



Slovensko agronomsko društvo

Slovenian Society of Agronomy

**NOVI IZZIVI
V AGRONOMIJI 2019**

ZBORNIK SIMPOZIJA

**NEW CHALLENGES
IN AGRONOMY 2019**

PROCEEDINGS OF SYMPOSIUM

Laško, 2019

Simpozij Novi izzivi v agronomiji 2019 z mednarodno udeležbo
Laško, 31. januar in 1. februar 2019

Zbornik simpozija

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

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

Recenzenti (po abecednem vrstnem redu)

dr. Rozalija Cvejić, dr. Barbara Čeh, izr. prof. dr. Andreja Čerenak, doc. dr. Jure Čop, doc. dr. Zalika Črepinšek, dr. Peter Dolničar, dr. Marko Flajšman, doc. dr. Matjaž Glavan, prof. dr. Helena Grčman, Luka Honzak, prof. dr. Jernej Jakše, prof. dr. Nina Kacjan Maršič, doc. dr. Dušan Klinar, mag. Matej Knapič, doc. dr. Darja Kocjan Ačko, dr. Aleš Kolmanič, doc. dr. Rok Mihelič, dr. Boštjan Naglič, prof. dr. Martin Pavlovič, dr. Barbara Pipan, dr. Katarina Rudolf Piliš, prof. dr. Denis Stajnko, asist. dr. Igor Šantavec, Igor Škerbot, mag. Iris Škerbot, dr. Primož Titan, dr. Janko Urbanc, doc. dr. Vesna Zupanc

Prispevki so najmanj dvakrat recenzirani. Za jezikovno pravilnost odgovarjajo avtorji. S poslanim prispevkom se avtorji strinjajo s tiskano in spletno objavo zbornika.

Tisk: Grafika Gracer, d.o.o., Celje, natisnjeno v 160 izvodih

Izdalo Slovensko agronomsko društvo

Copyright © Slovensko agronomsko društvo

CIP - CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

63(082)

NOVI izzivi v agronomiji 2019 : zbornik simpozija, Laško, 2019 = New challenges in agronomy 2019 : proceedings of symposium / [uredniki Barbara Čeh ... et al.]. - Ljubljana : Slovensko agronomsko društvo, 2019

ISBN 978-961-94613-0-3

1. Vzp. stv. nasl. 2. Čeh, Barbara, 1973-
298359552

Kazalo

Ekološko kmetijstvo, obdelava tal

The roller-crimper method: regenerative organic no-till from a practitioners' perspective

Postopek neposredne setve v povaljan in nalomljen predposevek: regenerativno ekološko kmetijstvo z vidika praktikov

Alfred GRAND, Benedikt BLANKENHORN, Andreas SURBÖCK in

Gabriele GOLLNER..... 8

Ohranitvena obdelava tal v ekološkem kmetijstvu in njen vpliv na kakovost tal

Effects of conservation soil management in organic agriculture on soil quality

Rok MIHELIČ in Marjetka SUHADOLC..... 15

Pojavnost plevelov in njihova talna semenska banka v kombinaciji ekološkega poljedelstva in ohranitvene obdelave tal

The combination of organic crop production and conservation tillage – weeds and their soil seed bank

Klemen ELER, Anja VANCO in Rok MIHELIČ 22

Pridelovanje poljščin

Preučevanja učinkov uporabe zeolitov na razvoj in pridelke koruze za zrnje (*Zea mays* L.) - rezultati prvega leta raziskav

Effects of zeolite application on development and yields of grain maize (*Zea mays* L.). First year results from field trials

Aleš KOLMANIČ in Peter DOLNIČAR 29

Krmni grah v poljskih poskusih Biotehniške fakultete v letu 2018

Fodder peas in field experiments at Biotechnical faculty in year 2018

Marko FLAJŠMAN in Darja KOCJAN AČKO 36

Možnosti varstva sladkega krompirja (*Ipomoea batatas* L. Lam.) pred plevi

Possibilities of weed control in sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam.)

Dragan ŽNIDARČIČ, Tomaž SINKOVIČ, Igor ŠANTAVEC, Mario LEŠNIK, Filip

VUČAJNK in Matej VIDRIH 43

Pridelek zrnja soje sorte 'ES Mentor' pri uporabi zeolita in dognjevanju z dušikom

Seed yield of soybean variety 'ES Mentor' in the use of zeolite and mineral nitrogen

Marko FLAJŠMAN, Nuša KANCILJA, Rok MIHELIČ in Darja KOCJAN AČKO 49

Odvzem hranil s pridelkom semen oljnih buč (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo* var. *styriaca*) in predlog spremembe gnojilne norme

Nutrients removal from soil with seed yield of oil pumpkin (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo* var. *styriaca*, Cucurbitaceae) and proposal of fertility guidelines update

Aleš KOLMANIČ, Janko VERBIČ in Lovro SINKOVIČ 56

Odvzem hranil s hmeljem (*Humulus lupulus* L.) kot osnova za določanje gnojilnih odmerkov in masa hmeljevine glede na sorto

Nutrients uptake with hop (*Humulus lupulus* L.) as the basis for fertilization rate determination and hop biomass after harvest related to variety

Barbara ČEH, Bojan ČREMOŽNIK in Monika OSET LUSKAR 63

Vsebnost amonijskega in nitratnega dušika v tleh pred in po začasnem skladiščenju hlevskega gnoja na kmetijskem zemljišču

Concentration of ammonium and nitrate nitrogen in soil before and after temporary storage of cattle farmyard manure on agricultural land

Branko LUKAČ, Tomaž ŽNIDARŠIČ, Janez SUŠIN in Jože VERBIČ 70

Pedologija

Postopek vrednotenja pedoloških kriterijev za območja z omejenimi možnostmi za kmetijsko dejavnost

The procedure for evaluation soil properties of the areas with natural constraints for agriculture

Tomaž PRUS, Rok TURNIŠKI, Irena TIČ in Marko ZUPAN 77

Genetika, žlahtnjenje

Uporaba inovativnih pristopov pri žlahtnjenju F1 hibridnih sort kmetijskih rastlin

Application of innovative methods for F1 hybrid breeding of agricultural plants

Katarina RUDOLF PILIH, Jernej JAKŠE, Nataša ŠTAJNER, Jana MUROVEC in Borut BOHANEC 83

Delo vzdrževalne selekcije in nove sorte Semenarne Ljubljana, vpisane na sortno listo v zadnjih 10 letih

Maintaining selection work and new varieties registered by Semenarna Ljubljana, on the variety list in the last 10 years

Primož TITAN in Darko VERNIK 90

Uvajanje DNA markerjev v proces žlahtnjenja navadnega fižola (*Phaseolus vulgaris* L.)

Introduction of DNA markers in the process of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) breeding

Barbara PIPAN in Vladimir MEGLIČ 96

Obnova fertilnosti v Ms/Rf sistemu, ki temelji na citoplazmi vrste *Aegilops crassa* Boiss.

Fertility restoration in the Ms/Rf system which is based on the cytoplasm of species *Aegilops crassa* Boiss.

Primož TITAN, Vladimir MEGLIČ in Koji MURAI 103

Vsebnost beta-kislin kot nov vidik pri žlahtnjenju hmelja

The beta-acid content as a new aspect in hop breeding program

Andreja ČERENAK, Miha OCVIRK in Iztok Jože KOŠIR 108

Selekcija z molekulskimi markerji za odpornost proti boleznim pri žlahtnjenju krompirja

Marker-assisted selection for disease resistance in potato breeding

Aleš SEDLAR, Peter DOLNIČAR in Vladimir MEGLIČ..... 112

Novi sorti ajde in vsebnost antioksidantov

New varieties of buckwheat and antioxidant content

Zlata LUTHAR..... 118

Klimatske spremembe, agrometeorologija

Spremenljivost zimskih razmer v Sloveniji

Variability of winter conditions in Slovenia

Zalika ČREPINŠEK, Nika KRALJ, Lučka KAJFEŽ BOGATAJ in Tjaša POGAČAR..... 125

Analiza pojavljanja obdobj z visokimi temperaturami zraka v Sloveniji

The analysis of the occurrence of high air temperatures periods in Slovenia

Tjaša POGAČAR, Valerij KATKIČ, Lučka KAJFEŽ BOGATAJ in Zalika ČREPINŠEK.. 132

Povezava med vremenskimi razmerami do konca julija in pridelkom hmelja sorte Bobek

Correlation between weather conditions by the end of July and the yield of hop cv. Bobek

Zalika ČREPINŠEK in Barbara ČEH 139

Spremembe podnebja do konca 21. stoletja, s katerimi se bo soočalo slovensko kmetijstvo

Climate change till the end of the 21st century that will be faced by Slovenian agriculture

Luka HONZAK, Gregor GREGORIČ, Andreja SUŠNIK in Ana ŽUST 146

Namakanje

Uporaba prečiščene odpadne vode za namakanje

Use of treated waste water for irrigation

Vesna ZUPANC in Marina PINTAR 153

Izkušnje namakanja krompirja glede na modelno napoved

Experience of potato irrigation according to model forecast

Tomaž POJE, Peter DOLNIČAR, Vesna ZUPANC in Marina PINTAR 160

Pilotni sistem za podporo odločanju v namakanju (SPON)

Pilot decision support system for irrigation

Luka HONZAK, Rozalija CVEJIČ, Špela ŽELEZNIKAR in Marina PINTAR..... 168

Analiza trajno varovanih kmetijskih zemljišč na območjih namakalnih sistemov

Analysis of permanently protected agricultural land in the areas of irrigation

Marjeta ZAGOŽEN in Matjaž GLAVAN..... 175

Kmetijska tehnika

Analiza izgub zrnja pri žetvi zrnatih poljščin z različnimi žetveniki

Analysis of grain losses of arable land crops at harvest with different combine harvester

Rajko BERNIK in Filip VUČAJNK 182

Nove tehnične zahteve za traktorje

New technical requirements for tractors

Tomaž POJE 188

Težke kovine v poljščinah in zelenjadnicah

Vsebnost Cd, Pb in Zn v dveh sortah navadne konoplje (Tisza, Futura 75) gojene v okolici Celja in v Zgornji Mežiški dolini

The content of Cd, Pb and Zn in two hemp varieties (Tisza, Futura 75) which were cultivated in the vicinity of Celje and the Upper Mežica valley

Marko FLAJŠMAN, Darja KOCJAN AČKO, Helena GRČMAN in Marko ZUPAN 195

Vsebnosti niklja (Ni) v zelenjavi in zeliščih pridelanih na območju slovenske Istre z večjo naravno koncentracijo Ni v tleh

Nickel content in vegetables and herbs produced in Slovenian Istria with geogenic higher nickel content in soil

Helena GRČMAN, Irma MARENČE BARBIČ, Stanislava KIRINČIČ, Marko ZUPAN..... 202

Zelenjadnice

Ekološki odtis pridelave paradižnika v različnih sistemih pridelave in načinih ogrevanja

Ecological footprint of tomato production in different production systems and methods of heating

Denis STAJNKO 208

Vpliv gnojenja različnih sort čebule (*Allium cepa* L. var. *cepa*) na fizikalno-kemijske parametre

Fertilization influenced physico-chemical parameters of different onion cultivars (*Allium cepa* L.)

Lovro SINKOVIČ, Mojca ŠKOF in Kristina UGRINOVIĆ..... 215

Rezultati uporabe *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* pri dveh sortah visokega fižola za stročje

The results of application of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* to two climbing French beans varieties

Kristina UGRINOVIĆ, Mojca ŠKOF in Breda VIČAR..... 222

Napoved termina za doseganje tržne mase solate, glede na sorto in termin pridelovanja

The prediction of date for to attain the final rosette lettuce mass in terms of cultivar and growing period

Nina KACJAN MARŠIČ, Katarina PAVOVEC in Ana SLATNAR..... 229

Vpliv termina pridelave različnih sort solate (<i>Lactuca sativa</i> L.) in motovilca (<i>Valeriana locusta</i> L.) na barvne parametre ter relativno vsebnost klorofila Cultivation period influence of different lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.) and lamb's lettuce (<i>Valeriana locusta</i> L.) cultivars on colour parameters and relative chlorophyll content Lovro SINKOVIČ, Mojca ŠKOF in Kristina UGRINOVIĆ.....	236
---	-----

Druge teme

Biotično zatiranje topolistne kislice (<i>Rumex obtusifolius</i> L.) na travinju Biological control of broad-leaved dock (<i>Rumex obtusifolius</i> L.) in grassland Primož ŽIGON in Andrej VONČINA.....	243
--	-----

Od preciznega k pametnemu kmetijstvu From precision to smart farming Miran LAKOTA, Denis STAJNKO, Peter VINDIŠ, Peter BERK, Damijan KELC in Jurij RAKUN.....	249
--	-----

Ekosistemske storitve in kmetijstvo Ecosystem services and agriculture Špela ŽELEZNIKAR in Marina PINTAR	256
---	-----

Proizvodnja biogoriv s torefikacijo biomase Biofuels production using biomass torrefaction Julijan Jan SALAMUNIČ, Zdravko PRAUNSEIS, Darko GORIČANEC in Danijela URBANCL	263
--	-----

Daljinsko zaznavanje odziva posevkov koruze na sušo Remote sensing of drought response of field grown maize Urša PEČAN, Klemen ELER, Marina PINTAR, Jernej ŠIJANEC, Matjaž GLAVAN, Damijana KASTELEC, Žiga KOKALJ in Dominik VODNIK	269
---	-----

Potencial modeliranja procesov v tleh za trajnostno rastlinsko pridelavo - primer jablane na Krškem polju Potential of soil processes modelling for sustainable plant production - a case study of apple orchard on Krško polje Miha CURK, Matjaž GLAVAN, Damijana KASTELEC, Špela ŽELEZNIKAR in Marina PINTAR	275
--	-----

Trajnostna proizvodnja biooglja in njegova uporaba za izboljšanje tal – perspektiva za slovensko kmetijstvo? Sustainable biochar production and its use for soil improvement – a perspective for Slovenian agriculture? Rok MIHELIČ, Dušan KLINAR, Nataša BELŠAK ŠEL, Klavdija RIŽNAR, Matic GROJZDEK, Barbara NOVOSEL, Vid ŽITKO IN Janvit GOLOB	282
---	-----

The roller-crimper method: regenerative organic no-till from a practitioners' perspective

Alfred GRAND¹, Benedikt BLANKENHORN², Andreas SURBÖCK³ in Gabriele GOLLNER⁴

Abstract

In this field trial, two different organic soybean production methods were compared. Reduced tillage intensity and tillage depth, including mechanical weed management is the standard method. The second method is conservation agriculture, no-till method including a cover-crop, which is rolled down and used as mulch for the cash crop. The production system is called the roller-crimper method and has been developed by Rodale Institute in Pennsylvania, USA. The field trial was conducted at GRAND FARM for Research and Demonstration in Austria with the purpose to understand what is needed to adapt the method to the conditions at the farm (e.g. climate, precipitation, soil, crop rotation, mechanization). The following key advantages can be considered with the roller crimper method: reduced machinery, fossil energy and labor required (2 instead of 8-9 field passes), potential carbon sequestration. Better soil-structure and soil-aggregate stability enables higher water infiltration rate. Soil protection through mulch (erosion) and less unproductive evaporation which leads to higher soil moisture near surface, supports organisms in and above soil (food and habitat), increases biodiversity and reduce soil temperature in summer. Even if the yield in the roller-crimper treatment was lower, the reduced workload compensated for the yield loss and resulted in the same cross margin.

Key words: organic farming, no-till, carbon sequestration, soil erosion, climate change

Postopek neposredne setve v povaljan in nalomljen predposevek: regenerativno ekološko kmetijstvo z vidika praktikov

Izvleček

V tem poljskem poskusu smo primerjali dva različna načina ekološke proizvodnje soje. Standardna metoda je zmanjšana intenzivnost in globina obdelave tal, vključno z mehanskim zatiranjem plevelov. Druga metoda je ohranitveno kmetijstvo, metoda no-till, vključno s pokrovnim posevkom, ki se povalja s posebnim letvenim valjarjem (crimper roller) in uporabi kot zastirko za glavni posevek. Proizvodni sistem z valjanjem predposevka je razvil Rodale Institute v Pensilvaniji, ZDA. Poskus je bil izveden na GRAND kmetiji za raziskave in demonstracije v Avstriji, z namenom razumeti, kaj je potrebno za prilagoditev metode pogojem na kmetiji (npr. podnebje, padavine, tla, kolobarjenje, mehanizacija). Naslednje ključne prednosti se lahko upoštevajo pri metodi valjanja ter lomljenja stebel predposevka: zmanjšana potreba po strojih, fosilni energiji in delu (2 namesto 8-9 prehodov) ter potencialna sekvestracija ogljika. Boljša struktura tal in stabilnost talnih agregatov omogočata večjo infiltracijo vode. Zaščita tal z mulčenjem zmanjša erozijo in neproduktivno izhlapevanje, kar vodi do večje vlažnosti tal blizu površine med poletjem, podpira organizme v tleh in nad njimi (s hrano in habitatom), povečuje biotsko raznovrstnost in zmanjšuje temperaturo tal. Tudi če je bil pridelek zrnja pri obdelavi z valjarjem manjši, je zmanjšana delovna in strojna obremenitev nadomestila finančno izgubo in ustvarila enak neto dobiček.

Ključne besede: ekološko kmetijstvo, no-till, sekvestracija ogljika, erozija tal, klimatske spremembe

¹ GRAND FARM, Kremserstr. 63, A-3462 Absdorf, e-mail: alfred@grandfarm.at

² University of Natural resources and Life Sciences, Vienna, Division of Organic Farming, Gregor Mendelstr. 33, A-1180 Wien, e-mail: benedikt.blankenhorn@gmail.com

³ Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Doblhoffgasse 7/10, A-1010 Wien, e-mail: andreas.surböeck@fibl.org

⁴ University of Natural resources and Life Sciences, Vienna, Division of Organic Farming, Gregor Mendelstr. 33, A-1180 Wien, e-mail: gabriele.gollner@boku.ac.at

1 INTRODUCTION

The organic no-till roller-crimper plant production method is named after its most significant process: an over-wintering cover-crop (most often rye, a mixture from rye and hairy vetch or pure hairy vetch) is rolled down as soon as the plants get into full anthesis stage and the stems of the plants are crimped (to stop sap flow). The idea behind is, to terminate the cover crop and create a mulch layer, which is fully covering the soil. At the same time, the seed of the cash crop (e.g. soybean) is incorporated into the soil, below the mulch layer. The mulch layer suppresses weeds, protects the soil and keeps it moist. Soybean seed can germinate and develop without pressure from annual weeds and the field stays relatively clean till harvest of soybeans.

Carbon sequestration in soil is not only an important way for farmers to adapt to climate change but is also considered a promising method to mitigate climate change.

The organic no-till, roller-crimper method is a technique which fulfils these requirements and provides an even wider range of additional benefits. Therefore, it is not only called sustainable, but even a regenerative production form. Organic arable farming is considered a sustainable production form, protecting the soil and enhancing different soil functions. Tillage is often used here as a method to manage nutrient mineralization and terminate cover crops as well as weeds. In contrast to benefits of not using herbicides, intensive tillage and mechanical weed management methods have a variety of disadvantages: loss of soil organic matter, risk of erosion, need for fossil fuel and labour, destabilization of soil-structure and -aggregates, unproductive evaporation, reduction of biodiversity and even the initiation of weed seed germination, which requires another mechanical tillage activity later on. Soil disturbance is also problematic for soil life, e.g. the symbiotic relationship between plants and mycorrhizal fungi, and therefore decreases communication and cooperation in water, nutrient and disease management. In conventional conservation agriculture, instead of tillage, non-selective pesticide (such as glyphosate) use is promoted, an agent, which probably will no longer be available in a few years for farmers in the European Union.

On the other side, a method, which is promising a wide range of different benefits like reduced energy consumption, mitigation and adaptation to climate change, higher biodiversity, increased soil health, increased water infiltration and others, is worth being investigated for further development. The possible disadvantages of the roller-crimper method are reduced yields compared to standard methods, competition for water between cash and cover crop, late seeding time for cash crop, lacking suppression of perennial weeds, mice and slug abundance and others. Part of the research activities in this project is to determine, if these disadvantages occur in an organic arable farming system in Eastern Austria.

2 MATERIAL AND METHODS

Research was conducted from October 2016 to October 2018 as part of an EIP-Agri operational group called BIOBO (Yield performance and soil organic matter built-up by reduced tillage and organic fertilization measures). The field belongs to the GRAND FARM for Research and Demonstration. The farm did not see a plough for the last 25 years and was converted to organic in 2006. It is cultivated under reduced tillage (usually not deeper than 5 cm). The farm is located in Absdorf (48.397941°N, 15.997762°E), in the eastern region of Austria and has a strong focus on research and demonstration, working with Universities and research institutes from Austria, but also on an international level (Rodale Institute from Pennsylvania, USA, Wageningen University, NL (Lighthouse Farming Network), EIP-Agri

and others). Typical crop rotation (typical yield) on the farm is two years of a Lucerne-clover mix, followed by winter wheat (4.5 t/ha), maize (8 t/ha), hemp (750 kg/ha), soybeans (2.5 t/ha), rye-Hungarian vetch mix (3 t/ha) and barley (2 t/ha) - lucerne-clover mix again. Whenever possible, a cover-crop protects the soil. Crop rotation and cover-crop management is the only fertility strategy. The soil is Chernozem, sandy loam, precipitation is in average 590 mm. Two treatments were compared, treatment A is the roller-crimper method, and treatment B is the standard, reduced tillage method. The treatments (6 x 50 m) were conducted in fourfold repetition. The trial started in the season 2016/2017 with seeding the cover-crop as a mixture of rye (*Secale cereale*) at 110 kg/ha and Hungarian vetch (*Vicia pannonica*) at 30 kg/ha on the 10th of October 2016, on both treatments. On the 23rd of April, the cover crop at treatment B was terminated through shallow (3 cm) cultivation with a Treffler Präzisionsgrubber TG 300 (Figure 2), which was repeated (5 cm deep) one week later. On the 9th of May 2017 soybean seeding was conducted at treatment B, including harrowing two times, and hoeing two times, which was performed later in the season followed by hand weeding. Soybean seeding at treatment A occurred concurrently with roller-crimping of the cover crop on the 24th of May 2017 (see Figure 1). Because the date for seeding was chosen too early, the regrowing cover-crop was mowed with a PTO-driven mower one week later. During the year 2017, soil analysis was performed for basic chemical analyses, bulk density, water infiltration, soil moisture (0-5 cm) and root penetration (through digging). Soybean corn yield and total biomass yield was taken at harvest in October 2017.



Figure 1: Rolling, crimping and seeding at once

3 RESULTS AND DISCUSSION

Soil chemical analysis (Table 1) showed no significant results between the two treatments. Because of the reduced tillage practice on the farm, SOM is relatively high in 0-10 cm depth.



Figure 2: Shallow cultivation (Treffler TG 300)

Table 1: Soil chemical analysis (June 2017)

Var.	Depth (cm)	pH	P _{CAL} (mg kg ⁻¹)	K _{CAL} (mg kg ⁻¹)	C _{org} (%)	SOM (%)	N _t (%)	C/N
A	0-10	7.6	45.0	203.3	1.7	3.0	0.2	10.5
	10-25	7.8	41.3	131.3	1.4	2.5	0.1	10.9
	25-50	7.9	9.5	54.3	1.3	2.3	0.1	12.1
B	0-10	7.6	42.3	203.3	1.8	3.1	0.2	10.9
	10-25	7.7	37.3	136.0	1.4	2.4	0.1	10.8
	25-50	7.9	8.0	59.3	1.3	2.2	0.1	13.5

*Within the soil chemical analysis there was no significant differences at $p < 0.05$.

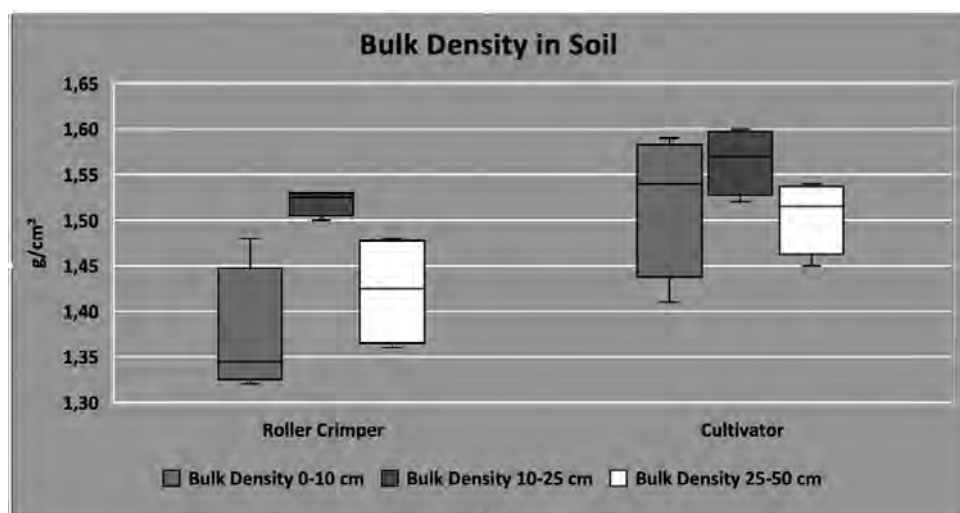


Figure 3: Bulk density (Blankenhorn et al. 2018)

The bulk density (June 2017) in 0-10 cm depth showed a difference between Roller Crimper and Cultivator, though the difference was not significant. The reason for this could be fewer tractor passes on the field in the Roller Crimper variant (see Figure 3).

The water infiltration rate was higher in the roller-crimper treatment (A) in May 2017 under the cover-crop, but in August 2017 in the soybean, the infiltration rate was the same between the two treatments (data not shown). The soil moisture level was recorded at a depth of 5 cm and clearly showed the ability of the mulch to prevent unproductive evaporation (Figure 4).

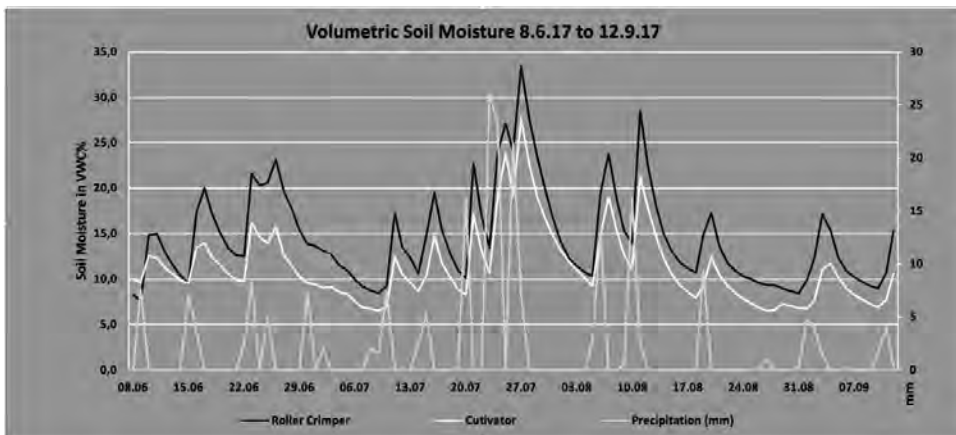


Figure 4: Soil moisture in 0-5 cm depth under var. A and var. B (Blankenhorn et al. 2018)

The productivity of the two different treatments did not show a significant difference in yield. In tendency, the roller-crimper method had lower yield, but the reduced input in labour, energy and machinery (Seiringer, 2017) compensated for the lower yield (Figure 5).

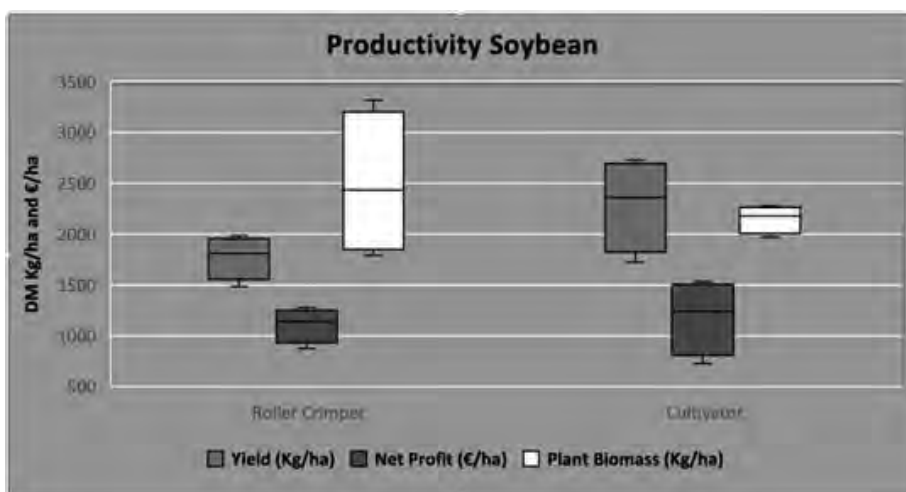


Figure 5: Productivity of soybean treatments (Blankenhorn et al. 2018)

The soybean plant development showed that the roller-crimper treatment plants were less developed over the whole year, which resulted in lower yields also. Plants in Var. A were smaller and leaves slightly brighter (Figure 6). The biomass amount from the cover-crop was less than ideal (did not cover the soil completely).



