prostem, je na spremembe podnebja še posebej dovzetna. Spremembe v fenološkem razvoju

rastlin so lahko pozitivne ali negativne, posledično pa je ovrednotenje sprememb začetka fenološkega razvoja rastlin v pomladanskem času pomembno za prilaganje kmetijstva v prihodnosti. Predstavljeni fenološki model, ki je bil parametriziran na podlagi dolgoletnih fenoloških opazovanj v Sloveniji, dnevnih minimalnih in maksimalnih temperatur zraka ter lokacije fenološke postaje, zelo dobro napove začetek posamezne fenološke faze rastline. Po zmerno optimističnem scenariju RCP4.5 bo navadna leska začela prašiti v Sloveniji ob koncu 21. stoletja povprečno 21 dni bolj zgodaj, začetek cvetenja pri regratu bo 16 dni, pri španskem bezgu pa 10 dni zgodnejši glede na obdobje 1981–2010. Po pesimističnem scenariju RCP8.5 bo navadna leska začela prašiti v Sloveniji ob koncu 21. stoletja povprečno 46 dni bolj zgodaj, začetek cvetenja pri regratu bo 41 dni bolj zgodaj, pri španskem bezgu pa 26 dni bolj zgodaj glede na obdobje 1981–2010. Večina rezultatov kaže tudi na visoko zanesljivost projekcij. Vse analizirane fenološke faze so pri obeh scenarijih pokazale zgodnejši razvoj do konca 21. stoletja, kar lahko posledično v pomladanskem času pomeni tudi večjo možnost za nastanek pozeb (Bigler in Bugmann, 2018).

5 LITERATURA

- Ault, T. R., Schwartz, M. D., Zurita-Milla, R., Weltzin, J. F., Betancourt, J. L. 2015. Trends and Natural Variability of Spring Onset in the Coterminous United States as Evaluated by a New Gridded Dataset of Spring Indices. *Journal of Climate*, 28, 21: 8363–8378
- 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
- Bigler, C., Bugmann, H. 2018. Climate-induced shifts in leaf unfolding and frost risk of European trees and shrubs. *Sci. Rep.* 8, 1–10
- Defila, C., Clot, B. 2003. Long-Term Urban-Rural Comparison. V: *Phenology: An Integrative Environmental Science* (ur.M.D. Schwartz). Kluwer Academic press: 57–73
- Fu, Y.H., Piao, S. de Beeck, M.O., Cong, N., Zhao, H., Zhang, Y., Menzel, A., Janssens, I.A. 2014. Recent spring phenology shifts in western Central Europe based on multiscale observations. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 23, 1255–1263
- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huld, T., Pascua, I. 2015. *Spatial Downscaling of 2-Meter Air Temperature Using Operational Forecast Data. Energies*, 8(4), 2381–2411
- Rosemartin, A. H., Denny, E. G., Weltzin, J. F., Lee Marsh, R., Wilson, B. E., Mehdipoor, H., Zurita-Milla, R., Schwartz, M. D. 2015. Lilac and honeysuckle phenology data 1956–2014. *Scientific Data*, 2, 1: 150038, doi:10.1038/sdata.2015.38
- Schwartz, M. D., Ahas, R., Aasa, A. 2006. Onset of spring starting earlier across the Northern Hemisphere. *Global Change Biology*, 12, 2: 343–351
- Schwartz, M. D., Ault, T. R., Betancourt, J. L. 2013. Spring onset variations and trends in the continental United States: past and regional assessment using temperature-based indices. *International Journal of Climatology*, 33, 13: 2917–2922
- Žust A. 2015. Fenologija v Sloveniji, Priročnik za fenološka opazovanja. Ministrstvo za okolje in prostor Agencija RS za okolje Vojkova 1b, 1000 Ljubljana. 102 str.
- Workie, T.G., Debella, H.J. 2018. Climate change and its effects on vegetation phenology across ecoregions of Ethiopia. *Glob. Ecol. Conserv.*, 13:e00366

Prikaz vpliva višine snežne odeje na temperaturo tal – analiza za Mursko Soboto

Tjaša POGAČAR¹⁴¹, Zala ŽNIDARŠIČ¹⁴² in Zalika ČREPINŠEK¹⁴³

Izvleček

Snežna odeja vpliva na nihanje temperature in zmrzovanje tal. Analizirali smo podatke o povprečni dnevni temperaturi zraka, temperaturi zraka ob 7. uri in povprečni dnevni temperaturi tal na globinah od 2 do 100 cm za Mursko Soboto v obdobju 1961–2021. Prikazali smo odvisnost povprečne dnevne temperature tal na 5 cm od povprečne dnevne temperature zraka, pri čemer se je največja razlika pokazala pri negativnih temperaturah zraka ob prisotnosti snežne odeje. Podobno je potrdil graf odvisnosti razlik med obema omenjenima temperaturama od terminske temperature zraka, kjer so razlike ob prisotnosti snežne odeje dosegle 15 °C. Prikazali smo tudi povprečje povprečnih dnevni temperatur zraka in tal pred, ob in po nastopu snežne odeje oz. 10 cm visoke snežne odeje, ki je trajala vsaj 20 dni. Ob prisotnosti snežne odeje povprečje dnevni temperatur tal v zgornjih plasteh kljub nizkim negativnim temperaturam zraka ostaja 0 °C. Na dveh primerih smo pokazali dnevni odziv: brez snežne odeje se močno zniža tudi temperatura tal v vrhnjih plasteh (na 2 cm na –5 °C ob temperaturi zraka –8 °C), s snežno odejo pa ostane pozitivna kljub še nižjim temperaturam zraka. Nadaljnje analize so pomembne z vidika podnebnih sprememb, ko bodo zimske temperature zraka višje, a ob pogostejši odsotnosti snežne odeje to lahko v vrhnjih plasteh tal pomeni nižje temperature.

Ključne besede: sneg, višina snežne odeje, temperatura tal, negativna temperatura zraka, zmrzovanje tal

The influence of the height of the snow cover on the soil temperature – analysis for Murska Sobota

Abstract

Snow cover has a significant impact on soil temperature variations and ground freezing. We analyzed data on the mean daily air temperature, the air temperature at 7 am, and the mean daily soil temperature at different depths from 2 to 100 cm for the Murska Sobota station in the period 1961–2021. We showed the dependence of mean daily soil temperature at 5 cm depth on mean daily air temperature, with the largest difference found for negative air temperatures in the presence of snow cover. Similarly, we showed the dependence of the differences between the two mentioned temperatures on the air temperature at 7 am, with the differences reaching 15 °C in the presence of a snow cover. We also presented the averages of the mean air and soil temperatures before, during, and after the occurrence of a snow cover or a 10 cm snow cover that lasted at least 20 days. When snow cover was present, the mean daily soil temperature in the upper layers remained at 0 °C despite low negative air temperatures. In two cases, we showed the daily response: without snow cover, the soil temperature in the upper layers also drops sharply (at 2 cm to –5 °C with an air temperature of –8 °C), but with snow cover it remains positive despite even lower air temperatures. Further analysis is important from the point of view of climate change, when air temperatures will be higher in winter, but this may mean lower temperatures in the upper soil layers in the more frequent absence of snow cover.

Keywords: snow cover, snow depth, soil temperature, negative air temperature, soil freezing

1 UVOD

Na temperaturo tal vplivajo številni dejavniki, tako meteorološki, kot so temperatura zraka, sončno obsevanje, izhlapevanje, snežna odeja, kot tudi dejavniki tal, na primer barva tal, pokrovnost, nagib terena, vsebnost vode in organske snovi v tleh, volumska gostota tal (Onwuka, 2018). Snežna odeja ima zaradi nizke toplotne prevodnosti in visokega albedu

¹⁴¹ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: tjasa.pogacar@bf.uni-lj.si

¹⁴² Mag. meteorol., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: zala.znidarsic@bf.uni-lj.si

¹⁴³ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, e-pošta: zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si

(odbojnost - koliko neka snov odbije sončnega sevanja) velik vpliv na toplotne razmere tal in jih ohranja toplejše (Tan in sod., 2013). Odsotnost snežne odeje povzroča večja nihanja temperature tal v zgornjih plasteh tal (Friesen in sod., 2021), kar povečuje pogostnost pojava zmrzovanja-taljenja tal. Posledice tega so lahko poškodbe korenin (Sanders-DeMott in sod., 2018), ozimna žita pa so bolj izpostavljena ekstremno nizkim temperaturam (Potopová in sod., 2021; Vico in sod., 2014; Trnka in sod., 2010). Ker snežna odeja ohranja toplejša tla, omogoča infiltracijo in izmenjavo plinov tudi pozimi, kar vodi tudi do taljenja permafrosta in povečanih emisij toplogrednih plinov ter dodatno spreminja celinsko globalno kroženje ogljika (Tan in sod., 2013). Temperatura tal vpliva še na številne druge dejavnike v tleh, na primer na mikrobiološko aktivnost v tleh, razkroj organske snovi, kationsko izmenjalno kapaciteto tal, dostopnost vode in hranil, zračnost tal, strukturo tal in stabilnost strukturnih agregatov (Onwuka, 2018). Analiza temperature tal za različne lokacije in globine tal (10, 20 in 100 cm) v Sloveniji je pokazala, da je trend naraščanja letne temperature tal (med 0,52 in 0,84 °C/ 10 let) statistično značilen na vseh obravnavanih lokacijah in globinah (Kopar, 2015).

Toplejša tla pomembno vplivajo tudi na rastlinske škodljivce in povzročitelje rastlinskih bolezni. Spremljanje smrtnosti sovok, ki kot bube prezimijo v tleh, je pokazalo, da je snežna odeja vplivala na višje temperature tal in s tem na večji delež preživelih osebkov (Huang, 2015). Urbančič Zemljič in Žerjav (2009) sta ugotovila, da so posevki žit zadnja leta manj ogroženi zaradi snežne plesni, saj je vse manj let, ko bi sneg obležal na njivah še v pomladni čas. Raziskava Sanders-DeMott in sod. (2018) je pokazala, da je zmanjšanje snežne odeje pozimi zmanjšalo škode na poganjkih gozdnega drevja zaradi rastlinojedcev. Prisotnost/odsotnost snežne odeje pomembno vpliva tudi na celoten vodni krog, saj vpliva tako na kroženje vode v tleh (Wimmerova in sod., 2017) in globino zmrzovanja tal (Li in sod., 2016), kot tudi na vodno bilanco zaradi taljenja snega spomladi (Kobold, 2009). Za zimski čas številne projekcije kažejo, da se bodo spremembe višine snežne odeje še nadaljevale. Modeli kažejo, da bosta trajanje in višina snežne odeje zmanjšana, zato bodo tla pozimi manj zaščitena in hladnejša (Sanders-DeMott in sod., 2018; Chen in sod., 2021; Friesen in sod., 2021).

Namen tega prispevka je na kratko predstaviti analizo podatkov in smiselnost različnih prikazov vpliva višine snežne odeje na temperaturo tal na izbrani meteorološki postaji, rezultati pa bodo vodili v nadaljnje analize za celotno Slovenijo.

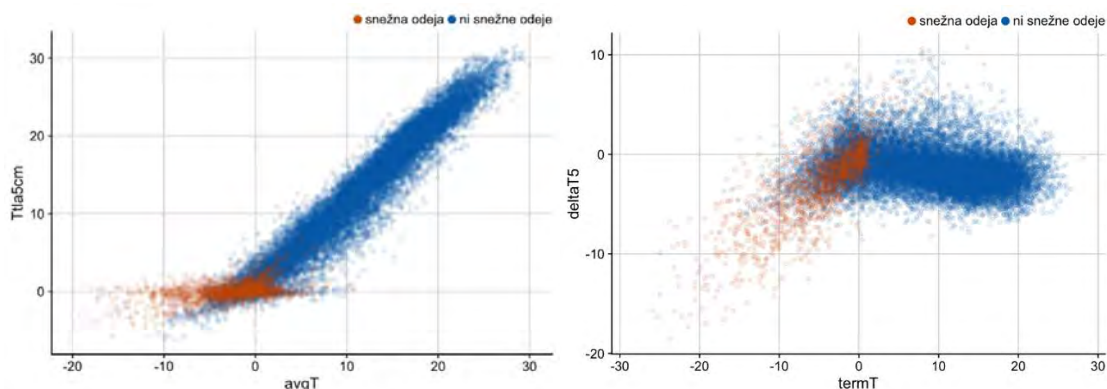
2 MATERIAL IN METODE DELA

V analizo smo vključili le podatke ene meteorološke postaje, in sicer Murska Sobota-Rakičan (postaja je bila leta 1981 premaknjena na zdajšnjo lokacijo, ki pa je v bližini prvotne), ker smo želeli ugotoviti, kako dobro lahko z različnimi prikazi ponazorimo povezavo med višino snežne odeje in temperaturo tal. Postaja je bila izbrana poskusno, zaradi evtrično rjavih tal, nastalih na ilovnatem pesku. Peščena tla ob dobri preskrbljenosti z vodo pomenijo veliko toplotno prevodnost v primerjavi z glinastimi. Podatke o povprečni in najnižji dnevni temperaturi zraka ter povprečni dnevni temperaturi tal na globinah 2, 5, 10, 20, 50 in 100 cm za obdobje 1961–2021 (za globino 2 cm le do vključno leta 2016, za globino 100 cm od aprila 1976 do 2016) smo pridobili iz arhiva ARSO (ARSO, 2022). Povprečna temperatura tal na neki globini je izračunana kot klimatološko povprečje terminskih vrednosti. Grafi so bili pripravljeni v Pythonu in Excelu.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

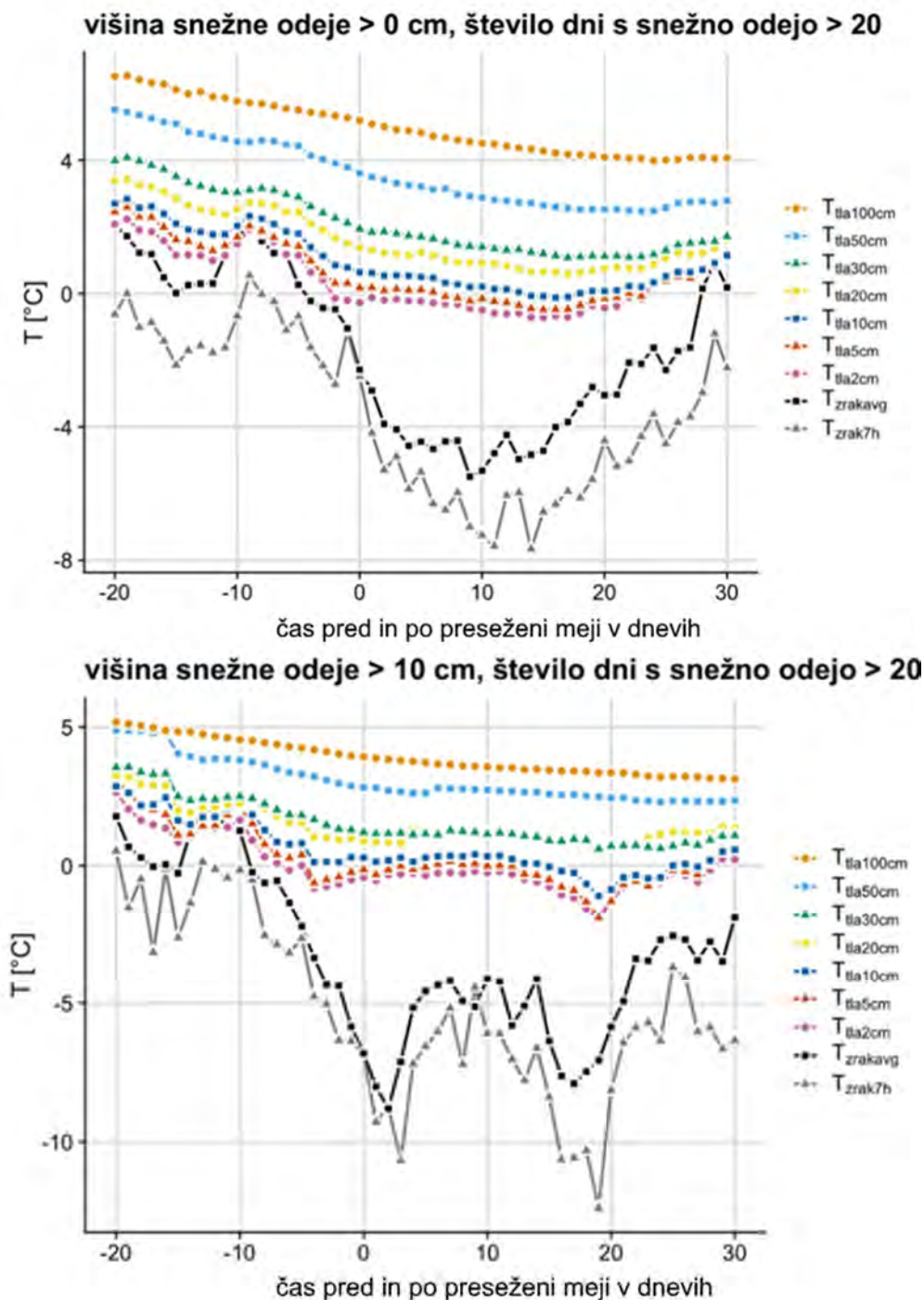
Nihanje temperature tal na večjih globinah je dušeno, maksimum se zamika v poznejši čas. Pri temperaturah tal igra zato pomembno vlogo snežna odeja, ki deluje kot izolator. Primerjali smo vse dnevne temperature zraka in tal v obdobju 1961–2021. Povprečna dnevna temperatura zraka

se je v tem obdobju gibala med $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, povprečna dnevna temperatura tal na globini 5 cm pa med $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ (slika 1 levo). Brez snežne odeje sta si temperaturi precej podobni, temperatura tal na 5 cm je večinoma rahlo višja, za okoli $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. S snežno odejo so temperature zraka nižje, v večjem deležu negativne, temperature tal na 5 cm pa večinoma povsem blizu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pri zelo nizkih povprečnih dnevniških temperaturah zraka, med $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, se povprečna temperatura tal na 5 cm giblje med $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, izjemoma enkrat se spusti na $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Podobno Trnka in sod. (2010) navajajo, da tudi ko temperatura zraka nad pol metra debelo snežno odejo pade pod $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatura tal pod snegom ostane nad $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Razlika med terminsko dnevno temperaturo zraka ob 7. uri zjutraj in povprečno dnevno temperaturo tal na globini 5 cm (slika 1 desno) je v dnevih brez snežne odeje večinoma negativna, kar pomeni, da je temperatura zraka nekoliko nižja, ker gre za jutranjo, večinoma najnižjo dnevno temperaturo zraka. Razlika je v veliki večini v intervalu med $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, vendar lahko sega vse od $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. V dnevih s snežno odejo se razlika veča s padanjem temperature zraka. Večinoma je temperatura tal do $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ višja, ob zelo nizkih terminskih temperaturah zraka pa je razlika lahko tudi do več kot $15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

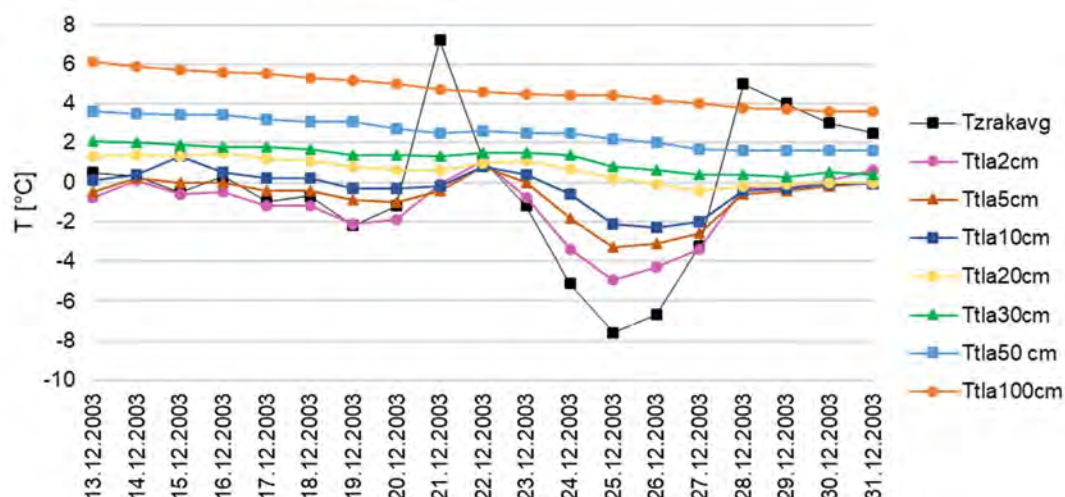


Slika 1: Povprečna dnevna temperatura tal na globini 5 cm (T_{tla5cm}) v $^{\circ}\text{C}$ v odvisnosti od povprečne dnevne temperature zraka ($avgT$) v $^{\circ}\text{C}$ (levo) in razlika med povprečno dnevno temperaturo zraka in povprečno dnevno temperaturo tal na globini 5 cm ($deltaT5$) v $^{\circ}\text{C}$ v odvisnosti od terminske temperature zraka ob 7h ($termT$) v $^{\circ}\text{C}$ (desno) v Murski Soboti v obdobju 1961–2021.