Figure 6: Soybeans and weed development in variant A (left side) and variant B (right side)

Still, variant B showed a range of, and significant number of, annual weeds (despite the 2 times harrowing, 2 times hoeing being performed), which had to be additionally hand weeded later on, otherwise the crop would have been overwhelmed by weeds during the vegetation period. On the left side, only some Hungarian vetch, which was left from poor termination through the roller-crimper, can be seen (no weeding in treatment A).

Successful implementation of the roller-crimper organic no-till production system needs a range of fundamental requirements. The basis is the biomass of the cover-crop. This has to be in a range of 7.000 kg to 10.000 kg dry biomass per hectare (Mirsky et al, 2011, Smith et al 2011). To reach these numbers, the seeding date as well as the seeding density have to be right (Moyer, 2011). In the year 2016, the cover crop seed arrived late on the farm, and the amount of seed was limited due to poor availability. Therefore, the recommended seeding date (beginning of September) and seeding density (200 kg of rye) were not realized. This resulted in a biomass, which was on the lower end of the range (Rye 5.738 kg ha⁻¹, Hungarian vetch 328 kg ha⁻¹). Also having an adverse impact, was the decision of the farmer to start the seeding of treatment A approximately 5 days too early, which resulted in regrowth of rye shoots, where the ears did not reach the anthesis stage at the time of rolling (Keene, et al 2017). The result of this decision was, that treatment A had to be mowed additionally, a process, which is normally not necessary. The technology used in the trial was not specialized for the roller-crimper method, but was the only available option. The roller-crimper itself and also the seeding equipment were less than ideal for working in the mulch (Curran et al, 2010). The roller-crimper did not have the appropriate weight and therefore cover-crop termination was not fully accomplished. The seed driller, a Väderstad Rapid disc seeder, did not properly close the seed rill, which resulted in less than optimal conditions for germination. Despite

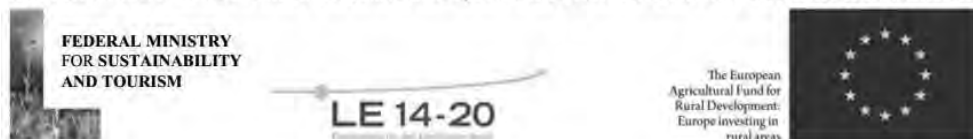
these disadvantages and the hot and dry weather (especially in spring), the results are quite promising.

4 CONCLUSIONS

Even if it is difficult to make conclusions after only one year of research results and three years of total experience with the organic no-till roller-crimper method, the data up to this point demonstrates that this method shows great potential for future organic conservation farming. There is no reason to limit the plant production system only to soybeans and maize (with Hungarian or hairy vetch as a cover-crop). Parallel small-scale trials with other legume species (pulses) have shown the potential of a sustainable and even regenerative alternative to pesticide application (for conventional farmers) or intensive mechanical weeding (for organic farmers). An interesting species to grow under the roller-crimper method is buckwheat, where one of the disadvantages (late seeding time for cash crop) does not play an important role, because buckwheat is quite frost sensitive and therefore has to be seeded not earlier than the second week of May, in Austria.

In conclusion, the roller crimper method poses a number of challenges which can be addressed by thorough future research and demonstration trials, such as, optimizing cover-crop varieties, seeding date and density, as well as modification and improvement of technical equipment. Still, if farmers can find a plant production system with similar profits to comparable systems and at the same time providing several benefits to the environment and climate, this system is worth increased efforts in research and demonstration.

SUPPORTED BY THE FEDERAL GOVERNMENT, FEDERAL PROVINCES AND THE EUROPEAN UNION



5 LITERATURE

- Blankenhorn, B., Gollner, G., Friedel, J.K. 2018. Rotational no-till vs. reduced soil tillage cultivation in organic soybean. 6th International Conference on Organic Agriculture Sciences ICOAS, 7-9th November, Eisenstadt, Austria.
- Curran, W., Ryan, M., Mirsky, S. 2010. Cover Crop Rollers for Northeastern Grain Production. In Pennsylvania State University.
- Keene, C. L., Currana, W. S., Wallacea, J. M., Ryanb, M. R., Mirskyc, S. B., VanGesseld, M. J., Barberchecke M. E. 2017. Cover Crop Termination Timing is Critical in Organic Rotational No-Till Systems. *Agronomy Journal* 109, 1: 272-282.
- Mirsky, S. B. Curran, W., Mortenseny, D., Ryany, M, Shumway, D. 2011. Timing of Cover-Crop Management Effects on Weed Suppression in No-Till Planted Soybean using a Roller-Crimper. *Weed sci.* 59, 03: 380-389.
- Moyer, J. 2011. Organic no-till farming. Advancing no-till agriculture--crops, soils, equipment. Austin, Tex.: Acres U.S.A.
- Seiringer M. 2017. EIP-Projekt BIOBO: Wissenschaftliche Einbettung der Versuche und ökonomische Analyse der Bodenbearbeitungssysteme. Bachelor Thesis. University of Natural Resources and Life Sciences at Vienna, Vienna Austria. Division of Organic Farming.
- Smith, A., Reberg-Horton, S., Place, G., Meijer, A., Arellano, C., Mueller, J. 2011. Rolled Rye Mulch for Weed Suppression in Organic No-Tillage Soybeans. *Weed sci.* 59 02: 224-231.

Ohranitvena obdelava tal v ekološkem kmetijstvu in njen vpliv na kakovost tal

Rok MIHELIC⁵ in Marjetka SUHADOLC⁶

Izveček

Učinke ohranitvene obdelave tal na kakovost tal smo preučevali v dolgoletnem poljskem poskusu v Moškanjcih, ki se izvaja od leta 1999 in je bil v letu 2014 preusmerjen iz konvencionalnega v ekološki sistem pridelave. Dolgoletna ohranitvena (minimalna) obdelava tal (MT) z zmanjšanjem mehanskih posegov v tla in s puščanjem rastlinskih ostankov na površini v zgornjih 10 cm tal je povzročila stratifikacijo talne organske snovi in hranil z največjimi vsebnostmi v zgornjem površinskem sloju tal. Pri konvencionalni obdelavi z oranjem (CT) so snovi porazdeljene enakomerno do globine oranja. Vsebnost organske snovi in več drugih talnih lastnosti (obstojnost strukturnih agregatov in sposobnost tal za zadrževanje vode) so se v zgornji plasti tal (0-10 cm) izboljšale v MT v primerjavi s CT. Količina mikrobne biomase je bila prav tako značilno večja v površinskem sloju MT. Rezultati nakazujejo povečanje mikrobne biomase po prehodu v ekološko kmetijstvo v obeh sistemih obdelovanja tal. Primerjava dveh sistemov obdelave tal je pokazala, da so pridelki v splošnem podobni v obeh obdelovalnih sistemih, z manjšimi razlikami med kulturami in leti. Dokazano izboljšanje kakovosti tal v MT tako podpira vpeljevanje ohranitvene obdelave tal v konvencionalne in ekološke kmetijske sisteme kot možen omilitveni ukrep proti eroziji, suši in izgubam hranil.

Glavne besede: ohranitveno kmetijstvo, minimalna obdelava, organska snov tal, struktura tal, mikrobna biomasa

Effects of conservation soil management in organic agriculture on soil quality

Abstract

Effects of conservation soil management on soil quality were studied in the long term field experiment in Moškanjci, Slovenia, which was established in 1999 and shifted from conventional to organic farming in 2014. Long term conservation (minimum) tillage (MT), with reduced soil disturbances and improved residue management, resulted in stratification of soil organic carbon and nutrients with the highest concentrations in the very topsoil, as opposed to conventional tillage with mouldboard ploughing (CT), which maintained rather uniform distribution down to the ploughing depth. Soil organic matter content and several other soil properties, such as aggregate stability and water holding capacity, were improved in the upper soil layer of MT (0-10 cm) in comparison to CT. Microbial biomass was also significantly higher in the topsoil of MT than CT. Furthermore our results indicate an increase of microbial biomass after transition to organic agriculture in both tillage systems. Plant productivity, as an ultimate measure of soil fertility, was generally similar in both soil management systems, with smaller differences between cultures and years. Thus, observed improvement of soil quality under MT supports introduction of conservation soil management into both organic and conventional agricultural systems as potential measure against erosion, drought, and nutrient losses.

Key words: conservation agriculture, reduced tillage, soil organic matter, soil structure, microbial biomass

1 UVOD

Sistemi ekološkega kmetovanja so odvisni od naravnega kroženja elementov in od obtoka hranil na kmetiji oz. obtoka med kmetijstvom in ostalo družbo. Ekološko kmetijstvo temelji pretežno na organskih gnojilih. Sproščena hranila so po mineralizaciji organske snovi dostopna rastlinam, del njih pa se istočasno lahko tudi izgubi v okolje. Ekološko kmetijstvo je

⁵ Doc. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: rok.mihelič@bf.uni-lj.si

⁶ Izr. prof., isti naslov, e-pošta: marjetka.suhadolc@bf.uni-lj.si

s stališča biotske pestrosti, kakovosti tal in erozije tal okolju prijaznejše v primerjavi s konvencionalnim, vendar so pridelki praviloma manjši (Bengtsson in sod., 2005; Gattinger in sod., 2012; Mäder in sod., 2002; Seufert in sod., 2012). Izboljšanje produktivnosti sistemov ekološkega kmetovanja je zato glavna naloga za razvoj bolj trajnostne pridelave hrane, krme in vlaken na eni strani ter varovanje proizvodnih zmogljivosti za prihodnje generacije po drugi. Ekološko kmetijstvo prav tako ni imuno na težave povezane z degradacijo tal. Mnogi sistemi ekološkega kmetijstva, posebno v razvitem svetu, namreč intenzivno obdelujejo tla predvsem zaradi zatiranja plevelov in zadelovanja organskih gnojil (Bårberi, 2006). Posledično sta tudi energetska učinkovitost in ogljični odtis pri ekološkem kmetijstvu lahko slabša zaradi povečane intenzivnosti obdelave (Searchinger in sod., 2018). Medtem ko je v konvencionalnih kmetijskih sistemih uporaba fitofarmacevtskih sredstev in mineralnih gnojil omogočila razvoj sistemov brez obdelave tal (eden od stebrov ohranitvenega kmetijstva), jih ekološki kmetje težje privzamejo. Obdelava tal v sistemih ekološkega kmetovanja je namreč bistven ukrep za zmanjšanje pritiskov plevelov in sprožitev razgradnje organskih ostankov ter mineralizacije dušika, kar pojasnjuje nepripravljenost ekoloških kmetov, da opustijo oranje.

Ohranitveno kmetijstvo (angl. *Conservation agriculture*) je način kmetovanja, ki v največji meri zmanjšuje negativne vplive intenzivnega kmetijstva na rodovitnost tal in okolje. Koncept ohranitvenega kmetijstva zagovarja tri tehnološke stebre za ohranitev in izboljšanje kakovosti tal kot temelje trajnostne kmetijske pridelave tal (<http://www.fao.org/3/a-i6169e.pdf>):

1. nič ali minimalni mehanski posegi v tla (ohranitvena obdelava tal);
2. stalna pokritost tal s poljščinami ali dosevki in/ali rastlinskimi ostanki; minimalna pokritost tal 30 %, tudi neposredno po setvi.
3. pester kolobar, s čim več rastlinskimi vrstami.

Ob upoštevanju načel ohranitvenega kmetijstva odmirajoča organska masa na površini in v zgornjem sloju tal ohranja in izboljšuje strukturo tal, zagotavlja preživetje organizmov v tleh in je vir hranil glavnim in vmesnim posevkom. Z večanjem deleža organske snovi v zgornjem sloju tal se poveča tudi njihova biološka aktivnost. Namesto intenzivnega mehanskega obdelovanja talna mikrobiota, korenine rastlin in živalstvo v tleh prevzamejo nalogo rahljanja in uravnoveženja hranil v tleh.

Ohranitveno kmetijstvo se v Sloveniji šele uveljavlja, zato je tudi eksperimentalnih podatkov malo. V nadaljevanju predstavljamo nekatere rezultate dolgoletnega poljskega poskusa v Moškanjcih, kjer že 18 let poteka ohranitvena obdelava v primerjavi s konvencionalno obdelavo tal z oranjem, in ki je trenutno že peto leto v ekološki pridelavi.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Raziskovalno polje v Moškanjcih

Raziskovalno polje se nahaja v subpanonskem delu Slovenije, na Ptujskem polju. Primerjava ohranitvene (minimalne) obdelave (MT) in konvencionalnega oranja (CT) poteka že od leta 1999. V letu 2015 smo poskus iz konvencionalnega preusmerili v ekološki sistem pridelave. Kot trajni poljski poskus za ekološko kmetijstvo je vključen v mednarodno COST akcijo NetLeaf.

Pri ohranitvenem načinu (minimalna obdelava) smo tla obdelovali le v zgornjem sloju tal do 10 cm globoko, s 4-vrstno vlečeno krožno brano znamke Senner Vario Disc (Evers Agro, Nizozemska), pri čemer je na površini tal ostalo precej enakomerno razporejenih rastlinskih ostankov (vsaj 30 % površine tal je bilo vedno prekrite z ostanki). V konvencionalnem načinu

smo tla orali s plugom od 20 do 25 cm globoko, pri čemer so bili vsi rastlinski ostanki in pleveli zaorani.

2.1.1 Talne lastnosti

Tla na poskusnem polju so evtrična rjava tla na peščeno prodnatih nanosih Drave (Skeletic, Eutric Cambisol), z visoko vsebnostjo skeleta in ilovnato teksturo (pregl. 1). Tla so zaradi plitvosti in skeletnosti podvržena poletni suši. Osušena tla imajo velik mehanski upor.

Preglednica 1: Lastnosti tal pedološkega profila na poskusu »Rašica« v Moškanjcih (Kmetija Majerič). Opis profila z analizami po horizontih smo izvedli novembra leta 2011.

Horizont	Ap	A2	Bv
Globina (cm)	0 - 20	20 - 28	28 - 60
Pesek (%)	31,5	31,8	32,4
Melj (%)	48,2	47,4	41,6
Glina (%)	20,3	20,8	26,0
Tekstura	I	I	I
pH (CaCl ₂)	6,1	6,4	6,5
AL-P ₂ O ₅ (mg/100 g)	36	20	7,5
AL-K ₂ O (mg/100 g)	30	25	20

2.2 Analitske metode

Vsebnost organske snovi tal (Corg) in skupnega dušika (TN) smo določali s suho oksidacijo (ISO 10694 1996; ISO 13878 1987) (Elementar vario MAX instrument, Germany). Za določanje obstojnosti strukturnih agregatov smo uporabili metodo mokrega sejanja (Eijkkelkamp, Netherlands; Kemper in Rosenau, 1986). Vodno zadrževalne lastnosti tal smo določili v skladu s standardom ISO 11274 (1998). Mikrobno biomaso smo določili s fumigacijsko-ekstrakcijsko metodo (DIN ISO 14240-2: 1999-10).

3 UČINKI OHRANITVENE OBDELAVE NA KAKOVOST TAL

Primerjava dveh sistemov obdelave tal je pokazala, da so pridelki ohranitvene obdelave podobni kot pri konvencionalni obdelavi tal, z manjšimi razlikami med kulturami in leti (pregl. 2). V dolgoletnem povprečju od začetka poskusa so pri MT pridelki manjši za približno 5 % (zračno suho zrnje), vendar razlika ni statistično značilna. V posameznih letih (2015) lahko pri MT pridelamo celo več, ko so bili pridelki ječmena za ekološko kmetijstvo dobri (MT 3870 kg/ha; CT 3540 kg/ha).

V ekološkem poljedelstvu predstavljajo velik problem pleveli, predvsem termofilni, ki povzročajo še posebej hudo konkurenco kulturnim rastlinam po drugi polovici junija, ko je mehansko zatiranje oteženo, saj kulturne rastline že prerastejo medvrstni prostor. Tako smo leta 2016 imeli popoln »izpad« pridelka soje, ker nam jo je prerastel plevel, med drugim tudi ajda, ki smo jo prejšnje leto posejali kot poletni dosevek za podor po žetvi ječmena. Ker zatiranje plevelov v ekološkem kmetijstvu v ohranitveni obdelavi predstavlja velik izziv, raziskavo na poskusnem polju v prihodnje razširjamo na bolj poglobljeno preučevanje ekologije plevelov. V ta namen smo pridobili tudi raziskovalni projekt EcoFar (ARRS-L4-9315: »Varnost preskrbe s hrano in blažitev podnebnih sprememb z razvojem ekološkega

kmetijstva - ohranitvena obdelava tal, bioefektorji in trajnostno upravljanje s pleveli»), s katerim nadaljujemo zastavljene raziskave.

Preglednica 2: Pridelki (zračno suho zrnje ali »biološki« sladkor pri pesi) v dolgoletnem poskusu »Rašica« v Moškanjcih (Kmetija Majerič). Prikazana so povprečja in standardni odkloni štirih ponovitev ohranitvene (MT) in konvencionalne obdelave s plugom (CT).

Leto	Poljščina	MT (t ha ⁻¹)		CT (t ha ⁻¹)	
		Pridelek	st. odklon	Pridelek	st. odklon
2000	Ozimna pšenica	6,50	± 0,6	7,80	± 0,3
2001	Ozimni ječmen	5,00	± 0,5	6,30	± 0,1
2002	Koruza	7,90	± 0,4	10,1	± 0,5
2003	Koruza	2,90	± 0,1	2,20	± 0,3
2004	Sladkorna pesa	15,6	± 1,8	15,2	± 1,4
2005	Ozimna pšenica	5,00	± 0,3	5,29	± 0,1
2006	Koruza	7,98	± 0,2	8,20	± 0,2
2010	Oljna ogrščica	4,35	± 0,0	3,58	± 0,1
2011	Koruza	7,38	± 0,4	7,57	± 0,5
2012	Sončnice	1,60	± 0,0	1,60	± 0,0
2013	Ozimna rž	4,70	± 0,2	5,40	± 0,3
2014	Deteljno-travna mešanica	prehod v eko-kmetijstvo; pridelek zadelan v tla			
2015	Ozimni ječmen	3,87	± 0,5	3,54	± 0,2
2016	Soja	pridelek ni bil tehtan zaradi velike zapleveljenosti			
2017	Ozimna rž	2,88	± 0,1	3,09	± 0,5

V letih 2007-2009 pridelka nismo merili.

Od leta 2014 je poskus vođen v skladu s smernicami za ekološko kmetijstvo.

3.1 Organska snov tal

V tleh, kjer se uporablja ohranitvena obdelava, se vsi vnosi snovi kopičijo v zgornji plasti tal (0–10 cm) in tako mešajo v 2,5-krat manjši volumen tal kot pri oranju. Posledično pride do razlik v razporeditvi organskega ogljika v tleh. Na raziskovalnem polju v Moškanjcih so se statistično značilne razlike med obdelavama v vertikalni razporeditvi vsebnosti organskega ogljika (Corg) pokazale šele po desetletju različne obdelave. V zgornjem sloju ohranitvene obdelave (0-10 cm) je bila vsebnost Corg (1,60 % leta 2011; 1,83 % leta 2017) večja kot pri konvencionalni obdelavi z oranjem (1,45 % leta 2011; 1,40 % leta 2017), v sloju 10-20 cm pa je bila vsebnost Corg pri obeh obdelavah enaka oz. pri MT neznatno manjša kot pri CT (pregl. 3). Posledično se skupna zaloga organske snovi (vsebnost Corg) v celotnem profilu tal (0-60 cm) med obdelavama ne razlikuje. Podobno kot pri Corg, prihaja tudi do vertikalne prerazporeditve hranil, ki se kopičijo predvsem v zgornjih 10 cm ohranitvene obdelave.

3.2 Obstojnost strukturnih agregatov

Večja vsebnost organske snovi v zgornji plasti ohranitvene obdelave tal vpliva tudi na izboljšanje drugih kazalcev kakovosti tal kot so: obstojnost strukturnih agregatov, sposobnost zadrževanja vode in infiltracijo vode (Kaurin in sod., 2015). Obstojnost strukturnih agregatov v zgornji plasti tal je večja v tleh ohranitvene obdelave v primerjavi oranimi tlemi (pregl. 4). Vendar moramo poudariti, da je obstojnost agregatov spremenljiva lastnost, na katero poleg

obdelave tal, vplivajo še drugi dejavniki, kot na primer čas od zadnje obdelave in drugi tehnološki ukrepi, kolobar in vremenske razmere.

Preglednica 3: Vsebnost organskega ogljika (Corg) in skupnega dušika (TN) v različnih globinah tal dolgoletnega poskusa »Rašica« v Moškanjcih (Kmetija Majerič) v letih 2011 in 2017. Prikazana so povprečja in standardne napake štirih ponovitev ohranitvene (MT) in konvencionalne obdelave s plugom (CT). Različne črke predstavljajo statistično značilne razlike po Duncanu ($p < 0,05$).

Obravnavanje	Corg (%)				TN (%)			
	2011		2017		2011		2017	
MT 0-10	1,60 ±	0,07 a	1,83 ±	0,04 a	0,17 ±	0,01 a	0,17 ±	0,003 a
MT 10-20	1,33 ±	0,05 b	1,40 ±	0,05 b	0,14 ±	0,01 b	0,13 ±	0,005 b
MT 30-60	0,63 ±	0,01 c	0,74 ±	0,13 c	0,08 ±	0,01 c	0,07 ±	0,013 c
CT 0-10	1,45 ±	0,05 b	1,40 ±	0,05 b	0,16 ±	0,01 b	0,13 ±	0,006 b
CT 10-20	1,40 ±	0,04 b	1,45 ±	0,04 b	0,15 ±	0,01 b	0,13 ±	0,004 b
CT 30-60	0,68 ±	0,05 c	0,72 ±	0,06 c	0,09 ±	0,01 c	0,06 ±	0,006 c

Preglednica 4: Obstočnost dveh velikostnih frakcij strukturnih agregatov (v %) v zgornjih 10 cm tal v letu 2011 in 2017. Prikazana so povprečja in standardni odkloni štirih ponovitev ohranitvene (MT) in konvencionalne obdelave s plugom (CT).

Velikost strukturnih agregatov	% obstojnih strukturnih agregatov			
	1-2 mm	1-2 mm	2-4 mm	2-4 mm
	2011	2017	2011	2017
MT	81,88±4,47	83,39± 2,46	80,88± 6,08	76,84± 7,77
CT	64,88±9,76	69,44± 2,48	61,33±5,62	66,80± 6,24

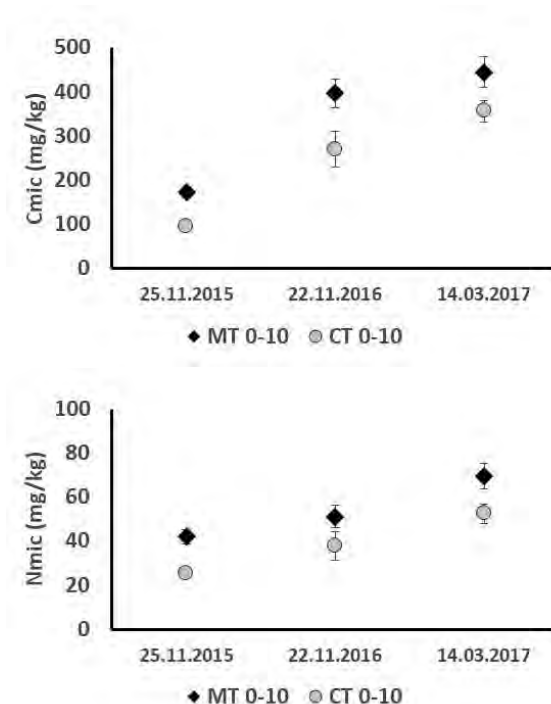
3.3 Mikrobna biomasa in številčnost mikrobnih združb

Prerazporeditev organske snovi v tleh je značilno vplivala tudi na talne mikrobne združbe. Od leta 2011 naprej beležimo večjo mikrobno biomaso ter številčnost bakterij, arhej in gliv, kot tudi združb, vključenih v transformacije N (nitrifikatorjev in denitrifikatorjev), v zgornji plasti tal (0–10 cm) pri ohranitveni obdelavi v primerjavi z oranjem (Kaurin in sod., 2015; Kaurin in sod., 2018).

V močno sušnih in vročih razmerah poleti 2013 smo ugotovili približno 2 % upad številčnosti vseh preučevanih združb za vsak 1 % zmanjšanja vsebnosti vode v tleh ter približno 10 % ob povišanju temperature za 1°C. Kljub temu je mikrobna združba po normalnih tritedenskih padavinah pri vseh obravnavanjih ponovno dosegla začetno velikost, kar kaže na dobro prilagojenost mikrobnih združb v Moškanjcih na sušo oziroma elastičnost ekosistema (Kaurin in sod., 2018). Ugotovili smo tudi, da je ohranitvena obdelava povečala biotsko pestrost in številčnost mikroorganizmov v zgornjem sloju tal ne glede na vremenske razmere.

Po prehodu v ekološko kmetijstvo se v obeh sistemih obdelave tal nakazuje povečanje mikrobne biomase (mikrobnega C), določenega s fumigacijsko-ekstrakcijsko metodo (DIN ISO 14240-2: 1999-10) (slika 1), vendarle je potrebno več meritev za potrditev te hipoteze.

Rezultate bi lahko pojasnili z večjimi vnosi C v talni ekosistem, predvsem z večjim vključevanjem dozevov v kolobar (stalno prekritostjo tal z živimi rastlinami) tako v ohranitveni obdelavi kot tudi v konvencionalni obdelavi z oranjem, ter tudi na primer z mulčenjem zapleveljenega posevka soje in njegovo zadelavo v tla leta 2015. Pri ohranitveni obdelavi so bile vsebnosti Cmic v zgornjem sloju tal (0–10 cm) praviloma večje kot v spodnjem sloju tal (10–20 cm). Na primer, novembra 2015 je bila vsebnost mikrobnega C (Cmic) 173 mg/kg v MT in 94 mg/kg v CT. Pri medsebojni primerjavi sistemov obdelave lahko ugotovimo, da je bilo tako mikrobnega C (Cmic) kot tudi dušika (Nmic) značilno več v ohranitveni obdelavi kot v konvencionalni obdelavi z oranjem (slika 1).



Slika 1: Vsebnost mikrobnega C (Cmic) in dušika (Nmic) v zgornjem sloju tal (0–10 cm) dolgoletnega poskusa »Rašica« v Moškanjcih (Kmetija Majerič). Prikazana so povprečja in standardne napake štirih ponovitev ohranitvene (MT) in konvencionalne obdelave s plugom (CT).

4 SKLEPI

Ohranitvena obdelava je kot sestavni del sistema ohranitvenega kmetijstva v dolgoletnem poskusu v Moškanjcih povzročila vertikalno razslojenost tal in pomembno izboljšala kakovost površinskega sloja tal. V zgornjih 10-ih cm so se značilno izboljšale fizikalne (boljša strukturna obstojnost, boljša infiltracija in sposobnost zadrževanja vode), kemijske (večja vsebnost organske snovi in hranil) in biološke lastnosti tal (večja mikroba biomasa ter njena pestrost). Pomembna ugotovitev je, da pridelki pri ohranitveni obdelavi niso manjši. Tudi ekološko kmetijstvo mora zmanjšati obremenjevanje tal z mehanskimi posegi, če želi biti resnično trajnostno. Prvi rezultati po preusmeritvi iz konvencionalnega v ekološki sistem

pridelave kažejo, da se v obeh sistemih obdelave tal nakazuje povečanje mikrobne biomase. Na ekološki način je po sistemu MT tudi brez herbicidov (in mineralnih gnojil) možno uspešno pridelovati ozimna žita, medtem ko so pri pridelavi okopavin (npr. soje) težave z obvladovanjem plevelov, če ne zasujemo pravilnega kolobarja in uporabljamo orodij za mehansko zatiranje plevelov v tleh s prekrivko iz rastlinskih ostankov. Za uspešen prehod iz sedanjega ekološkega v novi sistem ekološko-ohranitvenega kmetijstva, ki bo resnično varoval tla, potrebujemo nova tehnološka znanja, orodja in stroje.

Zahvala. Avtorja se zahvaljujeta gospodu Branku Majeriču za dolgoletno sodelovanje in vso podporo pri izvajanju poskusov. Zahvaljujeva se tudi sodelavcem (dr. Aneli Kaurin, Svetlani Gogić, Viliju Šijancu) in študentom (Jerneju Lončarju, Matevžu Baškovču), ki so prispevali k rezultatom prispevka. Zahvala financirjem projektov: EcoFINDERS (EU, FP7-264465), FertilCrop (CORE Organic Plus Funding Bodies), EcoFAR (ARRS- L4-9315), ter programski skupini P4-0085.