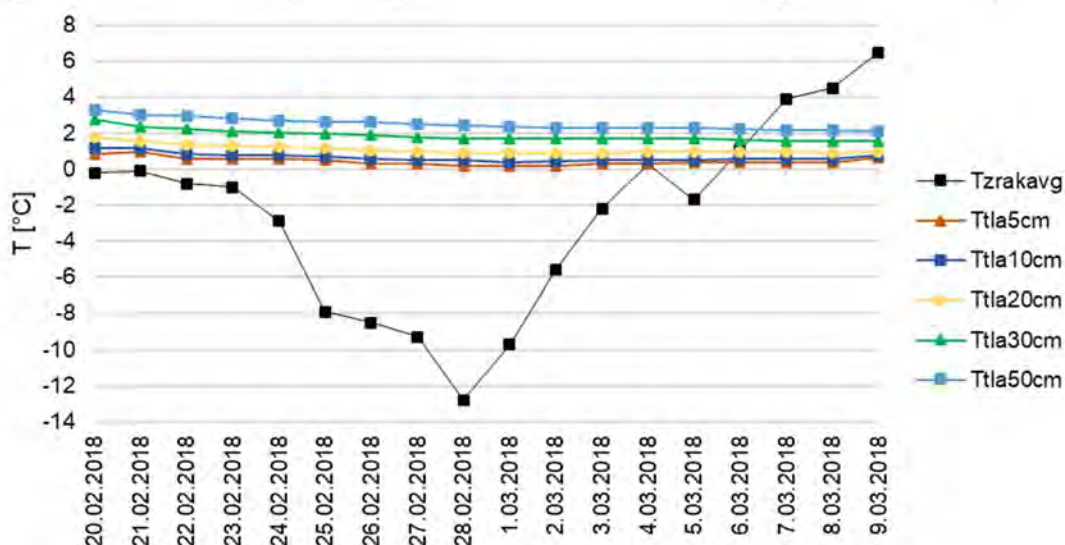
Povprečne dnevne temperature tal na različnih globinah od 2 do 100 cm smo primerjali s povprečno dnevno temperaturo zraka in temperaturo zraka ob 7. uri, in sicer kot povprečje za vse dni v obdobju, ki izpolnjujejo določen pogoj. Na sliki 2 (zgoraj) je pogoj od dneva 0, da je snežna odeja prisotna, na sliki 2 (spodaj) pa mora biti njena višina vsaj 10 cm. Prikazani so primeri, ko je snežna odeja trajala vsaj 20 dni. Povprečna dnevna temperatura zraka v prikazanih 50 dneh zelo niha, v prvem primeru od $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, v drugem seže najnižje celo do $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Terminska temperatura zraka je ves čas nižja, z redkimi izjemami so razlike do $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Temperature tal v globljih plasteh na 20, 30, 50 in 100 cm se praktično ves čas precej enakomerno znižujejo in kljub nihanju temperature zraka ostajajo ves čas pozitivne. Na globinah 20 in 30 cm so temperature tal med 2 in $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, na 50 cm med 3 in $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, na 100 cm pa približno med 4 in $6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ko so pozimi tla gola, namreč snežna odeja zmanjša izgube sevanja in dnevne spremembe temperature tal se ne prenesejo globlje v tla (Lalić in sod., 2018).



Slika 2: Povprečna dnevna temperatura tal (T_{tla}) na različnih globinah, povprečna dnevna temperatura zraka ($T_{zrakavg}$) in terminska temperatura zraka ob 7.uri (T_{zrak7h}) v odvisnosti od dneva nastopa snežne odeje (dan 0 pomeni začetek snežne odeje). Prikazano je povprečje v obdobju 1961–2021 za dni, ko je bila snežna odeja od dneva 0 višja od 0 cm (zgoraj) ali od 10 cm (spodaj) in je trajala vsaj 20 dni.



Slika 3: Povprečna dnevna temperatura tal (T_{tla}) na različnih globinah in povprečna dnevna temperatura zraka ($T_{zrakavg}$) v obdobju od 13. do 31. 12. 2003 (obdobje brez snežne odeje).



Slika 4: Povprečna dnevna temperatura tal (T_{tla}) na različnih globinah in povprečna dnevna temperatura zraka ($T_{zrakavg}$) v obdobju od 20. 2. do 17. 3. 2018 (obdobje s snežno odejo).

Do 20. dneva po začetku snežne odeje opazimo v vrhnjih plasteh tal na globinah 2, 5 in 10 cm zelo enakomeren potek temperature blizu 0 °C. Podobno Lalić in sod. (2018) navajajo, da če tla pred sneženjem niso zmrznjena, temperatura tal blizu površja pod snežno odejo ostaja približno 0 °C, kar je pomembno za zaščito ozimnih posevkov pred pozebo, izolacijski učinek pa je na splošno večji, ko višina snežne odeje preseže 20 cm.

V dneh pred nastopom snežne odeje (negativne vrednosti na x-osi) opazimo, da povprečna temperatura tal na prvih treh globinah z manjšo amplitudo sledi padanju temperature zraka, čeprav le rahlo pod 0 °C, potem pa nastopi snežna odeja. V času prisotne snežne odeje ostane temperatura tal pozitivna oz. blizu 0 °C tudi ko povprečna temperatura zraka pade pod –5 °C. Pri višini snežne odeje več kot 10 cm so se povprečne temperature zraka spustile do –8 °C, termenske pod –10 °C, a se temperatura tal vseeno ni znižala. Le ob koncu 20-dnevnega obdobja

je izrazit padec temperature zraka (terminska na $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$) povzročil, da je v prvih treh plasteh temperatura tal padla na okoli $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Težje primerjamo vpliv zelo nizkih negativnih temperatur zraka na temperaturo tal ob prisotnosti ali odsotnosti snežne odeje, saj na tej lokaciji zelo nizke temperature zraka večinoma nastopijo le ob prisotnosti snežne odeje. Za lažjo ponazoritev vpliva dodajamo dva obdobja grafa. Ob odsotnosti snežne odeje (slika 3) povprečne dnevne temperature tal do vključno globine 10 cm zelo sledijo padcu povprečne dnevne temperature zraka: ko se ta spusti do $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, doseže temperatura tal na globini 2 cm $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, na 5 cm $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ in na 10 cm $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ob prisotnosti snežne odeje (slika 4), katere višina je bila ob najnižjih temperaturah 16 cm, se povprečne dnevne temperature tal ne spustijo pod $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, kljub temu da je povprečna dnevna temperatura 5 dni nižja od $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, doseže celo $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4 SKLEPI

Neposreden vpliv povprečne višine snežne odeje na temperaturo tal je težko grafično prikazati, saj so nižje temperature zraka večinoma dosežene le ob prisotnosti snežne odeje. Z obdobjima grafoma smo pokazali neposreden dnevni vpliv snežne odeje, ki deluje izolativno in prepreči zmrzovanje tal. Povprečne vrednosti prav tako dokazujejo, da ima snežna odeja vedno pomemben vpliv na temperaturo tal v vrhnjih plasteh. V prvi fazi analize nismo uporabili terminskih (minimalnih) temperatur tal, ker niso neposredno dostopne na strani arhiva, za nadaljnje podrobnejše analize jih bomo naročili na ARSO. Analizo bomo nadaljevali z vključitvijo različnih lokacij po Sloveniji, kar pomeni predvsem vključitev raznolikih tal z različnimi lastnostmi toplotne prevodnosti, pri čemer pa je prevodnost večja ob večji vsebnosti vode v tleh. Aktualna je predvsem z vidika podnebnih sprememb, ko bodo sicer zimske temperature zraka v Sloveniji višje, vendar pa ob pogostejši odsotnosti snežne odeje to lahko v vrhnjih plasteh vseeno pomeni nižje temperature tal in s tem pomembno vpliva na številne procese v kmetijski tleh.

Zahvala. Analiza je bila finančno podprta s strani ARRS programske skupine Agroekosistemi (P4-0085).

5 LITERATURA

- ARSO, 2022. Arhiv meteoroloških podatkov, izpis iz baze podatkov za obdobje 1961-2022, dostopen na: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/>
- Chen, X., Li, X., Gu, L., Zheng, X., Wang, G., Li, L. 2021. Increasing Snow–Soil Interface Temperature in Farmland of Northeast China from 1979 to 2018. *Agriculture*, 11: 878, doi:10.3390/agriculture11090878
- Friesen, H.C., Slesak, R.A., Karwan, D.L., Kolka, R.K. 2021. Effects of snow and climate on soil temperature and frost development in forested peatlands in Minnesota, USA. *Geoderma*, 394: 115015, doi:10.1016/j.geoderma.2021.115015
- Huang, J. 2015. Effects of soil temperature and snow cover on the mortality of overwintering pupae of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Biometeorology*, 60: 977-989, doi:10.1007/s00484-015-1090-y
- Kobold, M. 2009. Vpliv podnebnih sprememb na ekstremne hidrološke pojave. *Ujma*, 23: 128-135
- Kopar, M. 2015. Časovne in prostorske značilnosti temperature tal v Sloveniji. Magistrsko delo, UL, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 79 str.
- Lalić, B., Eitzinger, J., Dalla Marta, A., Orlandini, S., Firanj Sremac, A., Pacher, B. 2018. *Agricultural Meteorology and Climatology*. Firenze University Press, Italija, 353 str. Dostopno na: https://media.fupress.com/files/pdf/24/3808/3808_16282

- Li, X., Zheng, X., Wu, L., Zhao, K., Jiang, T., Gu, L. 2016. Effects of Snow Cover on Ground Thermal Regime: A Case Study in Heilongjiang Province of China. *Chinese Geographical Science*, 26: 527-538, doi: 10.1007/s11769-016-0825-y
- Onwuka, B.M. 2018. Effects of soil temperature on some soil properties and plant growth. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 8 (1): 34–37, doi:10.15406/apar.2018.08.00288
- Potopová, V., Türkott, L., Musiolková, M., Možný, M., Lhotka, O. 2021. The compound nature of soil temperature anomalies at various depths in the Czech Republic. *Theoretical and Applied Climatology*, 146 (3-4): 1257-1275, doi:10.1007/s00704-021-03787-7
- Sanders-DeMott, R., McNellis, R., Jabouri, M., Templer, P.H. 2018. Snow depth, soil temperature and plant–herbivore interactions mediate plant response to climate change. *Journal of Ecology*, 106 (4):1508–1519, doi:10.1111/1365-2745.12912
- Tan, B., Wu, F., Yang, W., He, X. 2013. Snow removal alters soil microbial biomass and enzyme activity in a Tibetan alpine forest. *Applied Soil Ecology*, 76: 34–41, doi:10.1016/j.apsoil.2013.11.015
- Trnka, M., Kocmankova, E., Balek, J. in sod. 2010. Simple snow cover model for agrometeorological applications. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150: 1115-1127, doi:10.1016/j.agrformet.2010.04.012
- Urbančič Zemljič, M., Žerjav, M. 2009. Pregled desetletnih poljskih poskusov z razkuževanjem semena žit. Zbornik predavanj in referatov 9. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Nova Gorica, 4.-5. marec 2009: 191-195
- Vico, G., Hurry, V., Weih, M. 2014. Snowed in for survival: quantifying the risk of winter damage to overwintering field crops in northern temperate latitudes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 197: 65-75
- Wimmerova, M., Hlavinka, P., Pohankova, E., Orsag, M., Žalud, Z., Trnka, M. 2017. The importance of the snow cover consideration within water balance and crops growth modeling. *International Conference: Snow - An Ecological Phenomena*, September 19-20, 2017, Smolenice, Slovakia, dostopno na: <https://www.researchgate.net/publication/322505489>

Kmetijski ukrepi za ohranitev habitata bele in črne človeške ribice

Rozalija CVEJČ¹⁴⁴, Miha CURK¹⁴⁵, Nina MALI¹⁴⁶, Janez MULEC¹⁴⁷, Metka PETRIČ¹⁴⁸, Marina PINTAR¹⁴⁹, Janko URBANC¹⁵⁰, Vesna ZUPANC¹⁵¹ in Mitja PRELOVŠEK¹⁵²

Izveček

Habitat zavarovane in ranljive človeške ribice (*Proteus anguinus*) v kombinaciji z nizko samočistilno sposobnostjo podzemne vode ogrožajo slabo urejena komunalna opremljenost v vodozbirnem zaledju, neustrezno odlaganje industrijskih odpadkov in neprilagojena kmetijska raba prostora. Na območju habitata bele in črne človeške ribice v Beli krajini je bilo vzpostavljeno mesečno spremljanje kakovosti vode na dvanajstih izviri. Meritve na določenih mestih potrjujejo neugodno koncentracijo nitratov v podzemni vodi (preseganje meje 9,2 mg NO₃/L). Rezultati meritev nakazujejo potrebo po ukrepih za zmanjšanje pritiska na okolje zlasti na Otovskem bregu, na obeh izviri raziskave (Jelševniščica in Otovski breg) bo za ohranitev človeške ribice potrebno vzpostaviti ukrepe za zmanjšanje nevarnosti večjega onesnaženja. Bilanca dušika na njivah nakazuje na presežke gnojil, ki se lahko sperejo v podzemno vodo. To je neugodno, saj se zaradi visokega standarda kakovosti podzemne vode že majhni presežki dušika v tleh lahko odrazijo na poslabšani kakovosti podzemne vode in s tem kakovosti habitata. V nadaljevanju raziskav bomo z analizo poselitve in rabe tal ter izotopsko sestavo nitrata (stabilni izotop dušika in kisika) ugotavljali parcialen izvor nitratov v vodi. Z modeliranjem transporta hranil bomo preverili scenarije prilagojene rabe tal, ki bodo vključevali razširitev kolobarja z vključevanjem metuljnic in zmanjšanje gnojilnih odmerkov dušika.

Ključne besede: človeška ribica, črna človeška ribica, kmetijski ukrepi, nitrat

Agricultural measures for protecting proteus habitat

Abstract

A habitat of protected and vulnerable proteus (*Proteus anguinus*) is endangered due to, in combination with low self-purification capacity of groundwater, insufficiently treated municipal wastewater, inadequate disposal of industrial waste, and unadjusted agricultural land use practices. In Bela krajina (SE Slovenia), a comprehensive monthly water quality monitoring at twelve springs shows above threshold concentrations for nitrate (9.2 mg NO₃/L). Monitoring results indicate a need to implement protection measures to reduce environmental pressures, especially at the Otovski breg spring. Furthermore, establishing additional measures to reduce the possibility of bigger contaminations is necessary both at the Jelševniščica and the Otovski breg springs. Nitrogen balance on arable land is positive, indicating surplus can leach to groundwater; this is unfavourable because even a low level of leaching can significantly degrade nitrate-sensitive proteus. Further research activities will include settlements and land use analyses to identify the share of specific nitrogen sources. Modelling of nutrient transport in the catchment will propose an improved and adapted land use practice, including wider crop rotation and reduced nitrogen fertilisation.

Key words: proteus anguinus, black proteus, olm, agricultural measures, nitrate

¹⁴⁴ Dr., Biotehniška fakulteta, e-pošta: rozalija.cvejic@bf.uni-lj.si

¹⁴⁵ Dr., Biotehniška fakulteta, e-pošta: miha.curk@bf.uni-lj.si

¹⁴⁶ Dr., Geološki zavod Slovenije, e-pošta: nina.mali@bf.uni-lj.si

¹⁴⁷ Dr., Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, e-pošta: janez.mulec@guest.arnes.si

¹⁴⁸ Dr., Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, e-pošta: metka.petric@zrc-sazu.si

¹⁴⁹ Dr., Biotehniška fakulteta, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

¹⁵⁰ Dr., Geološki zavod Slovenije, e-pošta: janko.urbanc@bf.uni-lj.si

¹⁵¹ Dr., Biotehniška fakulteta, e-pošta: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si

¹⁵² Dr., Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, e-pošta: mitja.prelovsek@zrc-sazu.si

1 UVOD

Človeška ribica, tako bela kot črna (*Proteus anguinus*) (Arntzen, in Sket, 2009), sta na nacionalni ravni pravno opredeljeni kot zavarovani in ranljivi (Uredba o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah, 2019). Na mednarodni ravni je človeška ribica opredeljena kot kvalifikacijska vrsta območij Natura 2000. Medtem ko bela človeška ribica poseljuje večino Dinarskega krasa, je črna človeška ribica ozek lokalni endemit, katere habitat je bil potrjen na zgolj 2 km² poseljenega plitvega krasa na zahodnem robu Bele krajine (Gorički in sod., 2017). Za njeno ohranitev se prednostno varuje habitat, to je podzemna voda gorvodno od izvirov s potrjeno prisotnostjo. V potekajočem projektu Ciljnega raziskovanega programa (CRP) z naslovom Raziskave za opredelitev in preprečevanje obremenjevanja vodozbirnega zaledja Jelševnišnice in Otovca, s posebnim ozirom na habitat črne človeške ribice (HaČloRi) (CRP V1-2139) naslavljam izpostavljeni problem ohranitve habitata človeške ribice.

Čeprav je raven pritiskov na kras zaradi antropogenih dejavnosti v Beli krajini ocenjena kot nizka (Ribeiro in Zorn, 2021), pa osnutek načrta upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2022–2027 (MOP, 2022) izpostavlja slabo stanje ekosistemov, odvisnih od podzemnih voda v Beli krajini za habitat človeške ribice. Namreč, v tkivu črne človeške ribice in sedimentih so bili dokazani ostanki sredstev za varstvo rastlin (Zn, As, poliklorirani bifenili) (Bulog in sod., 2002). Na nekaterih izviroh je bil opažen občasen dvig koncentracije nitrata nad 15 mg NO₃⁻/L in fosfata (blizu 2 mg PO₄³⁻/L) v podzemni vodi (Hudoklin, 2011; Dobnikar Tehovnik in sod., 2020), kar je višje od mejne vrednosti za človeško ribico (9,2 mg NO₃⁻/L) (Bizjak Mali in Sket, 2019). Stanje okolja nakazuje, da imajo antropogene aktivnosti v prostoru (poselitev, industrija in kmetijstvo) mestoma prekomeren vpliv na kakovost habitata (Bizjak Mali in Sket, 2019) s potencialnim izginotjem populacije človeške ribice v Otovskem bregu. V pričujočem prispevku se osredotočamo na možnosti zmanjšanja razpršenega onesnaževanja z nitrati v kmetijstvu z namenom ohranitve habitata človeške ribice. Metaanaliza, ki so jo opravili Oenema in sod. (2018) med najbolj učinkovite in izvedljive ukrepe v kmetijstvu prišteva: (1) uravnoteženo gnojenje (spremembe gnojilnih obrokov z namenom zmanjšanja presežkov dušika), (2) ciljno gnojenje (optimizacija termina in lokacije gnojenja), (3) uporaba gnojil z izboljšanim delovanjem (npr. počasno sproščanje dušika, zaviralci nitrifikacije), (4) spremembo kolobarja (zamenjava za rastline z manjšimi potrebami po dušiku ali večjo učinkovitostjo pri sprejemu dušika), (5) prekrivne in vmesne posevke, podsevke (vežejo dušik, ki je ostal v tleh po žetvi), (6) uporabo zastirk (zmanjšanje evaporacije, zapleveljenosti, zato boljši pogoji za rast glavne kulture, zato boljši izkoristek dušika), (7) omejitve pri paši, (8) zaščitne in obrežne pasove, in (9) strokovno pravilno namakanje. Čeprav se večina od navedenih ukrepov vsaj v omejenem obsegu že izvajajo tudi na območju habitata črne človeške ribice, pa stanje okolja nakazuje, da so potrebne dodatne prilagoditve in razširitev izvajanja ukrepov.

2 MATERIALI IN METODE

Z namenom karakterizacije in opredelitve vodozbirnega zaledja izvirov smo meritve izotopske sestave ¹⁸O (kisika-18) in ²H (devterija) opravili z laserskim analizatorjem Picarro L2130i. Na izviroh so bili nameščeni pasivni vzorčevalniki (Wille in sod., 2011; Nyoni in sod., 2011; Mali in sod., 2017; Cerar in sod., 2016), ki nam omogočajo neprekinjeno spremljanje prisotnih organskih onesnaževal ali onesnaževal v nizkih koncentracijah in njihovo relativno koncentracijo v daljšem časovnem obdobju. V sklopu fizikalno-kemičnih lastnosti vode spremljamo na mesečnem intervalu do 12 kraških izvirov glede na temperaturo, specifično elektroprevodnost, pH, vsebnost kisika, stabilnih izotopov kisika ter poglavitnih anionov (HCO₃⁻, NO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₂⁻, PO₄³⁻) in kationov (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺). Ioni se določajo na ionskem kromatografu. Za hidrološko bilanco uporabljamo javno dostopne podatke ARSO in

lastno meteorološko postajo na Selih pri Otovcu, na obeh glavnih izvirih (Jelševniščica in Otovski breg) in Pačkem bregu pa zvezno spremljamo vodostaj, ki ga z meritvami karakterističnih pretokov preko pretočne krivulje preračunavamo v zvezni pretok.

Za oceno fekalnega onesnaženja spremljamo koncentracija bakterij vrste *E. coli* ter enterokokov. Indikatorsko mikrobno biomaso (CFU/100 mL) smo ovrednotili iz aseptično odvzetih izvirskih vzorcev Jelševniščice in Otovskega brega na selektivnih gojiščih za enterokoke (Compact Dry ETC) in koliforme (Compact Dry EC).

Na vodozbiernem zaledju Jelševniščice in Otovskega brega se kot problematična in najbolj pogosta raztopljen oblika dušika zvezno spremlja zlasti nitrat, za katerega bo preko pretoka možno izračunati bilanco iztoka. Antropogen doprinos dveh najbolj pomembnih virov (kmetijstvo, komunalna odpadna voda) bo izračunljiv s kvantificiranim konceptualnim modelom bilance dušika, ki bo podlaga za določitev ukrepov, kasneje uporabljenih za simuliranje z modelom Soil and Water Assessment Tool (SWAT) (<https://swat.tamu.edu/>). Dodatno bo v okviru projekta IAEA CRP D1.50.18 Multiple Isotope Fingerprints to Identify Sources and Transport of Agro-Contaminants analizirana izotopska sestava dušika v vodi, ki pomaga ugotoviti izvor dušika v naravi (komunalne odplake, gnojenje).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Značilnosti vodozbirnega zaledja

Meritve deleža izotopov ^{18}O in ^2H , mineralizacije in ravnotežne koncentracije CO_2 v vodi kažejo, da je nadmorska višina Otovskega brega relativno nižja od Jelševniščice. Nahaja se predvsem na reliefnem pregibu vzhodnega obrobja ter na nižinskem delu Bele krajine. Na osnovi rezultatov sklepamo, da zaledje Jelševniščice sega v Poljansko oz. Mirno goro. Tudi mesečne meritve temperature vode, mineralizacije (EC), ravnotežne koncentracije CO_2 in izotopske sestave kisika (^{18}O) (preglednica 1), posredno pa tudi parametri onesnaženosti, kažejo na značilno višje pretežno gozdnato zaledje Jelševniščice in nižje poseljeno območje Otovskega brega. Vodozbirno območje Jelševniščice je glede na meritve ob visokem vodostaju 30. septembra 2022 za 3,5-krat večje od Otovskega brega, kar ima ob gozdnatem zaledju Jelševniščice tudi večji učinek razredčevanja obremenjevanja tik nad izvirom, po drugi strani pa kaže na večjo ranljivost Otovskega brega. Razlike v deležu gozdnatega vodozbirnega območja, ki je večji v primeru Jelševniščice, saj se za razliko od Otovskega brega glede na relativno visok delež Mg v vodi (razmerje Ca/Mg v preglednici 1) razteza na dolomitno območje Mirne gore, a še ni natančno opredeljeno, in omenjene razlike v velikosti vodozbirnega območja oz. pretokih pojasnjujeta razlike v bistveno večji obremenjenosti Otovskega brega z nitrati ($12,8 \pm 3,3 \text{ mg NO}_3^-/\text{L}$) v primerjavi z Jelševniščico ($3,5 \pm 0,7 \text{ mg NO}_3^-/\text{L}$). Območje tolerance predstavlja standardni odklon (+/-).

3.2 Obremenitve in nevarnosti v vodozbiernem zaledju

Zaradi bistveno večjega deleža nižjega poseljenega dela v vodozbiernem območju Otovskega brega je voda na slednjem bistveno bolj obremenjena predvsem z nitrati in kloridi, medtem ko so koncentracije slednjih na izviru Jelševniščice bistveno nižje. Nasičenost s kisikom je na izviru Jelševniščice nekoliko pod mejo nasičenosti, kar je lahko tudi zgolj posledica naravne oksidacije v freatični coni vodonosnika, na Otovskem bregu pa bistveno nižja indicira onesnaženje. Koncentracija PO_4^{3-} je bila v vseh vzorcih pod mejo določljivosti oz. vrh na ionskem kromatografu ni bil zaznan. Nitrit in amonijev ion sta bila v vseh odvzetih vzorcih pod mejo detekcije kar kaže na efektivno nitrifikacijo v tleh ali/in v podzemni vodi, katerega stranski efekt je lahko že omenjeno znižanje koncentracije kisika. Statistično značilna višja

koncentracija SO_4^{2-} na Otovskem bregu glede na Jelševniščico lahko indicira antropogeno obremenjevanje, ki viša naravno ozadje sulfatov. Na Otovskem bregu se obremenjevanje vode kaže tudi z vidika povišanja vrednosti kalija, medtem ko je na Jelševniščici koncentracija le enkrat presegla mejo določljivosti. Veliko nihanje koncentracije klorida na Otovskem bregu z najvišjimi vrednostmi pozimi kažeta na občasen vpliv prometa oz. soljenja cest ter nevarnost v primeru izlitja nevarnih snovi. Brez zaključene hidrološke bilance in prostorske analize antropogenega doprinosu in vira onesnaževal oz. deleža posameznih dejavnosti v prostoru še ni mogoče opredeliti. Z nekaj izjemami zaenkrat še ni podrobnega pregleda stanja obremenjenosti kraških vodnih teles na obravnavanem območju z mikrobnimi fekalnimi indikatorji. Rezultati analiz, opravljenih od novembra 2021 do februarja 2022, kažejo, da so bile bakterije vrste *E. coli* in enterokoki prisotni ob vsakem vzorčenju v obeh izviri, na Otovskem bregu in Jelševniščici. Primerjalno so bile zabeležene koncentracije obeh indikatorjev v tem obdobju višje na Otovskem bregu kot v Jelševniščici (preglednica 1). V nadaljevanju bo v okviru projekta IAEA CRP D1.50.18 Multiple Isotope Fingerprints to Identify Sources and Transport of Agro-Contaminants analizirana izotopska sestava nitrata v vodi, ki nam skupaj s sledenjem mikrobnega vira pomaga ugotoviti izvor dušika v naravi, ko se prekriva signal komunalnih odplak in organskih gnojil (Carrey in sod., 2021).

Preglednica 1: Parametri značilnosti in kakovosti vode na izviri Jelševniščice in Otovskega brega

Parameter	Izvir	
	Jelševniščica	Otovski breg
$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	-9.2	-8.7
T [°C]	$10,2 \pm 0,23$ °C*	$12,0 \pm 0,04$ °C
EC [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	420 ± 11	555 ± 42
Nasičenost s O_2 [%]	$98,1 \pm 2,8$	$85,5 \pm 5,7$
Ravn. konc. CO_2 [ppm]	7.000 ± 800	27.300 ± 6.700
Razmerje Ca/Mg	$3,3 \pm 0,7$	$7,4 \pm 1,6$
NO_3^- [mg NO_3^-/L]	$3,5 \pm 0,7$	$12,8 \pm 3,3$
Cl^- [mg Cl^-/L]	$2,0 \pm 0,2$	$12,3 \pm 8,0$
SO_4^{2-} [mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{L}$]	$3,9 \pm 0,2$	$5,4 \pm 0,6$
K^+ [mg K^+/L]	0,2	$1,3 \pm 0,8$
<i>E. coli</i> [CFU/100 mL]	1 – 18	34 – 1.260
Enterokoki [CFU/100 mL]	40 – 327	100 – 3.300

* Območje tolerance predstavlja standardni odklon (+/-).

3.3 Kmetijski ukrepi za zmanjšanje obremenitev

Opredelevitev najustreznejše kombinacije ukrepov za zmanjšanje obremenitev in nevarnosti v vodozbirnem zaledju izvira Jelševniščice in Otovskega brega na sprejemljivo raven habitata človeške ribice se je začela s pripravo prostorskih podatkov za potrebe postavitve in poznejše kalibracije modela v SWAT. Za namen podrobnejše opredelitve ranljivih območij, smo z digitalizacijo posodobili Pedološko karto Bele krajine (Miklavčič, 1965). Sledili so ogledi terena in oblikovanje predloga razširjenega kolobarja in zmanjšane gnojenja (preglednica 2). Nov predlog razširjenega kolobarja in zmanjšanih gnojilnih odmerkov upošteva nedavne ugotovitve o izvajanju gnojenja poljščin in travinja ter rezultate vzorčenja kmetijskih tal Bele krajine v letu 2021 (Strgulec, 2021). Tipičen kolobar na širšem območju habitata črne človeške ribice je nadstandarden in predstavlja 40 % koruze, 30 % žit in 30 % deteljno-travnih mešanic

(DTM). Običajno zaporedje kultur v štiriletnem kolobarju je koruza, pšenica, koruza, ječmen (ali DTM) in DTM in je vezan na živinorejo (v raziskavi so sodelovale pretežno prašičerejske kmetije) (Strgulec, 2021). Predlagamo, da se v kolobar vključi metuljnice.

Preglednica 2: *Obstoječi kolobar in gnojilni odmerki ter predlog razširjenega kolobarja in zmanjšanih gnojilnih odmerkov*

Obstoječi kolobar in gnojilni odmerki					Predlog razširjenega kolobarja in gnojilnih odmerkov			
leto	Kultura	Gnojilo	Termin	Količina	Kultura	Gnojilo	Termin	Količina
1	koruza	gnojevka, hlevski gnoj	pr. or.	25 m ³	koruza	Gnojevka, hlevski gnoj	pr. or.	20 m ³
		NPK 15-15-15	pr. set.	250 kg/ha		NPK 15-15-15	pr. set.	200 kg/ha
		urea	dognoj.	200 kg/ha		urea	dognoj.	160 kg/ha
1–2	pšenica	gnojevka	pr. or.	15 m ³	pšenica	gnojevka	pr. or.	12 m ³
		NPK 7-20-30	pr. set.	200 kg/ha		NPK 7-20-30	pr. set.	160 kg/ha
		KAN		200 kg/ha		KAN	dognoj.	160 kg/ha
2–3	/	/	/	/	DTM ozelenitev	/	/	/
3	koruza	gnojevka, hlevski gnoj	pr. or.	25 m ³	koruza	gnojevka/hl. gnoj	pr. or.	20 m ³
		NPK 15-15-15	pr. set.	250 kg/ha		NPK 15-15-15	pr. set.	200 kg/ha
		urea	dognoj.	200 kg/ha		urea	dognoj.	160 kg/ha
3–4	ječmen	gnojevka	pr. or.	15 m ³	ječmen	gnojevka	pr. or.	12 m ³
		NPK 7-20-30	pr. set.	200 kg/ha		NPK 7-20-30	pr. set.	160 kg/ha
		KAN	dognoj.	200 kg/ha		KAN	dognoj.	160 kg/ha
4	DTM	/	/	/	DTM	/	/	/

Legenda: pr. or. – pred oranjem, pr. set. – pred setvijo, dognoj. – dognojevanje

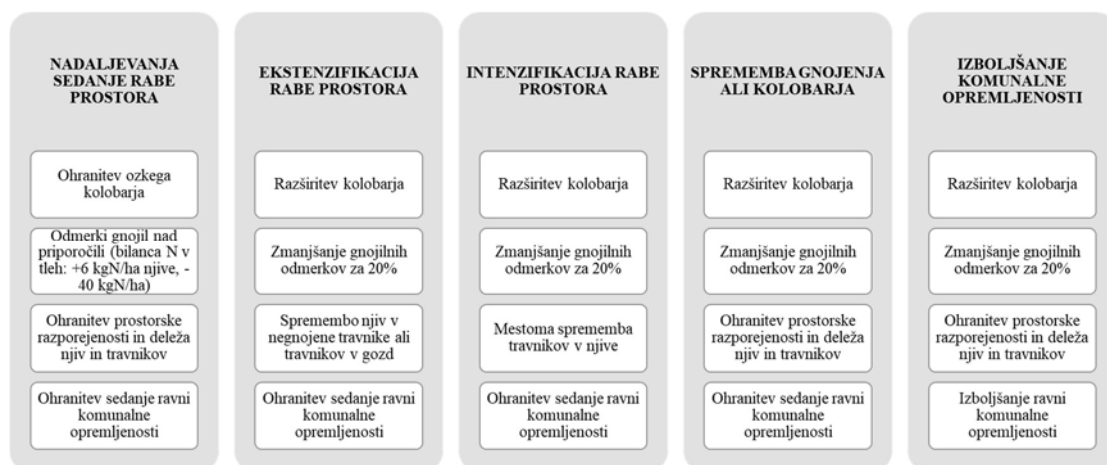
Na obarvanih vodozbirnih območjih je bilanca N na njivah 6 kg N/ha (Strgulec, 2021) in nakazuje na presežke gnojil na njivskih površnih, ki se lahko sperejo v podzemno vodo. Bilanca N na travnatem svetu je –40 kg N/ha (Strgulec, 2021). Negativna bilanca kaže na pomanjkljivo gnojenje, kar ima za posledico manjšo produktivnost trajnega travinja oz. nizko intenziteto rabe travinja. Raziskave v okviru projekta Učinkovitejša raba vode in hranil v rastlinski pridelavi za varovanje in izboljšanje virov pitne vode - URVIVO so pokazale, da je gnojilne odmerke dušika v nekaterih primerih mogoče zmanjšati za 20 %, ne da bi to negativno vplivalo na pridelek. To smo upoštevali pri oblikovanju predloga razširjenega kolobarja, kjer smo upoštevali možnost zmanjšanja gnojenja z dušičnimi gnojili (preglednica 2), ki ga bomo v nadaljevanju preverili z modelom SWAT.

Na podlagi pregleda literature in podatkov iz preteklih študij ter ogleda terena so bili pripravljene scenariji za modeliranje v SWAT (slika 1). Scenariji so razdeljeni na tri sklope in se v prvi vrsti nanašajo na spremembe v pestrosti kolobarja. Nekateri ukrepi v kmetijstvu, ki so namenjeni zaščiti virov pitne vode na območju Slovenije, so bili finančno podprti že znotraj Programa razvoja podeželja (PRP) 2014–2020. Zdaj je potrjeno, da bodo tudi v novem programskem obdobju. Ukrepi gredo v smeri uveljavljanja petletnega kolobarja. Z vidika preprečevanja koncentriranja in izpiranja nitrata so aktualne zahteve operacije vodni viri pod ukrepom ozelenitev njivskih površin (obvezna zahteva), ter obdelavi površin s posejanimi

neprezimnimi medonosnimi posevki in po pravilu poznih hibridov koruze, podoravanje rastlin za podor (izbirni zahtevi). Vse sodijo med ukrepe uvedbe prekrivnih posevkov, ki jih ne gnojimo.

Nadalje se spremembe nanašajo na gnojilne odmerke in gnojila. Poleg ukrepov znotraj PRP je v Sloveniji v okviru zakonodaje o vodovarstvenih območjih in »Uredbe o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov« obvezno izvajati še nekatere ukrepe iz skupin uravnoteženega in ciljnega gnojenja (omejitve vnosov na vodovarstvenih območjih, količinske omejitve letnega vnosa N/ha, gnojilni načrti, pozno jesenska in zimska prepoved gnojenja itn.), kar je z vidika zmanjševanja izpiranja nitrata prav tako pozitivno. Za varstvo pred izpiranjem nitrata se predvideva še druge ukrepe: prekrivne in medvrstne posevke v trajnih nasadih, gnojenje z organskimi gnojili, uporaba zastirk ali mehansko zatiranje plevelov in ohranitvena obdelava tal. Poleg tega je potrebno preveriti tudi spremembe v rabi prostora, predvsem prerazporeditev njiv z bolj na manj občutljiva območja in nadomestitev s travniki ter/ali sprememba deleža njiv in travnikov.

Upošteva se spremembe v širini kolobarja, gnojilnih odmerkih in gnojilih, ter rabi prostora so oblikovani scenariji za preverbo učinka spremembe rabe tal za modeliranje transporta hranil in kakovosti podzemne vode na ravni porečja. Po oblikovanih scenarijih bodo v orodju SWAT preverjeni učinki nadaljevanja obstoječe kmetijske rabe tal, ekstenzifikacija in intenzifikacija kmetijske rabe tal, scenarij spremembe gnojenja ali kolobarja, ter učinek izboljšanja komunalne opremljenosti v kombinaciji z izboljšano kmetijsko rabo tal (slika 1).



Slika 1: Scenariji spremembe rabe tal za modeliranje transporta hranil in kakovosti podzemne vode na ravni porečja

4 SKLEPI

Za doseganje ugodnega stanja habitata človeške ribice, ki zahteva višji standard varovanja kakovosti podzemne vode ($9,2 \text{ mg NO}_3^-/\text{L}$) kot je za pitno vodo ($50 \text{ mg NO}_3^-/\text{L}$), bo potrebno ukrepe za zmanjšanje pritiska na okolje vzpostavljati zlasti na Otovskem bregu. Na Jelševniščici in Otovskem bregu pa bo potrebno vzpostaviti tudi ukrepe za zmanjšanje nevarnosti večjega onesnaženja. Vzpostavitev celostnega, zveznega, občasnega in pasivnega spremljanje širokega spektra onesnaževal (klasičnih onesnaževal v vodi, nitrata, določanja emisijskih vrednoti dušika glede na vir onesnaženja) že kaže na potencial, ki ga ima tovrstno merjenje za ciljno usmerjanje ukrepov kmetijske in okoljske politike, še večjo korist pa bomo pridobili v prihodnjem letu in

pol izvajanja projekta CRP HaČloRi. Analize sedanje rabe prostora nakazujejo na potrebo po izvajanju varstvenih ukrepov (uravnoteženo gnojenje, spremembe v kolobarju ali vrsti kmetijske kulture, prekrivni in vmesni posevki, podsevki) na vplivnih območjih ekosistemov odvisnih od podzemnih voda, četudi ti niso neposredno varovani kot območja Natura 2000.