5 LITERATURA

- Bårberi P., 2006. Special topic 4. Tillage: how bad is it in organic agriculture? In: Kristiansen P, Taji A, Collingwood RJ (eds) Organic agriculture. A global perspective. CSIRO Publishing/ CABI Publishing, (AU)/Wallingford (UK), pp. 295–303.
- Bengtsson, J., Ahnström, J., Weibull, A.-C. (2005): The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42, 261-269.
- DIN ISO 14240-2: 1999-10. Soil quality - Determination of soil microbial biomass - Part 2: Fumigation-extraction method.
- Gottinger, A., Muller, A., Haeni, M., Skinner, C., Fließbach, A., Buchmann, N., Mäder, P., Stolze, M., Smith, P., Scialabba, N.E.-H., Niggli, U. (2012): Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109, 18226-18231.
- ISO 10694 (1996) Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- ISO 11277 (2009) Determination of particle size distribution in mineral soil material-method by sieving and sedimentation. International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- Kaurin, A., Mihelič, R., Kastelec, D., Schlöter, M., Suhadolc, M., Grčman, H., 2015. Consequences of minimum soil tillage on abiotic soil properties and composition of microbial communities in a shallow Cambisol originated from fluvioglacial deposits. *Biol. Fertil. Soils*, 1-11.
- 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 and Biochemistry* 120, 233-245.
- Kemper WD, Rosenau RC (1986) Aggregate stability and size distribution. In: Klute A (Ed) *Methods of soil analysis, part 1. Physical and mineralogical methods*, 2nd edn. ASA and SSSA, Madison, WI, pp 425-442
- Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U. (2002): Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296, 1694-1697.
- Peigné J in sod., 2016. How organic farmers practice conservation agriculture in Europe. *Renewable Agriculture and Food Systems* 31(1):72–85.
- Seufert, V., Ramankutty, N., Foley, J.A. (2012): Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485, 229-232.
- Searchinger, T. D., Wiersenius, S., Beringer, T., Dumas, P. 2018. Assessing the efficiency of changes in land use for mitigating climate change. *Nature* 564, 249-253.

Pojavnost plevelov in njihova talna semenska banka v kombinaciji ekološkega poljedelstva in ohranitvene obdelave tal

Klemen ELER⁷, Anja VANCO⁸ in Rok MIHELIC⁹

Izvleček

Če na isti poljedelski površini kombiniramo ekološko pridelavo ter ohranitveno obdelavo tal (OOT), lahko pričakujemo povečano zapleveljenost. V tej raziskavi smo leta 2017 na trajnem poljskem poskusu v ekološki pridelavi v Moškanjcih (SV Slovenija), preverili vplive različne obdelave tal (orano proti OOT) in vplive vrste posevka na zapleveljenost in številčnost talne semenske banke plevelov. Ovrednotili smo tudi vrstno sestavo plevelne vegetacije in talnih semenskih bank. Na nekaterih parcelah smo ugotovili zelo veliko zapleveljenost. Kaže se velik vpliv poljščine; v koruzi in soji v OOT je največja povprečna pokrovnost plevelov znašala 87,8 %, v ozimni rži pa manj kot 40 %. Zaloga semen v zgornjih 10 cm tal na parcelah s sojo in koruzo je znašala v povprečju 24.980 m⁻², z ozimno ržo pa 5.900 m⁻². Razlike so bile tudi med načinoma obdelave tal. Na OOT je povprečna pokrovnost v rži pred žetvijo znašala 43 %, semen v tleh pa je bilo v povprečju 8.770 m⁻², v primeru oranja je bila povprečna pokrovnost 20 %, povprečno število semen pa le 3.040 m⁻². Na vrstno sestavo plevelne združbe in talne semenske banke je imelo vrstenje poljščin izrazitejši vpliv kot obdelava tal. Najpogostejše vrste v talni semenski banki pri OOT so bili termofilni pleveli, na parcelah z oranjem pa prezimne enoletnice. Rezultati nakazujejo na potrebo po skrbnem zatiranju in preprečevanju semenenja plevelov v ekološki pridelavi.

Ključne besede: ekološko kmetijstvo, plevelne vrste, zatiranje plevelov, plevelna vegetacija

The combination of organic crop production and conservation tillage – weeds and their soil seed bank

Abstract

If organic farming and conservation soil tillage (CST) are combined within the same field increased weed problematics can be expected. In this research, performed in 2017 on a permanent field experiment in organic production in Moškanjci (SV Slovenia), we examined the effects of soil treatment (mouldboard ploughing vs. CST) and the effects of crop species on weed cover and the abundance of weed soil seed bank. We also evaluated the species composition of weed vegetation and soil seed banks. Some treatments were found to be highly weed infested. Significant effects of crop species were found; in maize and soybean in CST, the largest average weed cover was 87.8% whereas in winter rye in CST it was below 40%. Seed number in top 10 cm of soil in soybean and maize plots was on average 24,980 m⁻² and 5,900 m⁻² in winter rye. In the case of CST, the average weed cover in rye before harvest was 43%, while seed number was 8,770 m⁻². In ploughed plots the average coverage was 20% and seed number only 3,040 m⁻². Compared to soil tillage the crop species also had a more pronounced effect on the species composition of weed communities and the composition of soil seed banks. The most abundant weed species in the soil seed bank in CST were the thermophilic weeds, whereas in ploughed treatment winter annuals were the dominant. The results indicate the need for careful weed suppression and prevention of weed seed production in organic arable production.

Key words: organic farming, weed species, weed suppression, weed vegetation

⁷ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: klemen.eler@bf.uni-lj.si

⁸ Študentka MSc Agronomija, isti naslov, e-pošta: anja.vanco@gmail.com

⁹ Doc. dr., isti naslov, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Med vsemi nezaželenimi organizmi v poljedelstvu povzročajo pleveli potencialno največje izgube pridelkov. Globalno gledano so potencialne izgube zaradi plevelov okrog 35 %, kar je skoraj toliko, kot so skupne potencialne izgube zaradi glivičnih in bakterijskih bolezni (15 %), škodljivcev (18 %) in virusov (3 %) (Oerke, 2006). Razlika med potencialnimi in dejanskimi izgubami je pri plevelih najmanjša, saj v konvencionalnem kmetijstvu zapleveljenost v večji meri kontroliramo z obdelavo tal (oranjem), uporabo herbicidov in mehanskim zatiranjem. Na podlagi podatkov med leti 2001 in 2003 so dejanske izgube zaradi plevelov v povprečju pod 10 %; od glavnih poljščin so največje v koruzi in rižu, nekoliko manjše pa v soji (z genskim inženiringom vnesena toleranca na glifosat) in pšenici (Oerke, 2006).

V ekološkem kmetijstvu (EK) raba sintetičnih herbicidov ni dovoljena, zaradi česar se morajo pridelovalci osredotočiti na mehansko zatiranje plevelov in njihovo omejevanje s krepitvijo konkurenčne sposobnosti poljščin. Vse to zahteva precej znanja in dodatnih finančnih vložkov, zaradi česar se pleveli v EK pogosto namnožijo in predstavljajo enega večjih problemov takega načina kmetovanja (Barberi, 2002; Peigné in sod., 2007). V EK je veliko bolj kot v konvencionalnem kmetijstvu potrebno celostno upravljanje s pleveli, kjer se mehansko zatiranje kombinira s preventivnimi in agrotehničnimi ukrepi za zmanjšanje vznika plevelov (npr. z ustrezno izbiro zaporedja posevkov v kolobarju, obdelavo tal, prekrivnimi posevki in dosevkji) in povečevanjem konkurenčnosti kmetijskih rastlin (Melandar and Rasmussen, 2000).

Obdelava tal z oranjem je eden pomembnejših ukrepov, ki zmanjšuje zapleveljenost tal, saj zmanjša številčnost semen na površini tal (Chauhan in sod., 2012). V sistemih zmanjšane obdelave se pogosto opaža precej večje gostote plevelov in večje talne semenske banke, ki so posebej velike na površini tal, kjer so pleveli zmožni kalitve (Buhler in sod., 1994; Santín-Montanyá in sod., 2016; Weber in sod., 2017). Je pa globina tal, iz katere semena plevelov lahko kalijo (*recruitment depth*), v zmanjšani obdelavi manjša zaradi večje zbitosti tal (Chauhan in sod., 2006). Na pojavnost plevelov vplivajo tudi drugi dejavniki, kot so tip tal, kolobar, plevelna vrsta in populacije predatorjev semen (Cardina in sod., 1991; Chauhan in sod., 2012). Tako je kljub večjim številom semen na površini tal v sistemih brez oranja tal ugotovljeno relativno večje propadanje semen zaradi izpostavljenosti glivam, predatorjem in abiotiskim dejavnikom v primerjavi z globalnimi plastmi tal, kjer so semena pred temi vplivi boljše zaščitena (Baraibar in sod., 2009).

V tej raziskavi smo vrednotili stanje plevelne vegetacije in velikost ter sestavo talne semenske banke na poskusnem polju, kjer se primerjata dva načina obdelave tal (orano in ohranitvena obdelava tal) in kjer je prišlo do preusmeritve iz konvencionalne v ekološko pridelavo. Naša hipoteza je, da bo obdelava tal značilno vplivala na plevelno vegetacijo (sestavo in številčnost) ter na talno semensko banko vrhnje plasti tal.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Poljski poskus

Raziskavo smo v letu 2017 izvedli na dolgoročnem poljskem poskusu s štirimi poskusnimi parcelami oz. obravnavanji v Moškanjcih pri Ptuj, kjer se proučuje učinke dveh različnih načinov obdelave tal in učinke poljščine na agroekosistem. V poskusu so štiri parcele dimenzij 80 m x 12 m): (1) TM (orano), (2) NM I (ohranitvena obdelava), (3) NM II (ohranitvena obdelava) in (4) NM III (ohranitvena obdelava). Parceli TM in NM I sta v posameznem letu

posejani z isto kulturo, na NM II in NM III pa je v posameznem letu poljščina druga (glej preglednico 1). Nadaljnje podrobnosti o poskusu in pedoklimatskih razmerah so v viru Kaurin in sod. (2015), zaporedje poljščin v zadnjih letih je prikazano v preglednici 1. V letu 2014 je bila pridelava v poskusu preusmerjena iz konvencionalne v ekološko.

Preglednica 1: Poskusne parcele poskusa v Moškanjcih in vrstenje poljščin v zadnjih letih na teh parcelah

Leto	Parcela	TM	NM I	NM II	NM III
	Obdelava tal	orano	ohr. obdelava	ohr. obdelava	ohr. obdelava
2015		ozimni ječmen	ozimni ječmen	soja	pšenica
2016		soja	soja	pšenica	koruza
2017		ozimna rž	ozimna rž	koruza	soja

2.2 Popisi plevelne vegetacije

Vsako od štirih poskusnih parcel smo razdelili na deset podparcel (8 m x 12 m) in na vsaki parceli naključno izbrali šest podparcel, na katerih smo tekom celotne raziskave opravljali popise in vzorčenje talne semenske banke. Popise plevelne vegetacije smo opravili konec marca, konec junija, sredi avgusta in konec novembra 2017 in sicer tako, da smo vsaki ugotovljeni plevelni vrsti vsake podparcele pripisali vizualno oceno abundance po Braun-Blanquetovi šeststopenjski kombinirani lestvici. Vizualno smo ocenili tudi skupno pokrovnost plevelov, pokrovnost rastlinskih ostankov in pokrovnost poljščine. Rezultate popisa smo obdelali oz. prikazali na ordinacijskem diagramu, pridobljenem s korespondenčno analizo z odstranjenim trendom, podatke o skupni pokrovnosti plevelov pa na linijskem diagramu.

2.3 Ugotavljanje talne semenske banke

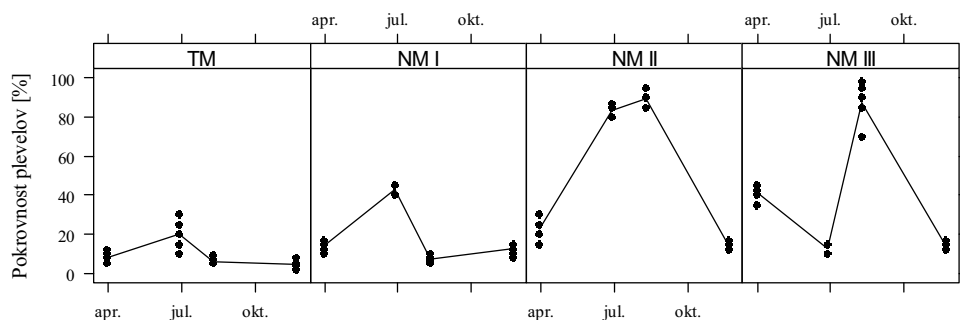
Talno semensko banko smo ugotavljali po metodi kalitve. Tla smo vzorčili na istih podparcelah, kjer smo popisovali vegetacijo. Na vsaki podparceli smo v treh transektih izvedli 8 sondiranj tal do globine 10 cm. Uporabili smo travniško sondo premera 2,3 cm. Skupna površina odvzetih talnih vzorcev za posamezno podparcelo je obsegala 99,7 cm². Tla smo vzorčili v dveh obdobjih – novembra 2016 in marca 2017. Skupaj je bilo v raziskavi 48 talnih vzorcev. Sveže jesenske vzorce smo preko zime skladiščili na prostem v temi, kjer je bila onemogočena kalitev.

Aprila 2017 smo posamezne talne vzorce razprostrli na debelino okrog 2 cm na plastične pladnje, ki smo jih postavili v neogrevan rastlinjak na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. Pod vzorčna tla smo dodali okrog 3 cm rastnega substrata Neuhaus Humin N1, da se tla niso prehitro izsuševala. Pladnje smo zalivali po potrebi. Kalitev plevelov iz tal smo spremljali periodično, pri čemer smo ugotovili vrsto plevela in prešteli kalice posamezne vrste. Preštete kalice smo populili, tla pa nekoliko premešali, da so lahko kalili tudi pleveli iz večjih globin. Kalitev in štetje smo nadaljevali do novembra 2017, dokler več kot 14 dni nismo opazili novih kalic.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Pokrovnost in sestava plevelne združbe

Skupno smo v štirih terminih popisovanja na obravnavanem poskusu ugotovili 67 plevelnih vrst. Večino so predstavljale za enoletne vrste, od trajnih plevelov sta bila bolj zastopana *Cirsium arvense* in *Rumex crispus*. Skozi leto se je plevelna združba po poskusnih parcelah različno spreminjala. Spomladi so na vseh parcelah prevladovala prezimne enoletnice (*Lamium purpureum*, *Veronica persica* in *V. hederifolia*, *Viola arvensis*, *Cerastium glomeratum* idr.), ki pa jih je bilo po pokrovnosti več na parcelah NM II in NM III. Parceli TM in NM I, ki sta bili posejani z isto poljščino (v letu 2017 ozimna rž), a različno obdelani pred setvijo, sta se razlikovali po skupni pokrovnosti plevelov. Značilno večja pokrovnost je bila na NM I ($p = 0,004$; slika 1) in sicer ob vseh terminih popisov razen avgusta. Največja razlika je bila pred žetvijo, ko je na NM I v povprečju pokrovnost plevelov dosegala 43,0 %, na TM pa 20,0 %. Nista pa se parceli razlikovali po sestavi plevelne združbe, kar se odraža v precejšnjem prekrivanju na ordinacijah na sliki 2. Obdelava tal se tudi v našem primeru podobno kot pri Weberju in sod. (2017) kaže za pomemben ukrep pri zatiranju plevelov.



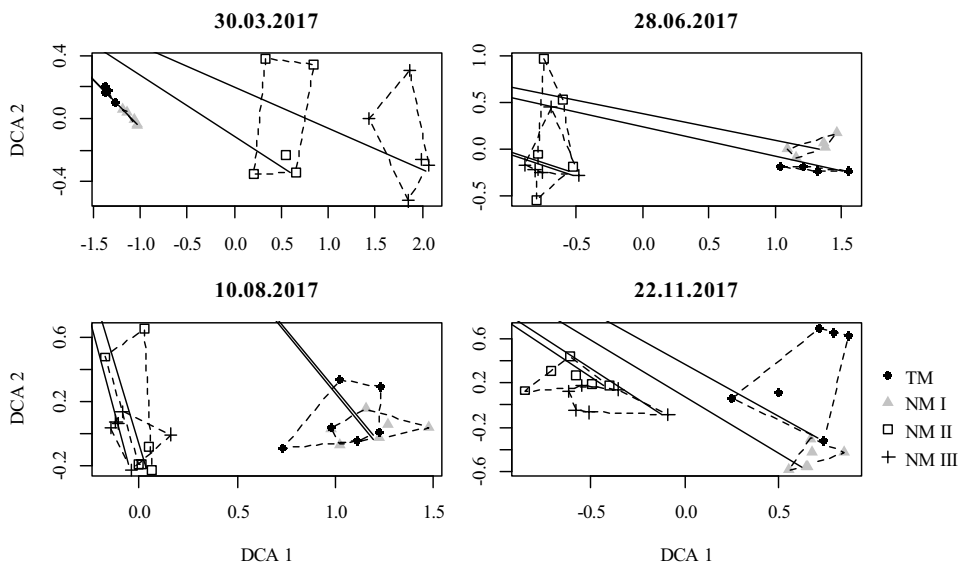
Slika 1: Skupna pokrovnost plevelov po datumih popisov in poskusnih parcelah.

Ugotovili smo tudi velik vpliv poljščine na zapleveljenost. V koruzi in soji v na NM II in NM III je največja povprečna pokrovnost plevelov znašala 87,8 %, v ozimni rži na NM I pa 43,0 %. Na parcelah TM in NM I poleti namreč ni prišlo do izrazitega povečanja pokrovnosti enoletnih termofilnih plevelov (*Chenopodium album*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-galii*), kar smo opazili na parcelah NM II in NM III. Zapleveljenost soje (NM III) in koruze (NM II) je bila tako velika, da spravilo pridelka ni bilo smiselno. Za žita, najbolj pa za ozimno rž, je znano, da je zaradi kompeticije in alelopatskih učinkov otežena kalitev in rast enoletnih plevelov (Reiss in sod., 2018). Učinek rži se je kazal tudi na sestavi plevelne združbe (slika 2).

3.2 Številčnost in sestava talne semenske banke plevelov

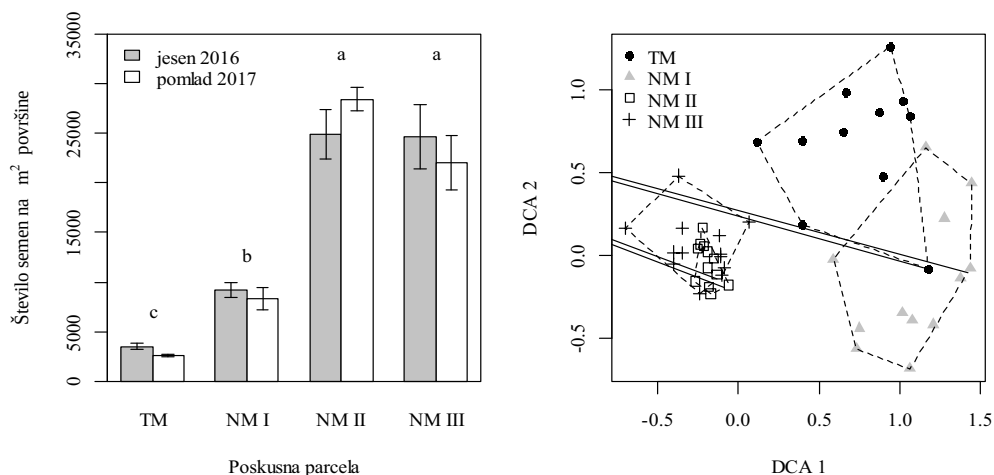
Skupno smo v talni semenski banki ugotovili 33 vrst plevelov, kar je skoraj polovica vrst, najdenih v naših popisih. Variabilnost števila semen po vzorcih istega obravnavanja je bila za tak tip vzorcev relativno majhna (koeficient variabilnosti pod 25 %), kar kaže na dokaj enakomerno porazdeljenost semen v tleh oz. na ustrezno vzorčenje. Med jesenskim in pomladanskim vzorčenjem ni bilo statistično značilnih razlik, kar kaže na zanemarljivo

propadanje semen preko obdobja ene zime oz., da gre za plevelne vrste, ki gradijo trajne semenske banke (Thompson, 1987). V splošnem smo za številčnost in sestavo talne semenske banke (slika 3) ugotovili podobne vzorce kot pri popisih plevelov.



Slika 2: Ordinalne prikazane na prvih dveh oseh korespondenčne analize (DCA 1 in 2) na štirih poskusnih parcelah po datumih popisov in poskusnih parcelah. Ordinalne so prikazane na prvih dveh oseh korespondenčne analize (DCA 1 in 2).

Zaloga semen v zgornjih 10 cm tal je na parcelah s sojo in koruzo, med katerima ni bilo značilnih razlik, znašala v povprečju 24.980 m^{-2} , na tistih z ozimno ržo pa je bila precej nižja (povprečno 5.900 m^{-2}). Sklepamo, da je prišlo v prejšnjih letih ob prehodu na ekološko pridelavo na teh dveh parcelah do precejšnje namnožitve semen, saj je bilo v kolobarju na teh parcelah relativno manj žit (preglednica 1), ki, kot omenjeno, zavirajo rast in kalitev nekaterih plevelov. Na NM I, kjer se prav tako izvaja ohranitvena obdelava, je bila številčnost semen v tleh precej manjša kot na NM II in NM III (povprečno 8.770 m^{-2}), kar kaže, da manjša pokrovnost plevelov, ugotovljena s popisi, ni le posledica zaviralnih učinkov rži, ampak tudi manjše zaloge semen v tleh. Najmanjša je bila številčnost semen na parceli TM (povprečno 3.040 m^{-2}), saj oranje očitno ugodno vpliva na zmanjševanje semen v zgornjem delu tal, kar se sklada z izsledki podobnih raziskav (Santín-Montanyá in sod., 2016; Weber in sod., 2017). Med NM II in NM III, kjer je prišlo do velike namnožitve semen, in preostalima dvema poskusnima parcelama, so tudi razlike v vrstni sestavi semenskih bank (slika 3, desno); kaže se velika podobnost parcel NM II in NM III, medtem, ko sta preostali dve, kjer je zaloga semen v tleh manjša, bolj raznoliki (večji raztros točk). Na NM II in NM III močno prevladujejo semena vrst *Digitaria sanguinalis* in *Chenopodium album*, kjer ima vsaka vrsta nad 30 % zastopanost (ostale vrste imajo posamezno zastopanost pod 8 %), na TM in NM I pa ni vrste, ki bi dosegala tako zastopanost (vsi deleži pod 20 %). Najbolj dominantne vrste na vseh ploskvah z ohranitveno obdelavo so termofilni travnati ali širokolistni pleveli, medtem ko je na ploskvi TM (orano) največ prezimnih enoletnih plevelov (*Lamium purpureum*, *Stellaria media*, *Cerastium glomeratum*). To so tudi vrste z drobnimi, okroglimi semeni, za katere se pogosto navaja velika dolgoživost v tleh (Thompson, 1987; Traba in sod., 2006).



Slika 3: Številčnost semen v tleh (povprečja in standardne napake) po poskusnih parcelah pri pomladanskem in jesenskem vzorčenju. Črke nad stolpci kažejo na statistične razlike med obravnavanji pri $p < 0,05$ (levo). Ordinacija vzorcev talnih semenskih bank štirih poskusnih parcel (desno).

4 SKLEPI

Na podlagi rezultatov enoletne raziskave, kjer smo v sistemu ekološke pridelave primerjali sestavo in skupno pokrovnost plevelov ter številčnost in sestavo talnih semenskih bank med različnimi kombinacijami načina obdelave tal in posevka poljščine, smo ugotovili značilne vplive obeh dejavnikov. Način obdelave tal je imel izrazit vpliv, saj je tako pokrovnost plevelov kot številčnost semenske banke znatno večja v primeru ohranitvene obdelave. Oranje torej zmanjšuje zapleveljenost, saj zmanjšuje število semen v zgornji plasti tal. Vrsta posevka je imela še večji vpliv tako na zapleveljenost kot tudi na številčnost talne semenske banke; v letih pred raziskavo je na nekaterih parcelah oz. posevkih (koruza, soja) očitno prišlo do obilne nasemenitve plevelov. Nasemenitev je bila večja na parcelah, kjer je bilo v zadnjih letih v kolobarju manj žit in več koruze in soje, ki sta v začetku rasti slaba konkurenta v primerjavi s plevli. Tudi leta 2017 so v koruzi in soji termofilne vrste plevelov ob neuporabi herbicidov imele ugodne razmere za masovno pojavljanje in so zato negativno vplivale na posevek. Pokazali smo, da ozimna rž zmanjšuje zapleveljenost s termofilnimi plevli (vendar je treba pri kmetovanju pozornost posvetiti strnišču, ko učinki rži pojenjajo). Vrstna sestava plevelne vegetacije in talne semenske banke se je bolj razlikovala med vrstami posevkov kot med načinoma obdelave tal.

Rezultati kažejo, da je problematika plevelov pri ohranitveni obdelavi tal v ekološki pridelavi poljščin, posebej na lažjih tleh, ki bolj ustrezajo termofilnim plevelom, lahko zelo velika. Dodatne raziskave bodo potrebne, da bomo v takih razmerah učinkovito zatirali plevela, pri čemer se veliko stavi na uporabo prekrivnih dosevkov in medsevkov (tudi takih z alelopatskimi učinki), uporabo specialne mehanizacije za zatiranje plevelov tudi v poljščinah z majhno medvrstno razdaljo, ter krepitev konkurenčne sposobnosti poljščin v kritičnih fenofazah z gojenjem in bioefektorji.

Zahvala. Raziskava je bila finančno podprta v okviru raziskovalnega programa P4-0085 (ARRS) in v okviru raziskovalnega projekta L4-9315 (ARRS). Hvala g. Branku Majeriču za vso podporo pri izvajanju raziskave.

5 LITERATURA

- Baraibar, B., Westerman, P.R., Carrión, E., Recasens, J., 2009. Effects of tillage and irrigation in cereal fields on weed seed removal by seed predators. *Journal of Applied Ecology* 46, 380–387.
- Barberi, P., 2002. Weed management in organic agriculture: Are we addressing the right issues? *Weed Research* 42, 177–193.
- Buhler, D.D., Stoltenberg, D.E., Becker, R.L., Gunsolus, J.L., 1994. Perennial weed populations after 14 years of variable tillage and cropping practices. *Weed Science* 42, 205–209.
- Cardina, J., Regnier, E., K Harrison, 1991. Long-term tillage effects on seed banks in three Ohio soils. *Weed Science Society of America*. 39, 186–194.
- Chauhan, B.S., Gill, G., Preston, C., 2006. Seedling recruitment pattern and depth of recruitment of 10 weed species in minimum tillage and no-till seeding systems. *Weed Science* 54, 658–668.
- Chauhan, B.S., Singh, R.G., Mahajan, G., 2012. Ecology and management of weeds under conservation agriculture: A review. *Crop Protection* 38, 57–65.
- Kaurin, A., Mihelič, R., Kastelec, D., Schlöter, M., Suhadolc, M., Grčman, H., 2015. Consequences of minimum soil tillage on abiotic soil properties and composition of microbial communities in a shallow Cambisol originated from fluvioglacial deposits. *Biological and Fertility of Soils* 51, 923–933.
- Melander, B., Rasmussen, K., 2000. Reducing intrarow weed numbers in row crops by means of a biennial cultivation system. *Weed Research* 40, 205–218.
- Oerke, E.C., 2006. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science* 144, 31–43.
- Peigné, J., Ball, B.C., Roger-Estrade, J., David, C., 2007. Is conservation tillage suitable for organic farming? A review. *Soil Use and Management* 23, 129–144.
- Reiss, A., Fomsgaard, I.S., Mathiasen, S.K., Kudsk, P., 2018. Weed suppressive traits of winter cereals: Allelopathy and competition. *Biochemical Systematics and Ecology* 76, 35–41.
- Santín-Montanyá, M.I., Martín-Lammerding, D., Zambrana, E., Tenorio, J.L., 2016. Management of weed emergence and weed seed bank in response to different tillage, cropping systems and selected soil properties. *Soil Tillage Research* 161, 38–46.
- Thompson, K., 1987. Seeds and seed banks. *New Phytologist* 106, 23–34.
- Traba, J., Azcárate, F., Peco, B., 2006. The fate of seeds in Mediterranean soil seed banks in relation to their traits. *Journal of Vegetation Science* 5–10.
- Weber, J., Kunz, C., Peteinatos, G., Zikeli, S., Gerhards, R., 2017. Weed Control Using Conventional Tillage, Reduced Tillage, No-Tillage, and Cover Crops in Organic Soybean. *Agriculture* 7, 43.

Preučevanja učinkov uporabe zeolitov na razvoj in pridelke koruze za zrnje (*Zea mays* L.) - rezultati prvega leta raziskav

Aleš KOLMANIČ¹⁰ in Peter DOLNIČAR¹¹

Izvleček

Zeolitni so za namen uporabe v kmetijstvu v zadnjih letih postali dostopni tudi na našem tržišču. Z namenom preučitve njihovega učinka na fenološke in morfološke značilnosti ter pridelek treh hibridov koruze za zrnje smo v letu 2018 zasnovali poljske poskuse. Poskuse smo izvedli na lahkih tleh v Rakičanu in na težkih tleh v Jabljah. V poskuse smo vključili tri hibride koruze za zrnje ('Stabil', FAO 220; 'P9400', FAO 340, in 'P9911', FAO 410) in štiri različne količine zeolita klinoptilolita (0, 150, 300 in 500 kg/ha). Dodatek zeolita v Jabljah ni značilno vplival na razvoj rastlin in pridelek. Opažene razlike so izhajale samo iz razlik med hibridi, največje pridelke smo izmerili pri hibridu 'P9911' (14,9 t/ha, 14-odstotna vlaga). Nasprotno pa je dodajanje zeolita v Rakičanu značilno vplivalo na razvoj rastlin in pridelek. V povprečju smo z dodajanjem zeolita ob pojavu pozne suše (suša v avgustu in septembru) Rakičanu v letu 2018 povečali pridelek zrnja za 1,1 t/ha (pri 14-odstotni vlagi) oz. za 11,2 %. Pridelek se med količinami dodanega zeolita ni značilno razlikoval, razlike smo opazili med obravnavanji brez zeolita in z zeolitom. Glede na učinek zeolita na povečanje pridelka je bila optimalna količina pri hibridih 'P9400' in 'P9911' 150 kg/ha zeolita, pri hibridu 'Stabil' pa 300 kg/ha.

Ključne besede: koruza, zeolit, pridelek zrnja, morfološke značilnosti, fenološki razvoj, suša

Effects of zeolite application on development and yields of grain maize (*Zea mays* L.). First year results from field trials

Abstract

In recent years zeolites are available in Slovenia for the use in agriculture. To determine the effect of adding zeolites on plant development, morphological characteristics and yields of three hybrids of maize for grain, field experiments were established in 2018 in light soils at Rakičan and heavy soils at Jablje. Three grain maize hybrids ('Stabil', FAO 220; 'P9400', FAO 340; and 'P9911', FAO 410) and four amounts of zeolite clinoptilolite (0, 150, 300 in 500 kg/ha) were included in trials. Results showed that the addition of zeolite at Jablje did not significantly affect plant development and yields. Observed differences between the hybrids were only from genetic differences between the hybrids. The highest average yields were observed with 'P9911' (14.9 t/ha, 14% moisture). However, at Rakičan addition of zeolite significantly affected morphological characteristics and increased yields of maize. In late summer (August-September) drought conditions in 2018, zeolite increased yields for 1.1 t/ha (at 14% moisture) which is 11.2%. No significant differences in yields were observed between the amount of added zeolite, only between treatment with and without zeolite. Nevertheless, considering the increase of yield with added zeolite the optimal amounts were 150 kg/ha for 'P9400' and 'P9911' and 300 kg/ha for 'Stabil'.

Key words: maize, zeolite, grain yield, morphological traits, plant development, drought

1 UVOD

Spremembe v količinah in razporeditvi padavin, pojavi poletnih suš, strožje okoljske zahteve pri uporabi fitofarmacevtskih sredstev in mineralnih gnojil ter tržni pritiski v ekonomsko učinkovitejšo pridelavo močno vplivajo na poljedelstvo tudi v Sloveniji. V povezavi s temi dejavniki se v kmetijstvu pojavlja precej proizvodov, ki obljublajo učinke, a za večino proizvodov v praksi nimamo dovolj informacij o tem, kako delujejo, kakšni so njihovi

¹⁰ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: ales.kolmanic@kis.si

¹¹ Dr., isti naslov, e-pošta: peter.dolnicar@kis.si

dejanski učinki ter kakšna je ekonomska upravičenost. Zeoliti spadajo med proizvode, ki so za namen uporabe v kmetijstvu v zadnjih letih postali dostopni tudi na našem tržišču. To so porozne kamnine naravnega ali sintetičnega izvora in so zaradi svojih specifičnih lastnosti preko let pritegnili pozornost številnih raziskovalcev. Tako danes poznamo veliko o njihovih zgradbi in specifičnih lastnostih (Moshoeshoe in sod., 2017). Po zgradbi so hidratirani aluminosilikati alkalijskih in zemeljskih kovin s tridimenzionalno kristalno strukturo. Njihova najpomembnejša lastnost je zmožnost reverzibilne vezave in sproščanja vode in izmenjava nekaterih elementov brez večjih sprememb v strukturi. Po strukturi so "tektosilikati", sestavljeni iz tridimenzionalnih okvirov tetraedra silicija in kisika (SiO_4^{4-}), pri čemer se vsi štirje ogljikovi kisikovi atomi delijo s štirimi sosednjimi tetraedri. Taka razporeditev zmanjša razmerje kisik: silicij na 2:1 in če bi vsak tetraeder v okviru vseboval samo silicij kot svoj osrednji atom, dobimo električno nevtralno strukturo (kot je npr. kremen, SiO_2). Vendar pa so v zeolitnih strukturah nekateri štirivalentni atomi silicija zamenjani s trivalentnim aluminijem. To povzroči nastanek negativnega naboja, ki se uravnoteženi z vezavo mono- in divalentnih kationov kot so natrij (Na), kalcij (Ca_2), kalij (K) itd. Več kot je atomov silicija zamenjano z atomi aluminija, večji je negativni naboj strukture in večje število kationov je potrebnih za električno energijo nevtralnost (Moshoeshoe in sod., 2017). Seveda je v praksi sposobnost izmenjave kationov odvisna tudi od številnih drugih dejavnikov, a v osnovi njihova lastnost reverzibilne vezave kationov izhaja iz pribitka negativnega naboja in velike izmenjevalne površine, ki nastane zaradi poroznosti.

Zaradi poroznosti, visoke sposobnosti reverzibilne izmenjave kationov in njihove selektivnosti za specifične katione (npr. NH_4^+), so zeoliti lahko uporabni tudi v kmetijstvu. V raziskavah pogosto poročajo, da je dodajanje zeolita povečalo pridelke poljščin in učinkovitost izrabe dodanih hranil in vode (Ramesh in Reddy, 2011). Tako so Ozbahce in sod. (2018) ter Latifah in sod. (2017) opazili večje pridelke z uporabo zeolita pri krompirju in koruzi za zrnje. Tudi Alfi in Azizi (2015) poročata o 9,4-odstotnem povečanju pridelkov silažne koruze z uporabo zeolitov, nasprotno pa Ahmed in sod. (2010) pri koruzi ne poročajo o razlikah v vsebnosti suhe snovi ob uporabi zeolita, so pa opazili razlike v vsebnostih hranil v suhi snovi.

Glavnina raziskav uporabe zeolitov v poljedelstvu je povezana z zmanjševanjem izgub dušika (N). Pri tem so dokazali, da lahko nekateri zeoliti s svojo specifično selektivnostjo na amonijev kation (NH_4^+) le tega adsorbirajo iz organskih gnojil, komposta ali mineralnih gnojil. S tem se lahko spremeni dinamika dostopnosti in nitrifikacije ter zmanjšajo se izgube dušika (Latifah in sod., 2015; He in sod., 2002). O izboljšanjem sprejemu hranil v rastline poročajo tudi v povezavi s fosforjem in kalijem (Ahmed in sod., 2010). Zeolite so preučevali tudi glede izboljšanja zadrževalnih lastnosti tal, večinoma v aridnih pogojih pridelave. Pri tem pogosto poročajo, da je dodajanje zeolita povečalo količino dostopne vode za rastline (Xiubin in Zhanbin, 2001). Uporaba zeolitov se v povezavi s kmetijstvom omenja še kot nosilce hranil, insekticidov, fungicidov in herbicidov ter kot absorbente za težke kovine v tleh (Moshoeshoe in sod., 2017). Pri raziskavah je zelo opazna heterogenost raziskovalnih pristopov. Vnosi zeolita v raziskavah dosegajo tudi 120 t/ha, raziskave potekajo v tleh z različno teksturo razmerah, podnebne razmere so pogosto zelo specifične za neko raziskavo, prav tako je velika variabilnost med preučevanimi rastlinskimi vrstami. Posledično je zaradi velike heterogenosti raziskovalnih metod težko nekritično povzemati rezultate tujih raziskav in obstaja potreba po lastnih raziskavah.

Namen prispevka je prikazati prve rezultate preučevanja vplivov količine zeolita (skupina klinoptilolitov) na fenološke in morfološke lastnosti ter pridelek in kakovost treh hibridov koruze za zrnje v rastni sezoni 2018 na lokacijah Jablje (težja tla) in Rakičan (lažja tla).

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poljske poskuse smo izvedli v rastni sezoni 2018 na lokacijah Rakičan (severovzhodna Slovenija, 46°39'N, 16°11'E, nadmorska višina 186 m) ter Jablje (osrednja Slovenija, 46°08'N, 14°33'E, nadmorska višina 308 m). V Jabljah tla spadajo po klasifikaciji v tip psevdoglejnih tal s prevladujočo teksturo ilovnati melj, v Rakičanu pa med izprana rjava tla s prevladujočo teksturo ilovnati pesek. Statistično so bili poskusi zasnovani kot dvo-faktorski poskusi z naključno razporeditvijo po blokih s štirimi ponovitvami. Prvi preučevan dejavnik je bil hibrid ('Stabil', 'P9400' in 'P9911'), drugi dejavnik pa zeolit (0, 150, 300 in 500 kg/ha). Izbrani hibridi se razlikujejo po tipu zrnja in dolžini rastne dobe. 'Stabil' je zgodnja pol-trdinka zrelostnega razreda FAO 220, 'P9400' je srednje zgodnja zobanka zrelostnega razreda 340, 'P9911' pa je srednje pozna zobanka zrelostnega razreda FAO 410. Izvedeni agrotehnični ukrepi so podrobneje prikazani v preglednici 1. Preučevani zeolit spada v skupino klinoptilolitov, kopljejo ga v Zaloški Gorici pri Žalcu. Rastlinam smo ga ročno dodali v fenofazi EC 13–14 in ga nato s strojnim okopavanjem zadelali v tla. Dognovanje z N in varstvo rastlin je bilo enako pri vseh obravnavanjih na posamezni lokaciji.

Preglednica 1: Zasnova poljskih poskusov in izvedeni agrotehnični ukrepi

Lokacija	Rakičan	Jablje
Velikost parcele	19,6 m ²	
Medvrstna razdalja	70 cm	
Setvena gostota	FAO 200 89.796	
	FAO 300 85.714	
	FAO 400 79.592	
Datum setve	16.4.2018	26.4.2018
Osnovno gnojenje	600 kg/ha NPK 8:16:20 + 150kg/ha N-GOO 40%	300 kg NPK 5:15:30
Dognovanje	200 kg/ha N-GOO 40%	300 kg/ha ENERGICO 33,5% 300 kg/ha KAN 27 %
Varstvo rastlin	Adengo 0,44 l/ha + Banvel 480 0,5 l/ha	Lumax 3,8 l/ha + Banvel 480 0,3 l/ha
Spravilo	28.9.2018	11.10.2018

V Rakičanu je v sredini avgusta nastopilo obdobje pomanjkanja padavin, ki se je kot suša nadaljevalo v september. Prva znamenja poškodb rastlin zaradi pomanjkanja vode smo opazili konec avgusta. V Jabljah ni bilo pomanjkanja vode, so pa bile nekoliko večje poškodbe zaradi ptic, nekaj je bilo tudi poškodb zaradi stoječe vode v maju. Oboje je nekoliko zmanjšalo sklope rastlin. Na obeh lokacijah smo v vseh obravnavanjih spremljali fenološki razvoj (datum cvetenj) in morfološke značilnosti (višine rastlin) posameznih hibridov koruze. Pred spravi smo pri vseh obravnavanjih prešteli število rastlin ter jih nato poželi s parcelnim kombajnom Wintersteiger in ovrednotili pridelek ter vlago. Zbrane podatke smo statistično obdelali s programom Statgraphics Centurion XVI. Uporabili smo več-faktorsko analizo variance, model smo specificirali v GLM. V modelu smo upoštevali dejavnik bloka kot naključno spremenljivko ter faktorja A in B kot fiksni spremenljivki. Kjer je analiza variance pokazala statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$), smo razlike med obravnavanji ovrednotili s Tukey HSD testom.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Rezultati vpliva zeolita na fenološke in morfološke lastnosti ter na pridelek treh hibridov koruze za zrnje v Jabljah so prikazani v preglednici 2. Zeolit v preučevanem letu ni značilno vplival na nobeno od spremljanih lastnosti. Razlike, ki smo jih opazili izhajajo samo iz razlik med hibridi in so bile verjetno povezane njihovo genetsko predispozicijo oz. z različno dolžino rastne dobe. Pri tem lahko opazimo, da so se pridelek, vlaga, višina rastlin ter datum metličenja povečevali s FAO skupino. Največji povprečni pridelek smo opazili pri najpoznejšem hibridu 'P9911'; njegov pridelek je bil za 36,7 % in 21,1 % večji kot pridelek hibridov 'Stabil' in 'P9400'.

Preglednica 2: Vpliv uporabe zeolita na datum metličenja, višino ter pridelek treh hibridov koruze za zrnje v Jabljah

	df	Št. rastlin/ha	Datum metličenja	Višina rastlin	Višina do baze storža	Pridelek zrnja ¹	Vlaga ob spravilu
				cm		kg/ha	%
blok	3			**	***	**	ns
HIBRID (A)	2						
STABIL		77857	8. 7.	299,4 ^a	115,9 ^a	10,9 ^a	19,5 ^a
P9400		75306	9. 7.	305,0 ^b	119,7 ^{ab}	12,3 ^b	20,3 ^a
P9911		78061	10. 7.	305,9 ^b	120,9 ^b	14,9 ^c	24,2 ^b
<i>p</i>				***	**	***	***
ZEOLIT (B)	3						
0		72814	9. 7.	300,8	117,9	12,8	21,3
150		75204	9. 7.	304,2	119,6	12,9	21,4
300		72755	9. 7.	303,8	118,8	12,7	21,4
500		76428	9. 7.	305	119,2	12,4	21,1
<i>p</i>				ns	ns	ns	ns
A X B	6			ns	ns	ns	ns

¹ Pridelek je preračunan na 14-odstotno vlago

Stopnja značilnosti: ***, $P \leq 0.001$; **, $P \leq 0.01$; *, $P \leq 0.05$; ns, ni statistično značilno

Povprečja v stolpcih, znotraj posameznega dejavnika, ki so označena z enako majhno črko, se med seboj ne razlikujejo statistično značilno glede na rezultate Tukey HSD testa ($\alpha = 0.05$).

Nasprotno pa smo v Rakičanu opazili, da je dodatek zeolita značilno vplival na morfološke razlike med rastlinami in na pridelek zrnja (preglednica 3). V povprečju so bile med hibridi manjše razlike v pridelku kot v Jabljah. Značilno se je razlikoval samo 'P9911', ki je imel za 4 % večji pridelek kot 'Stabil' in 'P9400'. Podobno je bilo tudi pri višini do baze storžev, kjer je 'P9911' imel značilno višje nastavljene storže. Analiza je pokazala tudi na prisotnost značilnih interakcij med hibridom in zeolitom, ki so vplivale na višino rastlin do vrha metlice ter na vlago zrnja ob spravilu. Podrobnejša analiza interakcij je pokazala, da se je z večanjem količine dodanega zeolita višina do vrha metlice pri hibridu 'P9400' zmanjševala, kar je bilo nasprotno kot pri ostalih hibridih, katerih višina se je s povečevanjem količine zeolita povečevala. Najvišje rastline je 'P9400' dosegel pri 150 kg/ha zeolita, medtem ko ostala hibrida šele pri 500 kg/ha.

Pri vlagi so bile interakcije večinoma manjšega pomena kot glavna dejavnika in jih zato nismo podrobneje preučevali. Med najpomembnejšimi dejavniki pridelave koruze za zrnje je njen pridelek. Analiza variance je pokazala, da sta na pridelek značilno vplivala tako hibrid kot

zeolit, značilnih interakcij pa ni bilo. Med hibridi se je značilno razlikoval samo 'P9911', ki je imel za 4 % večji pridelek kot 'Stabil' in 'P9400'. Vpliv zeolita na pridelek pa je bil značilen, a le med obravnavanji brez zeolita in obravnavanji z zeolitom. Če smo uporabili 150 ali 500 kg/ha zeolita, ni bilo značilnih razlik v pridelku. V povprečju smo z dodatkom zeolita pridelek povečali za 1,1 t/ha zrnja (14-odstotna vlaga) oz. za 11,2 %. Navedeno je pomembno, ker je bila v Rakičanu v preučevanem letu suša. Suša se je v tem letu sicer pojavila pozneje v rastni dobi kornice, v avgustu in je trajala do konca septembra. Ker je bil zaradi dobrih pogojev fenološki razvoj pred dolgoletnim povprečjem, so bile rastline že v zgodnji fazi polnjenja zrnja ob pojavu suše v avgustu. Zato suša tudi ni povzročila popolnega propada rastlin ter občutnega zmanjšanja pridelka in v povprečju smo v poskusih še zmeraj dosegli 10,6 t/ha (pri 14-odstotni vlagi). Je pa trajajoče suho vreme v avgustu in septembru občutno zmanjšalo vlago v zrnju ob spravilu, kar je bilo ugodno s stališča pridelave in hitrega spravila.

Preglednica 3: Vpliv uporabe zeolita na datum metličenja, višino ter pridelek treh hibridov kornice za zrnje v Rakičanu

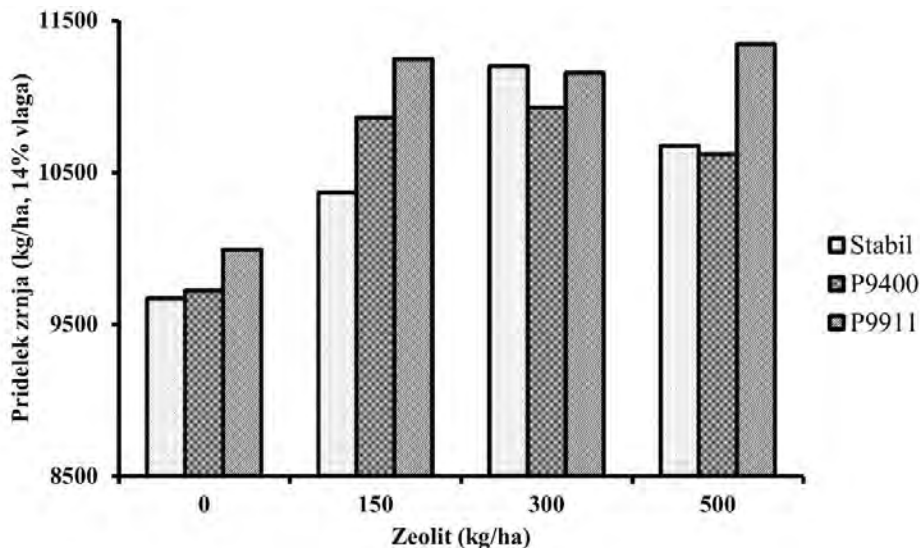
	df	št. rastlin/ha	datum metličenja	višina rastlin	višina do baze storža	pridelek zrnja ¹	vlaga ob spravilu
				cm	cm	kg/ha	%
BLOK	3			ns	*	***	ns
HIBRID (A)	2						
STABIL		89082	20. 6.	313,1 ^b	130,3 ^a	10,5 ^a	15,3 ^b
P9400		85102	26. 6.	302,8 ^a	130,6 ^a	10,5 ^a	14,6 ^a
P9911		79796	29. 6.	313,8 ^b	134,4 ^b	10,9 ^b	16,0 ^c
<i>p</i>				***	**	**	***
ZEOLIT (B)	3						
0		85306	25. 6.	303,3 ^a	128,8 ^a	9,8 ^a	15,4
150		83979	25. 6.	313,3 ^b	133,3 ^b	10,8 ^b	15,2
300		84490	24. 6.	309,2 ^b	131,7 ^{ab}	10,9 ^b	15,2
500		84898	25. 6.	313,8 ^b	133,3 ^b	11,1 ^b	15,3
<i>p</i>				***	**	***	ns
A X B	6			**	ns	ns	***

¹ Pridelek je preračunan na 14 % vlage.

Stopnja značilnosti: ***, $P \leq 0.001$; **, $P \leq 0.01$; *, $P \leq 0.05$; ns - ni statistično značilno

Povprečja v stolpcih, znotraj posameznega dejavnika, ki so označena z enako majhno črko, se med seboj ne razlikujejo statistično značilno glede na rezultate Tukey HSD testa ($\alpha = 0.05$).

Glede na rezultate preizkušanja hibridov v letu 2017 v Rakičanu (Kolmanič in Zemljič, 2018), ko so bile nekoliko boljše razmere za pridelavo, so se pridelki zaradi suše zmanjšali za 11,2 % pri 'P9911', 11,7 % pri 'P9400' in za 1 % pri hibridu 'Stabil'. Kjer smo dodali zeolit so bile razlike v pridelkih med letoma manjše. Kljub temu da v pridelku zrnja ni bilo značilnih interakcij med hibridom in zeolitom, pa lahko vseeno opazimo razlike med hibridi pri dodanem zeolitu (slika 1). 'P9400' in 'P9911' sta svoja »optimalna« pridelka dosegla pri 150 kg/ha zeolita. Večanje količine dodanega zeolita nad 150 kg/ha ni več povečalo pridelka, pri 'P400' se je pridelek pri 500 kg/ha zeolita celo zmanjšal, torej ne bi upravičil stroška dodajanja večjih količin. Nasprotno pa je 'Stabil' svoj »optimalen« pridelek dosegel pri 300 kg/za zeolita.



Slika 1: Vpliv količine zeolita na pridelek treh hibridov koruze za zrnje v Rakičanu

V Rakičanu, kjer smo opazili značilne učinke zeolita, so lahka tla z večjo vsebnostjo peska. Pojav poletnih suš je pogost spremljevalec pri pridelavi poljščin, predvsem na tleh s slabo vodno-zadrževalno kapaciteto. Na takih tleh tudi literatura navaja pozitivne učinke zeolita. Nasprotno pa v Jabljah, kjer smo poskus izvedli na tleh z večjo vsebnostjo gline, dodajanje zeolita ni imelo značilnih učinkov. V povezavi s tem poročajo, da so učinki uporabe zeolita lahko v obratnem razmerju z deležem gline (Hsu in sod., 1967).

4 SKLEPI

Dodajanje zeolita na težkih tleh v Jabljah v letu 2018 ni imelo značilnega vpliva na fenološki razvoj in morfološke značilnosti ter na pridelek zrnja in vlago v zrnju preučevanih hibridov. Opažene razlike so izhajale iz razlik v hibridih, med katerimi sta se pridelek in višina rastlin značilno povečevala z FAO skupino hibrida. Nasprotno pa smo v Rakičanu na lahkah tleh opazili značilen vpliv dodajanja zeolita na morfološke značilnosti in pridelek zrnja. Dodajanje zeolita je v povprečju povečalo pridelek suhega zrnja za 11,2 %. Med količinami dodanega zeolita ni bilo značilnih razlik v pridelku, razlike so bile le med obravnavami brez zeolita in z zeolitom. Optimalen pridelek smo dosegli pri 150 kg/ha zeolita pri hibridih 'P9400' in 'P9911' ter pri 300 kg/ha zeolita pri hibridu 'Stabil'.

Koruzo je okopavina, ki se v Sloveniji prideluje na največjem deležu njiv. Zaradi različnih razlogov se pogosto prideluje tudi na za njo manj primernih površinah, kjer so ob poletnih sušah tudi največje izgube pridelkov. Opazen učinek povečanja pridelka za 11,2 % z dodatkom zeolita na lahkah tleh v Rakičanu, ob tem, da je bila v Rakičanu v navedenem letu avgusta in septembra suša, je dovolj velik razlog, da vzbudi zanimanje, zakaj je prišlo do tega učinka in ali je ta učinek lahko prenosljiv tudi v prakso. Iz zbranih podatkov ne moremo zagotovo pojasniti, zakaj se je pridelek povečal. Ker je njegova značilnost reverzibilna adsorpcija vode, pa predvidevamo, da so bile rastlinam na voljo nekoliko večje količine vode v tleh. Vendar se je morebiti spremenila tudi dinamika izkoristka N, mogoče je imel zeolit tudi vpliv na razvoj rastlin (koreninski sistem), kar na poteku fenofaz sicer nismo opazili,

morebiti tudi na mikorizo. Glede na prve rezultate preizkušanja je s preučevanjem dejanskega vpliva smiselno nadaljevati preko več sezon. S tem bomo dobili zanesljivejše podatke in bomo lahko natančneje ocenili morebitno dejansko uporabno vrednost dodajanja zeolita poljščinam v praksi.

Zahvala. Raziskava je sofinancirana v okviru programa Javnih služb v poljedelstvu, ki ga financira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

5 LITERATURA

- Ahmed, O. H., Sumalatha, G., Muhamed A.M. 2010. Use of zeolite in maize (*Zea mays*) cultivation on nitrogen, potassium and phosphorus uptake and use efficiency.
- Alfi, S., Azizi, F. 2015. Effect of Drought Stress and Using Zeolite on Some Quantitative and Qualitative Traits of Three Maize Varieties. *Research Journal of Recent Sciences*, 4, 3: 1–7.
- He, Z. L., Calvert, D. V., Alva, A. K., Li, Y. C., Banks, D.J. 2002. Clinoptilolite zeolite and cellulose amendments to reduce ammonia volatilization in a calcareous sandy soil. *Plant and Soil*, 247: 253–260.
- Hsu, S. C., Wang, S. T., Lin, T. H. 1967. Effect of Soil Conditioner on Taiwan Soils. I. Effects of Zeolite on Physio-Chemical Properties of Soils. *Journal of Taiwan Agriculture Research*, 16: 50–57.
- Kolmanič, A., Zemljič, A. 2018. Rezultati posebnega preizkušanja sort v letu 2017. Koruza za zrnje in koruza za silažo. Kmetijski inštitut: 45 str.
- Latifah, O., Ahmed, O. H., Ab. Majid, N. M. 2015. Improving Ammonium and Nitrate Release from Urea Using Clinoptilolite Zeolite and Compost Produced from Agricultural Wastes. *The Scientific World Journal*, 574201, 12 str.
- Latifah, O., Ahmed, O. H., Ab. Majid, N. M. 2017. Enhancing nutrients use efficiency and grain yield of *Zea Mays* L. cultivated on a tropical acid soil using paddy husk compost and clinoptilolite zeolite. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 23, 3: 418–428.
- Moshoeshe, M., Nadiye-Tabbiruka, M. S., Obuseng, V. 2017. A Review of the Chemistry, Structure, Properties and Applications of Zeolites. *American Journal of Materials Science*, 7, 5: 196–221.
- Ozbahce, A., Tari, A. F., Gonulal, E., Simsekli, N. 2018. Zeolite for Enhancing Yield and Quality of Potatoes Cultivated Under Water-Deficit Conditions. *Potato Research*, 61, 3: 247–259.
- Ramesh, K., Reddy, D. D. 2011. Chapter Four - Zeolites and Their Potential Uses in Agriculture. *Advances in Agronomy*, 113: 218–241.
- Xiubin, H., Zhanbin, H. 2001. Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil. *Resources Conservation and Recycling* 34: 45–52.

Krmni grah v poljskih poskusih Biotehniške fakultete v letu 2018

Marko FLAJŠMAN¹² in Darja KOCJAN AČKO¹³

Izvleček

V letu 2018 smo na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete izvedli dva poljska poskusa s krmnim grahom (*Pisum sativum* L.). V prvem poskusu smo preučevali, kako predsetveni nanos šestih različnih inokulskih pripravkov za seme graha vitičarja vpliva na nekatere parametre nodulacije. Ugotovili smo, da so imeli inokulanti različen vpliv na število nodulov (največ nodulov se je oblikovalo pri uporabi latvijskega pripravka Ryzohumin), ki pa ni bil statistično značilno različen od kontrole (neinokulirano seme). Podobno se je pokazalo tudi pri drugih merjenih spremenljivkah nodulacije (masa nodulov, površina in premer nodulov ter višina rastlin v času preučevanja nodulacije). V drugem poskusu smo uporabili 7 sort krmnega graha in 2 medvrstni razdalji (MVR) ter preučevali njun vpliv na morfološke lastnosti rastlin in pridelek zrnja graha. Pokazalo se je, da sta tako sorta kot MVR imeli statistično značilen vpliv na pridelek zrnja. Največji pridelek (4.932 kg/ha) je dala sorta 'Astronaute'. Pri setvi na MVR 12,5 cm je bil pridelek 4.421 kg/ha, pri MVR 37,5 cm pa 3.911 kg/ha. V primerjavi z MVR 37,5 cm je bil pridelek pri MVR 12,5 cm večji 510 kg/ha, to je za 13 %. Izbira sorte je imela statistično značilen vpliv samo na absolutno maso in višino rastlin, medtem ko noben dejavnik ni imel vpliva na maso strokov. Ozimni sorti 'James' in 'Enduro' sta primerni tudi za jaro setev.