5 LITERATURA

- Arntzen, J.W., Sket, B. 2019. Morphometric analysis of black and white European cave salamanders, *Proteus anguinus*. Journal of Zoology, 241: 699-707
- Bizjak Mali, L., Sket, B. 2019. History and biology of the »black proteus« (*Proteus anguinus parkelj* Sket and Arntzen 1994; Amphibia: Proteidae): a review. Folia biologica et geologica, 60: 6-38
- Bulog B., Mihajl K., Jeran Z., Toman M.J. 2002. Trace Element Concentrations in the Tissues of *Proteus Anguinus* (Amphibia, Caudata) and the Surrounding Environment. Water, Air, & Soil Pollution, 136: 147-163
- Carrey, R., Ballesté, E., Blanch, A.R., Lucena, F., Pons, P., López, J.M. Rull, M., Solà, J., Micola, N., Fraile J., Garrido, T., Munné, A., Soler, A., Otero, N. 2021. Combining multi-isotopic and molecular source tracking methods to identify nitrate pollution sources in surface and groundwater. Water Research, 188: 116537
- Cerar, S., Mali, N. 2016. Assessment of presence, origin and seasonal variations of persistent organic pollutants in groundwater by means of passive sampling and multivariate statistical analysis J. Geochem. Explor: 170: 78-93
- Dobnikar Tehovnik, M., Gacin, M., Mihorko, P. 2020. Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji za leto 2019. Ministrstvo RS za okolje in prostor, Agencija RS za okolje: 53 str.
- Gorički, Š., Stanković, D., Snoj, A., Kuntner, M., Jeffery, W.R., Trotelj, P., Pavičević, M., Grizelj, Z., Năpăruș-Aljančič, M., Aljančič, G. 2017. Environmental DNA in subterranean biology: range extension and taxonomic implications for *Proteus*. Scientific Reports, 7: 45054
- Hudoklin, A., 2011. Are we guaranteeing the favourable status of the *Proteus anguinus* in the Natura 2000 network in Slovenia?. V: Pressures and protection of the underground karst : cases from Slovenia and Croatia. Prelovšek M., Zupan Hajna N. Postojna, Bia: 169-181
- Mali, N., Cerar, S., Koroša, A., Auersperger, P. 2017. Passive sampling as a tool for identifying micro-organic compounds in groundwater. Science of The Total Environment, 1: 593-594
- Miklavčič, J. 1965. Premena belokranjskih stelnikov v gozdove. Acta Silvae et Ligni, 4:1-87
- MOP. Osnutek načrta upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2022-2027. Gradivo za javno obravnavo. Ministrstvo RS za okolje in prostor: 276 str.
- Nyoni, H., Chimuka, L., Vrana B., Cukrowska E. 2011. Membrane assisted passive sampler for triazine compounds in water bodies—characterization of environmental conditions and field performance. Analytica Chimica Acta, 694: 75-82.
- Oenema, O., Commelin, M., Groenendijk, P., Williams, J., Klages, S., Wright, I., Graversgaard, M., Calciu, I., Ferreira, A., Dalgaard, T., Surdyk, N., Pintar, M., Christophoridis, C., Schniper, P., Doody, D. 2018. Review of measures to decrease nitrate pollution of drinking water sources. Fairway deliverable D4.1. Wageningen Research: 127 str.
- Ribeiro D., Zorn, M. 2021. Sustainability and Slovenian Karst Landscapes: Evaluation of a Low Karst Plain. Sustainability, 13:1655
- Strgulec, M., 2021. Pregled in interpretacija izvajanja gnojenja poljščin in travinja ter rezultatov vzorčenja kmetijskih tal Bele krajine v letu 2021. Kmetijsko gozdarski zavod Novo mesto: 34 str.
- Uredba o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah. Ur.l. RS št. 62/19
- Wille, K., Claessens, M., Rappe, K., Monteyne, E., Janssen, C.R., De Brabander, H.F., Vanhaecke, L. 2011. Rapid quantification of pharmaceuticals and pesticides in passive samplers using ultra high performance liquid chromatography coupled to high resolution mass spectrometry. Journal of Chromatography A, 1218: 9162-9173

Vpliv spremembe cen kmetijskih inputov na ekonomsko učinkovitost pridelave poljščin

Ana HITI DVORŠAK¹⁵³ in Barbara ZAGORC¹⁵⁴

Izveleček

Dvig cen kmetijskih inputov, predvsem energentov (gorivo, zemeljski plin, električna energija) pomembno vpliva na ekonomsko učinkovitost kmetijske pridelave. V prispevku smo analizirali gibanje cen gnojil in energentov ter ugotavljali njihov vpliv na ekonomiko pridelave poljščin. Raziskavo smo izvedli s pomočjo Modelnih kalkulacij KIS (MK KIS). Z ekonomsko analizo smo analizirali, kako dvig cen kmetijskih inputov vpliva na stroške pridelave pšenice in koruze za zrnje, pri tem smo podrobneje preučili gibanje stroškov gnojil, goriva in sušenja zrnja. Nadalje smo primerjali, kako se ob višjih stroških pridelave spreminja delež stroškov gnojil v skupnih stroških. Primerjali smo tudi stroške gnojil in sušenja v MK KIS s podatki modelnih izračunov LfL. Z ekonomsko analizo smo ugotovili, da so se stroški pridelave pšenice in koruze za zrnje v letu 2022 zelo povežali (med 30 % in 55 %), pri tem so se najbolj izrazito povežali stroški gnojil (med 95 % in 180 %) in goriva (za 20 %) in tudi strošek sušenja (med 35 % in 60 %). Zaradi izrazitega dviga cen gnojil (tudi do 3–krat višje cene) se je v letu 2022 povežal delež gnojil v skupnih stroških tako pri pšenici kot pri koruzi za zrnje. Stroški gnojil in sušenja so se povežali tako po ocenah MK KIS kot tudi po podatkih LfL.

Ključne besede: pšenica, koruza za zrnje, strošek gnojil, strošek goriva, ekonomičnost pridelave, modelne kalkulacije KIS

Impact of changes in agricultural input prices on the economic efficiency of crop production

Abstract

The increase in prices of agricultural inputs, especially energy (fuel, natural gas, electricity), has a significant impact on the economic efficiency of agricultural production. This paper analyses the changes in fertiliser and energy prices and their impact on the economics of crop production. The study was conducted using the AIS Model Calculations (MK KIS). The economic analysis was used to examine how increases in agricultural input prices affect the cost of wheat and grain maize production, looking more closely at changes in fertiliser, fuel, and drying costs. We also compared how the share of fertiliser costs in total costs changes with higher production costs. We also compared fertiliser and drying costs at MK KIS with LfL model calculations. The economic analysis showed that production costs for wheat and grain maize increase significantly in 2022 (between 30% and 55%), with the largest increases in fertilizer (between 95% and 180%), fuel (by 20%), and drying costs (between 35% and 60%). The large increase in fertiliser prices (up to three times the price) led to an increase in the share of fertiliser in total costs in 2022 for both wheat and grain maize. Fertiliser and drying costs increased according to both MK KIS and LfL estimates.

Key words: wheat, grain maize, fertiliser cost, fuel cost, economy of production, model calculation AIS

1 UVOD

Sodobno kmetijstvo je energetska zelo intenzivna panoga, saj porablja velike količine energije tako neposredno kot posredno z uporabo goriva, zemeljskega plina, električne energije, gnojil in fitofarmacevtskih sredstev. Zaradi velike odvisnosti od fosilnih goriv je kmetijstvo močno podvrženo povišanju cen energije, ki smo jim bili priča v letu 2022. Svetovne cene energentov

¹⁵³ Mag. ekon. nar. vir., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: ana.hiti@kis.si

¹⁵⁴ Univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: barbara.zagorc@kis.si

in drugih proizvodnih inputov so začele povečevati v zadnjih mesecih leta 2021, predvsem zaradi posledic pandemije covida-19, dodatne cenovne pritiske pa je povzročil izbruh rusko-ukrajinske vojne (FAO, 2022a). Rusija, ki je četrta največja proizvajalka mineralnih gnojil na svetu, je vodilna svetovna izvoznica mineralnih dušikovih gnojil ter ena največjih ponudnikov energentov na svetovnih energetskih trgih, ima močan vpliv na celotno globalno ekonomijo (Bele in Travnika, 2022). Industrijska proizvodnja dušika, ki je najpomembnejše rastlinsko hranilo, je energetsko zelo potratna, kot glavni vir goriva pa se uporablja zemeljski plin. Cene gnojil, predvsem mineralnih so zato tesno povezane s ceno fosilnih goriv (FAO, 2022a; FAO, 2022b).

Pri pridelavi poljščin med pomembnejše stroške spadajo stroški gnojil in goriva. Po podatkih MK KIS (Modelne kalkulacije, 2022) v povprečju obdobja 2017–2021 stroški gnojil pri pridelavi ozimne pšenice (pri pridelku 6 t/ha) predstavljajo 20 % vseh skupnih stroškov, pri koruzi za zrnje (pri pridelku 10 t/ha) pa je ta delež 17-odstoten. V skupnih stroških ima strošek goriva (domače strojne storitve) pri pšenici 6-odstotni delež, pri koruzi za zrnje pa 5 %. Tako pri pridelavi pšenice kot koruze za zrnje so z vidika porabe goriva in energije pomembni tudi stroški sušenja, kombajniranja in setve, ki so po modelu MK KIS vključeni v stroške najetih strojnih storitev (pri pšenici so med te storitve šteti še stroški analize kakovosti in baliranja slame). Stroški sušenja pri pšenici zavzemajo 5 % v skupnih stroških, pri pridelavi koruze za zrnje pa je ta delež višji, saj stroški sušenja predstavljajo približno tretjino vseh stroškov pridelave (povprečje 2017–2021: 28 % skupnih stroškov pridelave).

Po dostopnih podatkih modelnih kalkulacij Bavarskega državnega raziskovalnega centra za kmetijstvo (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, v nadaljevanju LfL) v enakem obdobju stroški gnojil pri pridelavi ozimne pšenice s pridelkom 6 t/ha predstavljajo 12 %, pri pridelavi koruze za zrnje s pridelkom 10 t/ha pa 10 % v skupnih stroških. Pri slednji je pomemben tudi strošek sušenja, saj ta predstavlja 17 % v skupnih stroških (LfL, 2022).

Namen tega prispevka je preučiti vpliv spremembe cen pomembnejših kmetijskih inputov (energenti, gnojila) na stroške pridelave pšenice in koruze za zrnje v Sloveniji (ocenjene s pomočjo MK KIS) ter rezultate izbranih stroškov (gnojila, sušenje) primerjati z modelnimi izračuni LfL, ki odražajo stanje in gibanje teh stroškov na Bavarskem (Nemčija).

2 MATERIAL IN METODE DELA

Stroške pridelave ozimne pšenice in koruze za zrnje smo ocenili s pomočjo modelnih kalkulacij KIS, z vgrajenimi splošnimi izhodišči in predpostavkami (Zagorc in sod., 2022). Skupne stroške pridelave smo ocenili pri pšenici s pričakovanim pridelkom 6 t/ha in koruzi za zrnje s pričakovanim pridelkom 10 t/ha. V skupnih stroških pridelave so upoštevani stroški blaga in storitev (seme, gnojila, sredstva za varstvo, najete storitve, zavarovanje, domače strojne storitve) in stroški domačega dela in kapitala. V stroške najetih storitev spadajo stroški sušenja, setve in kombajniranja ter pri pšenici še stroški analize kakovosti in baliranja slame. Pri koruzi za zrnje je predvideno, da se zrnje posuši iz začetne vlage ob spravi, ki je 30-odstotna, na 12-odstotno končno vlago. Pri pšenici je predvidena žetev pri 14,1-odstotni vlagi zrnja in je sušenje predvideno le za en odstotek vlage.

Pri izračunu stroškov pridelave smo upoštevali cene inputov za obdobje 2017–2022 (brez DDV), ki so povzete iz baz podatkov Oddelka za ekonomiko kmetijstva na KIS. Cene so pridobljene iz različnih uradnih in neuradnih virov v Sloveniji. Za leto 2022 so podane prve ocene stroškov pridelave, ki so bile dostopne do 30. oktobra 2022.

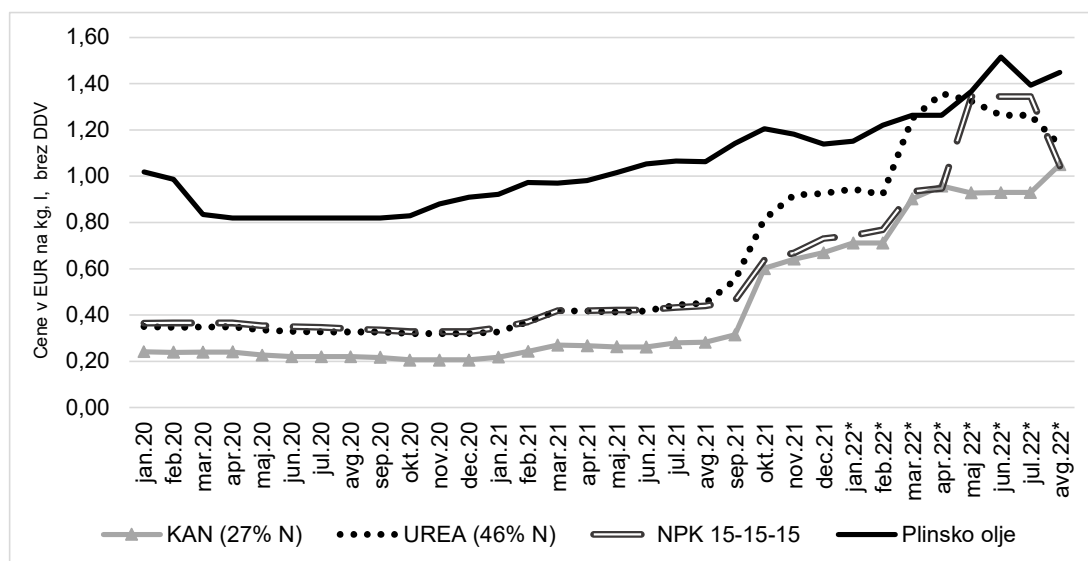
Pri izračunu stroškov so za preučevano obdobje upoštevane cene gnojil KAN 27 %, urea 46 % in NPK 15:15:15 ter cene plinskega olja, ki so prikazane v preglednici 1.

Preglednica 1: Povprečne letne cene rastlinskih hranil in plinskega olja

	enota	2017	2018	2019	2020	2021	2022*
KAN (27% N)	€/kg	0,22	0,24	0,25	0,22	0,36	0,89
Urea (46% N)	€/kg	0,31	0,33	0,37	0,33	0,54	1,19
NPK 15-15-15	€/kg	0,35	0,36	0,38	0,35	0,48	0,91
Plinsko olje	€/l	0,966	1,049	1,025	0,864	1,059	1,326

*prve ocene za leto 2022

Vir: Modelne kalkulacije KIS

**Slika1:** Gibanje cen gnojil in plinskega olja po mesecih v letih 2020–2022 (*začasni podatki za leto 2022; vir: Modelne kalkulacije KIS)

Poraba gnojil za glavna hranila je odvisna od bruto pričakovanega pridelka (preglednica 2). 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.

Preglednica 2: Gnojilni odmerki pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje

	Pšenica (6 t/ha)		Koruza za zrnje (10 t/ha)	
	MK KIS	LfL	MK KIS	LfL
Gnojilni odmerki (kg/ha)				
N	155	146	200	138
P ₂ O ₅	71	60	108	80
K ₂ O	123	87	77	50

Vir: Modelne kalkulacije KIS, LfL

Stroške gnojil in sušenja pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje smo za leti 2021 in 2022 primerjali z modelnimi izračuni LfL. Poraba gnojil za glavna rastlinska hranila, upoštevana v

modelu LfL je prikazana v preglednici 2, cene čistih rastlinskih hranil, uporabljene v modelnih izračunih pa v preglednici 3.

Preglednica 3: Cene rastlinskih hranil

Rastlinsko hranilo	enota	2021	2022*
N	€/kg	0,89	2,57
P ₂ O ₅	€/kg	0,73	1,03
K ₂ O	€/kg	0,65	1,24

*prve ocene za leto 2022

Vir: LfL

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Cene gnojil in plinskega olja so se v letu 2021 in 2022 močno povišale (slika 1). Izrazit porast cen gnojil se je začel v zadnjih mesecih leta 2021. V prvih dveh mesecih leta 2022 se je gibanje cen nekoliko umirilo, meseca marca pa so cene gnojil ponovno porasle in na visoki ravni ostale tudi v naslednjih mesecih. V primerjavi s sezono 2021 so se cene gnojil zvišale med 100 in 150 odstotki, v prvih osmih mesecih leta 2022 (januar 2022 do avgust 2022) pa so bile cene gnojil glede na prvih osem mesecev leta 2021 tudi do 3–krat višje. Izrazito se je povišala tudi cena plinskega olja. V prvih devetih mesecih leta 2022 se je cena plinskega olja glede na povprečje cen mesecev leta 2021 povišala za 25 %. Cena plinskega olja je vrh dosegla junija 2022, nato pa se je rast v naslednjih mesecih zaradi vladnega reguliranja cen umirila.

Po oceni MK KIS so se stroški pridelave pšenice in koruze za zrnje v letu 2022 precej povišali. Če je bila v preteklih letih povprečna letna rast stroškov pridelave okoli dva odstotka, v letu 2022 beležimo tudi do 50–odstotno povišanje stroškov pridelave. V preglednici 4 so prikazani stroški pridelave pšenice in koruze za zrnje. Po prvih ocenah so stroški pridelave pšenice, s pričakovanim pridelkom 6 t/ha znašali približno 2190 EUR/ha, kar je za tretjino več kot v predhodnem letu (2021: 1660 EUR/ha). Na dvig stroškov pridelave so najbolj vplivali višji stroški gnojil (+97 %), ki imajo v strukturi skupnih stroškov v letu 2022 približno 30–odstotni delež ter stroški najetih storitev (+27 %), od tega kombajniranje za približno 45 % in stroški goriva (+20 %).

Pri pridelavi koruze za zrnje, s pričakovanim pridelkom 10 t/ha so stroški pridelave v letu 2022 znašali skoraj 2840 EUR/ha, kar je 54 % več kot v letu prej (leta 2021: 1845 EUR/ha). Največji delež v stroških pridelave koruze za zrnje imata sušenje in gnojila, ki sta v letu 2022 predstavljala kar 58 % vseh stroškov pridelave (gnojenje: 30 % in sušenje: 28 % v skupnih stroških) ter sta se v letu 2022 tudi najbolj izrazito povišala. Strošek sušenja je bil v letu 2022 v primerjavi z letom 2021 višji za 59 %, stroški gnojil pa kar za 181 %.

Spremembe cen kmetijskih inputov vplivajo tudi na spremembo strukture stroškov pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje. Zaradi izrazitega dviga cen gnojil se je delež stroškov gnojil v skupnih stroških pridelave povišal tako pri pšenici kot pri koruzi za zrnje. V povprečju let 2017–2021 so stroški gnojil v skupnih stroških pridelave pšenice predstavljali 20 % ter 17 % pri koruzi za zrnje. V letu 2022 se je ta delež pri pšenici in koruzi za zrnje zvišal na približno 30 %.