Ključne besede: krmni grah, *Pisum sativum* L., inokulacija, nodulacija, pridelek zrnja

Fodder peas in field experiments at Biotechnical faculty in year 2018

Abstract

In the year 2018 two field experiments with fodder peas (*Pisum sativum* L.) were conducted at the laboratory field of the Biotechnical faculty. In the first experiment, the influence of seed pre-seeding treatment with six different inoculum preparations on some parameters of the nodulation were studied. Inoculants had a different effect on the number of nodules (most nodules were formed using the Latvian preparation Ryzohumin), which was not statistically significantly different from the control (uninoculated seed). Similar conclusions can be made regarding other studied variables of nodulation (mass of nodules, surface area and diameter of nodules and height of plants during the study of nodulation). In the second experiment, 7 varieties of fodder peas and 2 row spacing distances (RSD) were used and their influence on the morphological properties of plants and on the yield of pea grains were studied. It turned out that both the variety and the RSD had a statistically significant effect on the yield of grain. The highest yield (4932 kg/ha) was achieved by the variety 'Astronaute'. When sowing on RSD 12.5 cm, the yield was 4421 kg / ha, while for MVR 37.5 cm it was 3911 kg/ha. Compared to MVR 37.5 cm, the yield at MVR 12.5 cm was higher for 510 kg / ha, which is 13%. The choice of variety had statistically significant influence only on the thousand seed weight and height of the plants, while no factor influenced the mass of the pods. We found out that winter varieties 'James' and 'Enduro' are also suitable for spring sowing.

Key words: fodder peas, *Pisum sativum* L., inoculation, nodulation, yield of seed

1 UVOD

Grah, podobno kot druge metuljnice, s pomočjo biološke fiksacije bogati tla z dušikom (od 30 do 70 kg/ha N na leto), zato je z vidika trajnostne pridelave in njene gospodarnosti zaželeno njegovo vključevanje v njivski kolobar ali pa občasna setev pasov v trajnih nasadih (Anglade in sod., 2015; Kocjan Ačko in sod., 2005). Pri fiksacijski vezavi sicer rastlinam nedostopnega

¹² Dr., asistent, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marko.flajsman@bf.uni-lj.si

¹³ Doc., dr., isti naslov, e-pošta: darja.kocjan.acko@bf.uni-lj.si

zračnega dušika (N_2), ga bakterije (*Rhizobium leguminosarum* in *Rhizobium pisi*) s pomočjo encimov nitrogenaze pretvorijo v rastlinam dostopno amonijsko obliko (NH_4^+). Bakterije, ki se naselijo na stranske koreninice vretenastih korenin graha, približno 20 dni po setvi oblikujejo vozlaste zadebelitve, ki jim pravimo gomoljčki ali noduli, procesu pa gomoljčkanje ali nodulacija (Begum in sod., 2000). Simbiotske bakterije dobijo od graha hranila, v glavnem ogljikove hidrate, količina pa je tako majhna, da ima simbiotski odnos (daj-dam) vzajemno korist. Bakterije, ki inokulirajo korenine graha, so v večini evropskih tal naravno prisotne v različnih koncentracijah in različni zastopanosti sevov, ki delujejo samo na grahu. Za bolj učinkovito (hitrejšo in produktivnejšo) vezavo dušika obstajajo trgovski simbiotski pripravki za inokulacijo graha, ki se nanesejo na seme s pomočjo raztopine, granul ali šote. Raziskovalci navajajo pozitivne učinke delovanja, kot so večja energija kalivosti semena, bujnejši koreninski sistem, krepitev fotosintetske aktivnosti in povečanje absorpcije hranil (Downie in Brewin, 1992; Mengel in Kirkby, 2001).

2 MATERIALI IN METODE DELA

2.1 Izvedba poljskega poskusa z inokulacijo

Tla na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete so srednje globoka, meljasto-glinasta, psevdoglejna, vsebujejo 4,5 % organske snovi na globini od 0 do 30 cm. V poskusu smo uporabili sorti 'Eso' in 'Astronaute'. Za inokulacijo smo uporabili 6 pripravkov iz treh držav: iz Latvije smo pridobili pripravek Ryzohumin (Litimeksa), iz Srbije pripravek NS-Nitrugin (NS Seme), iz škotskega inštituta »The James Hutton Institute« pa tri inokulante (sevi 13, 388, 42 – sevi bakterij iz rodu *Rhizobium*), ki smo jih uporabili vsakega posebej ter njihovo mešanico. Tik pred setvijo smo zatehtali seme za setev (gostota setve 95 semen/m²), pripravili ustrezne raztopine inokulantov ter seme inokulirali z mešanjem v plastični vrečki. Poskus smo izvedli kot bločni poskus v štirih ponovitvah. Zaradi preprečevanja prenosa ostankov pripravkov smo razporeditev blokov nekoliko prilagodili. Med ponovitvami znotraj bloka kot tudi med bloki smo posejali jari ječmen sorte Wilma z namenom čiščenja sejálnih cevi. Setev smo opravili 15. aprila 2018 s parcelno žitno sejalnico Wintersteiger na medvrstni razdalji 12,5 cm, velikost osnove parcelice je bila 6,9 m². Najprej smo posejali neinokulirano seme (kontrola 1), nato vso inokulirano seme z jarim ječmenom med bloki in med obravnavanji, na koncu pa še enkrat neinokulirano seme (kontrola 2) z namenom testiranja učinkovitosti postopka čiščenja sejálnih cevi z jarim ječmenom. 18. aprila 2018 smo posevek poškopili s herbicidom Stomp Aqua v odmerku 2,9 l/ha in količino vode 150 l/ha. Posevek smo 31. maja 2018 in 7. junija 2018 poškopili še s pripravkom za krepitev rastlin Delfan Plus v 0,125-odstotni koncentraciji in odmerku 1 l/ha. Posevka nismo dognojevali. Analizo nodulacije smo opravili od 13. do 15. junija 2018. Vzorčili smo po 5 rastlin na parcelico. Z lopato smo iz tal izkopali rastline s koreninami in v laboratoriju previdno odstranili zemljo. Prešteli smo nodule, jih slikali ter po sušenju določili suho maso. Prav tako smo določili višino rastlin. Površino in premer nodulov smo določili s programom za analizo slike (CellSens, Olympus). Za statistično analizo smo uporabili program R.

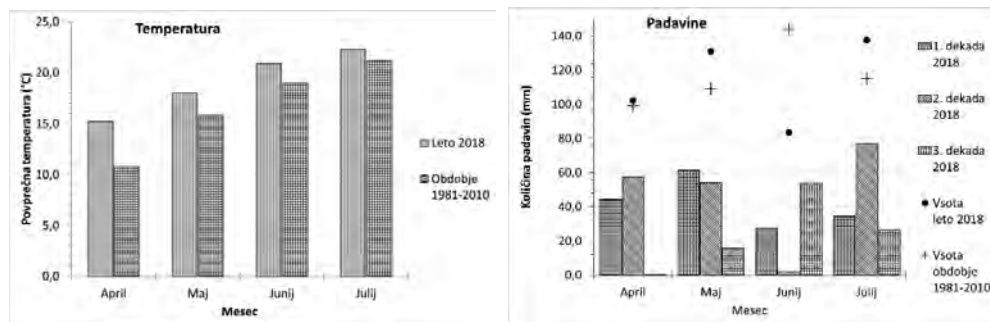
2.2 Izvedba sortnega poljskega poskusa z dvema medvrstnima razdaljama

V poskusu smo uporabili 7 sort krmnega graha: 'James' in 'Enduro' sta ozimni sorti, medtem ko so 'Partner', 'Eso', 'Lessna', 'Astronaute' in 'Tiberius' jare sorte krmnega graha. Uporabljeni medvrstni razdalji sta bili 12,5 cm in 37,5 cm pri količini semena za setev 95 semen/m².

Dolžina osnovne parcele je bila 5,5 m. Poskus smo zastavili kot naključni 4-bločni poskus. Setev smo opravili 9. aprila 2018 s parcelno žitno sejalnico Wintersteiger. Aplikacijo herbicidov in aminokislin smo izvajali sočasno in v istih količinah kot v poskusu z inokulacijo (točka 2.1). Žetev smo opravili ročno 6. julija 2018. Najprej smo določili število rastlin na štirih različnih mestih na parcelici, v dolžini 50 cm, in preračunali na m². Na vsaki parceli smo za analizo pridelka vzorčili do 30 rastlin. Na nekaterih parcelah, kjer so rastline propadle ali pa so golobi pozobali seme, smo vzorčili manjše število rastlin. V laboratoriju smo rastlinam izmerili višino ter stehali stroke. Potem smo izluščili zrnje, ga stehali ter določili vlago in absolutno maso. Pridelek zrnja smo preračunali na 9-odstotno vlažnost. Za statistično analizo smo uporabili program R (R Core Team, 2016).

2.3 Vremenske razmere

Vremenske razmere od aprila do julija 2018 so prikazane na sliki 1. V primerjavi z dolgoletnim povprečjem je bila temperatura višja v vseh mesecih rasti graha, najbolj izrazito v mesecu aprilu, ko je bila temperatura kar za 4,4 °C višja kot v dolgoletnem povprečju. V ostalih mesecih je bila temperatura leta 2018 višja za 2,2 do 1,1 °C. Večina padavin v aprilu je padla v prvi in drugi dekadi meseca. Predvsem padavine na začetku meseca aprila so močno oteževale setev, zato je bil poskusu z inokulacijo postavljen šele sredi aprila. Maj je bil nadpovprečno moker, padlo je 131 mm padavin, največ v prvih dveh dekadah. Zaradi velike količine padavin smo opazili tudi zastajanje vode na površini tal. To je imelo negativen vpliv na rast rastlin graha, ki so zaostajale v razvoju, nekatere rastline pa so propadle. V juniju (84 mm) je bila skupna količina padavin močno pod dolgoletnim povprečjem (144 mm), toda pomanjkanja vode na rastlinah nismo opazili, najbrž zaradi zadostne zaloge vode v tleh. V juliju je padlo 22,6 mm več padavin kot povprečno v obdobju 1985–2015.



Slika 1: Povprečne mesečne temperature in mesečne padavine (razdeljene na dekade) v rastni dobi graha (april–julij) za leto 2018 in za dolgoletno obdobje (1981–2010) v Ljubljani (ARSO, 2018)

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Poljski poskus z grahom z inokulacijo

Tako sorta kot tudi uporabljen inokulant sta imela statistično značilen vpliv na merjene spremenljivke. Statistično značilne interakcije nismo ugotovili (preglednica 1).

Preglednica 1: Signifikantnost proučevanega vpliva na merjene variabilne spremenljivke pri grahu, poskus inokulacija, Laboratorijsko polje BF, Ljubljana, 2018

	Število nodulov	Povprečna masa enega nodula (ss)	Povprečna površina enega nodula	Povprečen premer enega nodula	Višina rastline
Sorta (S)	*	***	**	**	***
Inokulant (I)	*	***	***	***	***
S x I	n.z.	n.z.	n.z.	n.z.	n.z.

*** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; n.z. – ni statistično značilnega vpliva ($p > 0,05$)

Največje število nodulov smo ugotovili pri rastlinah, katerih seme smo inokulirali z latvijskim pripravkom Ryzohumin, in sicer skoraj 28 nodulov na rastlino. Najmanj nodulov se je oblikovalo pri mešanici škotskih sevov (16,2 nodula/rastlino), kjer je bila tudi povprečna masa enega nodula (suha snov) najmanjša (0,202 mg). Povprečna masa enega nodula je bila pri kontroli 2, kjer je bilo 21,7 nodulov na rastlino, največja (0,933 mg). Pri sorti 'Astronaute' (0,649 mg) so imeli noduli večjo maso kot pri sorti 'Eso' (0,489 mg). Povprečna površina in premer nodulov sta bili največji pri škotskih sevih 13 in 388 (3,188 mm², 1,791 mm in 2,980 mm², 1,707 mm), najmanjši pa pri latvijskem pripravku Ryzohumin (1,743 mm², 1,290 mm) in srbskem pripravku NS Nitragin (1,554 mm², 1,182 mm). Tudi med sortama je bila statistično značilna razlika pri teh dveh spremenljivkah, kjer so imeli noduli pri sorti 'Astronaute' večjo površino in premer (2,857 mm², 1,651 mm) kot pri sorti 'Eso' (2,275 mm², 1,463 mm). Najvišje rastline smo izmerili pri kontroli 2 (52,2 cm), najnižje pa pri pripravkih sev 42 (35,4 cm), NS Nitragin (33,6 cm) in sevi 13+388+42 (31,5 cm). Sorta 'Eso' (46,3 cm) je bila višja od sorte 'Astronaute' (36,8 cm) (preglednica 2).

Preglednica 2: Rezultati meritev variabilnih spremenljivk pri poskusu inokulacija graha. Različne črke pri povprečnih vrednostih označujejo statistično značilno razliko med obravnavanji (Tukey, $p \leq 0,05$), laboratorijsko polje BF, Ljubljana, 2018

Sorta	Število nodulov	Povp. masa enega nodula (ss) (mg)	Povp. površina enega nodula (mm ²)	Povprečen premer enega nodula (mm)	Višina rastline (cm)
'Eso'	22,2 a	0,489 b	2,275 b	1,463 b	46,3 a
'Astronaute'	18,5 a	0,649 a	2,857 a	1,651 a	36,8 b
Inokulant					
Kontrola 1	16,9 b	0,700 ab	2,852 a	1,628 ab	39,6 bc
Kontrola 2	21,7 ab	0,933 a	2,913 a	1,660 a	52,2 a
Sev 13	20,2 ab	0,578 bc	3,188 a	1,791 a	47,1 ab
Sev 388	17,3 b	0,505 bcd	2,980 a	1,707 a	42,3 bc
Sev 42	19,9 ab	0,313 cd	2,168 ab	1,460 abc	35,4 c
Sevi 13+388+42	16,2 b	0,202 d	1,913 ab	1,349 abc	31,5 c
NS nitragin	20,9 ab	0,287 cd	1,554 b	1,182 c	33,6 c
Ryzohumin	27,9 a	0,490 bcd	1,743 b	1,290 bc	41,5 bc

Inokulacija semena graha pred setvijo s simbiotskimi bakterijami ugodno vpliva na nodulacijo (Begum in sod., 2001; Vasilj in sod., 2016; Muniz in sod., 2017), saj se lahko poveča tako število nodulov kot tudi njihova masa, vpliv pa je mogoče opaziti tako na bujnem zelinju kot tudi na večjem pridelku zrnja. V našem poskusu smo ugotovili, da je predsetvena inokulacija pozitivno vplivala na merjene spremenljivke nodulacije, na primer na število nodulov ter na površino in premer nodulov, čeprav se je tudi pri kontrolah izkazalo, da je bila nodulacija uspešna, saj statističnih razlik med uporabljenimi inokulanti in kontrolo (neinokulirano seme) ni bilo. To kaže na to, da so se v tleh že nahajale avtohtone simbiotske bakterije, ki so uspešno oblikovale nodule. V takih primerih lahko pride tudi do pojava, da so avtohtoni sevi bolj uspešni od komercialno uporabljenih sevov, saj imajo bolj ugodne vplive na nodulacijo (Kanižai Šarić in sod., 2016).

3.2 Sortni poljski poskus graha pri dveh medvrstnih razdaljah

Tako sorta kot medvrstna razdalja (MVR) sta imeli statistično značilen vpliv na pridelek zrnja, medtem ko je na absolutno maso in višino rastlin statistično značilno vplivala samo sorta. Na maso strokov statistično značilnega vpliva sorte ali MVR nismo ugotovili, prav tako ni bila za nobeno spremenljivko značilna interakcija med sorto in MVR (preglednica 3).

Preglednica 3: Signifikantnost proučevanega vpliva na merjene variabilne spremenljivke pri grahu, sortni poskus z dvema medvrstnima razdaljama, laboratorijsko polje BF, Ljubljana, 2018

	Pridelek	Absolutna masa	Višina rastline	Masa strokov na rastlino
Sorta (S)	*	***	***	n.z.
Medvrstna razdalja (MVR)	*	n.z.	n.z.	n.z.
S x MVR	n.z.	n.z.	n.z.	n.z.

*** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; n.z. – ni statistično značilnega vpliva ($p > 0,05$)

Največji pridelek semena je dosegla sorta 'Astronaute' (4932 kg/ha), najmanjšega pa sorta 'Partner' (3103 kg/ha). Druge sorte se med seboj po pridelku niso statistično razlikovale. Pri gosti setvi (12,5 cm) je bil pridelek za dobrih 500 kg večji kot pri redki setvi (37,5 cm). Najmanjši absolutni masi semena sta imeli sorti 'James' (174,8 g) in 'Enduro' (202,4 g). Ostale sorte se v absolutni masi med seboj niso značilno razlikovale, največjo je imela sorta 'Tiberius' (285,1 g). Povprečna absolutna masa glede na MVR je bila 247,7 g. Najvišje so bile rastline sort 'Tiberius' (63,7 cm) in 'Eso' (62,6 cm), najnižje pa rastline sort 'Partner' (46,3 cm) in 'James' (43 cm). Povprečna višina rastlin glede na MVR je bila 52,7 cm. Masa strokov je bila od 6,0 g pri sorti 'Astronaute' do 4,6 g pri sorti 'Partner', povprečna masa strokov glede na MVR pa je bila 5,3 g (preglednica 4).

Povprečen pridelek navadnega graha v Sloveniji leta 2017 je bil 2700 kg/ha (SURS, 2018). V naših poskusih smo dobili skoraj 2-krat večje pridelke, kar za mikroposkuse ni presenetljivo, ker sta tako oskrba kot spravilo drugačna kot v običajni pridelavi. 'James' in 'Enduro' sta deklarirana kot ozimni sorti krmnega graha. Za ozimne sorte je značilno, da za normalen razvoj potrebujejo nizke temperature v juvenilni fazi razvoja in da imajo daljšo rastno dobo (Martin in sod., 2006). V našem poskusu se je izkazalo, da sta bili, kljub pozni spomladanski setvi, obe ozimni sorti po pridelku izenačeni z jarimi sortami. Čeprav sta imeli najmanjšo

absolutno maso, ta ni pomembno vplivala na pridelek, zato lahko obe sorti sejemo tudi spomladi. Tudi po višini rastlin sta bili obe sorti med nižjimi, kar je lahko posledica prekratkega spomladanskega obdobja vegetativne rasti. Pokazalo se je, da pri setvi na medvrstno razdaljo 12,5 cm dobimo za 13 % statistično značilno večji pridelek kot pri setvi na medvrstno razdaljo 37,5 cm. Medvrstna razdalja ni imela vpliva na absolutno maso.

Preglednica 4: Meritve variabilnih spremenljivk pri sortnem poljskem poskusu graha z dvema medvrstnima razdaljama. Različne črke pri povprečnih vrednostih označujejo statistično značilno razliko med obravnavanji (Tukey, $p \leq 0,05$), laboratorijsko polje BF, Ljubljana, 2018

Sorta	Pridelek pri 9- odstotni vlažnosti zrnja (kg/ha)	Absolutna masa (g)	Višina rastline (cm)	Masa strokov na rastlino (g)
'Astronaute'	4932 a	259,5 a	49,6 ab	6,0
'Tiberius'	4586 ab	285,1 a	63,7 a	5,7
'Lessna'	4509 ab	269,1 a	50,7 ab	5,1
'Eso'	4292 ab	255,2 a	62,6 a	5,6
'Enduro'	4285 ab	202,4 bc	47,3 ab	5,1
'James'	3525 ab	174,8 c	43,0 b	4,9
'Partner'	3103 b	247,2 ab	46,3 b	4,6
MVR				
12,5 cm	4421 a	248,9 a	51,6 a	5,5
37,5 cm	3911 b	246,4 a	53,8 a	5,1

Sorte 'Eso', 'Astronaute' in 'Lessna' so bile že testirane v slovenskih pedo-klimatskih razmerah, in sicer v Jabljah in Rakičanu v letih 2015 (samo sorta 'Eso') in 2016 (vse 3 naštetje sorte), kjer so uporabili medvrstno razdaljo 25 cm (Bavec in sod., 2017). V povprečju obeh let je imela sorta 'Astronaute' največji pridelek (4176 kg/ha), sledila je sorta 'Lessna' (3910 kg/ha) in nato 'Eso' (3309 kg/ha). Tudi v našem poskusu se je pokazala sorta 'Astronaute' kot najboljša z največjim pridelkom (4932 kg/ha), za njo sta sledili 'Lessna' (4509 kg/ha) in 'Eso' (4292 kg/ha).

4 SKLEPI

Analiza uporabe pripravkov za inokulacijo semena je pokazala, da so pripravki v nakaterih primernih ugodno vplivali na preučevane parametre nodulacije, vendar pa v primerjavi s kontrolo (neinokulirano seme) vpliv ni bil izrazit. Naravna prisotnost simbiotskih bakterij, ki delujejo na grahu v tleh na laboratorijskem polju, je preprečila ugotovitev vpliva umetne inokulacije. Menimo, da umetna inokulacija semena pred setvijo v naših poskusih ni bila nujen ukrep za vzpostavitev bakterij na koreninah, kot je na primer to nujno pri soji. Krmni grah je kultura, ki je zahtevna za pridelavo, saj za doseganje visokih pridelkov zrnja zahteva lažja peščena tla in ugodne vremenske razmere v rastni dobi, čemur pa v letu 2018 ni bilo zadoščeno. V sortnem poskusu sedmih sort sejanih na dve medvrstni razdalji se je pokazalo, da je setev na medvrstno razdaljo 12,5 cm bolj primerna za pridobitev večjega pridelka od medvrstne razdalje 37,5 cm. Obe ozimni sorti sta se pokazali primerni tudi za jaro setev. Pridelava krmnega graha ima v primerjavi z drugimi stročnicami, predvsem sojo, prednosti, kot so možnost jesenske in spomladanske setve s pravilom pridelka pred poletno sušo in vključevanje v krmne mešanice pri setvi na žitno strnišče, zato menimo, da bi bilo treba s

poskusi na grahu nadaljevati. Zrnje graha skoraj ne vsebuje maščob (1 do 2 %), zato ima večjo obstojnost pri shranjevanju. Ker v zrnju graha ni inhibitornih snovi kot pri soji, je za krmo ustrezno suho zdrobljeno zrnje (Kapun, 1995; Kocjan Ačko in Ačko, 2016; Bavec in sod., 2017).

Zahvala. Raziskavi sta bili opravljeni v okviru dveh VSŠ nalog študija Agronomije in Zootehnike na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. Avtorja se zahvaljujeva Barbari Jugovic in Mateji Rutar. Hvala podjetjema Limiteksa in NS Seme ter prof. dr. Pete-u Iannetti iz Škotske za inokulske pripravke. Hvala podjetjema RWA Slovenija in Semenarni Ljubljana za seme sort krmnega graha.

5 LITERATURA

- Anglade, J., Billen, G., Garnier, J. 2015. Relationships for estimating N₂ fixation in legumes: incidence for N balance of legume-based cropping systems in Europe. *Ecosphere*, 6(3): 1-24
- ARSO. 2018. Agencija Republike Slovenije za okolje www.arso.gov.si (5. nov. 2018)
- Bavec, F., Grobelnik Mlakar, S., Jakop, M., Kocjan Ačko, D., Kolmanič, A., Romih, N., Ribarič-Lasnik, C., Šantavec, I. 2017. Končno poročilo CRP "Soja". Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Maribor: 124 str.
- Begum, A.A., Leibovitch S., Migner P., Zhang F. 2001. Inoculation of pea (*Pisum sativum* L.) by *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae* preincubated with naringenin and hesperetin or application of naringenin and hesperetin directly into soil increased pea nodulation under short season conditions. *Plant and Soil*, 237(1): 71-80
- Downie, A., Brewin, N. 1992. Rhizobium – legume symbiosis. V: Development the molecular genetic approach. Russo E., Brody S., Cove D., Ottolenghi S. (ur.). Berlin, Heidelberg, Springer: 257-270 <https://www.stat.si/statweb> (24. oktober 2018)
- Kanižai Šarić, G., Milaković, Z., Rapčan, I., Majić, I., Šeput, J., Kojić, D. 2017. Rast i prinos graška (*Pisum sativum* L.) pod utjecajem bakterizacije i gnojidbe dušikom. *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 78(5-6): 205-214
- Kapun, S. 1995. Izkušnje pri pridelavi krmnega graha za zrnje v Pomurju. *Sodobno kmetijstvo*, 28 (3): 124-125
- Kocjan Ačko, D., Ačko, A. 2016. Zrnate stročnice, pridelava in uporaba. Ljubljana, Založba Kmečki glas: 190 str.
- Kocjan Ačko, D., Tolar, Š., Šantavec, I. 2005. Stročnice v kolobarju slovenskih ekoloških kmetij. *Acta agriculturae Slovenica*, 85(1): 125-134
- Martin, J.H., Waldren, R.P., Stamp, D.L. 2006. Principles of field crop production. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, Columbus, Ohio: 954 str.
- Mengel, K., Kirkby, E.A. 2001. Principles of plant nutrition. 5. izdaja. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers: 849 str.
- Muniz, A.W., Dalla Costa, M., de Sa, E.L.S., Fiuza, A.B., Brose, E.V. 2017. Symbiotic efficiency of pea (*Pisum sativum*) rhizobia association under field conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 12(32): 2582-2585
- R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>
- SURS. 2018. Pridelki in površine. Ljubljana. Statistični urad RS.
- Vasilj, V., Šego, M., Filipović, A., Sikora, S., Mandić, A. 2016. Effect of inoculation on some important characteristics of peas grown in Herzegovina region (Bosnia and Herzegovina). V: VII International Scientific Agriculture Symposium, "Agrosym 2016", Jahorina, Bosnia and Herzegovina. Proceedings. University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture: 965-971

Možnosti varstva sladkega krompirja (*Ipomoea batatas* L. Lam.) pred pleveli

Dragan ŽNIDARČIČ¹⁴, Tomaž SINKOVIČ¹⁵, Igor ŠANTAVEC¹⁶, Mario LEŠNIK¹⁷, Filip VUČAJNK¹⁸ in Matej VIDRIH¹⁹

Izvilleček

Pri pridelavi sladkega krompirja veliko težavo predstavlja zatiranje plevelov. Zaradi tega smo na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v letu 2018 izvedli poljski poskus, v katerem smo primerjali uporabo treh herbicidov, polietilensko zastirko in kontrolo (neškropljeno). Ugotavljali smo pokrovnost s pleveli, skupni pridelek in tržni pridelek gomoljev z maso večjo od 250 g. V poskus je bila vključena slovenska sorta 'Janja'. S strojem za oblikovanje grebenov smo naredili grebene trapezne oblike z medvrstno razdaljo 75 cm in višino 25 cm ter nanje posadili potaknjence. Najnižja pokrovnost s pleveli je bila dosežena pri uporabi polietilenske zastirke, medtem ko je bila najvišja pokrovnost na kontrolni parceli. Pri uporabi herbicida 1 (a.s. napropamid + pendimetalin) je bila dosežena nižja pokrovnost s pleveli kot pri uporabi herbicidov 2 (a.s. klomazon in pendimetalin + S-metolaklor) in 3 (a.s. klomazon + pendimetalin). Pri uporabi polietilenske zastirke je bil dosežen največji skupni pridelek, kot tudi pridelek gomoljev, težjih od 250 g. Tako skupni pridelek, kot tudi pridelek gomoljev, težjih od 250 g, je bil večji pri uporabi herbicida 1 v primerjavi s herbicidom 2 in 3. Najmanjši pridelki so bili doseženi na kontrolni parceli.

Ključne besede: sladki krompir, greben, pleveli, pridelek.

Possibilities of weed control in sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam.)

Abstract

Weed control represents great difficulty in sweet potato production. Therefore the field trial was carried out in 2018 on the Laboratory field of Biotechnical Faculty, in which we compared the use of three herbicides, polyethylene mulch and control (untreated). We determined weed coverage, total yield and market yield of tubers, heavier than 250 g. Slovenia cultivar 'Janja' was included in the trial. Ridges of trapez shape were formed using ridge forming machine with 75 cm row width and 25 cm height. On the ridges seedlings were planted. The lowest weed coverage was achieved by the use of polyethylene mulch, while the highest weed coverage appeared on the control. When using herbicide 1 (a.i. napropamide + pendimethalin) lower weed coverage appeared in comparison to the use of herbicides 2 (a.i. clomazone and pendimethalin + S-metolachlor) and 3 (clomazone + pendimethalin). When using polyethylene mulch the highest total yield and yield of tubers, heavier than 250 g, appeared. Both total yield and yield of tubers, heavier than 250 g, was higher by the use of herbicide 1 compared to herbicides 2 and 3. The lowest yield was achieved on the control parcel.

Key words: sweet potato, ridge, weeds, yield.

1 UVOD

Čeprav je bil sladki krompir (*Ipomoea batatas* L. Lam.) prinešen v Evropo že v 17. stoletju in je po razširjenosti pridelave v svetu šesta kultura, za pšenico, rižem, koruzo, krompirjem in ječmenom (Faostat, 2018), je med slovenskimi pridelovalci praktično nepoznan. Razlog tiči predvsem v neinformiranosti potrošnikov in potencialnih pridelovalcev. Ljudje sladki krompir

¹⁴ Dr., Biotehniška fakulteta, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: dragan.znidarcic@bf.uni-lj.si

¹⁵ Mag., isti naslov, e-pošta: tomaz.sinkovic@bf.uni-lj.si

¹⁶ Dr., isti naslov, e-pošta: igor.santavec@bf.uni-lj.si

¹⁷ Dr., Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, 2311 Hoče, e-pošta: mario.lesnik@um.si

¹⁸ Dr., Biotehniška fakulteta, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: filip.vucajnjk@bf.uni-lj.si

¹⁹ Dr., isti naslov, e-pošta: matej.vidrih@bf.uni-lj.si

večinoma poznajo kot okrasno rastlino ali pa ga zamenjujejo s topinamburjem (Žnidarčič, 2011). Sicer je sladki krompir tropska oziroma subtropska trajnica in pripada botanični družini slakovk (Convolvulaceae). Kljub poimenovanju, ki izvira iz angleškega govornega področja (»sweet potato«) ni v sorodu z navadnim krompirjem (*Solanum tuberosum* L.) (Sajjpongse in sod., 1998).

Za ljudsko prehrano se uporabljajo sekundarno odebeljeni gomolji in mladi listi. O prehranski vrednosti sladkega krompirja pričajo tudi podatki iz literature (gomolji imajo skoraj dvainpolkrat več vitaminov in kalorij kot navadni krompir, 200 g gomoljev vsebuje enako količino naravnega antioksidanta beta karotena kot 5 kg brokolija, ...) (Woolfe, 1992).

Uspešnost pridelovanja sladkega krompirja je odvisna predvsem od klimatskih pogojev, oziroma od temperature zraka in tal v rastni dobi. Domnevamo, da bi raznolikost okolja in specifičnost klimatskih razmer v Sloveniji lahko omogočila rast ter vzgojo te zanimive tropske kulture, pod pogojem, da si vzgojimo primerne ekotipe, ki obrodijo v najkrajšem obdobju (rastna doba do 90 dni). Za uspešno pridelavo bi morali poznati tudi tehnologijo gojenja. Kolobar, priprava zemljišča in primeren herbicidni program so ključni dejavniki pri gojenju te kulture (Laurie in sod., 2015). Predvsem za invazivne vrste plevelov je značilno čezmerno razširjanja in s tem posledično omejevanje prostora, hranil in vlage gojenim rastlinam. To pa se odraža v zmanjšanju pridelka in povečanju stroškov pridelave zaradi večje porabe fitofarmaceutskih sredstev in vloženega dela (Rozman, 2016).

Za sladki krompir je v zgodnji fazi rasti značilna slaba tekmovalna sposobnost s pleveli, zato so za njihovo zatiranje razvili preko dvajset različnih herbicidov, ki pa v Sloveniji še niso registrirani. Zatiranje plevelov je tako možno pred ali po presajanju potaknjencev (Laurie in sod., 2015). V Braziliji, ki sodi med vodilne pridelovalke te kulture, gojijo sladki krompir skupaj s sladkornim trsom za pridelavo bioetanola (Schweinberger in sod., 2016). Pri tem jim največjo težavo povzroča dejstvo, da nimajo na razpolago ustreznih herbicidov, medtem ko je mehansko zatiranje plevelov premalo storilno (Gianessi, 2013). Poleg tega niso vse sorte enako občutljive na herbicide.

Domačih strokovnih informacij o kemičnem ali mehanskem zatiranju plevelov v sladkem krompirju praktično ni. Zato smo v preliminarjem, poljskem poskusu želeli pridobiti informacijo o učinkovitosti izbranih herbicidov na rast in razvoj plevelov, ki najpogosteje ogrožajo posevek sladkega krompirja. V ta namen smo testirali učinkovitost treh kombinacij herbicidov, ki smo jih primerjali s kontrolno neškropljeno parcelo in z uporabo črne polietilenske zastirke.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poskus je bil izveden na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani med majem in oktobrom 2018. V poskus je bila vključena slovenska sorta sladkega krompirja 'Janja' (sorta z oranžnim mesom in oranžno kožico). Potaknjence smo vzgojili v klimatiziranem steklenjaku. Z "nakaljevanjem" gomoljev oziroma pridobivanjem potaknjencev smo pričeli v komori ogreti na 30 °C. Ko so bile kalice velike približno 10 cm, smo jih potaknili v gojitvene plošče s 40-imi celicami in napolnjene s šotnim substratom za sadike (Neuhaus N3) ter prekrete z vermikulitom. Mlade rastline smo zalivali vsak dan, dognjevali pa smo jih enkrat na teden s tekočim gnojilom »Peters« (0,75 g N, 0,55 g P₂O₅ in 1,45 g K₂O/l).

Parcelo, ki je bila namenjena za poskus, smo prerahljali z vrtavkasto brano do globine 20 cm. Nato smo potrosili 350 kg/ha kompleksnega mineralnega gnojila NPK 7:14:21. Kasneje smo s strojem za oblikovanje grebenov formirali grebene trapezne oblike, višine 25 cm in s širino vrha 25 cm. Medvrstna razdalja je znašala 75 cm.

Poskusna zasnova so bili slučajni bloki v treh ponovitvah. Posamezen blok dolžine 10 m in širine 1,5 m smo razdelili na 5 obravnavanj (3 variante s herbicidi, kontrola in polietilenska zastirka). Tako je bila dolžina posamezne poskusne enote 2 m in širina 1,5 m. Razdalja med rastlinami v vrsti je znašala 0,5 m, med vrstami pa 0,75 m. Prvo rastlino smo posadili na razdalji 25 cm od začetka parcele. V vrsti so bile tako 4 rastline, skupno 8 v dveh vrstah. Gostota saditve je znašala 26667 rastlin na hektar.

V poskusu smo uporabili sledeče kombinacije herbicidov:

- Devrinol 45 FL 2,5 l/ha (a.s. napropamid) + Stomp aqua 1,5 l/ha (a.s. pendimetalin)
- Stallion sync tec 3 l/ha (a.s. klomazon in pendimetalin) + Dual gold 960 EC 0,7 l/ha (a.s. S-metolaklor)
- Centium 36 CS 0,25 l/ha (a.s. klomazon) + Stomp aqua 2,5 l/ha (a.s. pendimetalin)

Škropljenje smo izvedli z ročno nahrbtno škropilnico Solo 425 in s šobo Lechler IDK 120 03 C 28.05. 2018. Tlak škropljenja je znašal 3 bare, poraba vode je bila 400 l/ha. Pred škropljenjem s herbicidi smo grebene omočili z vodo, da bi bilo delovanje talnih herbicidov boljše. Rastline smo 30. 5. 2018 posadili na grebene. Za namakanje smo položili T-tape cevi po sredini grebenov.

Popise plevelov smo opravili 23. 7., 9. 8. in 17. 9. 2018. Površina, na kateri smo popisali plevela, je bila velika 1 m x 1 m. Uporabili smo kovinski okvir z dimenzijami 1 m x 1 m, ki smo ga postavili na sredino parcele, to pomeni 50 cm od začetka parcele v smeri vrste in 25 cm od levega roba parcele. Imena popisanih rastlin smo povzeli po Mali flori Slovenije (Martinčič in sod., 2007) in po v literaturi navedenem Priročniku (Sinkovič in sod., 2009). Poleg tega smo si pri določanju rastlin pomagali še z atlasom (Rothmayer, 1988). Uporabili smo Braun-Blanquetovo skalo (Diersche, 1994) in njej pripadajoče razpone pokrovnosti (0 = < 1 %; 1 = 1 - 5 %; 2 = 5 - 25 %; 3 = 25 - 50 %; 4 = 50 - 75 %; 5 = 75 - 100 %).

Posevek smo redno namakali in trikrat dognojili z vodotopnim gnojilom (NPK 20:20:20). Ob vsakem dognojevanju smo dodali 15 kg N, 15 kg P₂O₅ in 15 kg K₂O/ha.

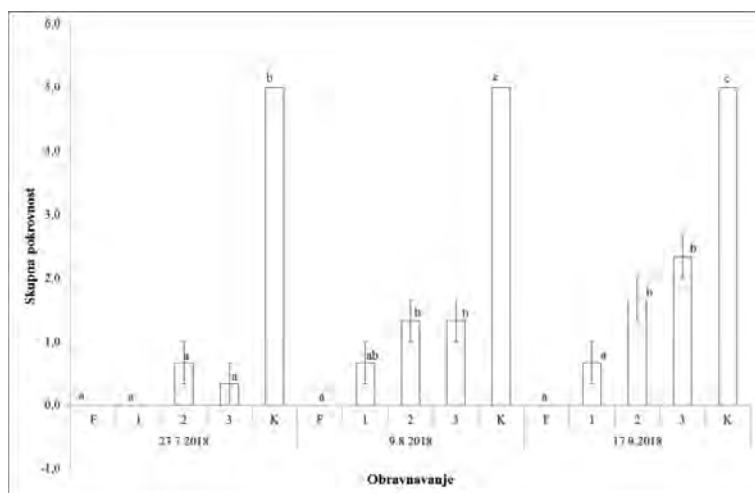
Z izkopom gomoljev smo pričeli 14. 10. 2018. Podatke smo statistično obdelali kot velja za naključne bloke v programu Statgraphics Centurion XVI. Naredili smo analizo variance in Duncanov test mnogoterih primerjav. Podatke smo grafično predstavili v obliki vrtilnih grafikonov. Ročaji na grafikonih predstavljajo standardne napake, medtem ko so značilne razlike med obravnavanji prikazane z različnimi črkami ($p < 0,05$).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

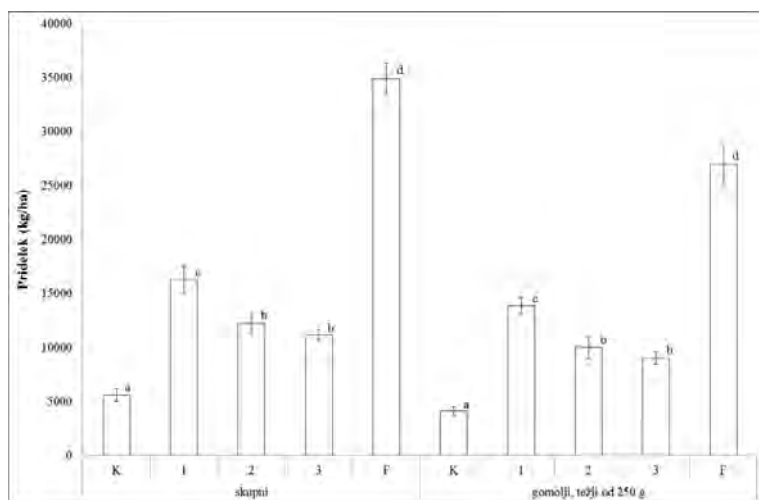
Dne 23. 7. je bila po pričakovanjih značilno največja pokrovnost s pleveli na kontrolni parceli, in sicer 5 (slika 1). Med ostalimi obravnavanji ni bilo značilnih razlik v pokrovnosti. Pri uporabi polietilenske zastirke (F) in variante 1 je bila pokrovnost 0, kar pomeni, da so pleveli pokrivali manj kot 1 % površine tal. Pri variantah 2 in 3 je bila pokrovnost med 0 in 1, kar pomeni, da so pleveli pokrivali od 1 do 5 % površine tal.

Ob naslednjem datumu meritve (9. 8.) se je skupna pokrovnost s pleveli nekoliko povečala glede na prvi datum meritve pri večini obravnavanj. Izjema je le kontrola, kjer je bila skupna pokrovnost nespremenjena (5) glede na prvi datum meritve in značilno največja med vsemi obravnavanji. Pri uporabi polietilenske zastirke plevelov praktično ni bilo (pokrovnost 0), prav tako ni bilo značilne razlike v pokrovnosti plevelov med uporabe zastirke in variante 1. Pri variantah 2 in 3 je bila skupna pokrovnost s pleveli značilno večja kot pri uporabi zastirke. Pri zadnjem datumu meritve (17. 9.) se je pokrovnost s pleveli nekoliko povečala pri variantah 2 in 3 glede na prejšnji datum meritve. Pri teh dveh obravnavanjih je bila pokrovnost s pleveli značilno večja kot pri uporabi polietilenske zastirke in variante 1. Značilno največja

pokrovnost s pleveli v sladkem krompirju je bila na kontrolni parceli, tako kot pri obeh prejšnjih datumih meritev.



Slika 1: Skupna pokrovnost plevelov v sladkem krompirju pri različnih obravnavanjih po datumih meritev (F - polietilenska zastirka; 1 - Devrinol 45 FL 2,5 l/ha (a.s. napropamid) + Stomp aqua 1,5 l/ha (a.s. pendimetalin); 2 – Stallion sync tec 3 l/ha (a.s. klomazon in pendimetalin) + Dual gold 960 EC 0,7 l/ha (a.s. S-metolaklor); 3 - Centium 36 CS 0,25 l/ha (a.s. klomazon) + Stomp aqua 2,5 l/ha (a.s. pendimetalin); K - kontrola (neškropljeno))



Slika 2: Skupni pridelek gomoljev in pridelek gomoljev, težjih od 250g, pri različnih obravnavanjih (F - polietilenska zastirka; 1 - Devrinol 45 FL 2,5 l/ha (a.s. napropamid) + Stomp aqua 1,5 l/ha (a.s. pendimetalin); 2 – Stallion sync tec 3 l/ha (a.s. klomazon in pendimetalin) + Dual gold 960 EC 0,7 l/ha (a.s. S-metolaklor); 3 - Centium 36 CS 0,25 l/ha (a.s. klomazon) + Stomp aqua 2,5 l/ha (a.s. pendimetalin); K - kontrola (neškropljeno))

Skupni pridelek gomoljev sladkega krompirja je bil značilno največji pri uporabi zastirke (slika 2). To je bilo pričakovano, saj pri tem obravnavanju plevelov praktično ni bilo prisotnih. Poleg tega so bili na parceli, kjer je bila uporabljena zastirka, ugodnejši pogoji za rast sladkega krompirja, predvsem ugodnejša temperatura tal v grebenu in okolici, kar je posledično vplivalo na višji pridelek gomoljev. Značilno najnižji pridelek se je pojavil na kontrolni parceli, kjer je bila pokrovnost s pleveli največja. Pri varianti 1 je bil skupni pridelek značilno večji kot pri variantah 2 in 3.

Izračunali smo še tržni pridelek gomoljev, v katerega so bili vključeni gomolji, ki so imeli maso večjo od 250 g (slika 2). Ugotovili smo enake razlike med posameznimi obravnavanji kot pri skupnem pridelku gomoljev. Značilno največji tržni pridelek gomoljev (> 250 g) je bil pri uporabi polietilenske zastirke, medtem ko je bil značilno najmanjši na kontrolni parceli. Pri varianti 1 je bil dosežen značilno večji tržni pridelek gomoljev kot pri variantah 2 in 3.

Rezultati kažejo, da je pridelek gomoljev povezan tako z zapleveljenostjo pri posameznih obravnavanjih, kot tudi s toplotnim učinkom zastirke. Skupni pridelek (34.900 kg/ha) in tržni pridelek gomoljev (> 250 g) (27.000 kg/ha) je bil dosežen na parceli, kjer smo uporabili polietilensko zastirko. Pri variantah 1, 2 in 3 smo dosegli precej manjše pridelke v primerjavi z polietilensko zastirko. Kljub temu smo pri varianti 1 (a.s. napropamid in pendimetalin) dosegli značilno večji skupni pridelek gomoljev, kot tudi tržni pridelek gomoljev v primerjavi z variantama 2 in 3. Pri varianti 1 je znašal skupni pridelek gomoljev 16.300 kg/ha, medtem ko pri uporabi variantah 2 in 3 12.250 kg/ha oz. 11.180 kg/ha). Ti podatki kažejo, da je bil skupni pridelek gomoljev na parcelah, kjer smo uporabili herbicide, dvakrat manjši v primerjavi s parcelo, kjer je bila uporabljena polietilenska zastirka. Očitno je, da delujejo uporabljeni herbicidi zaviralno na razvoj sladkega krompirja, kar smo opazili v obdobju enega meseca po škropljenju. Takrat so na teh parcelah rastline zaostale v rasti v primerjavi s parcelo, kjer je bila uporabljena polietilenska zastirka. Največji vpliv na pridelek pa je imel toplotni učinek zastirke, predvsem glede ugodnejše temperature tal v grebenu in okolici, kar je povzročilo hitrejšo začetno rast in razvoj sladkega krompirja v primerjavi z ostalimi obravnavanji, pri katerih zastirke nismo uporabili. Santos in sod. (2018) so v svoji raziskavi primerjali mehansko zatiranje plevelov s kemičnim zatiranjem, kjer so uporabili herbicid na podlagi aktivne snovi klomazon. Pri tem so uporabili 20 različnih sort sladkega krompirja. Največje pridelke so dosegli pri uporabi herbicida klomazon. Na kontrolni parceli je bilo zmanjšanje pridelka od 81 do 99,7 %. Njihovi podatki sicer niso neposredno primerljivi z našimi. V našem poskusu smo namreč dosegli nižje pridelke pri variantah (2 in 3), ki so vsebovali aktivno snov klomazon, v primerjavi z varianto (1), ki ni vsebovala te aktivne snovi.

4 SKLEPI

Pri uporabi poliestrske zastirke smo dosegli najnižjo pokrovnost s pleveli in najvišji pridelek gomoljev med vsemi obravnavanji. Do tega je prišlo zaradi toplotnega učinka zastirke, kar je pomenilo ugodnejše pogoje za rast in razvoj sladkega krompirja. Pri vseh treh variantah uporabljenih herbicidov je bila ugotovljena dobra učinkovitost na plevelu v sladkem krompirju, a po drugi strani je bil pridelek gomoljev precej nižji v primerjavi z parcelo, kjer je bila uporabljena zastirka. Znižanje pridelka lahko pripišemo v manjši meri zaviralnemu delovanju herbicidov, v večini pa slabšim pogojem za rast in razvoj v primerjavi z parcelo, kjer je bila uporabljena polietilenska zastirka.

5 LITERATURA

- Diersche, H. 1994. Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. Eugen Ulmer GmbH & Co. Wollgrasweg 41, 70599 Stuttgart (Hohenheim). Printed in Germany, 683 str.
- Faostat. 2018. <http://faostat.fao.org/site/438/default.asp>. (19. 11. 2018)
- Gianessi, P. L. 2013. The Increasing Importance of Herbicides in Worldwide Crop Production. *Pest Management Science*, 69 (10): 1099-1105.
- Laurie, S. M., Maja, M. N., Ngoben, H.M., Du Plooy, C.P. 2015. Effect of different types of mulching and plant spacing on weed control, canopy cover and yield of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *American Journal of Experimental Agriculture*, 5: 450-458.
- Martinčič, A., Wraber, T., Jogan, N., Podobnik, A., Turk, B., Vreš, B., Ravnik, V., Frajman, B., Strgulc Krajšek, S., Trčak, B., Bačič, T., Fischer, M. A., Eler, K., Surina, B. 2007. Mala flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 967 str.
- Rothmaler, W. 1988. Exkursionsflora. Band 3. Atlas der Gefaesspflanzen. Berlin, Volk und Wissen Volkseigener Verlag: 752 str.
- Rozman, S. 2016. Invazivne rastline v kmetijski krajini. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano: 6-7.
- Sajjpongse, A., Wu M., Roan, Y. 1998. Effect of planting date on growth and yield sweet potatoes. *HortScience*, 23(4): 698-699.
- Santos, E.A.D, Andrade Júnior, V.C.D., Viana, D.J.S., Santos, A.A.D., Da Silva, A.J.M., Fialho, C.M.T. 2018. Sensitivity of sweet potato genotypes to clomazone and weed interference. *Revista Caatinga*, 31(2): 352-359.
- Schweinberger, C. M. 2016. Ethanol production from sweet potato: The effect of ripening, comparison of two heating methods, and cost analysis. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 94 (4): 716-724.
- Sinkovič, T., Batič, F., Šircelj, H. 2009. Priročnik za računanje krmne vrednosti travne ruše, navodilo za pripravo študentskega herbarija in seznam pomembnejših travniških, plevelnih, kmetijskih in lesnatih rastlin: za študente študija kmetijstva smeri agronomija in zootehnika. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 144 str.
- Woolfe, J.A. 1992. Sweet potato: an untapped food resource. Cambridge University Press. Cambridge, UK: 634 str.
- Žnidarčič, D. 2011. Sladki krompir ni le za okras. *Gaia*, 17: 11.

Pridelek zrnja soje sorte 'ES Mentor' ob uporabi zeolita in dognojevanju z dušikom

Marko FLAJŠMAN²⁰, Nuša KANCILJA²¹, Rok MIHELIC²² in Darja KOCJAN AČKO²³

Izvleček

Soja je enoletna metuljnica z zrnjem, bogatim z beljakovinami (od 35 do 40 %) in maščobami (okoli 20 %). K bilanci dušika v kolobarju prispeva zaradi simbioze z bakterijami *Rhizobium japonicum* in *Bradyrhizobium japonicum*, ki vežejo zračni dušik v koreninske gomoljčke ali nodule. Ker zeolitna moka bogati tla z minerali, zadržuje vodo in pomaga rastlinam preživeti sušo, smo jo v kombinacijah z mineralnim dušikom uporabili v poljskem poskusu z inokuliranim in neinokuliranim semenom soje, sorte 'ES Mentor', na polju Biotehniške fakultete v Ljubljani. Med rastno dobo smo opravili analizo nodulacije. Ugotovili smo, da inokulacija in način gnojenja nista vplivala na pridelek zrnja soje, ki je bil v povprečju 3.128 kg/ha. Dodatek zeolitne moke ni vplival na povprečno absolutno maso semena (182,7 g), je pa ugodno vplival na število in maso nodulov na rastlino, kjer je imel dodatek mineralnega dušika negativen vpliv. Pri uporabi kombinacije mineralnega dušika in zeolitne moke je bila razdalja do prvega stroka največja (15,6 cm). Inokulacija je imela statistično značilen vpliv samo na povečanje absolutne mase zrnja.

Gljučne besede: soja, *Glycine max* L. Merrill, zeolitna moka, koreninski gomoljčki, pridelek zrnja

Seed yield of soybean variety 'ES Mentor' in the use of zeolite and mineral nitrogen

Abstract

Soybean is classified as an annual plant with grain rich in proteins (from 35 to 40%) and fats (20%). Soybean as the leguminous crop is important in crop rotation as it binds the aerial nitrogen in root nodules with the help of the symbiotic bacteria *Rhizobium japonicum* in *Bradyrhizobium japonicum*. We used zeolite flour in combination with mineral nitrogen and inoculated/uninoculated seed of the soybean variety 'ES Mentor' on the laboratory field of the Biotechnical Faculty in Ljubljana. The zeolite flour enriches soil with minerals, preserves water and helps plants surviving the shorter periods of drought. During the soybean growing, we conducted the analysis of nodulation. Inoculation and the fertilization (zeolite flour, mineral nitrogen or both) did not affect the seed yield, which was on average 3128 kg/ha. The zeolite flour also did not affect the thousand seed weight (182.7 g), however, it increased the number and weight of bacterial nodules per plant. Addition of mineral nitrogen had a negative impact on those traits. Combination of mineral nitrogen and zeolite flour resulted in the higher formation of the first pods (15.6 cm). Inoculation also significantly increased the thousand seed weight.

Key words: soybean, *Glycine max* L. Merrill, zeolite flour, root nodules, seed yield

1 UVOD

Soja (*Glycine max* L. Merrill) lahko preko simbiotskih bakterij, ki živijo in se razmnožujejo v gomoljastih zadebelitvah (nodulih) na vretenastih koreninah, izkorišča zračni dušik za svojo rast (Kocjan Ačko, 2015). Zaradi tega soje večinoma ni potrebno gnojiti z mineralnim dušikom oz. jo je potrebno dognojevati manj. Številne študije so pokazale, da lahko ima (prekomerno) gnojenje z mineralnim dušikom ne samo negativne posledice na zastopanost in

²⁰ Asist. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marko.flajsman@bf.uni-lj.si

²¹ Študentka MSc študija agronomije, dipl. inž. agr. in hort., prav tam, e-pošta: nusa.kancilja@gmail.com

²² Doc. dr., prav tam, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

²³ Doc. dr., prav tam, e-pošta: darja.kocjan.acko@bf.uni-lj.si

aktivnost simbiotskih bakterij, ampak tudi na pridelek zrnja (Thilakarathna in Raizada, 2017). Zato obstajajo različna mnenja strokovnjakov glede gnojenja soje z mineralnim dušikom. V luči naravi prijaznih prepričanj, vrednot in stališč za povečanje pridelka se v svetu in pri nas preizkušajo naravna sredstva, ki spodbujajo prekoreninjenost ter optimalen vegetativen in generativen razvoj kmetijskih rastlin. Zeolitna in druge kamninske moke so agrotehnični ukrep, ki izboljšuje delež vlage v tleh, zračnost tal in razpoložljivost mineralov (Milinković, 2017). V državah članicah Evropske unije so v uporabi sredstva za krepitev rastlin. Vse več izdelkov, med njimi tudi zeolitna moka, ima dovoljenje za uporabo v ekološkem kmetijstvu, kjer so kemična sintetična sredstva za povečanje pridelkov prepovedana (Iljaš in sod., 2017). Zeoliti sodijo med aluminosilikatne glin naravnega vulkanskega izvora s tridimenzionalno kristalno strukturo. Imajo veliko porozno skeletno strukturo, ki sestoji iz medsebojno povezanih kanalčkov in votlinic, vzdolž katerih potekajo procesi ionske izmenjave, adsorpcije in hidratizacije (Držaj, 1990). Na celjskem območju v Sloveniji sta v različnih količinah prisotna zeolitna minerala heulandit in klinoptilolit. V nahajališču vulkanskega tufa v Zaloški Gorici pri Žalcu kopljejo in obdelujejo zeolite, med katerimi prevladuje klinoptilolit (Montana, 2018). Podobno kot druge minerale glin ga sestavljajo silicijev in aluminijev oksid, v notranjosti mineralne mreže pa so kationi kalcija, magnezija, natrija, kalija ali drugi. Z mehansko obdelavo pri visoki temperaturi dobijo zeolitni delci porozno mineralno strukturo (polno kanalčkov in votlinic) z močnim negativnim nabojem in veliko spodobnostjo izmenjave, zadrževanja in sprejemanja snovi v obliki ionov. Sposobnost kationske izmenjalne kapacitete je poleg adsorpcije najpomembnejša lastnost zeolitov. Zaradi nadomeščanja štirivalentnega Si s trovalentnim Al v zeolitovi kristalni strukturi prihaja do negativne nabitosti celotne strukture. Kationska izmenjalna kapaciteta (KIK) naravnih zeolitov znaša od 200 do 400 cmol/kg (Polat in sod., 2004). Zeolitni tuf iz Zaloških Goric ima KIK 129-153 cmol/kg (Žibrat, 2004).

Številne raziskave so potrdile, da je zeolit – klinoptilolit izjemen zadrževalec vode in hranil ter filter za škodljive snovi iz zraka, vode, tal in živih bitij (Tsintskaladze in sod., 2016). Količina posute in v setveno plast zamešane zeolitne moke je odvisna od vrste tal (fizikalnih, kemičnih in bioloških lastnosti tal) ter motenj, ki so nastale zaradi njihove degradacije (Montana, 2018). Ko se razmere v tleh izboljšajo, je priporočeno dodajanje na tri do pet let. Iz analiz pH tal je razviden dvig pH po uporabi zeolita, še posebej na kislih tleh. Pozitiven vpliv zeolita, o katerem so poročali različni raziskovalci (Tsintskaladze in sod., 2016; Campisi in sod., 2016; Milinković, 2017), je najbolj zaznaven v času dolgotrajne vročine in suše, kjer uporaba zeolita pripomore ki manjšemu venenju, manj je suhih rastlin in manjša poraba vode za namakanje. Ker zeolit – klinoptilolit preprečuje izpiranje dušičnih gnojil v podtalnico, ga okoljevarstveniki še posebej priporočajo na vodovarstvenih območjih (Rehakova in sod., 2004). Namen naše raziskave je bil ugotoviti vpliv dodajanja zeolitne moke in mineralnega dušika na nodulacijo in pridelek zrnja soje.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Izvedba poljskega poskusa

Leta 2017 smo na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani izvedli poljski poskus s sojo sorte 'ES Mentor' (Saatbau Linz). V bločnem poskusu s štirimi ponovitvami smo imeli osem različnih obravnavanj, sestavljenih iz dveh faktorjev; prvi faktor je bila inokulacija semena, kjer je bilo seme tovarniško inokulirano s pripravkom Fix fertig (Saatbau Linz) ali neinokulirano (tudi pridobljeno od podjetja Saatbau Linz), drugi faktor pa gnojenje, kjer je

bilo uporabljeno 30 kg N/ha v obliki KANa oziroma 600 kg/ha zeolitne moke v kombinaciji s KANom ali brez (preglednica 1).