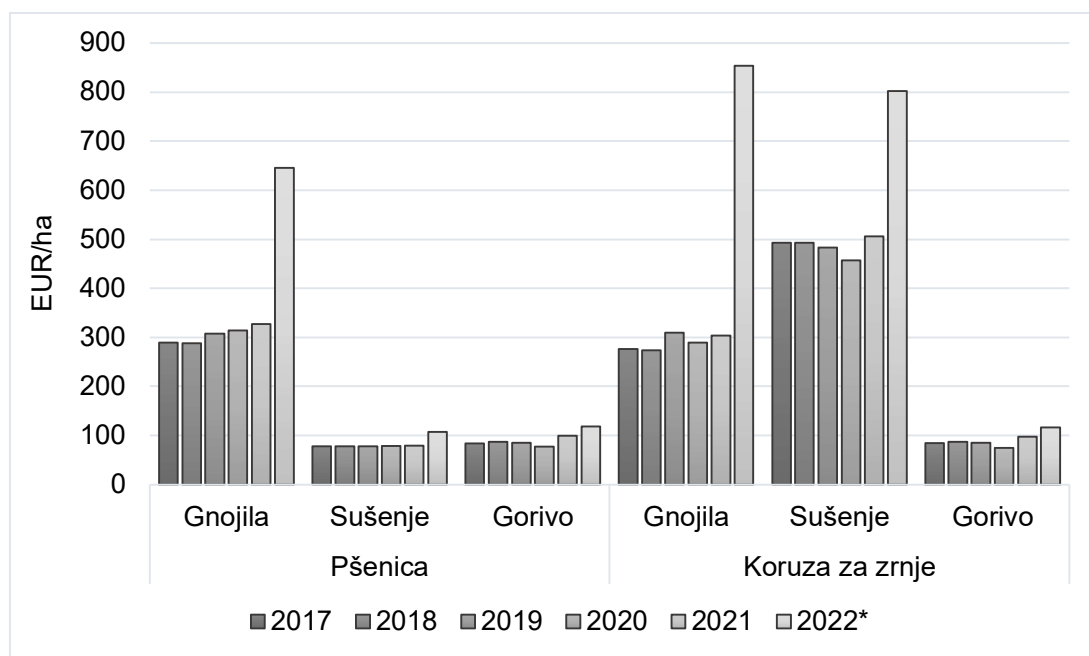
Na sliki 2 je prikazano gibanje pomembnejših stroškov pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje za obdobje 2017–2022. Ugotavljamo, da so se pri obeh v letu 2022 najbolj izrazito povišali stroški gnojil, pri koruzi za zrnje tudi strošek sušenja. Strošek goriva se ni povišal tako izrazito, v letu 2020 se je celo nekoliko znižal, kar je posledica regulacije cen pogonskih goriv v letu 2020. V primerjavi s petletnim povprečjem 2017–2021 so bili v letu 2022 pri pridelavi pšenice stroški gnojil višji za 111 %, goriva za 37 % in sušenja za 38 %, pri koruzi za zrnje pa so se stroški gnojil povišali za 194 %, goriva 36 % in sušenja za 65 %.

Preglednica 4: Stroški pridelave pšenice in koruze za zrnje v obdobju 2020–2022, v EUR/ha

	Pšenica (6 t/ha)			Koruza za zrnje (10 t/ha)		
	2020	2021	2022*	2020	2021	2022*
Stroški blaga in storitev, od tega:	1.269,9	1.344,1	1.858,8	1.487,2	1.600,4	2.574,5
seme	103,8	106,4	122,6	173,3	177,5	187,0
gnojila	313,9	327,2	645,2	289,2	304,0	854,1
sredstva za varstvo	127,8	144,0	157,4	66,2	68,2	70,9
najete strojne storitve, od tega:	401,1	410,2	520,5	633,7	688,9	1.050,4
sušenje	78,0	79,2	107,5	457,1	505,9	802,79
zavarovanje	22,4	20,2	20,2	22,0	19,8	19,8
domače strojne storitve, od tega:	278,1	310,9	355,1	284,4	316,7	361,4
gorivo	76,6	99,0	118,5	75,2	97,1	116,3
Stroški domačega dela in kapitala	304,3	316,1	329,4	234,9	245,1	261,3
od tega: domače delo neto	128,4	134,9	137,9	96,3	101,2	103,4
Stroški skupaj	1.574,2	1.660,2	2.188,3	1.722,1	1.845,5	2.835,8
Subvencije	402,7	389,1	386,0	281,8	276,6	273,6
Stroški zmanjšani za subvencije	897,6	985,4	1.486,2	1.440,2	1.568,8	2.562,2
Stroški, zmanjšani za subvencije/kg	0,150	0,164	0,248	0,144	0,157	0,256

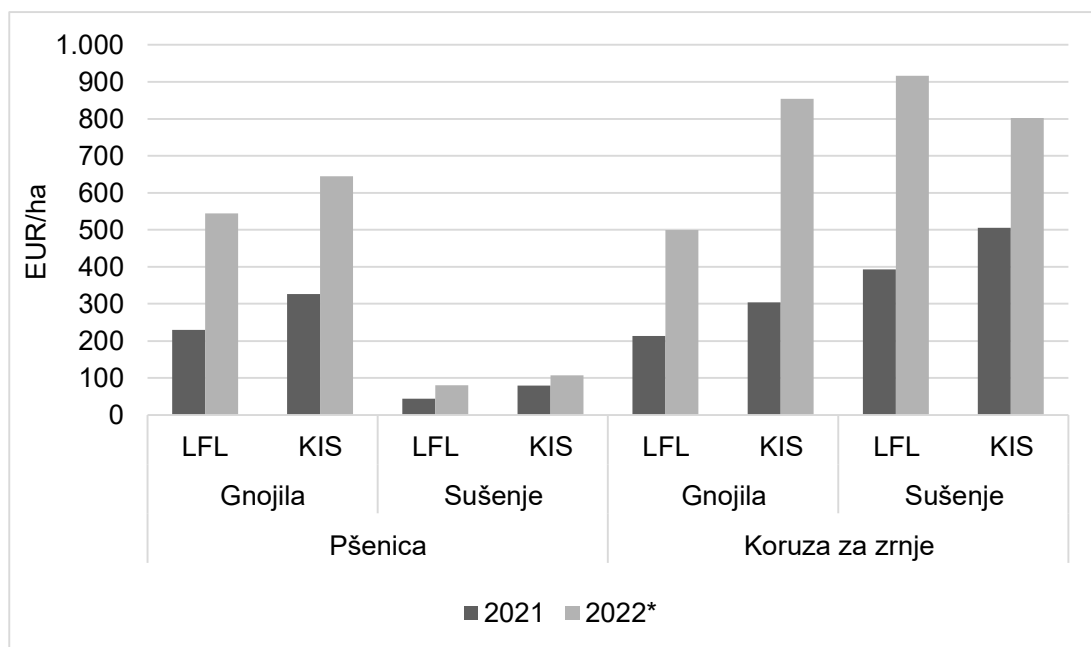
* prve ocene za leto 2022

Vir: Modelne kalkulacije KIS

**Slika2:** Gibanje stroškov gnojil, sušenja in goriva pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje v obdobju 2017–2022, v EUR na hektar (*začasni podatki za leto 2022)

Stroške gnojil in sušenja pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje po ocenah MK KIS (Slovenija) smo primerjali s podatki modelnih izračunov LfL (Bavarska, Nemčija) (slika 3). Pri obeh smo ugotovili, da so se v letu 2022 stroški gnojil in sušenja močno povežali. Glede na leto 2021 so bili po izračunih LfL pri pšenici stroški gnojil višji za 137 % in stroški sušenja za 81 %, pri

koruzi za zrnje so se gnojila podražila za 134 % in sušenje za 133 %. Po izračunih MK KIS pa so pri pšenici stroški gnojil narasli za 97 % in stroški sušenja za 36 %, pri koruzi za zrnje pa stroški sušenja za 59 %. Nekoliko bolj kot na Bavarskem pa so v Sloveniji, kot kažejo modelne ocene, porasli stroški gnojil pri koruzi za zrnje (+181 %).



Slika 3: Primerjava stroškov gnojil in sušenja pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje v letu 2021 in 2022, v EUR na hektar (*prve ocene za leto 2022)

Ugotavljamo, da so stroški gnojil in sušenja pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje po izračunih MK KIS višji v primerjavi z izračuni LfL. Ocenjujemo, da so zelo verjetno ugotovljene razlike v stroških gnojil posledica različnih gnojilnih odmerkov in razlik v ceni hranil med obema državama.

4 SKLEPI

Cene gnojil in plinskega olja, ki pomembno vplivajo na stroške pridelave pšenice in koruze za zrnje, so se v letu 2021 in 2022 močno povišale. V prvih osmih mesecih leta 2022 (januar 2022 do avgust 2022) so bile cene gnojil glede na prvih osem mesecev leta 2021 tudi do 3–krat višje, cena plinskega olja pa se je povišala za 25 %. Stroški pridelave pšenice in koruze za zrnje so se v letu 2022 po oceni MK KIS močno povišali. Po prvih ocenah stroški pridelave pšenice s pričakovanim pridelkom 6 t/ha znašajo 2.190 EUR/ha, kar je 32 % več kot v letu prej (leta 2021: 1.660 EUR/ha), stroški pridelave koruze za zrnje, s pričakovanim pridelkom 10 t/ha pa znašajo približno 2.840 EUR/ha, kar je 54 % več kot v letu prej (leta 2021: 1.845 EUR/ha). V letu 2022 je bil delež stroškov gnojil v skupnih stroških pri pšenici in koruzi za zrnje približno 30–odstoten ter delež stroška sušenja pri pšenici 5–odstoten in pri koruzi za zrnje 28–odstoten. Delež stroška goriva (domače strojne storitve) predstavlja pri pšenici 5 % in pri koruzi za zrnje 4 % v skupnih stroških pridelave. Stroški gnojil, sušenja in goriva so se glede na leto 2021 v letu 2022 povišali tako pri pšenici (gnojila: +97 %, sušenje: +36 %, gorivo: +20 %), kot pri koruzi za zrnje (gnojila: +181 %, sušenje: +59 %, gorivo: +20 %). Stroške gnojil in sušenja za

leti 2021 in 2022 pri pridelavi pšenice in koruze za zrnje po MK KIS (Slovenija) smo primerjali s podatki modelnih izračunov LfL (Bavarska, Nemčija). Stroški gnojil in sušenja so se povišali pri obeh, najbolj izrazito so se povišali stroški gnojil ter pri koruzi za zrnje tudi strošek sušenja. Ugotovili smo, da so stroški gnojil in sušenja v MK KIS večinoma višji kot v LfL, kar je pri gnojilih posledica upoštevanja različnih gnojilnih norm in različnih upoštevanih cen gnojil. Višje cene kmetijskih inputov, predvsem gnojil, lahko vodijo v racionalnejšo rabo gnojil oziroma v alternativne ukrepe, kot je večji vnos organske snovi v tla (gnojenje z živinskimi gnojili, zeleni podor ipd.). Zmanjšanje uporabe gnojil je tudi cilj nekaterih aktualnih strategij in strateškega načrta (Strateški načrt ..., 2022; Strategija EU za biotsko ..., 2020; Strategija „od vil do vilic“ ..., 2022), ki spodbujajo zmanjšanje onesnaževanja zaradi dušika in fosforja iz gnojil preko zmanjševanja izgub iz rastlinskih hranil. Seveda pa je manjša uporaba gnojil ekonomsko in okoljsko upravičena, v kolikor ne vpliva pomembneje na obseg in kakovost pridelane hrane ter s tem na prehransko varnost.

5 LITERATURA

- Bele S., Travnikar T. 2022. Slovenian agri-food trade with Ukraine and Russia. V: Societal Changes and Their Implications on Agri-Food Systems and Rural Areas. Joint Conference DAES and ÖGA, Ljubljana, 22–23 sep. 2022. Tomšič M., Novak A., Travnikar T., Juvančič L. (ur.). Ljubljana, Biotechnical Faculty: 13–14
<https://www.daes.si/storage/category/FuE9aHblO8pg8MSrObsxvwQLMI6TKaT3kwXkf47V.pdf> (19.10.2022)
- FAO. 2022a. The importance of Ukraine and the Russian Federation for global agricultural markets and the risks associated with the war in Ukraine. FAO, Food and agriculture organization of the United Nations: 47 str.
<https://www.fao.org/3/cb9013en/cb9013en.pdf> (10.10.2022)
- FAO. 2022b. Food outlook. Biannual report on global food markets. FAO, Food and agriculture organization of the United Nations: 174 str.
<https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb9427en/> (14.10.2022)
- LfL. 2022. Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. <https://www.stmelf.bayern.de/idb/default.html> (13.10.2022)
- Modelne kalkulacije KIS. 2022. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije.
https://www.kis.si/Modelne_kalkulacije_OEK/ (12.10.2022)
- Strategija „od vil do vilic“ za pravičen, zdrav in okolju prijazen prehranski sistem. 2020. Bruselj, Evropska komisija: 20 str.
- Strategija EU za biotsko raznovrstnost do leta 2030. 2020. Bruselj, Evropska komisija: 25 str.
- Strateški načrt skupne kmetijske politike 2023–2027. 2022. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 1334 str.
- Zagorc B., Moljk B., Brečko J. 2022. 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_februar_2022.pdf (14.10.2022)

Samooskrba in blagovna menjava z izbranimi rastlinskimi proizvodi v Sloveniji

Sara BELE¹⁵⁵ in Ana HITI DVORŠAK¹⁵⁶

Izvleček

Slovenija ni v celoti odvisna od domače pridelave za pokritje svojih potreb po hrani, ampak se v veliki meri zanaša tudi na uvoz iz drugih držav. V času trenutne prehranske krize in negotovosti na globalnih trgih pridobiva samooskrba s hrano ponovno večji pomen kot pomemben element nacionalne varnosti. Namen tega prispevka je bil analizirati stopnje samooskrbe v Sloveniji v obdobju 2000–2021 z izbranimi rastlinskimi proizvodi, in sicer z žitom (pšenica in koruza za zrnje) in krompirjem ter izvozno-uvozne tokove teh proizvodov. Na podlagi analize je bilo ugotovljeno, da Slovenija ne dosega samooskrbe z izbranimi proizvodi, samooskrbi s pšenico in krompirjem pa se dolgoročno tudi zmanjšujeta. Izjema je koruza za zrnje, za katero je značilna rast stopnje samooskrbe, ki v zadnjih letih presega 100 %. V okviru količinske blagovne menjave je Slovenija neto uvoznica žita in krompirja. Izvoz je v nekaterih letih presegal uvoz le pri koruzi, kar je tudi odraz višjih stopenj samooskrbe. Pretežni delež v uvozu in izvozu pšenice in koruze predstavlja zrnje, ki je v glavnini uvoženo iz sosednjih držav. Pri krompirju prevladuje uvoz predelane proizvoda iz držav članic in Egipta, v izvozu pa je razmerje med svežim in predelanim krompirjem približno enako.

Gljučne besede: pšenica, koruza, krompir, samooskrba, izvoz, uvoz, agro-živilski proizvodi

Self-sufficiency and foreign trade with selected crop products in Slovenia

Abstract

Slovenia is not entirely dependent on domestic production to meet its food needs, but also relies on imports from other countries. In times of the current food crisis and uncertainty in global markets, food self-sufficiency is becoming increasingly important as an element of national security. This paper analysed Slovenia's self-sufficiency levels in selected crop products, namely cereals (wheat and grain maize) and potatoes, in the period 2000–2021, as well as export-import flows of these products. The analysis showed that Slovenia does not achieve self-sufficiency in the selected products and self-sufficiency in wheat and potatoes is also decreasing in the long term. An exception is grain maize, for which the self-sufficiency level is increasing and has been above 100% in recent years. In terms of trade volume, Slovenia is a net importer of cereals and potatoes. In some years, exports exceeded imports only for maize, which is also due to a higher degree of self-sufficiency. The predominant share in the import and export of wheat and maize represents grain, which is mainly imported from neighbouring countries. For potatoes, imports of processed products from member states and Egypt predominate, while the ratio of fresh to processed potatoes is about the same for exports.

Key words: wheat, maize, potatoes, self-sufficiency, import, export, agri-food products

1 UVOD

Samooskrba je na splošno definirana kot zmogljivost neke države, da z domačo pridelavo zadovoljuje svoje potrebe po hrani (Clapp, 2015). Nanjo vpliva več dejavnikov, med drugim ekonomski, politični, družbeni in okoljski (Kotyza in Slaboch, 2014). Stopnja samooskrbe je odvisna predvsem od obsega kmetijske pridelave, usmeritve kmetijske politike, preko katere lahko država podpira domačo pridelavo (s finančno podporo sektorjem z nizko stopnjo samooskrbe), učinkovitosti varovanja kmetijskih zemljišč, ki so osnova za zagotavljanje samooskrbe ter navsezadnje tudi od vremenskih razmer, ki vplivajo na skupne količine pridelka (Revizijsko poročilo ..., 2021; Sadauskis in sod., 2019). Doseganje primerne stopnje

¹⁵⁵ Mag. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: sara.bele@kis.si

¹⁵⁶ Mag. ekon. nar. vir, Kmetijski inštitut Slovenije, e-pošta: ana.hiti@kis.si

samooskrbe je podlaga za prehransko varnost države, saj zagotavlja dostopnost hrane prebivalcem, poleg tega pa omogoča uporabo lastnih proizvodnih virov, ohranjanje delovnih mest in obdelanost na podeželju ter je pomembna tudi z vidika zdravja in okolja. Poleg lastne pridelave lahko države prehransko varnost zagotavljajo tudi z uvozom hrane, ki pa v razmerah motenj v mednarodnem trgovanju lahko predstavlja tveganje (Revizijsko poročilo ..., 2021). V luči trenutnih nestabilnosti na globalnih trgih (pandemija Covid-19, rusko-ukrajinska vojna) in s tem povezane prehranske krize, države ponovno več pozornosti posvečajo samooskrbi s hrano in čim manjši odvisnosti od tujih trgov.

Zagotavljanje prehranske varnosti in čim višje stopnje samooskrbe je tudi eden od ciljev slovenske kmetijske politike, naveden v Zakonu o kmetijstvu in ostalih strateških dokumentih (Bele in Hiti Dvoršak, 2022). Slovenija z lastno pridelavo večinoma ne zadovoljuje svojih potreb po kmetijskih proizvodih, zato se v veliki meri zanaša tudi na uvoz iz drugih držav. Že tradicionalno spada med neto uvoznice agro-živilskih proizvodov, blagovna menjava pa je v večini usmerjena v države članice Evropske unije (Poročila o stanju ..., 2022). Dolgoročni trend prikazuje, da je v Sloveniji samooskrba praviloma višja in stabilnejša v sektorjih reje živali (mleko, goveje in perutninsko meso, jajca), z izjemo medu in prašičjega mesa, pri katerih se znižuje. Z rastlinskimi proizvodi je stopnja samooskrbe nižja (sadje, krompir, zelenjava) in pod močnim vplivom medletnih nihanj. V zadnjih letih se zvišuje le samooskrba z žitom, predvsem na račun večje samooskrbe s koruzo za zrnje (Bele in Hiti Dvoršak, 2022).

Namen prispevka je analizirati stopnje samooskrbe za nekatere sektorje rastlinske proizvodnje v Sloveniji (žita, krompir), ki predstavljajo pomemben delež v domači pridelavi in porabi. Za ta dva sektorja so bili analizirani tudi izvozno-uvozni tokovi, in sicer glede na stopnjo predelave ter regionalno usmerjenost.