Preglednica 1: Okrajšave in razlage obravnavanj

Okrajšava obravnavanja	Faktor 1	Faktor 2
	Inokulirano seme	Način gnojenja
INOK:brez	da	brez zeolita ali mineralnega dušika
INOK:Nmin	da	mineralni dušik
INOK:zeo	da	gnojenje z zeolitom
INOK:zeo+Nmin	da	gnojenje z zeolitno moko in mineralnim dušikom
NEINOK:brez	ne	brez zeolita ali mineralnega dušika
NEINOK:Nmin	ne	mineralni dušik
NEINOK:zeo	ne	gnojenje z zeolitom
NEINOK:zeo+Nmin	ne	gnojenje z zeolitno moko in mineralnim dušikom

Pred setvijo smo celotno njivo založno pognojili s 500 kg/ha NPK 0-14-28 ter dodali zeolitno moko in mineralni dušik (30 kg N/ha) glede na obravnavanje. Z mineralnim dušikom smo glede na rezultate analize tal dognojevali še 28. 6. 2017 v količinah 72 do 90 kg N/ha pri vseh obravnavanjih z mineralnim dušikom, zeolitne moke pa nismo več dodajali. Osnovna parcela je bila velika 20 m² (4 m x 5 m). Setvena količina inokuliranega semena je bila 15,6 g/m², neinokuliranega pa 14,4 g semena/m². V poskusu smo preučevali naslednje spremenljivke: pridelek semena (izražen pri 9-odstotni vlažnosti), absolutno maso, višino rastlin do prvega stroka (na 20 rastlin na ponovitev) ter število in suho maso nodulov (sušenje 24 ur pri 105 °C) na rastlino (pri 5 rastlin na ponovitev). Setev smo opravili 18. 5. 2017 s parcelno sejalnico Wintersteiger za strnjeno setev na medvrstno razdaljo 12,5 cm. Plevela smo zatirali s pripravki Pulsar, Basagran in Fusilade forte. Analizo nodulacije smo izvedli v času od 18. 7. 2017 do 20. 7. 2017, ko so bile rastline v fenofazi oblikovanja strokov (fenofaze 70 – 73 po BBCH). Spravilo rastlin je potekalo 27. 9. in 28. 9. 2017. Za statistično analizo smo uporabili program R (R Core Team, 2016).

2.2 Vremenske razmere v času poskusa

Mesec maj je bil glede na dolgoletno povprečje nekoliko hladnejši, tudi padavin je bilo manj, zato je setev potekala normalno. V juniju je bila povprečna mesečna temperatura nadpovprečna, prav tako količina padavin, ki so bile zelo neenakomerno razporejene. V predzadnjem dnevu junija je padla dobra tretjina padavin tega meseca, kar je povzročilo zastajanje vode ponekod na površini poskusa. Julij je bil za 1,6 °C toplejši od dolgoletnega povprečja, količina padavin pa je bila manjša, samo 73 mm. Vseeno manjša mesečna količina padavin ni imela vidnega negativnega učinka na rast rastlin, saj je bilo najdaljše obdobje brez dežja zgolj 8 dni in najvišje povprečne dnevne temperature niso presegle 27 °C. Začetek avgusta je zaznamovalo suho in vroče vreme, vendar je večja količina padavin sledila 7. avgusta, ko je padlo 33 mm dežja. V povprečju je bil avgust za več kot 2 °C toplejši od dolgoletnega povprečja, padlo pa je manj kot polovica povprečnih padavin (samo 60 mm). September je bil nekoliko hladnejši od dolgoletnega povprečja, a je bil nadpovprečno moker, saj je padlo kar 347 mm padavin, od tega večina (97 %) do 20. septembra (preglednica 2).

Preglednica 2: Povprečne mesečne temperature in vsote padavin za mesece v času izvedbe poljskega poskusa v 2017 ter za večletno obdobje 1985 – 2015 v Ljubljani (ARSO, 2017)

Leto/obdobje	Povprečna mesečna temperatura (°C)					Vsota padavin v mesecu (mm)				
	maj	junij	julij	avgust	sept.	maj	junij	julij	avgust	sept.
2017	16,9	21,7	23,2	23,2	14,3	72	150	73	60	347
1985–2015	17,2	19,5	21,6	21	16	105	131	121	131	159

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Analiza variance je pokazala, da na pridelek semena nobeden izmed faktorjev ni imel statistično značilnega vpliva. Na absolutno maso je statistično značilno vplivala samo inokulacija, medtem ko je uporaba gnojila vplivala na preostale tri spremenljivke, in sicer na število nodulov ($p < 0,01$), povprečno suho maso nodulov na rastlino in višino do prvega stroka ($p < 0,001$) (preglednica 3). Interakcije med faktorjema ni bilo pri nobeni spremenljivki.

Preglednica 3: Analiza variance za merjene variabilne spremenljivke na poskusnem polju Biotehniške fakultete (Ljubljana, 2017)

	Pridelek semena	Absolutna masa	Število nodulov	Masa nodulov	Višina do prvega stroka
Inokulacija semena (IS)	n.z.	*	n.z.	n.z.	n.z.
Uporaba gnojila (UG)	n.z.	n.z.	**	***	***
Interakcija IS x UG	n.z.	n.z.	n.z.	n.z.	n.z.

*** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; n.z. – ni statistično značilnega vpliva ($p > 0,05$)

Preglednica 4: Rezultati meritev variabilnih spremenljivk

Inokulacija semena	Pridelek pri 9-odstotni vlažnosti zrnja (kg/ha)	Absolutna masa (g)	Število nodulov na rastlino	Povp. suha masa nodulov na rastlino (mg)	Višina do prvega stroka (cm)
Inokulirano	3.093	185,8 a	129,8	450,3	14,2
Neinokulirano	3.162	179,6 b	132,8	434,6	13,9
Uporaba gnojila					
Brez	3.044	182,1	151,0 a	562,1 a	12,2 b
Zeolit	3.161	184,7	134,7 a	482,5 a	13,1 b
Zeolit+Nmin	3.132	181,8	133,5 a	380,7 b	15,6 a
Nmin	3.174	182,1	106,0 b	344,6 b	15,2 a

Različne črke pri povprečnih vrednostih označujejo statistično značilno razliko med obravnavanji (Duncan, $p \leq 0,05$)

Dodatek zeolita, mineralnega gnojila in inokulacija niso statistično značilno vplivali na pridelek. Največji pridelek je bil izmerjen pri obravnavanju z neinokuliranim semenom (3.162 kg/ha) in pri uporabi mineralnega dušika brez zeolita (3.174 kg/ha). Najmanjši pridelek smo izmerili pri kontrolnem obravnavanju, kjer nismo uporabili nobenih dodatkov (3.044 kg/ha). Pri obravnavanju, kjer smo uporabili samo zeolit, je bil pridelek

večji za 117 kg/ha (3,8 %) v primerjavi s kontrolnim obravnavanjem (preglednica 4). V poskusu izmerjen povprečni pridelek (3.128 kg/ha) soje sorte 'ES Mentor' je bil na ravni slovenskega povprečja, ki je okoli 3 t/ha (Bavec in sod., 2017). Pridelek iz naše raziskave je primerljiv tudi s poskusi FBVK Maribor (Bavec in sod., 2017), kjer je sorta 'ES Mentor' dala 3.320 kg/ha. Povprečje poskusov Kmetijskega inštituta Slovenije iz lokacij Jablje in Rakičan (Bavec in sod., 2017) je bilo za sorto 'ES Mentor' nekoliko večje, saj je znašalo 3.896 kg/ha. Tudi Šantavec in sod. (2016), ki so preučevali vpliv medvrstne razdalje 12,5 cm, 25,0 cm in 37,5 cm za isto sorto na isti lokaciji, so poročali o večjem pridelku. V poskusu, kjer medvrstna razdalja ni vplivala na pridelek zrnja, je bil povprečni pridelek semena 5,6 t/ha v letu 2015 ter 3,4 t/ha v letu 2016. Na absolutno maso, ki je pomemben dejavnik pridelka zrnja pri soji, sočasno pa tudi kazalec rastnih razmer v času razvoja in dozorevanja semen, je imela statistično značilen vpliv samo inokulacija semena, in sicer je imelo inokulirano seme večjo absolutno maso (185,8 g) od neinokuliranega (179,6 g), povprečje glede na uporabo gnojenja pa je bilo 182,7 g (preglednica 4). Šantavec in sod. (2016) so ugotovili večjo absolutno maso; povprečna absolutna masa je bila v letu 2015 203 g ter v letu 2016 213 g. K manjšim pridelkom in absolutni masi ter manjšemu vpliv dodanega zeolita od pričakovanega so najbrž prispevale neugodne vremenske razmere v rastni sezoni v letu 2017. Mesec avgust je bil zelo suh. V zadnjih tridesetih letih se je samo štirikrat zgodilo, da je avgusta padlo manj padavin kot v letu 2017. Avgust je bil tudi nadpovprečno tople. To je vplivalo na fenofazo R6 (polni razvoj semena), kar je verjetno botrovalo slabšemu polnjenju semen. September je bil zelo moker, kar je močno oteževalo zorenje semena v strokih. Tudi temperature so bile nižje od povprečnih, kar je neugodno vplivalo na absolutno maso in pridelek semena soje.

Po nekaterih podatkih si lahko soja v simbiozi z bakterijami zagotovi tudi 70–85 % potrebo po dušiku (Alves in sod., 2003). Preostali dušik mora rastlina pridobiti iz tal, če je tam na voljo, lahko pa ga dodamo tudi pri gnojenju. Vendar pa mora biti gnojenje z dušikom zelo previdno, saj se v primeru prekomernega gnojenja fiksacija dušika iz zraka s pomočjo nitrifikacijskih bakterij eksponentialno zmanjšuje (Salvagiotti in sod., 2008). Uspešnost fiksacije dušika je povezana s pojavom koreninskih nodulov. V poskusu smo ugotovili, da inokulacija ni vplivala na število nodulov (131,3 nodulov na rastlino) in suho maso nodulov (442,5 mg/rastlino). Vse kaže, da so bile v tleh že prisotne simbiotske bakterije, ki so uspešno oblikovale nodule na rastlinah soje. Prešteto število in masa nodulov na rastlino iz našega poskusa sta v primerjavi z nekaterimi drugimi raziskavami veliki. Tako sta Hacin in Hacin (2008) v poskusu na šotnih tleh Ljubljanskega barja določila največ 28 nodulov na rastlino s povprečno maso 118 mg. V poskusih FKBV Maribor (Bavec in sod., 2017) so prešteli do 95 nodulov, kjer pa je bila masa precej velika (do 1,2 g). Je pa na obe omenjeni spremenljivki v naši raziskavi statistično značilno vplivalo gnojenje, saj mineralni dušik zmanjšal število in maso nodulov na rastlino. Pri številu nodulov se je uporaba zeolita izkazala kot koristna, saj se je negativni učinek uporabe mineralnega dušika zakril in je število nodulov statistično enako kot pri kontrolnem obravnavanju ali pri uporabi samo zeolita. Pri masi nodulov na rastlino tega učinka zeolita ni bilo.

Višina do prvega stroka je pomembna agronomska lastnost sorte, saj je močno povezana z izgubami pridelka ob žetvi. Želeno je, da je višina do prvega stroka čim večja, da lahko kombajn zajame vse stroke. V poskusu se je izkazalo, da inokulacija ni vplivala na to lastnost, je pa imelo gnojenje velik vpliv ($p < 0,001$). Popović in sod. (2016) so ugotovili, da uporaba zeolita ugodno vpliva na višino do prvega stroka. V našem poskusu je uporaba samo

mineralnega značilno povečala višino do prvega stroka (15,2 cm), ki je bila še večja pri dodanem zeolitu (15,6 cm). Višina do prvega stroka se pri uporabi samo zeolita ni razlikovala od kontrole. To pomeni, da je zeolit v kombinaciji z mineralnim dušikom ugodno vplival na to lastnost.

Preglednica 5: Ocena Pearsonovega korelacijskega koeficienta r ter Bonferronijev popravek p -vrednosti za testiranje vseh domnev korelacije merjenimi parametri

	Pridelek semena	Absolutna masa	Število nodulov	Masa nodulov
Pridelek semena	1			
Absolutna masa	0,02nz	1		
Število nodulov	-0,03nz	-0,08nz	1	
Masa nodulov	-0,50nz	0,04nz	0,78***	1
Višina do prvega stroka	0,10nz	0,17nz	-0,30nz	-0,48*

*** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; $0,05 < p < 0,1$; nz – ni statistično značilnega vpliva ($p > 0,05$)

Analiza korelacije je pokazala, da med pridelkom zrnja in ostalimi merjenimi parametri ni povezave (preglednica 5). Statistično značilno korelacijo smo ugotovili le med številom in maso nodulov (0,7815; *** $p < 0,001$), kar pomeni, da se s številom nodulov večja tudi njihova masa, ter med maso nodulov in višino do prvega stroka (-0,4831; $p < 0,001$), kar je nenavadno in pomeni, da se višina do prvega stroka povečuje, ko se masa nodulov zmanjšuje. Ugotovitev je povezana z uporabo mineralnega dušika, ki statistično značilno vpliva na višino do prvega stroka (pozitiven vpliv) in na maso nodulov (negativen vpliv).

4 SKLEPI

V poskusu s sojo v letu 2017 na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete smo ugotovili, da na pridelek zrnja soje tako inokulacija kot tudi način gnojenja in njuna interakcija niso imeli statistično značilnega vpliva. Način gnojenja je vplival samo na število in maso nodulov na rastlino ter na višino do prvega stroka. Inokulacija je imela statistično značilen vpliv samo na absolutno maso. Razlog za povprečen pridelek zrnja kot tudi majhne razlike v velikosti pridelka med obravnavanji lahko iščemo v neugodnih vremenskih razmerah v drugi polovici rastne dobe soje. Za majhen vpliv zeolita na merjene spremenljivke je lahko vzrok tudi premajhna količina v poskusu uporabljenega zeolita. Analiza nodulacije je pokazala, da so bile v tleh verjetno že od prej prisotne simbiotske, N-fiksirajoče bakterije, saj inokulacija ni imela vpliva na število in maso nodulov na rastlino. Pokazal se je izrazito negativen učinek gnojenja soje z mineralnim dušikom na nodulacijo (število in masa nodulov), toda dodatna uporaba zeolita je negativen učinek izničila.

Zahvala. Raziskava je bila opravljena na podlagi raziskovalno-razvojno-tehnološkega sodelovanja s podjetjem Montana d.o.o. Podjetju se zahvaljujemo za sodelovanje.

5 LITERATURA

- Alves, B.J.R., Boddey, R.M., Urquiaga, S. 2003. The success of BNF in soybean in Brazil. *Plant Soil*, 252: 1–9
- ARSO. 2017. Agencija Republike Slovenije za okolje <http://www.arsp.gov.si> (15. dec. 2017)

- Bavec, F., Grobelnik Mlakar, S., Jakop, M., Kocjan Ačko, D., Kolmanič, A., Romih, N., Ribarič-Lasnik, C., Šantavec, I. 2017. Končno poročilo CRP »Soja« (V4-1407). Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede: 124 str.
- Campisi, T., Abbondanzi, F., Faccini, B., Di Giuseppe, D., Malferrari, D., Coltorti, M., Laurora, A., Passaglia, E. 2016. Ammonium-charged zeolite effects on crop growth and nutrient leaching: greenhouse experiments on maize (*Zea mays*). *Catena*, 140: 66–76
- Držaj, B. 1990. Bentoniti na Slovenskem. Kemijski inštitut Boris Kidrič Ljubljana. Inštitut Jožef Stefan Ljubljana. Ljubljana: 140 str.
- Hacin, B., Hacin, J. 2013. Vpliv glifosata in obdelave tal na nodulacijo ter pridelek soje in koruze na šotnih tleh Ljubljanskega barja V: Novi izzivi v agronomiji. Zbornik simpozija. 24. in 25. januar 2013, Zreče. Mihelič, R., Dolničar, P., Čeh, B., Jesenko, T., Novak, R. (ur.). Slovensko agronomsko društvo, Ljubljana: 163–167
- Iljaš, D., Strgulec, M., Kalan, M., Lešnik, M., Kocjan Ačko, D., Trdan, S., Šantavec, I., Kolmanič, A., Dolničar, P., Zemljič, A., Turinek, M., Bajec, D., Rodič, K., Dolenšek, M. 2017. Tehnološka navodila za ekološko pridelavo poljščin. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Ljubljana: 107 str.
- Kocjan Ačko, D. 2015. Poljščine, pridelava in uporaba. Ljubljana, Kmečki glas: 187 str.
- Milinković, J. 2017. Zeolit: Najmočnejši razstrupljevalec v naravi. <https://govori.se/zanimivosti/zeolit-najmocnejši-razstrupljevalec-v-naravi/> (10. maj 2018)
- Montana. 2018. Pridobivanje in predelava nekovinskih rudnin d.o.o. <http://www.montana-zalec.si/> (8. nov. 2018)
- Polat, E., Karaca, M., Demir, H., Onus, N. 2004: Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal Fruit Ornamental Plant Research*, 12: 183–189
- R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>
- Rehakova, M., Čuванová, S., Dzivak, M., Rimár, J., Gaval'Ova, Z. 2004. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 8: 397–404
- Salvagiotti, F., Cassman, K.G., Specht, J.E., Walters, D.T., Weiss, A., Dobermann, A. 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field Crops Research*, 1: 1–13
- Šantavec, I., Kocjan Ačko, D., Bavec, F. 2017. Vpliv medvrstne razdalje pri strnjeni setvi soje na pridelek in lastnosti rastlin. V: Novi izzivi v agronomiji. Zbornik simpozija. 26. in 27. januar 2017, Laško. Čeh, B., Dolničar, P., Mihelič, R., Stanjko, D., Šantavec, I. (ur.). Slovensko agronomsko društvo, Ljubljana: 19–25
- Thilakarathna, M.S., Raizada, M.N. 2017. A meta-analysis of the effectiveness of diverse rhizobia inoculants on soybean traits under field conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 105: 177–196
- Tsintskaladze, G., Eprikashvili, L., Urushadze, T., Kordzakhia, T., Sharashenidze, T., Zautashvili, M., Burjanadze, M. 2016. Nanomodified natural zeolite as a fertilizer of prolonged activity. *Annals of Agrarian Science*, 14: 163–168
- Žibrat, D. 2004. Kemijska, mineralna sestava, izmenjalna kapaciteta zeolitov iz Zaloških Goric (osebni vir, april 2004).

Odvzem hranil s pridelkom semen oljnih buč (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo* var. *styriaca*) in predlog spremembe gnojilne norme

Aleš KOLMANIČ²⁴, Janko VERBIČ²⁵ in Lovro SINKOVIČ²⁶

Izvleček

V zadnjih letih so se spremenili načini spravila oljnih buč. S tem, ko se z njive odpelje samo semena, se spremeni tudi količina hranil, ki se odvzame z njive. Odvzem hranil na enoto pridelka semen pri oljnih bučah v gnojilnih normah ni naveden. Z namenom preverjanja odvzema hranil s semeni oljnih buč smo zračno sušene in vakumsko skladiščene vzorce semen v letu 2017 analizirali na multi elementno sestavo z uporabo ICP-MS in na vsebnost dušika. Vzorci so bili pridobljeni iz poljskih mikro poskusov v letu 2011 in skladiščeni na Kmetijskem inštitutu Slovenije. Analizirani so bili vzorci petih sort oljnih buč, od tega dve linijski sorti ('Slovenska golica' in 'Gleisdorfer Ölkürbis') ter tri hibridne sorte ('GL Maximal', 'GL Rustikal' in 'GL Opal'). Pridelki bučnih semen (preračunani na suho snov) so bili od 484 kg/ha pri sorti Slovenska golica do 1003 kg/ha pri hibridu GL Opal. Vsebnosti hranil v semenih se med sortami niso pomembno razlikovale, z izjemo nekoliko višje vsebnosti kalija pri linijskih sortah. Preračunani odvzemi hranil na tono pridelka semen (10 % vlage) so znašali 54,0 kg/ha N, 23,6 kg/ha P₂O₅, 9,2 kg/ha K₂O, 7,8 kg/ha SO₃ in 7,5 kg/ha MgO. Na podlagi pridobljenih rezultatov je predlagana posodobitev gnojilnih norm za oljne buče, pri katerih kot pridelek pospravimo z njive le semena.

Ključne besede: oljne buče, gnojenje, odvzemi hranil, makro hranila, gnojilne norme

Nutrients uptake with seed yield of oil pumpkin (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo* var. *styriaca*) and proposal of fertilization guidelines update

Abstract

Methods of harvesting oil pumpkins have changed in recent years. By removing only seeds from the field, the amount of nutrients that is taken from the field has also changed. The removal of nutrients per unit of yield (seeds) for oil pumpkins is not specified in fertilization guidelines. Air-dried and vacuum-sealed seed samples from field micro experiments from 2011 and stored at the Agricultural Institute of Slovenia were analysed for the minerals content with the use of ICP-MS in 2017 and for the content of nitrogen. Samples of five varieties of oil pumpkins were analysed; two "line" varieties ('Slovenska golica' and 'Gleisdorfer Ölkürbis') and three hybrid varieties ('GL Maximal', 'GL Rustikal' and 'GL Opal'). Seed yields (calculated to dry matter) ranged from 484 kg/ha for variety 'Slovenska golica' to 1003 kg/ha for hybrid 'GL Opal'. Only small differences between the varieties were observed regarding mineral content in seeds, with the exception of a slightly higher content of K in "line" varieties. Calculated nutrient removals per ton of seed yield (10% moisture) amounted to 54.0 kg N, 23.6 kg for P₂O₅, 9.2 kg for K₂O, 7.8 kg for SO₃ and 7.5 kg for MgO. On the basis of the results the update of the oil pumpkins fertilization guidelines for the nutrients removal with seed yield is proposed.

Key words: oil pumpkin, fertilisation, nutrient removal, macro nutrients, fertilisation guidelines

1 UVOD

Oljne buče (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo* var. *styriaca*, Cucurbitaceae) imajo dolgo tradicijo pridelave v Sloveniji, posebej v severovzhodnem delu Slovenije. Kot že namiguje njihovo ime, se večinoma pridelujejo za namen predelave semen v olje. Pri tem se semena največkrat pražijo, meljejo in stisnejo, poznani pa so tudi postopki hladnega pridobivanja olja. Proizvod iz »tople« ali »hladne« predelave oljnih buč je t.i. bučno olje, zaradi svojih lastnosti v prehrani

²⁴ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: ales.kolmanic@kis.si

²⁵ Univ. dipl. inž. agr., isti naslov, e-pošta: janko.verbic@kis.si

²⁶ Dr., isti naslov, e-pošta: lovro.sinkovic@kis.si

in kulinariki pridobiva na pomenu. Vključitev oljnih buč v naš, pretežno žitni kolobar, je zelo dobrodošla diverzifikacija. Površina, namenjena pridelavi oljnih buč, v zadnjih letih nekoliko niha, a je opazen trend povečevanja in površine so v zadnjih letih med 4000 in 5000 ha (SURS, 2018). Razlogov za širjenje pridelave buč je več, med njimi sta tudi pojav novih, rodnejših sort/hibridov ter vpeljava strojnega spravila. S tem se je spremenila tehnika spravila buč oz. pridobivanje njihovih semen. Če se je še pred leti buče prevažalo z njive domov in obiralo ročno, se danes spravilo večinoma izvaja na njivi s stroji. Z njive se kot pridelek odpelje samo semena, ostala biomasa pa kot žetveni ostanki ostane na njivi. S tem se spreminja tudi količina hranil, ki jih s pridelkom odvajamo z njive, saj z njive odvajamo samo hranila, ki se nahajajo v semenih.

Za uspešno pridelavo oljnih buč je potrebno rastlinam zagotoviti primerne pogoje za rast in razvoj. Med njimi je tudi primerna preskrbljenost tal s hranili in njihova dostopnost rastlinam. Pri gnojenju posevkov najpogosteje dodajamo dušik (N), fosfor (P) in kalij (K), občasno Ca, redkeje pa magnezij (Mg) ali žveplo (S). Med njimi bomo na kratko omenili samo pomen P, K in S, pomen ostalih je dobro opisan v mnogih virih (npr. Mihelič in sod., 2010; Epstein in Bloom, 2004). Fosfor vpliva na potek procesov povezanih s celično delitvijo, razvojem in metabolizmom rastlin. Poleg tega je povezan s procesi absorpcije, skladiščenja in uporabe energije v rastlinah (Epstein in Bloom, 2004). Ker je povezan z rastjo in razvojem rastlin, so največje koncentracije pogosto v rastnih vršičkih in semenih. Kalij je v rastlinah kot kation prisoten v večjih koncentracijah. Ima pomembno vlogo pri aktivaciji encimov, sintezi beljakovin, fotosintezi, osmo-regulaciji, prenosu energije, transportu preko floema, vzdrževanju kationsko-anionskega razmerja, pri odpornosti na stres itd. (Marschner, 2012). V rastlinah se nalaga v starejših tkivih in od tam premešča v mlajše, zato so v starejših tkivih pričakovane najvišje vsebnosti. Ker je pomemben element za mnogo procesov pri razvoju rastlin, je prisoten tudi v semenu. Žveplo je kot hranilo pomembno pri tvorjenju klorofila, tvorjenju rastlinskega olja, je sestavni del aminokislin in nekaterih vitaminov, pomemben je pri aktivaciji encimov itd. (Scherer, 2001). Pri N in S je odmerjanje bolj zapleteno zaradi okoljskih dejavnikov, potrebno je upoštevati tudi potrebe posamezne poljščine. Z njima tudi ne moremo gnojiti založno, ker se zaradi negativnega naboja izpirata.

Smernice za gnojenje buč v Sloveniji so podali Mihelič in sod. (2010) in so povzete po Bavec (2000), ki kot vir informacij navaja doktorsko delo Tagizhed-a (1967). Smernice navajajo, da so potrebe rastlin oljnih buč po hranilih pri povprečnem pridelku buč do 200 kg/ha N, 48 kg/ha P_2O_5 , 420 kg/ha K_2O /ha, 282 kg/ha CaO in 43 kg/ha MgO. Mihelič in sod. (2010) priporočajo jesensko gnojenje s hlevskim gnojem v količini 30-45 t/ha in po potrebi dopolnjevanje razlike v potrebni količini hranil z uporabo mineralnih gnojil. Ob tem Bavec (2000) navaja, da so v splošnih nasvetih, brez kemijskih analiz tal, te količine v razponu 60-80 kg/ha N, 90-120 kg/ha P_2O_5 in 150-180 kg/ha K_2O . Avstrijske smernice navajajo, da so pri preskrbljenosti tal v razredu C potrebne količine hranil 60-80 kg/ha N, 50 kg/ha P_2O_5 in 180 kg/ha K_2O (Baumgarten, 2017). Gnojilne norme so pripravljene na odvzem s celotno biomaso oljnih buč. Ker pa s strojnim pravilom večina biomase ostane na njivi, menimo, da so navedene količine hranil pri dobri preskrbljenosti tal in dostopnosti hranil mnogo večje kot količina hranil, ki jih z njive odnesemo le s pridelkom semen buč. Odvzem hranil na enoto pridelka semen pri oljnih bučah v naši strokovni skupnosti ni poznan in ga v gnojilnih normah ne navajajo.

Namen prispevka je bil analizirati odvzeme makro hranil (magnezij, fosfor, kalij, žveplo in kalcij) s semeni oljnih buč petih sort (Slovenska golica, Gleisdorfer Ölkürbis, GL Maximal, GL Rustikal in GL Opal). Na podlagi pridobljenih podatkov smo podali izhodišča za smernice gnojenja oljnih buč, pri katerih z njive odpeljemo le semena.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Za analize smo uporabili vzorce iz poljskih poskusov, ki so bili izvedeni v pridelovalni sezoni 2011 na srednje težkih tleh v kraju Središče ob Dravi (46°23'24" N, 16°16'20" E; nadmorska višina 183 m). Zasnova poskusov in izvedeni agrotehnični ukrepi so podrobneje prikazani v preglednici 1. Tla po klasifikaciji spadajo v tip psevdoglejnih tal s prevladujočo teksturo meljasta ilovica in meljasta-glinasta-ilovica. Njiva je bila s P₂O₅ in K₂O dobro preskrbljena (C razred), pH vrednost je bila 5,9, vsebnost organske snovi 1,9 %. Na njivi se je izvajala intenzivna poljedelska pridelava po načelih konvencionalne obdelave tal in smernicah integrirane pridelave poljščin. Kolobarne člene so sestavljali koruza, pšenica, oljna ogrščica in oljne buče. V poskuse je bilo vključenih pet sort oljnih buč, od tega dve linijski sorti (Slovenska golica in Gleisdorfer Ölkürbis) ter tri hibridne sorte (GL Maximal, GL Rustikal in GL Opal). Podrobneje so njihove lastnosti prikazane v preglednici 2. Na mikro poskusih smo pridelek pobirali ročno, na makro poskusih pa strojno. Po spravilu smo nabrana semena posušili na toplem zraku (40°C). Del pridelka se je nato vakumsko zapakiral in skladiščil na -4°C.