2 MATERIAL IN METODE DELA

V prispevku so bili analizirani naslednji rastlinski proizvodi: žita skupaj, pšenica, koruza za zrnje in krompir, pri čemer agregatna skupina žita vključuje pšenico, koruzo, rž, ječmen, oves, tritikalo in ostala žita. Celotno analizirano obdobje je obsegalo leta od 2000 do 2021, podrobneje pa je bilo analizirano zadnje desetletje (2012–2021). Za namen analize stanja samooskrbe so bili uporabljeni podatki bilanc pridelave in potrošnje kmetijskih proizvodov. Bilance pripravlja Kmetijski inštitut Slovenije, objavljene pa so v podatkovni bazi Statističnega urada Republike Slovenije (SURS) in v Poročilih o stanju kmetijstva, živilstva, gozdarstva in ribištva (Poročila o stanju ..., 2022). Pripravljene so s sintezo velikih količin statističnih podatkov ter nekaterih drugih uradnih podatkovnih zbirk SURS (SURS, 2022), internih podatkovnih zbirk in strokovnih ocen. Bilance vključujejo osnovne proizvode (npr. zrnje) in tudi predelane proizvode (moka, testenine ipd.), pri čemer so predelani proizvodi preračunani v ekvivalent osnovne surovine. V pripravo bilanc so zajeti tisti proizvodi, ki ustrezajo priporočenemu Eurostatovemu naboru, osnovo za izbor pa predstavljata zunanjetrgovinska in industrijska klasifikacija. Stopnje samooskrbe so v okviru bilanc izračunane kot razmerje med celotno pridelavo v državi in skupno vsoto domače porabe (za človeško prehrano, krmo in v industriji) po naslednji enačbi:

$$\text{stopnja samooskrbe (\%)} = (\text{domača pridelava} / \text{domača potrošnja}) \times 100$$

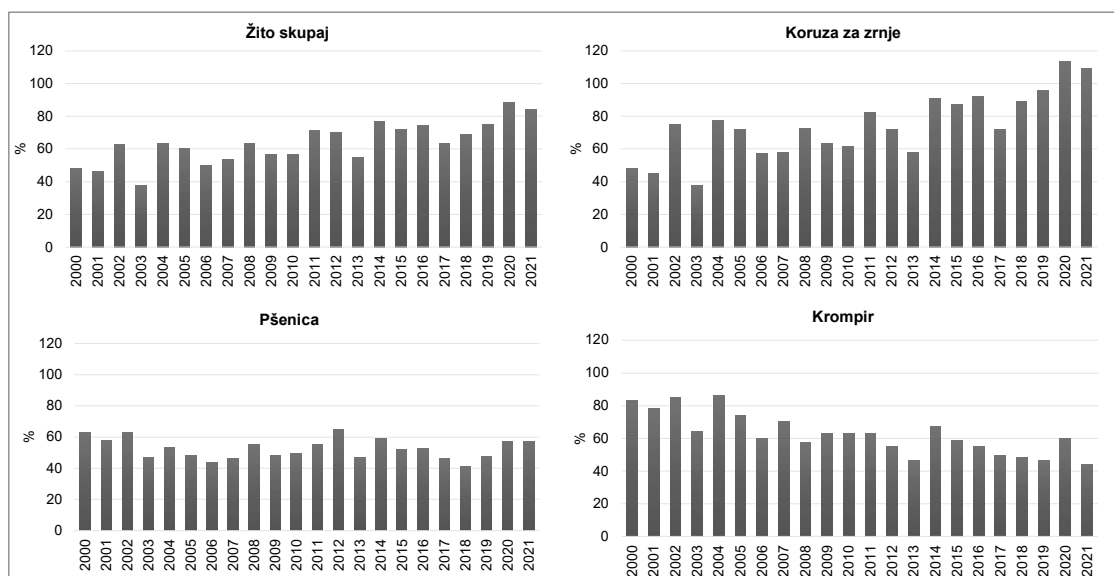
Dodatno so bili za izbrane kmetijske pridelke analizirani indeksi obsega površin in hektarskih pridelkov, ki so bili preračunani na bazno leto 2012. Podatki o površinah in hektarskih pridelkih so bili pridobljeni iz podatkovnih zbirk SURS.

Za namen analize blagovne menjave agro-živilskih proizvodov s tujino so bili uporabljeni zunanjetrgovinski podatki SURS. Analize temeljijo na klasifikaciji proizvodov po kombinirani nomenklaturi carinske tarife (KN), po kateri so agro-živilski proizvodi razporejeni v poglavja 1-24. Podrobneje so bili analizirani pšenica, koruza za zrnje in krompir, nabori šifer KN za vsak proizvod pa so povzeti po bilancah proizvodnje in potrošnje kmetijskih proizvodov.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Samooskrba

Rezultati za daljše časovno obdobje kažejo, da Slovenija v splošnem ne dosega samooskrbe z izbranimi rastlinskimi pridelki (slika 1). Pri žitu je bilo v celotnem analiziranem obdobju (2000–2021) z domačo proizvodnjo v povprečju pokritih 64 % vseh domačih potreb, v povprečju zadnjega desetletja (2012–2021) pa nekaj manj kot tri četrtine. Stopnja samooskrbe je med leti nekoliko nihala, saj je zelo odvisna od vremenskih razmer, ki vplivajo na letino. Spremenljivost letin je še posebej opazna v letih 2003, 2013 in 2017, ki so jih zaznamovale suše. V teh letih se je hektarski pridelek žita zmanjšal, izraziteje pri koruzi za zrnje (Poročila o stanju ..., 2022; Poročila o stanju ..., 2022a). Na splošno pa je skozi celotno analizirano obdobje pri žitu izkazan rastoč trend stopnje samooskrbe, ki se je med letoma 2000 in 2021 povečala za 36 odstotnih točk (iz 48 % na 84 %). Razlog je v zmanjševanju porabe žita za krmo, ki predstavlja največji delež v domači porabi, medtem pa poraba za prehrano ostaja razmeroma enaka. Hkrati se pridelek žita na slovenskih njivah povečuje predvsem zaradi večjih hektarskih pridelkov, ki so najverjetneje posledica izboljšane tehnologije pridelave.

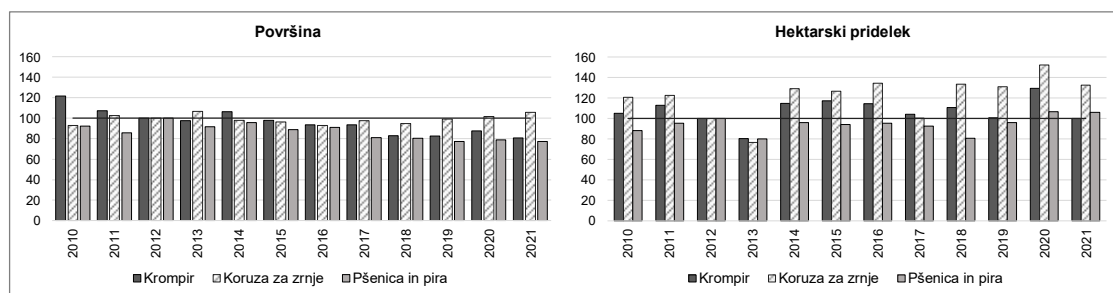


Vir: SURS, izračuni KIS

Slika1: Stopnje samooskrbe z nekaterimi rastlinskimi pridelki v Sloveniji (%)

Pšenica in koruza sta najbolj zastopani žiti v Sloveniji, s katerima je bilo v povprečju zadnjega desetletja posejanih največ površin z žitom (30 % pšenica, 39 % koruza), skupni pridelek obeh pa predstavlja okoli 80 % letnega pridelka žita. Večji obseg pridelave koruze kot pšenice je posledica usmerjenosti slovenskega kmetijstva v živinorejo in s tem potreb po krmi. Podatki za daljše časovno obdobje (slika 1) kažejo rahlo negativen trend samooskrbe s pšenico, ki v

nobenem letu ne preseže dveh tretjin domačih potreb, v zadnjem desetletju pa znaša v povprečju 52 %. Površine s pšenico se dolgoročno zmanjšujejo (23 % zmanjšanje v zadnjih desetih letih; slika 2) in v povprečju zadnjega desetletja znašajo 30.000 ha, pridelek pa se odvisno od letine giblje med 120.000 in 190.000 ton letno. Domača poraba pšenice niha med 270.000 in 310.000 ton na leto; v strukturi porabe največji delež predstavljata poraba za prehrano (70 %) in poraba za krmo (25 %).



Vir: SURS, izračuni KIS

Slika 2: Indeks površin in hektarskega pridelka pšenice, koruze in krompirja (2012=100)

Pri koruzi v nasprotju s pšenico beležimo pozitiven trend rasti stopnje samooskrbe (slika 1). Površine s koruzo so se od osamosvojitve do leta 2010 vztrajno zmanjševale, v zadnjem desetletju pa se gibljejo okoli 39.000 ha. Hektarski pridelki se po drugi strani opazno povečujejo, kar pozitivno vpliva na rast stopnje samooskrbe (slika 2). Ta se je med letoma 2000 in 2021 povečala za 61 odstotnih točk, in sicer iz 48 % na 109 %. V letih 2020 in 2021 je bil skupni pridelek koruze zaradi nadpovprečnih hektarskih pridelkov največji do sedaj, posledično je samooskrba s koruzo v obeh letih prvič preseгла 100 %. Domača poraba koruze se v analiziranem obdobju zmanjšuje, od tega tako poraba za krmo kot tudi poraba za prehrano ljudi. Poraba za prehrano v povprečju predstavlja le 7 % celotne domače porabe koruze, medtem ko se za krmo porabi okoli 86 % koruze.

Samooskrba s krompirjem se v Sloveniji skozi analizirano obdobje zmanjšuje in se je od leta 2000 do 2021 skoraj prepolovila (padec iz 83 % na 44 %). Površine s krompirjem so se namreč, od leta 2000 strmo zmanjševale, v zadnjih letih pa se je zmanjševanje površin upočasnilo (slika 2). V zadnjem desetletju se krompir prideluje na okoli 3.000 ha površin, kar je za polovico manj v primerjavi s povprečjem obdobja 2000–2010. Hektarski pridelki se skozi analizirano obdobje sicer povečujejo, vendar zaradi intenzivnejšega zmanjševanja površin pada tudi skupen obseg pridelave. Prav tako se dolgoročno zmanjšuje poraba krompirja, ki je v večini namenjena za prehrano (88 %), manjši delež pa se porabi za seme (4 %) in za krmo (3 %). Prebivalec Slovenije je v letu 2000 za prehrano v povprečju porabil 90 kg, v letu 2021 pa le še 63 kg krompirja.

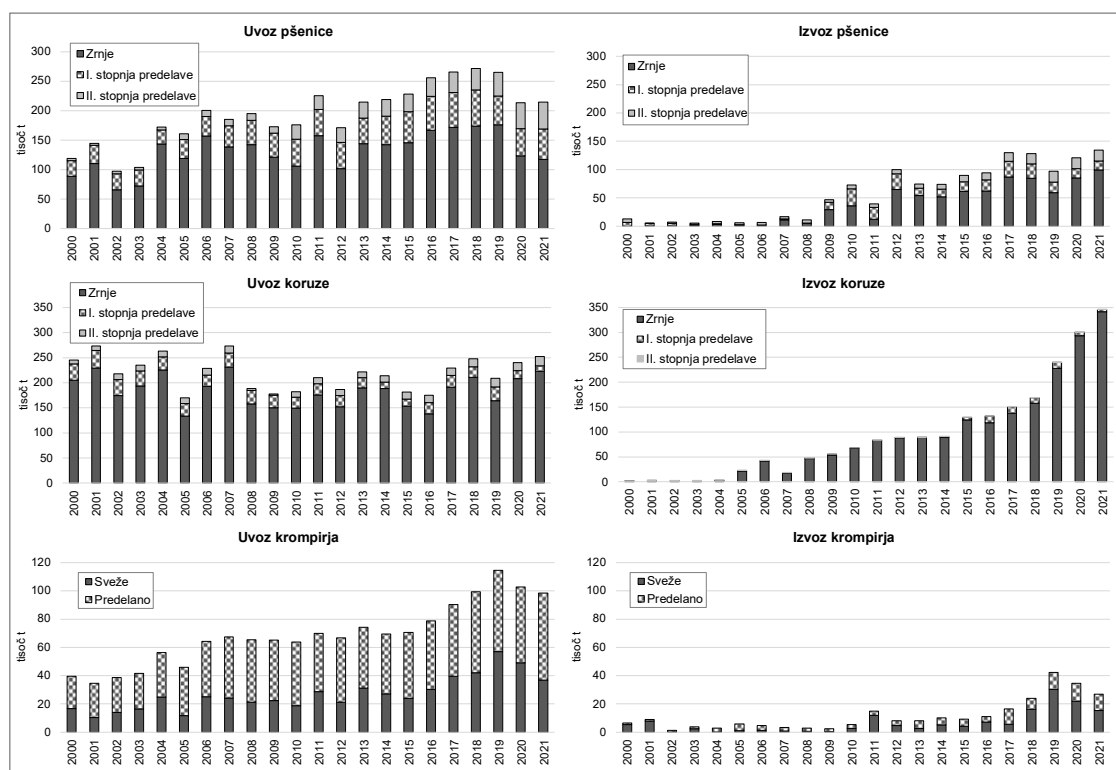
Rezultati stopenj samooskrbe so v skladu s pričakovanji, saj ima Slovenija ugodnejše naravne razmere za živinorejo, pri rastlinski pridelavi pa se srečuje z mnogimi omejitvami, zato je visoko stopnjo samooskrbe s temi pridelki težje doseči. Med glavne omejitve sodijo razpoložljiva površina obdelovalnih zemljišč, majhna velikost kmetijskih gospodarstev, pomanjkanje skladiščnih kapacitet, vremenske razmere, nerazpoložljivost lastnih semen ipd. (Revizijsko poročilo ..., 2021). Na splošno je doseganje popolne prehranske samooskrbe v današnjem času vprašljivo (tudi z vidika povpraševanja potrošnikov po raznolikih pridelkih), zato bo del oskrbe prebivalstva s hrano vedno odvisen od tujih trgov. Poudariti je treba tudi, da podatek o stopnji samooskrbe daje informacijo o samozadostnosti z osnovnimi kmetijskimi

surovinami, ki same po sebi še niso dovolj za prehransko varnost države. Zato je za primerno oskrbo prebivalcev s hrano pomembna celotna prehranska veriga, vključno z živilsko-predelovalno industrijo in distribucijo hrane do končnega potrošnika (Stankovič, 2022).

3.2 Zunanja trgovina

Slovenija je tipično neto uvoznica agro-živilskih proizvodov, kar pomeni da jih več uvozi kot izvozi, njena bilanca menjave s tujino pa je negativna (Pintar in Kožar, 2016; Poročila o stanju ..., 2022). Pri rastlinskih proizvodih so dosežene stopnje samooskrbe nižje kot pri živalskih, zato je uvoz nujen z vidika zagotavljanja zadostnih količin za pokrivanje potreb.

V celotnem analiziranem obdobju (2000–2021) je bila Slovenija količinsko neto uvoznica žita, negativna bilanca menjave pa se je izboljševala zaradi hitre rasti izvoza. Podatki za pšenico in koruzo kažejo, da je uvoz presegal izvoz v vseh letih, z izjemo let 2019–2021 pri koruzi.



Vir: SURS, izračuni KIS

Slika 4: Uvoz in izvoz pšenice, koruze in krompirja glede na stopnjo predelave (tisoč ton; ekvivalent osnovnega pridelka)

Uvoz pšenice v obliki zrnja in izdelkov (slika 3) se je v analiziranem obdobju povečeval (za 80 % med letoma 2000 in 2021), bolj intenzivno pa po priključitvi Slovenije k Evropski uniji (EU), ko je bil opazen precejšen porast v uvoženih količinah (za 66 % med letoma 2003 in 2004). Glavnino uvoza predstavlja zrnje, v povprečju skoraj 70 %, vendar se njegov delež zmanjšuje na račun uvoza testenin, pekovskih izdelkov in drugih izdelkov iz moke. Izvoz pšenice se od leta 2009 naprej prav tako povečuje. Pred tem je obsegal do nekaj 10.000 ton letno, v letu 2021 pa že skoraj 135.000 ton, kar je enako 87 % pridelane pšenice v istem letu. Izvoz agro-živilskih proizvodov se namreč v večji meri odvija tudi v sektorjih z nizko stopnjo

samooskrbe, pri tem pa ni nujno izvožena le pšenica slovenskega porekla, temveč gre lahko za t.i. »re-izvoz«. Največji delež v strukturi izvoza pšenice v zadnjem desetletju predstavlja zrnje (približno 70 %), medtem ko je v obdobju pred pristopom k EU prevladoval izvoz predelanih izdelkov, vendar je bil izvoz takrat količinsko zanemarljiv.

Skupni uvoz koruze se je v preučevanem obdobju rahlo zmanjševal, kar je odraz vedno večje samozadostnosti. Večino uvoza je predstavljalo zrnje (v povprečju 84 %), njegov delež v strukturi pa se ni bistveno spreminjal. Medtem se v strukturi uvoza predelanih proizvodov iz koruze zmanjšuje delež proizvodov I. stopnje (moka in zdrob) in povečuje delež proizvodov II. stopnje predelave (glukoza, živila iz koruze). K rasti izvoza žita najbolj prispeva rast izvoza koruze, ki se je začel intenzivno povečevati po pristopu Slovenije k EU. Največja rast je bila zabeležena med letoma 2018 in 2021, ko se je izvoz koruze povečal za več kot dvakrat. V zadnjih treh letih (2019–2021) je bila Slovenija neto izvoznica koruze, kar je odraz visokih stopenj samooskrbe, v letu 2021 pa so na povečan izvoz imele ključni vpliv tudi zelo visoke cene žita na svetovnem trgu (Poročila o stanju ..., 2022a). V strukturi izvoza od leta 2005 naprej skoraj v celoti prevladuje zrnje, pred tem pa so velik delež predstavljali tudi predelani izdelki iz koruze, vendar so bile izvožene količine zelo majhne.

Slovenija je glede prehranske varnosti z žitom v veliki meri odvisna od sosednjih držav. Več kot 80 % vsega uvoza žita izvira iz Madžarske, Avstrije in Hrvaške (Bele in Travninar, 2022). To velja tako za pšenico kot tudi za koruzo. Analiza strukture uvoza zrnja v analiziranem obdobju je pokazala, da je uvoz iz omenjenih držav znašal v povprečju 91 % celotnega uvoza pšenice (Madžarska 64 %, Avstrija 19 %, Hrvaška 8 %) in 85 % celotnega uvoza koruze (Madžarska 56 %, Hrvaška 15 %, Avstrija 13 %). Izvoz pšenice in koruze iz Slovenije pa v večini poteka z Italijo in Avstrijo.

Slovenija je neto uvoznica tudi pri krompirju, pri čemer uvoz količinsko za nekajkrat presega izvoz (slika 3). Uvoz se je v analiziranem obdobju povečeval, kar je odraz nizke stopnje samooskrbe, in sicer se je v letu 2021 glede na leto 2000 povečal za približno 150 %. Delež uvoženega krompirja v sveži obliki je nihal med četrtino in polovico celotnega uvoza, ostalo pa je predstavljal uvoz predelane krompirja. Analiza regionalne usmerjenosti trgovine s krompirjem kaže, da je Slovenija okoli tretjino svežega krompirja uvozila iz Nizozemske in Nemčije. Sledil jima je uvoz iz Egipta, ki v strukturi prevladuje od leta 2017 naprej, ter uvoz iz Italije in Francije. Pri predelanem krompirju je uvoz iz Nizozemske, Belgije, Poljske, Avstrije in Nemčije predstavljal v povprečju 84 % celotnega uvoza. Količinski izvoz krompirja je bil v analiziranem obdobju majhen, v povprečju je znašal 14 % letnega pridelka. Večji izvoz je bil zaznan le v zadnjih štirih letih (2018–2021), razlog pa je lahko v povečanem uvozu in vse manjši domači porabi (»re-izvoz«). Razmerje med izvozom svežega in predelane krompirja med leti zelo niha, v povprečju analiziranega obdobja pa znaša približno 50 %.

Rezultati analize zunanjetrgovinskih tokov izbranih pridelkov so v skladu z rezultati analize stopenj samooskrbe. Slovenija postaja vedno bolj odvisna od uvoza pšenice in krompirja iz tujine, saj se samooskrba s tema proizvodoma dolgoročno zmanjšuje. Medtem pa Slovenija v zadnjih letih viške koruze za zrnje izvažja, saj dosega več kot 100 % stopnjo samooskrbe. Iz rezultatov je razvidno tudi, da se je izvoz izbranih rastlinskih proizvodov začel intenzivneje povečevati po pristopu Slovenije k EU. Takrat se je blagovna menjava z agro-živilskimi proizvodi na splošno začela močno povečevati, še posebej izvoz, saj je bil izvoznikom olajšan vstop na skupni trg (Pintar in Kožar, 2016).

4 SKLEPI

Rezultati prispevka kažejo, da Slovenija na splošno ne dosega samooskrbe pri žitu in krompirju. Izjema je le kuruza za zrnje, pri kateri je bila stopnja samooskrbe v letih 2020 in 2021 več kot

100-odstotna. Skozi analizirano obdobje (2000–2021) stopnja samooskrbe z žitom skupaj izkazuje pozitiven trend rasti, saj se zmanjšuje domača poraba, skupni pridelek pa povečuje. Od posameznih vrst žita to velja predvsem za koruzo, pri kateri se samooskrba zaradi boljših hektarskih pridelkov in manjše porabe za krmo in prehrano povečuje ter je v letu 2021 dosegla 109 %. Nasprotno je zaradi zmanjševanja posejanih površin značilen rahlo negativen trend samooskrbe s pšenico, ki je v zadnjem desetletju (2012–2021) na približno 50-odstotni ravni. Poraba pšenice se med leti izrazito ne spreminja, pri tem se največ pšenice porabi za prehrano ljudi (70 %). Tudi samooskrba s krompirjem se v analiziranem obdobju zmanjšuje in se je od leta 2000 do 2021 skoraj prepolovila (iz 83 % na 44 %). Pridelava se zmanjšuje bolj kot poraba, ta je v večini namenjena za prehrano ljudi, manjši delež pa se porabi za seme in krmo.

Slovenija več agro-živilskih proizvodov uvozi kot izvozi, zato spada med neto uvoznice hrane. To velja tudi za analizirane rastlinske proizvode in je posledica nizkih stopenj samooskrbe. V obdobju 2000–2021 je bila Slovenija količinsko neto uvoznica pšenice, koruze in krompirja, z izjemo 2019–2021 pri koruzi. Uvoz pšenice in krompirja se od leta 2000 naprej povečuje, pri koruzi pa se je rahlo zmanjševal. Večinski delež v strukturi uvoza pšenice (70 %) in koruze (86 %) predstavlja zrnje, pri krompirju pa prevladuje uvoz predelanih proizvodov. Pri uvozu analiziranih proizvodov je Slovenija odvisna predvsem od držav članic EU. Skoraj celoten uvoz pšenice in koruze v obliki zrnja izvira iz Madžarske, Hrvaške in Avstrije, glavčina svežega krompirja je uvožena iz držav članic EU in Egipta, predelanega pa iz držav članic EU. Izvoz pšenice, koruze in krompirja se ravno tako povečuje, večji skok v rasti pa je opazen po priključitvi Slovenije k EU, ko je postala del skupnega trga. V zadnjih nekaj letih se je izrazito povečal izvoz koruze, ki je tudi presegel uvoz, kar pa je odraz visokih stopenj samooskrbe.

Glede na trende zmanjševanja površin s pšenico in krompirjem lahko tudi v prihodnje pričakujemo dodatno zniževanje stopenj samooskrbe s tema pridelkoma. Pri samooskrbi s koruzo pa lahko pričakujemo pozitiven trend rasti, predvsem zaradi boljših hektarskih pridelkov v zadnjih letih (2020 in 2021).

Povečanje lastne pridelave in zagotavljanje ustreznih stopenj samooskrbe z rastlinskimi proizvodi bo tako tudi v prihodnosti pomembnejši cilj slovenske kmetijske politike. Ob omejenih njivskih površinah bo cilj predvsem dvig hektarskih pridelkov ter tudi obvladovanje tveganj v pridelavi ob vse večjih podnebnih izzivih (Revizijsko poročilo..., 2021).

5 LITERATURA

- Bele S., Hiti Dvoršak A. 2022. [KM29] Stopnja samooskrbe s hrano. Kazalci okolja v Sloveniji. Agencija Republike Slovenije za okolje.
<http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/stopnja-samooskrbe-s-hrano-0?tid=1> (15. nov. 2022)
- Bele S., Travnkar T. 2022. Slovenian agri-food trade with Ukraine and Russia. V: Societal Changes and Their Implications on Agri-Food Systems and Rural Areas. Joint Conference DAES and ÖGA, Ljubljana, 22. – 23. september 2022. Tomšič M., Novak A., Travnkar T., Juvančič L. (ur.). Ljubljana, Društvo agrarnih ekonomistov Slovenije: 13-14
- Clapp, J. 2015. Food Self Sufficiency and International Trade: A False Dichotomy? The state of agricultural commodity markets. Food and agriculture organization of the United Nations.
<https://www.fao.org/3/i5222e/i5222e.pdf> (4. nov. 2022)
- Kotzya P., Slaboch J. 2014. Food self-sufficiency in selected crops in the Czech Republic and Poland. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 62 (6): 1329-1341
- Pintar M., Kožar M. 2016. Slovensko kmetijsko-živilski sektor: več kot desetletje po pristopu k Evropski uniji. V: »Analitične podlage za načrtovanje razvoja kmetijstva«. 7. konferenca Društva agrarnih ekonomistov Slovenije DAES, Ljubljana, 7–8 dec. 2016. Kožar M., Cunder T. (ur.). Ljubljana, Društvo agrarnih ekonomistov Slovenije: 53-68
- Poročila o stanju v kmetijstvu. 2022. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije.
https://www.kis.si/Porocila_o_stanju_v_kmetijstvu/ (11. nov. 2022)

- Poročila o stanju v kmetijstvu – Pregled po kmetijskih trgih. 2022a. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije.
https://www.kis.si/Porocila_o_stanju_v_kmetijstvu/ (11. nov. 2022)
- Revizijsko poročilo: Zagotavljanje prehranske varnosti s pomočjo prehranske samooskrbe. 2021. Ljubljana, Računsko sodišče Republike Slovenije.
https://www.rs-rs.si/fileadmin/user_upload/Datoteke/Revizije/2021/Samooskrba/Samooskrba_RSP_RevizijskoP.pdf (11. nov. 2022)
- Sadauskis R., Kolarič Š., White O. 2019. Vpliv globalnih megatrendov na stanje okolja v Sloveniji: Sklepne ugotovitve in priporočila. Bernard Vukadin (ur.). Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor – Agencija Republike Slovenije za okolje: 92 str.
http://nfp-si.eionet.europa.eu:8980/Public/irc/eionet-circle/javna/library?l=/cooperation_easodelovan/sloveniji_2017-2018/konno_poroilo&vm=detailed&sb=Title (11. nov. 2022)
- Stankovič D. 2022. Prehranska (ne)samozadostnost Slovenije. Pujs v slovenskem hlevu še ne pomeni zrezka na našem krožniku. Dnevnik.
<https://www.dnevnik.si/1042996095> (11. nov. 2022)
- SURS. 2022. Različne podatkovne zbirke s področij rastlinske pridelave, mednarodne trgovine in industrijske predelave. Statistični urad Republike Slovenije.
<https://pxweb.stat.si/SiStat/sl/Podrocja/Index/141/trgovina-in-storitve> (7. nov. 2022)

Mikrobna biomasa ter številčnost bakterij, arhej in gliv v odvisnosti od obdelave tal

Anton GOVEDNIK¹⁵⁷, Rok MIHELIC¹⁵⁸ in Marjetka SUHADOLC¹⁵⁹

Izvleček

Konvencionalna obdelava tal s plugom lahko vodi v izgube organskega ogljika (C_{org}) v zgornjih plasteh tal. Kot alternativa oranju tal se zato v svetu uveljavlja manj intenzivna plitvejša obdelava brez obračanja tal ali celo direktna setev (*no-till*). V naši študiji smo preučevali vpliv zmanjšane intenzitete obdelave tal na vsebnost C_{org} v tleh ter povezavo le-tega z velikostjo talne mikrobne združbe. Tla smo vzorčili na štirih dolgoletnih poljskih poskusih, in sicer Ljubljana, ki se nahaja v osrednji Sloveniji ter Rašica, Gorišnica in Pesnica, ki se nahajajo v severovzhodni Sloveniji na Ptujskem polju. Vključujejo različne sisteme obdelave tal: direktna setev (angl. *no-till* – NT), minimalna plitva obdelava brez obračanja tal (MT) ter oranje z lemežnim plugom (O). Ugotovili smo kopičenje organskega ogljika (C_{org}) v zgornjih plasteh tal pri zmanjšani intenziteti obdelave (NT in MT). V kombiniranem poskusu obdelave tal in gnojenja v Ljubljani smo ugotovili, da kombinacija NT obdelave in gnojenja s kompostom vodi do največjih vsebnosti C_{org} v tleh. Mikrobni biomasni ogljik (C_{mic}) je po vsebnosti sledil vsebnosti C_{org} v vseh poskusih. Številčnosti bakterijske 16S in glivne ITS (angl. *internal transcribed region*) sta bolj močno korelirali s količino C_{org} v primerjavi z arhejsko 16S. Zaključimo lahko, da z zmanjšano intenziteto obdelave tal in organskim gnojenjem povečujemo vsebnost C_{org} ter posledično tudi mikrobno biomaso v tleh. Potrebne pa so nadaljnje študije, ki bodo razrešile direktne povezave med obdelavo tal, spremembami fizikalno-kemijskih lastnosti tal ter velikostjo in sestavo posameznih mikrobnih združb, posebno z vidika njihove funkcionalnosti.

Ključne besede: oranje s plugom, ohranitvena obdelava, direktna setev, talni organski ogljik, mikrobna združba

Microbial biomass and, bacterial, archaeal and fungal abundance in dependence of soil tillage

Abstract

Conventional plow tillage can lead to losses of organic carbon (C_{org}) in the upper soil layers. As an alternative to plowing, less intensive shallow cultivation without soil inversion or even direct sowing (*no-till*) is gaining traction around the world. In our study, the influence of reduced tillage intensity on the content of C_{org} in the soil and its relationship with the size of the soil microbial community was examined. Soil was sampled at four long-term field experiments, namely Ljubljana in central Slovenia and Rašica, Gorišnica, and Pesnica which are located in northeast of Slovenia at Ptujsko polje. They include different tillage systems: *no-till* (NT), minimal shallow tillage without soil inversion (MT) and plowing with a mouldboard plow (O). We found the accumulation of C_{org} in the upper layers of the soil at reduced treatment intensity (NT and MT). In a combined soil treatment and fertilization experiment in Ljubljana, we found that the combination of NT treatment and fertilization with compost leads to the highest levels of C_{org} in the soil. Microbial biomass carbon (C_{mic}) followed C_{org} content in all experiments. Bacterial 16S and fungal ITS (internal transcribed region) abundances correlated more strongly with C_{org} abundance compared to archaeal 16S. We can conclude that with reduced intensity of tillage and organic fertilization, we increase the content of C_{org} and, consequently, the microbial biomass in the soil. However, further studies are needed that will unravel the direct links between soil treatment, changes in the physico-chemical properties of the soil, and the size and composition of individual microbial communities, especially from the point of view of their functionality.

Keywords: plow tillage, conservation tillage, no-till, soil organic carbon, microbial community

¹⁵⁷ Asist., Msc., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, e-pošta: anton.govednik@bf.uni-lj.si

¹⁵⁸ Doc. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, e-pošta: rok.mihelc@bf.uni-lj.si

¹⁵⁹ Izr. prof. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, e-pošta: marjetka.suhadolc@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Obdelava tal in gnojenje sta običajni kmetijski praksi, ki omogočata pripravo setvene postelje in izboljšanje preskrbljenosti tal s hranili, da zagotovimo primerne razmere za setev in kalitev semena ter kasnejšo rast posevka. Uveljavljeno je prepričanje, da povečana intenzivnost obdelave tal prispeva k večji izgubi organskega ogljika (C_{org}) v zgornjih plasteh tal (Haddaway in sod., 2017). Z namenom spremembe tega trenda, se v okviru ohranitvenega kmetijstva spodbuja zmanjšana intenzivnost obdelave tal z dodatnim poudarkom na izboljšanju kakovosti tal in zaščito pred degradacijo (Page in sod., 2020). Z gnojenjem lahko povečamo C_{org} v tleh, zlasti z uporabo organskih gnojil, bogatih z ogljikom, vendar je stopnja sekvestracije ogljika v tleh odvisna od vira, količine gnojila, teksture tal, podnebja ter rabe tal (Aguilera in sod., 2013; Gross in Glaser, 2021; Krauss in sod., 2020; Maillard in Angers, 2014; Sandén in sod., 2018; Tiefenbacher in sod., 2021). Čeprav je C_{org} eden najpogostejše obravnavanih kazalnikov kakovosti tal (Bünemann in sod., 2018), je pomembno poudariti, da se večina študij, ki obravnavajo C_{org} , osredotoča samo na zgornjih 0–30 cm tal in ustreznih študij, ki bi obravnavale vpliv različnih kmetijskih praks na celoten talni profil, ni (Meurer in sod., 2018). Vsebnost C_{org} je vzajemno povezana z biomaso in aktivnostjo mikrobov v tleh, za katero se je izkazalo, da se poveča ob uporabi kmetijskih praks, ki povečujejo vsebnost C_{org} , kot je gnojenje s kompostom ali zmanjšana intenzivnost obdelave tal (Bünemann in sod., 2006; D'Hose in sod., 2018; Krauss in sod., 2020; Morugán-Coronado in sod., 2022; Zuber in Villamil, 2016). Vloga mikrobne združbe v tleh, ki jo sestavljajo bakterije, glive in arheje, je dobro opredeljena pri kroženju hranil (razgradnja organske snovi, sproščanje in imobilizacija hranil) kot tudi pri nastajanju strukturnih agregatov v tleh (Gregorich in sod., 1997; Six in sod., 2006). V zadnjem času se pojavlja vse več študij, ki preučujejo vpliv ravnanja s kmetijskimi tlemi na mikrobno združbo v tleh. Zaključki teh študij so pogosto nejasni tudi zaradi različnih uporabljenih metodologij kot so na primer določanje mikrobne biomase s kloroformno fumigacijo, PLFA analiza, qPCR, različne metode sekvenciranja itd. Namen naše študije je bil ugotoviti dolgoletni vpliv gnojenja in obdelave tal na mikrobno združbo v tleh z analizo mikrobne biomase s fumigacijo ter pregledom številčnosti genov skupne mikrobne združbe (bakterijska in arhejska 16S, glivna ITS). Pričakujemo povišano vsebnost talnega organskega ogljika v sistemu brez obdelave ter pri organskem gnojenju, ki bo pozitivno povezana z mikrobno biomaso ter imela vpliv na sestavo mikrobne združbe.

2 MATERIALI IN METODE DELA

2.1 Dolgoletni poskusi obdelave tal in vzorčenje tal

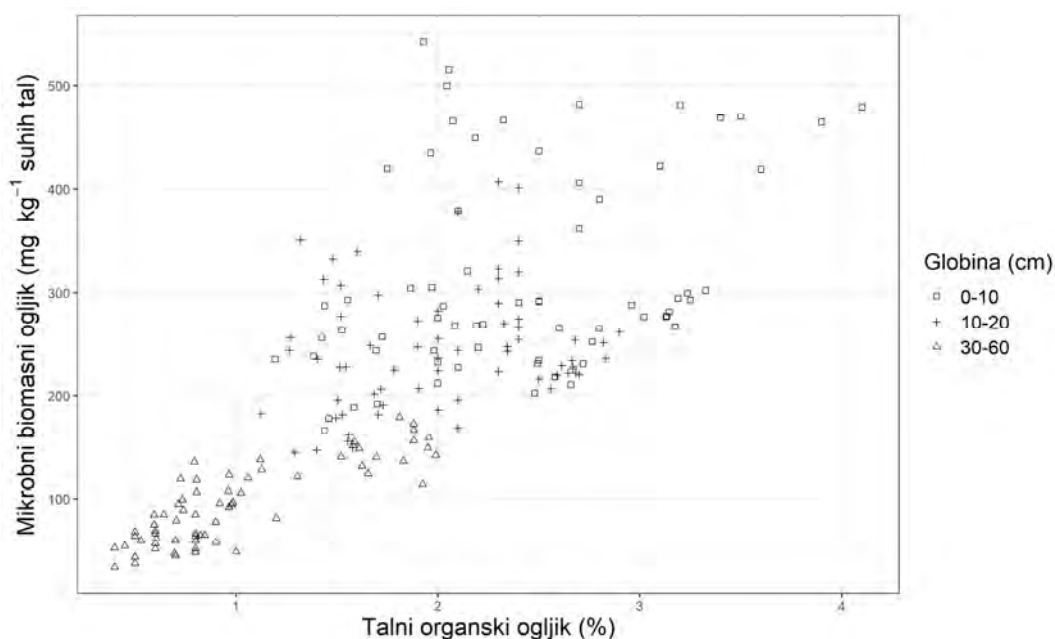
Jeseni 2020 smo vzorčili tla dolgoletnih poskusov v Ljubljani ter Moškanjcih (testna polja Rašica, Gorišnica ter Pesnica) na štirih različnih globinah (0–1, 0–10, 10–20 in 30–60 cm). Osnovne informacije o posameznih poskusih so predstavljene v preglednici 1. Obravnavanja vključujejo: oranje z lemežnim plugom (O), minimalna plitva obdelava brez obračanja tal (MT), ki se izvaja s strojem *Evers (4-bar Vario Disc)* ter direktno setev oz. *no till* (NT). Na dveh poskusnih poljih, Gorišnica in Pesnica, sta bili obstoječi obravnavanja (O in MT) v letu 2017 še dodatno razdeljeni na dve, s prehodom v NT iz oranega (NTo) in iz MT (NTe). Poskus Rašica je bil v letu 2014 preusmerjen iz konvencionalnega v ekološki sistem kmetovanja, medtem ko so ostali poskusi ves čas v konvencionalnem sistemu pridelave. Na poskusnem polju v Ljubljani je v kombinaciji s sistemom obdelave testiran vpliv različnih načinov gnojenja, in sicer so v poskus vključeni trije različni načini gnojenja (mineralno (MIN), mineralno v kombinaciji s kompostom (MIX), kompost (ORG) ter negnojena kontrola (KON).

Preglednica 1: Pregled vzorčenih poskusov ter pripadajočih lastnosti

Poskus	Leto začetka	Obdelava	Gnojenje
Rašica	1999	NT, MT, O	ORG
Ljubljana	1999	NT, O	MIN, ORG, MIX
Gorišnica	2011	NT, MT, O	MIN
Pesnica	2011	NT, MT, O	MIN

2.2 Analize tal

Skupni ogljik v tleh (TC) smo določili s suhim sežigom na elementarnem analizatorju (Vario MAX CN, Nemčija) (SIST ISO 10694, 1996). Vsebnost mineralnega ogljika v tleh (SMC) smo izračunali iz vsebnosti karbonata, ki smo ga določili s Scheiblerjevim aparatom. Organski ogljik v tleh (C_{org}) smo izračunali iz razlike med TC in SMC. Mikrobni biomasni ogljik (C_{mic}) smo določili s fumigacijo s kloroformom ter naknadno ekstrakcijo tal z 0,01 M $CaCl_2$ (ISO 14240-2, 2011). DNK iz talnih vzorcev smo ekstrahirali s pomočjo DNeasy PowerSoil Pro kompleta po navodilih proizvajalca (Qiagen, Venlo, Nizozemska). Sestavo splošne mikrobne združbe tal (bakterijska in arhejska 16S, glivna ITS) smo določili s kvantitativnim PCR-jem (qPCR) v 15 μL mešanici, ki je vsebovala 2 ng izolirane DNA, 7,5 μL 2x Absolute Blue qPCR SYBR Green Low Rox (ThermoFischer Scientific, Waltham, Massachusetts, ZDA), po 1,5 μL »forward« in »backward« 10 μM začetnika glede na posamezen gen (bakterijska 16S (Muyzer in sod., 1993), glivna ITS (White in sod., 1990) ter arhejska 16S (Ochsenreiter in sod., 2003)).

**Slika 1:** Raztreseni graf za spremenljivki talni organski ogljik ter mikrobni biomasni ogljik v različnih globinah

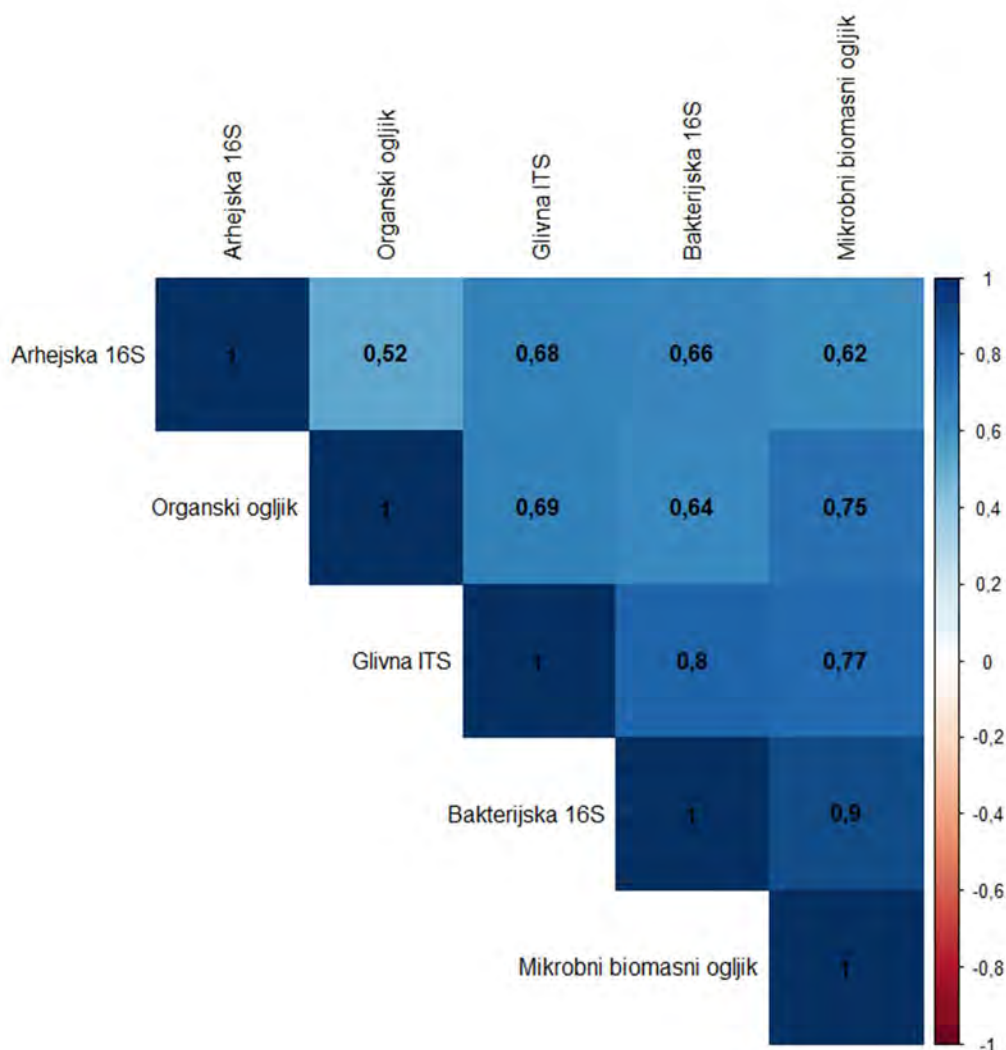
3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Skupna vsebnost organskega ogljika v tleh je bila značilno povečana v sistemih z zmanjšano intenziteto obdelave (MT, NT), v katerih je bila tudi opazna stratifikacija v zgornjih plasteh za razliko od oranih tal (preglednica 2). Ne glede na sistem obdelave tal je bila najnižja vsebnost

talnega organskega ogljika v globini 30–60 cm. Na poskusnem polju Ljubljana je v kombiniranem poskusu obdelave in gnojenja prišlo do značilnega povečanja talnega organskega ogljika v zgornji plasti tal (0–20 cm) pri obravnavanjih, gnojenih s kompostom (MIX, ORG) (preglednica 2). Podobni rezultati so bili potrjeni že v prejšnjih študijah (pregled v Gross in Glaser, 2021; Haddaway in sod., 2017; Meurer in sod., 2018). Vseeno pa ostaja vprašanje glede zaloga ogljika v celotnem profilu tal (Baker in sod., 2007). Ugotovili smo povečano vsebnost C_{org} v tleh z večjim deležem gline (Ljubljana, Pesnica), o čemer so že poročali (Kirchmann in sod., 2004; Wiesmeier in sod., 2015).

Preglednica 2: Vsebnost organskega ogljika v tleh (%) v letu 2020 na dolgoletnih poskusih obdelave tal v odvisnosti od globine tal. Prikazana so povprečja štirih (Rašica, Gorišnica, Pesnica) oz. treh ponovitev (Ljubljana). Različne obdelave so orano (O), plitva obdelava z Eversom brez obračanja tal (MT), direktno setev oz. no till (NT), prehod v NT iz oranega (NTo) in iz MT (NTe). Različna gnojenja so mineralno (MIN), mineralno v kombinaciji s kompostom (MIX), kompost (Ljubljana) oz. gnojevka (Rašica) (ORG) ter negnojena kontrola (KON).

Kraj	Obdelava	Gnojenje	Vsebnost organskega ogljika po globinah (%)			
			0–1cm	0–10 cm	10–20 cm	30–60 cm
Rašica	O	ORG	1,3	1,4	1,4	0,6
	MT	ORG	2,2	1,9	1,5	0,7
	NT	ORG	2,7	2,1	1,6	0,8
Ljubljana	O	KON	2,3	2	1,9	0,6
		MIN	2,4	2,1	2,1	0,6
		MIX	2,6	2,5	2,4	0,6
		ORG	3,3	2,5	2,3	0,8
		KON	3,8	2,8	2,1	0,7
		MIN	4,0	2,7	2,1	0,8
	NT	MIX	5,0	3,4	2,3	0,7
		ORG	7,6	3,8	2,4	0,8
Gorišnica	O	MIN	1,6	1,5	1,5	0,9
	MT	MIN	2,3	2,0	1,8	1,1
	NTo	MIN	1,9	1,6	1,5	0,8
	NTe	MIN	2,4	2,1	1,6	1,0
Pesnica	O	MIN	2,8	2,6	2,6	1,8
	MT	MIN	3,5	3,1	2,5	1,7
	NTo	MIN	3,6	3,0	2,8	1,8
	NTe	MIN	3,7	3,2	2,7	1,8



Slika 2: Korelacijska matrika s Spearmanovim koeficientom ($p > 0,001$) za prikazane spremenljivke.

Vsebnost mikrobnega biomasnega ogljika je podobna trendu talnega organskega ogljika (slika 1), kar je bilo pričakovano glede na poročanje Andersona in Domscha, 1989 ter Sparlinga, 1992. Povečanje mikrobnega ogljika v tleh, ki so bila manj intenzivno obdelana, je bilo v preteklosti že večkrat pokazano (Salinas-Garcia in sod., 2001; Tellez-Rio in sod., 2015b, 2015a; Tyler, 2019; Zhang in sod., 2013; Zuber in Villamil, 2016). Pozitivno povezavo med organskim ogljikom v tleh in mikrobno biomaso kaže tudi korelacijska analiza med tema dvema spremenljivkama (slika 2). Vseeno pa ostaja vprašanje, kako obdelava tal vpliva na sestavo mikrobne združbe. V tleh so bile najbolj številčne bakterije sledile so glive in arheje. Iz korelacij lahko opazimo, da sta bili z organskim ogljikom v tleh bolj pozitivno povezani združbi bakterij in gliv kot arhej, kar bi lahko pomenilo premik v združbi arhej k bolj avtotrofni sestavi, kot je na primer skupina »Thaumarchaeota«, kamor spadajo amonij oksidirajoče arheje (AOA), ki sodelujejo pri nitrifikaciji (Saghai in sod., 2022). Opazimo tudi, da ima vsebnost mikrobnega biomasnega ogljika največjo povezavo s številčnostjo bakterijske 16S, kar bi lahko pomenilo,

da je prva metoda na nek način selektivna za bakterije, oziroma da k mikrobni biomasi v tleh dejansko največ prispevajo bakterije. Ta zadnji zaključek bi lahko preverili z uporabo analize lipidnih maščobnih kislin PLFA (phospholipid fatty acid), kjer lahko določimo sestavo in doprinos posamezne skupine talne mikrobne združbe (Frostegård in Bååth, 1996). Številčnosti bakterijske 16S in glivne ITS sta kazali večjo medsebojno korelacijo v primerjavi s korelacijo z arhejsko 16S, iz česar bi lahko sklepali, da vplivajo na glive in bakterije bolj podobni ekološki faktorji v primerjavi z arhejami.

4 SKLEPI

Zaključimo lahko, da tako obdelava kot gnojenje prek spreminjanja fizikalno-kemijskih pogojev v tleh vplivata na velikost mikrobne združbe. Za bolj poglobljeno vrednotenje vplivov zmanjšane intenzitete obdelave tal na mikrobne združbe v tleh bi lahko v prihodnosti s sekvenciranjem določili pomembnejše vrste oz. taksonomske skupine in njihovo funkcionalno pestrost. Z metabolnim profiliranjem (metoda MicroResp) pa bi lahko dobili vpogled v fiziologijo prisotnih mikrobov, kar bi omogočilo bolj celovito sklepanje o prej omenjenih vplivih.

Zahvala. Delo je bilo financirano s strani Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano v okviru ReC-Till projekta (V4-2022). Zahvaljujemo se gospodu Branku Majeriču za dolgoletno sodelovanje in vso podporo pri izvajanju poskusov. Zahvaljujemo se tudi Sari Pintarič, Živi Potočnik in Andražu Žuli za pomoč pri vzorčenju in nekaterih analizah; njihove doktorske oz. magistrske naloge vključujejo del rezultatov predstavljenih v tem članku.

5 LITERATURA

- Aguilera, E., Lassaletta, L., Gattinger, A., Gimeno, B.S., 2013. Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: A meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 168, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.02.003>
- Anderson, T.H., Domsch, K.H., 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biol. Biochem.* 21, 471–479. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(89\)90117-X](https://doi.org/10.1016/0038-0717(89)90117-X)
- Baker, J.M., Ochsner, T.E., Venterea, R.T., Griffis, T.J., 2007. Tillage and soil carbon sequestration- What do we really know? *Agric. Ecosyst. Environ.* 118, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.05.014>
- Bünemann, E.K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R.E., De Deyn, G., de Goede, R., Flesskens, L., Geissen, V., Kuyper, T.W., Mäder, P., Pulleman, M., Sukkel, W., van Groenigen, J.W., Brussaard, L., 2018. Soil quality – A critical review. *Soil Biol. Biochem.* 120, 105–125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
- Bünemann, E.K., Schwenke, G.D., Van Zwieten, L., 2006. Impact of agricultural inputs on soil organisms - A review. *Aust. J. Soil Res.* 44, 379–406. <https://doi.org/10.1071/SR05125>
- D'Hose, T., Molendijk, L., Van Vooren, L., van den Berg, W., Hoek, H., Runia, W., van Evert, F., ten Berge, H., Spiegel, H., Sandén, T., Grignani, C., Ruyschaert, G., 2018. Responses of soil biota to non-inversion tillage and organic amendments: An analysis on European multiyear field experiments. *Pedobiologia (Jena)*. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2017.12.003>
- Frostegård, A., Bååth, E., 1996. The use of phospholipid fatty acid analysis to estimate bacterial and fungal biomass in soil. *Biol. Fertil. Soils* 22, 59–65. <https://doi.org/10.1007/bf00384433>
- Gregorich, E.G., Carter, M.R., Doran, J.W., Pankhurst, C.E., Dwyer, L.M., 1997. Chapter 4 Biological attributes of soil quality. *Dev. Soil Sci.* 25, 81–113. [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(97\)80031-1](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(97)80031-1)
- Gross, A., Glaser, B., 2021. Meta-analysis on how manure application changes soil organic carbon storage. *Sci. Rep.* 11, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82739-7>
- Haddaway, N.R., Hedlund, K., Jackson, L.E., Kätterer, T., Lugato, E., Thomsen, I.K., Jørgensen, H.B., Isberg, P.E., 2017. How does tillage intensity affect soil organic carbon? A systematic review. *Environ. Evid.* 6, 1–48. <https://doi.org/10.1186/s13750-017-0108-9>

- Kirchmann, H., Haberhauer, G., Kandeler, E., Sessitsch, A., Gerzabek, M.H., 2004. Effects of level and quality of organic matter input on carbon storage and biological activity in soil: Synthesis of a long-term experiment. *Global Biogeochem. Cycles* 18, 1–9. <https://doi.org/10.1029/2003GB002204>
- Krauss, M., Berner, A., Perrochet, F., Frei, R., Niggli, U., Mäder, P., 2020. Enhanced soil quality with reduced tillage and solid manures in organic farming – a synthesis of 15 years. *Sci. Rep.* 10, 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61320-8>
- Maillard, É., Angers, D.A., 2014. Animal manure application and soil organic carbon stocks: A meta-analysis. *Glob. Chang. Biol.* 20, 666–679. <https://doi.org/10.1111/gcb.12438>
- Meurer, K.H.E., Haddaway, N.R., Bolinder, M.A., Kätterer, T., 2018. Tillage intensity affects total SOC stocks in boreo-temperate regions only in the topsoil—A systematic review using an ESM approach. *Earth-Science Rev.* 177, 613–622. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.12.015>
- Morugán-Coronado, A., Pérez-Rodríguez, P., Insolia, E., Soto-Gómez, D., Fernández-Calviño, D., Zornoza, R., 2022. The impact of crop diversification, tillage and fertilization type on soil total microbial, fungal and bacterial abundance: A worldwide meta-analysis of agricultural sites. *Agric. Ecosyst. Environ.* 329, 107867. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107867>
- Muyzer, G., De Waal, E.C., Uitterlinden, A.G., 1993. Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding for 16S rRNA. *Appl. Environ. Microbiol.* 59, 695–700. <https://doi.org/10.1128/aem.59.3.695-700.1993>
- Ochsenreiter, T., Selezi, D., Quaiser, A., Bonch-Osmolovskaya, L., Schleper, C., 2003. Diversity and abundance of Crenarchaeota in terrestrial habitats studied by 16S RNA surveys and real time PCR. *Environ. Microbiol.* 5, 787–797. <https://doi.org/10.1046/j.1462-2920.2003.00476.x>
- Page, K.L., Dang, Y.P., Dalal, R.C., 2020. The Ability of Conservation Agriculture to Conserve Soil Organic Carbon and the Subsequent Impact on Soil Physical, Chemical, and Biological Properties and Yield. *Front. Sustain. Food Syst.* 4, 31. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00031>
- Saghaï, A., Banjeree, S., Degruene, F., Edlinger, A., García-Palacios, P., Garland, G., van der Heijden, M.G.A., Herzog, C., Maestre, F.T., Pescador, D.S., Philippot, L., Rillig, M.C., Romdhane, S., Hallin, S., 2022. Diversity of archaea and niche preferences among putative ammonia-oxidizing Nitrososphaeria dominating across European arable soils. *Environ. Microbiol.* 24, 341–356. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15830>
- Salinas-García, J.R., Báez-González, A.D., Tiscareño-López, M., Rosales-Robles, E., 2001. Residue removal and tillage interaction effects on soil properties under rain-fed corn production in Central Mexico. *Soil Tillage Res.* 59, 67–79. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(00\)00187-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(00)00187-2)
- Sandén, T., Spiegel, H., Stüger, H.P., Schlatter, N., Haslmayr, H.P., Zavattaro, L., Grignani, C., Bechini, L., D'Hose, T., Molendijk, L., Pecio, A., Jarosz, Z., Guzmán, G., Vanderlinden, K., Giráldez, J. V., Mallast, J., ten Berge, H., 2018. European long-term field experiments: knowledge gained about alternative management practices. *Soil Use Manag.* 34, 167–176. <https://doi.org/10.1111/sum.12421>
- Six, J., Frey, S.D., Thiet, R.K., Batten, K.M., 2006. Bacterial and Fungal Contributions to Carbon Sequestration in Agroecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70, 555–569. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.0347>
- Sparling, G.P., 1992. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Aust. J. Soil Res.* 30, 195–207. <https://doi.org/10.1071/SR9920195>
- Tellez-Rio, A., García-Marco, S., Navas, M., López-Solanilla, E., Rees, R.M., Tenorio, J.L., Vallejo, A., 2015a. Nitrous oxide and methane emissions from a vetch cropping season are changed by long-term tillage practices in a Mediterranean agroecosystem. *Biol. Fertil. Soils* 51, 77–88. <https://doi.org/10.1007/s00374-014-0952-5>
- Tellez-Rio, A., García-Marco, S., Navas, M., López-Solanilla, E., Tenorio, J.L., Vallejo, A., 2015b. N₂O and CH₄ emissions from a fallow-wheat rotation with low N input in conservation and conventional tillage under a Mediterranean agroecosystem. *Sci. Total Environ.* 508, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.11.041>
- Tiefenbacher, A., Sandén, T., Haslmayr, H.P., Miloczki, J., Wenzel, W., Spiegel, H., 2021. Optimizing carbon sequestration in croplands: A synthesis. *Agronomy* 11, 882. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050882>

-
- Tyler, H.L., 2019. Bacterial community composition under long-term reduced tillage and no till management. *J. Appl. Microbiol.* 126, 1797–1807. <https://doi.org/10.1111/jam.14267>
- White, T.J., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J., 1990. Amplification and Direct Sequencing of Fungal Ribosomal Rna Genes for Phylogenetics. *PCR Protoc.* 315–322. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-372180-8.50042-1>
- Wiesmeier, M., Munro, S., Barthold, F., Steffens, M., Schad, P., Kögel-Knabner, I., 2015. Carbon storage capacity of semi-arid grassland soils and sequestration potentials in northern China. *Glob. Chang. Biol.* 21, 3836–3845. <https://doi.org/10.1111/GCB.12957>
- Zhang, S., Li, Q., Lü, Y., Zhang, X., Liang, W., 2013. Contributions of soil biota to C sequestration varied with aggregate fractions under different tillage systems. *Soil Biol. Biochem.* 62, 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.03.023>
- Zuber, S.M., Villamil, M.B., 2016. Meta-analysis approach to assess effect of tillage on microbial biomass and enzyme activities. *Soil Biol. Biochem.* 97, 176–187. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.03.011>



CORTEVA TEHNOLOGIJA PRIDELAVE

- Pioneer seme
- Sredstva za varstvo rastlin
- Gospodarjenje z dušikom
- Biološka sredstva
- Strokovno svetovanje
- Digitalno kmetijstvo
- Silirni dodatki





RWA Slovenija, d. o. o.
Dolenjska cesta 250 a, 1291 Škofljica
t: 01 514 00 70, e: semena@agrosaat.si



www.agrosaat.si



ISBN 978-961-94613-3-4



9 789619 461334