Preglednica 1: Zasnova poskusov z oljnimi bučami in izvedeni agrotehnični ukrepi

	Mikro poskusi (3 ponovitve)	Makro poskusi
Velikost parcele	28 m ²	0.5 ha
Medvrstna razdalja	1.4 m	
Setvena gostota	Linijski sorti - 1 rastlina m ² Hibridne sorte - 1.8 rastlin m ²	
Datum setve	10. maj	
Osnovno gnojenje	NPK 5-15-30 (600 kg/ha)	
Prvo dognojevanje	UREA (46 % N; 150 kg/ha) – ob setvi	
Drugo dognojevanje	KAN (27 % N; 250 kg/ha) – 6. junij	
	Centium 36 SC (klomazon 36%; 0,25l/ha) + Successor 600	
	(petoksamid 60%; 2L/ha) – po setvi pred vznikom	
Varstvo rastlin	Mospilan 20 SG (acetamiprid 20%; 0,15L/ha) – 26. maj	
	Quadris (azoksistrobin 25%; 0,75L/ha) – 1. julij	
Spravilo	15. in 21. september	

V letu 2017 smo vzorce semen združili po ponovitvah, homogenizirali in analizirali na multi-elementno sestavo z uporabo ICP-MS (induktivno sklopljena plazemska masna spektrometrija) na Agilent 7900 ICP-MS. Pred analizo smo na vzorcih izvedli mikrovalovni razklop in razredčitev. Točnost rezultatov in analitske procedure smo preverili s certificiranim referenčnim materialom NIST SRM 1573a (listi paradižnika). Za namene te raziskave prikazujemo podatke samo za vsebnosti magnezija (Mg), fosforja (P), žvepla (S), kalija (K) in kalcija (Ca). Vlogo smo določili s segrevanjem vzorcev na 103°C za 4 ure (EC 152/2009 App. III A). Vsebnost dušika smo določili po metodi ISO 5983:2 in ga preračunali v vsebnost surovih beljakovin s pretvornim faktorjem 6,25. Zbrane podatke smo obdelali s programom Excel 2010 ter izračunali povprečja ter izvedli preračune odvzemov hranil.

Preglednica 2: Osnovne lastnosti sort oljnih buč uporabljenih v poljskih poskusih

Sorta	Slovenska golica	Gleisdorfer Ölkürbis	GL Maximal	GL Rustikal	GL Opal
Tip	linijska sorta	linijska sorta	hibrid	hibrid	hibrid
Povprečni pridelki (t/ha suhih bučnih semen)	srednji (0,3-0,5)	velik (0,6-0,8)	zelo velik (0,7-0,9)	zelo velik (0,7-0,9)	zelo velik (0,7-0,9)
Vsebnost olja	velika (45 -46 %)	velika (45 -46 %)	zelo velika (1 % višja kot 'Gleisdorfer')	zelo velika (0,5 % višja kot 'Gleisdorfer')	zelo velika (2 % višja kot 'Gleisdorfer')
Izvor	Slovenija	Avstrija	Avstrija	Avstrija	Avstrija

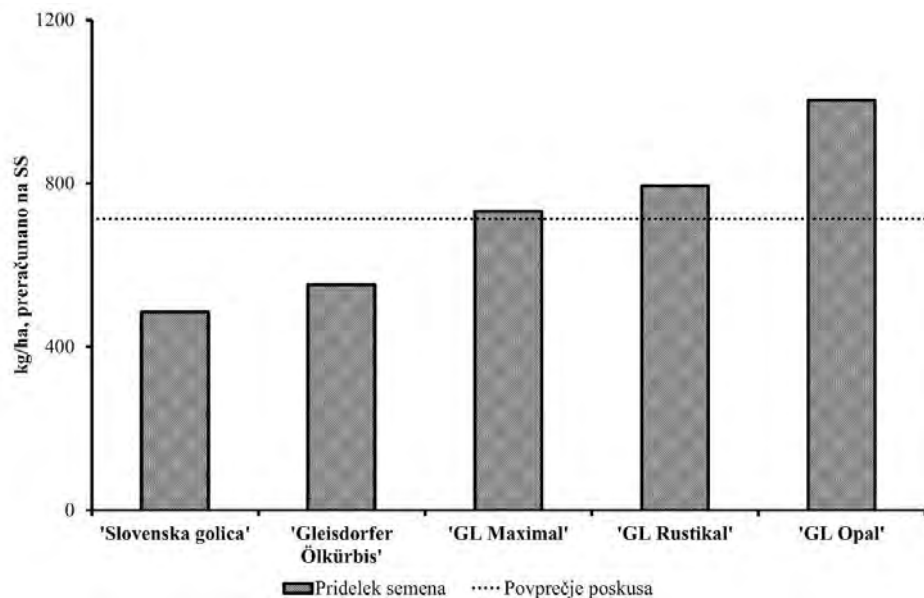
3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Pridelki semen, preračunani na suho snov (SS), so bili od 484 kg/ha pri sorti 'Slovenska golica' do 1003 kg/ha pri hibridu 'GL Opal' (slika 1). Hibridi so imeli bistveno večje pridelke semen kot linijski sorti, v povprečju je bila razlika 320 kg/ha v prid hibridom, med 'Slovensko golico' in 'GL Opal' pa 519 kg/ha. Pri preračunu vsebnosti N v surove beljakovine smo opazili, da med sortami in hibridi ni bilo večjih razlik. Vsebnosti surovih beljakovin so bile od 38,3 % pri hibridu 'GL Rustikal' do 39,0 % pri hibridu 'GL Opal' (podatki niso prikazani). Povprečna vsebnost je bila 38,9 %.

Vsebnosti N, Mg, P, S, K in Ca v vzorcu semen različnih sort oljnih buč so prikazane v preglednici 3. Semena so vsebovala največ N (v povprečju 6212 mg/100 g SS vzorca), P (v povprečju 1145 mg/100 g SS vzorca) in K (v povprečju 847 mg/100 g SS vzorca). Sledila sta Mg (505 mg/100 g SS vzorca) in S (344 mg/100 g SS vzorca). Ca je bil v najmanjših vsebnostih izmed preučevanih hranil (v povprečju 60 mg/100 g SS vzorca). Z izjemo K so bile med sortami le majhne razlike v vsebnostih hranil in jih pripisujemo naravni variabilnosti. Pri K smo opazili nekoliko višjo vsebnost pri obeh linijskih sortah v primerjavi s hibridi. Razlogi za to niso znani. Ugotovljene vsebnosti elementov v semenih so skladne s poznavanjem fiziološkega pomena posameznih hranil. V semenih se hranila nalagajo za potrebe zgodnjega razvoja novih rastlin. Zato so tam večje vsebnosti hranil, ki so ključne za zgodnje procese razvoja rastlin oz. jih rastlina rabi v obdobju dokler sama ne razvije koreninskega sistema in jih začne črpati iz tal. Pogosto so zato v semenih v največjih količinah prisotni elementi, ki so povezani s prenosom energije in fotosintezo.

Zaradi majhnih razlik med sortami glede vsebnosti elementov smo za preračune uporabili njihova povprečja. Povprečja smo preračunali na vsebnost hranil v kg/t pridelka z 90 % vsebnostjo suhe snovi (SS). Preračunane vrednosti so prikazane v preglednici 4. Dodatno so bile vrednosti iz elementov pretvorjene v njihove pogoste spojine v gnojilih po ustreznih konverzijskih faktorjih.

Na podlagi ugotovljenih pridelkov semen in podatkov odvzema hranil smo pripravili primer odvzema hranil s pridelkom v poskusih (preglednica 5). Opazimo lahko, da so dobljene vrednosti odvzema hranil s pridelkom bistveno manjše kot so priporočeni odmerki za gnojenje. Največja razlika je pri količini K₂O. V primeru pognojene količine 180 kg K₂O smo v povprečju s pridelkom semen z njive odvzeli 7,3 kg oz. 5,1 % pogojenega K₂O. P₂O₅ smo v poskusih dodali 90 kg/ha, s semeni pa je bil odzvem 18,7 kg/ha oz. 20,7 %. Z gnojenjem smo tako v tla vnesli bistveno več P in K, kot smo ju odvzeli s pridelkom.



Slika 1: Povprečni pridelek semen na hektar v poskusih. Vrednosti so preračunane na suho snov.

Preglednica 3: Vsebnosti dušika, magnezija, fosforja, žvepla, kalija in kalcija v semenih oljnih buč

Vzorec	SS vzorca	N	Mg	P	S mg/100 g SS	K	Ca
Slovenska golica	949	6160	515	1209	339	909	62
Gleisdorfer Ölkürbis	962	6210	495	1147	344	892	56
GL Maximal	937	6320	501	1125	362	828	52
GL Rustikal	933	6130	487	1084	325	783	70
GL Opal	957	6240	526	1162	351	820	60
Povprečne vsebnosti	948	6212	505	1145	344	847	60

Preglednica 4: Odvzemi hranil s pridelkom semen oljnih buč

Vrsta	Pridelek	Sur. beljakovine v SS (%)	Vsebnost SS v pridelku (%)	N	Mg / MgO	P / P ₂ O ₅	S / SO ₃	K / K ₂ O	Ca / CaO
Oljna buča	seme	39	90	54	4,5 7,5	10,3 23,6	3,1 7,8	7,6 9,2	0,5 0,7

S pridelkom semen smo v povprečju odvzeli tudi 6,2 kg/ha SO₃. Količina ni zanemarljiva, posebej ob dejstvu, da nismo analizirali vsebnosti v ostalih nadzemnih delih in ne poznamo, koliko žvepla je bilo vezanega tam. Emisije žvepla so bile v preteklosti precej večje in so v tla prišle dovolj velike količine žvepla za potrebe rastlin. Danes se deponira bistveno manj žvepla

in se ga za večino poljščin priporoča dodajati v odmerkih 20-40 kg/ha S (Mihelič in sod., 2010). Ocenjujemo, da bi bila ta količina primerna tudi za potrebe oljnih buč, a bi bili potrebni poskusi za preveritev te trditve. Zaradi velike vsebnosti beljakovin v semenih je tudi vsebnost N semenu razmeroma velika in posledično odvzem. Glede na preračune na pridelke semen ga je bilo samo s semeni v povprečju odvzetega 42,7 kg.

Preglednica 5: Odvzem hranil preračunan na pridelke različnih sort v poskusih

Vzorec	Pridelek	N	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO
(kg/ha)							
Slovenska golica	538*	29,0	4,0	12,7	4,2	4,9	0,4
Gleisdorfer Ölkürbis	613	33,1	4,6	14,5	4,8	5,6	0,4
GL Maximal	812	43,8	6,1	19,2	6,3	7,5	0,6
GL Rustikal	881	47,5	6,6	20,8	6,9	8,1	0,6
GL Opal	1114	60,1	8,4	26,3	8,7	10,3	0,8
Povprečje	792	42,7	5,9	18,7	6,2	7,3	0,6

* Preračunano na 90% suhe snovi

Z gnojenjem s P₂O₅ in K₂O nadomeščamo predvsem odvzeta hranila in stremimo k doseganju in vzdrževanju dobre preskrbljenosti tal v nekem časovnem obdobju. V primeru strojnega spravila oljnih buč to pomeni nadomeščanje hranil, ki jih odvajamo s pridelkom semen. Seveda buče za rast celotne biomase rabijo več hranil, kot jih odvajamo samo pridelkom. Na drugi strani pa je potrebno upoštevati tudi, da imajo hranila, ki so vezana v organski masi, ki ostane na njivi, gnojilno vrednost. Pri oljnih bučah jo Baumgarten in sod. (2017) vrednotijo na 155–190 kg/ha K₂O/ha in 30 kg/ha za P₂O₅. Ob upoštevanju navedenega, bi pri ustreznih preskrbljenosti tal in pri dobro pripravljenem gnojilnem načrtu lahko gnojili samo na nadomeščanje odvzetih hranil, kot so prikazana v preglednici 4 in jih prilagodili na pričakovan pridelek. Gnojenje z večjimi odmerki K₂O in P₂O₅ je sprejemljivo v primeru slabe preskrbljenosti tal, ter deloma zaradi spreminjajoče se dinamike dostopnosti in izkoristka hranil. Celotna količina dodanih hranil namreč ni nikoli dostopna rastlinam oziroma se dostopnost hranil spreminja med rastno dobo, del hranil se lahko tudi izpere v globlje plasti zaradi različnih dejavnikov. Npr., pri makrohranilih je topnost potrebno upoštevati pri P₂O₅. Upoštevati bi bilo treba tudi, da se nekaj biomase buč še vseeno odpelje s semeni in verjetno v praksi malce povečati gnojilne norme od predlaganih.

Pri raziskavi gre za enoletne rezultate preizkušanja na eni lokaciji in z eno tehnologijo pridelave, kar je tudi potrebno upoštevati. Pričakovano je, da bi prišlo z večjim številom vzorcev do boljše natančnosti, a glede na dobre rastne razmere za buče v vzorčenem letu bistvenih razlik ne pričakujemo.

4 SKLEPI

S spremenjenimi načini spravila oljnih buč se z njive odnese samo semena in s tem samo hranila, ki so vezana v semenih. Ostala biomasa ostane na njivi kot žetveni ostanki z gnojilno vrednostjo. Hibridi oljnih buč so imeli bistveno večje pridelke semen, medtem ko se vsebnosti surovih beljakovin niso razlikovale. Opazili smo, da se vsebnosti hranil pri enakem načinu pridelave med sortami niso bistveno razlikovale z izjemo malce višje vsebnost K pri linijskih sortah. Glede na rezultate analiz vsebnosti hranil so odvzemi na tono pridelka semen z 90-odstotno vsebnostjo suhe snovi 54 kg N, 23,6 kg P₂O₅, 9,2 kg K₂O, 7,8 kg SO₃ in 7,5 kg

MgO. Odvzemi hranil s semeni oljnih buč so bili bistveno manjši kot so trenutne priporočene smernice gnojenja oljnih buč s P_2O_5 in K_2O . Na podlagi rezultatov predlagamo vpeljavo gnojilne norme za pridelek semena oljnih buč na prikazane vrednosti odvzemov hranil ter posodobitev smernic gnojenja.

5 LITERATURA

- Baumgarten, A., Berthold, H., Buchgraber, K., Dersch, G., Egger, H., Egger, R., Eigner, H., Frank, P., Gerzabek, M., Hölzl, F. X., Holzner, H., Janko, M., Pernkopf, G., Peszt, W., Pfundtner, E., Pötsch, E. M., Rohrer, G., Schilling, C., Spanischberger, A., Spiegel, H., Springer, J., Strauss, P., Winkowitsch, C., Zethner, G. 2017. Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland - 7. Auflage. Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen mit darauf abgeleiteten Düngeempfehlungen. Ministerium für ein lebenswertes Österreichs: 117 str.
- Bavec, F. 2000. Nekatere zapostavljene in/ali nove poljščine. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo: 21–27.
- Epstein, E., Bloom, A. J. 2004. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives (Second Edition). Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc., 402 str.
- Marschner, P. 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd ed. Academic Press; London, UK, 178–189.
- 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: 182 str.
- Scherer, H. W. 2001. Sulphur in crop production—invited paper. Eur. J. Agron., 14: 81–111.
- SURS. Statistični urad Republike Slovenije. 2018. Pridelava poljščin v Sloveniji. (dostop 8.11.2018)
- Tagizhed, A. 1967. Die Wirkung der Düngung und des Nährstoffaufnahme bei Ölkürbis (*C. Pepo* L.). V: Bavec, F. 2000. Nekatere zapostavljene in/ali nove poljščine. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo: 21–27.

Odvzem hranil s hmeljem (*Humulus lupulus* L.) kot osnova za določanje gnojilnih odmerkov in masa hmeljevine glede na sorto

Barbara ČEH²⁷, Bojan ČREMOŽNIK²⁸ in Monika OSET LUSKAR²⁹

Izvilleček

Zaradi dvigovanja cen mineralnih gnojil ter nihanja pridelka hmelja med leti se vedno pogosteje postavljajo vprašanja glede gnojilnih norm za različne sorte hmelja pri nas; le ta je sedaj vzpostavljena za vse sorte enako, sorte pa se po habitusu in pridelku med seboj sicer razlikujejo. Z raziskavo v letih 2014 in 2018 smo želeli določiti količino rastlinskih hranil, ki jih odpeljemo v času obiranja iz hmeljišča z najbolj razširjenimi sortami v slovenskih hmeljiščih (Aurora, Savinjski golding in Celeia), obenem pa tudi maso hmeljevine glede na sorto. Odvzem fosforja z nadzemno maso hmelja se med sortami in med letoma ni značilno razlikoval in je bil med 35 in 40 kg/ha P₂O₅. Odvzem kalija se je med sortami najbolj razlikoval in je bil značilno manjši pri sorti Savinjski golding (81 kg/ha K₂O) v primerjavi s sortama Aurora in Celeia (127 oziroma 118 kg/ha K₂O), med letoma razlika ni bila značilna. Odvzema S (povprečno 8 kg/ha S) in Mg (med 43 in 50 kg/ha MgO) se nista značilno razlikovala med sortami in med letoma. Odvzem dušika (N) je bil značilno različen med sortama Savinjski golding (141 kg/ha N) in Aurora (167 kg/ha N) ter med sortama Savinjski golding in Celeia (152 kg/ha N), med letoma se ni značilno razlikoval. V povprečju dveh let med sortami v sveži masi hmeljevine (trta in listje) ni bilo značilnih razlik; povprečno je bila 15,7 t/ha.

Ključne besede: hmelj, *Humulus lupulus*, dušik, fosfor, kalij, magnezij, žveplo, odvzem, gnojenje

Nutrients uptake with hop (*Humulus lupulus* L.) as the basis for fertilization rate determination and hop biomass after harvest related to variety

Abstract

Due to the increase in the prices of mineral fertilizers and fluctuations in the hop yield, questions about the fertilization rates related to hop variety are becoming more and more frequent; they are the same for all varieties, but varieties differ in habitus and yield. With the research in 2014 and 2018, we wanted to determine the quantity of plant nutrients that we take from the hop fields at harvest with the most widespread hop varieties in Slovenia (Aurora, Savinjski golding and Celeia), as well as the weight of hop biomass after harvest (vines and leaves). The uptake of phosphorus (35 in 40 kg/ha P₂O₅), sulphur (8 kg/ha S) and magnesium (43 and 50 kg/ha MgO) did not differ significantly among the varieties and between the years. Potassium uptake differ the most among the varieties; it was significantly lower at the variety Savinjski golding (81 kg/ha K₂O) compared to the varieties Aurora and Celeia (127 and 118 kg/ha K₂O), while between the year the difference was not significant. Nitrogen (N) uptake differ significantly between varieties Savinjski golding (141 kg/ha N) and Aurora (167 kg/ha N) and between Savinjski golding and Celeia (152 kg/ha N), it did not differ between the years. In the two year average there was no significant difference among varieties in the fresh hop biomass after harvest; it was 15.7 t/ha in average.

Key words: hop, *Humulus lupulus*, nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, sulphur, nutrients uptake, fertilization

²⁷ Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: barbara.ceph@ihps.si

²⁸ Dipl. inž. agr. in hort., isti naslov, e-pošta: bojan.cremoznik@ihps.si

²⁹ Univ. dipl. inž. kmet., isti naslov, e-pošta: monika.oset-luskar@ihps.si

1 UVOD

S primernim gnojenjem, ki temelji na osnovi potreb rastlin, pozitivno vplivamo na pridelek in njegovo kakovost (Gingrich in sod. 2000; Čeh, 2012). Zaradi dvigovanja cen mineralnih gnojil ter nihanja pridelka hmelja pa tudi cene hmelja med leti hmeljarji in strokovnjaki vedno pogosteje postavljajo vprašanja glede gnojilnih norm za različne sorte hmelja pri nas. Pa tudi v skrbi za varovanje okolja želimo, da oskrbujemo hmelj s toliko hranili, kot je potrebno, saj pretirane količine le-teh po nepotrebnem povzročajo obremenjevanje okolja. Lahko se tudi poruši ravnovesje med hranili v tleh in jih zaradi antagonizma med njimi rastline ne morejo zadovoljivo črpati tudi tistih, ki so sicer na voljo v tleh v ustreznih količinah. Po drugi strani pa se premajhni odmerki, predvsem dušika, kar hitro odrazijo v zmanjšanju pridelka ali poslabšanju njegove kakovosti (Majer, 2002; Čeh, 2012). Za optimalno gnojenje z dušikom je treba nujno upoštevati primerne razmere za mineralizacijo in nitrifikacijo, izbrati ustrezno količino in obliko gnojila ter čas in način aplikacije (Majer, 2002). Hmelj potrebuje v razmeroma kratkem obdobju veliko dušika, saj oblikuje vso nadzemno maso v dobrih štirih mesecih (Čeh, 2012).

Sorte hmelja v pridelavi imajo zelo različen habitus in dosegajo zelo različne pridelke, gnojilni nasvet pa je za dušik (N; 170 kg/ha N), fosfor (50 do 60 kg/ha P_2O_5) in kalij (170 do 200 kg/ha K_2O , običajno 180 kg/ha) enoten (Majer, 2002; Čeh, 2012). Sploh pri kaliju je povprečen odzvem s hmeljem ocenjen v zelo širokem razponu 100 do 200 kg/ha (Majer, 2002). Študije v Nemčiji in ZDA navajajo, da hmelj odzame v povprečju 22 do 33 kg/ha P (50-76 kg/ha P_2O_5) in 88 do 167 kg/ha K (106-200 kg/ha K_2O). Zahteva hmelja po fosforju je majhna v primerjavi s potrebami po dušiku in kaliju. Po podatkih te študije hmelj zahteva 111-167 kg/ha N, odvisno od sorte, starosti in pridelka (Gingrich in sod. 2000); vendar v tem viru ni podatkov o slovenskih sortah. V Jugoslaviji je bil priporočen odmerek N za hmelj 108-193 kg/ha N za dve toni pridelka (Kišgeci in sod. 1984). V Nemčiji je bil v preteklosti priporočljiv vnos 270 kg/ha N v več kot enem obroku (Rossbauer in sod. 1983), sedaj so odmere zmanjšali na ciljno vrednost 200 kg/ha N. V Sloveniji skupni vnos dušika naj ne bi presegal 180-200 kg/ha N, razdeljen na tri obroke (Bavec in sod. 2003).

Če odštejemo od mase sveže snovi celotnega nadzemnega dela maso storžkov, ostane masa hmeljevine (trta+listi). Ker se v času obiranja iz hmeljišča odpelje celotna nadzemna masa hmelja, predstavlja hmeljevina dragocen vir organske mase in hranil za vračanje na kmetijske površine.

Z raziskavo smo želeli določiti količino rastlinskih hranil, ki jih odpeljemo v času obiranja iz hmeljišča z najbolj razširjenimi sortami v slovenskih hmeljiščih Aurora, Savinjski golding in Celeia. Na tak način smo želeli dobiti aktualne podatke o odvzemu hranil s hmeljem in z njimi primerjati aktualna navodila za gnojenje hmelja. Obenem smo določili količino hmeljevine glede na sorto.

2 MATERIAL IN METODE

Sorta Savinjski golding je tradicionalna slovenska sorta, ekotip angleške sorte Fuggle, ki so jo prinesli v Slovenijo v 19. stoletju. Je srednje zgodnja, svetovno znana po fini hmeljni aromi ter prijetni in harmonični grenčici. Dosega pridelek med 1200 in 2200 kg/ha. V letu 2018 je zavzemala 11 % slovenskih hmeljišč. Sorta Aurora je aromatična sorta, požlahtnjena na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. Je potomka nemške sorte Northern Brewer in slovenske dednine. Ima prijetno hmeljno aromo in grenčico, je srednje zgodnja s pridelkom 1.600 do 2.400 kg/ha in zavzema 33 % slovenskih hmeljišč. Sorta Celeia je triploidna sorta

požlahtnjena na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije iz Savinjskega goldinga in slovenskega moškega hmelja. Celeia je aromatična sorta poznana po fini hmeljni aromi, prijetni in harmonični grenčici. Dosega pridelek med 1.700 in 2.600 kg/ha in zavzema 35 % slovenskih hmeljišč (The legend..., 2016; Livk, 2018).

V času tehnološke zrelosti posamezne sorte smo v letu 2014 ročno potrgali po 30 zaporednih rastlin in po 5 zaporednih rastlin hmelja v letu 2018 pri vsaki sorti na 5 različnih lokacijah in jih pripeljali do obiralnega stroja IHPS. Vsak vzorec smo ločeno strojno obrali na obiralnem stroju, ki loči storžke, trto in liste. Vsako frakcijo smo ulovili posebej, jo stehali ter takoj vzeli vzorce za analizo na vsebnost vlage ter kemijsko analizo na vsebnost dušika, fosforja, kalija, žvepla in magnezija. Vzorce smo sproti dostavljali v laboratorij IHPS. Vsebnost vlage so določili po metodi A-EBC:1997, 7.2, vsebnost N po metodi ISO 11261, Soil quality: Determination of total nitrogen – Modified Kjeldahl method, vsebnost P, K in Mg po metodi Hodnik (1988; Univerza v Ljubljani, Katedra za pedologijo, prehrano rastlin in ekologijo: Kemične analize talnih vzorcev, rastlinskih vzorcev in odcednih vod, Ljubljana, 1988 (modificirana metoda)), vsebnost žvepla po metodi Official Analytical Chemists, Edited by Kenneth Helrich, 15th Edition, 1991, Sulfur in plants, Magnesium Nitrate Method. Glede na podatke o pridelku sveže mase in vsebnosti vlage smo izračunali maso suhe snovi posamezne frakcije. Podatke smo preračunali na hektar glede na dejanske gostote nasadov posameznih sort, od koder smo vzorčili (3.200 do 3.300 rastlin/ha pri sorti Savinjski golding, 3.200 do 3.570 rastlin/ha pri sorti Aurora, 2.780 do 3.250 rastlin/ha pri sorti Celeia). Rezultate smo obdelali z računalniškima programoma Excel in Statgraphics Centurion XVI.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Masa nadzemnega dela rastlin hmelja glede na sorto

Tako v letu 2014 kot v letu 2018 se je masa nadzemnega dela svežih rastlin nakazala kot največja pri sorti Celeia, ki je najbujnejša sorta izmed preučevanih, najmanjša pa pri sorti Savinjski golding, ki je najmanj bujna. V letu 2014 se sicer masa rastlin med sortami ni značilno razlikovala, v letu 2018 pa je bila značilno večja pri sorti Celeia v primerjavi s sortama Savinjski golding in Aurora. Ena sveža rastlina (nadzemni del) je bila pri i) Savinjski golding težka 7,0 kg (5,1 do 8,5 kg) v letu 2014 in 5,9 (4,7 do 6,7) v letu 2018, ii) Aurora 8,7 kg (6,3 do 10,4 kg) v letu 2014 in 6,3 (5,5 do 8,0) v letu 2018, iii) Celeia 9,6 kg (6,9 do 11,1 kg) v letu 2014 in 8,9 (6,9 do 10,1) v letu 2018. V povprečju dveh let se masa rastlin sort Savinjski golding in Aurora med seboj značilno ni razlikovala, značilno večja pa je bila masa rastlin sorte Celeia (preglednica 1). Masa nadzemnega dela rastlin se je značilno razlikovala tudi glede na leto; večja je bila v za hmelj zelo ugodnem letu 2014 (Črepinšek in Čeh, 2016).

3.2 Masa hmeljevine

Masa sveže hmeljevine je bila v letu 2014 pri sorti Savinjski golding 14,4 t/ha, pri sorti Aurora 16,4 t/ha in pri sorti Celeia 16,3 t/ha, v letu 2018 pa pri sorti Savinjski golding 14,5 t/ha, pri sorti Aurora 13,4 t/ha in pri sorti Celeia 19,8 t/ha. V letu 2014 razlika v masi hmeljevine med sortami ni bila značilna, v letu 2018 pa je bila značilno večja masa hmeljevine dobljena pri sorti Celeia v primerjavi s sortama Savinjski golding in Aurora. V povprečju dveh let med sortami v masi hmeljevine ni bilo značilnih razlik (preglednica 1). Povprečno je bila 15,7 t/ha.

Preglednica 1: Masa sveže snovi nadzemnega dela rastline hmelja (storžki+trta+listi), masa sveže hmeljevine (trta+listi) na hektar, pridelek storžkov (kg/ha suhe snovi) ter odvzemi hranil s hektarja s celo nadzemno maso hmelja, preračunano v okside zaradi primerjave z gnojilnimi normami, glede na sorto v letih 2014 in 2018

Deja- vnik		Masa l sveže rastline (kg)	Masa hmeljevine (t/ha)	Masa storžkov (t/ha suhe snovi)	Odvzem				
					P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	MgO (kg/ha)	S (kg/ha)	N (kg/ha)
Sorta	SG*	6,5 a**	14,5 a	1,4 a	35 a	81 a	50 a	8 a	141 a
	AU	7,5 a	14,9 a	2,1 b	40 a	127 b	43 a	9 a	167 b
	CE	9,3 b	17,8 a	1,9 b	40 a	118 b	50 a	8 a	152 ab
Leto	2014	8,4 b	15,5 a	2,0 b	37 a	110 a	41 a	7 a	157 a
	2018	7,0 a	15,9 a	1,6 a	39 a	108 a	53 a	9 a	150 a

*SG=Savinjski golding, AU=Aurora, CE=Celeia

**Enaka črka v stolpcu znotraj enega dejavnika (sorta, leto) označuje, da med vrednostma ni statistično značilne (dokazljive) razlike (Duncanov test, p=0,05).

3.3 Pridelek (masa storžkov)

Obe leti vrednotenja poskusa sta bili nadpovprečno mokri, kar se je odrazilo v visokih povprečnih pridelkih tudi za preučevane sorte. V letu 2014 je bilo od aprila do junija 725 mm padavin, kar je skoraj polovico več od dolgoletnega povprečja (Črepinšek in Čeh, 2018). V enakem obdobju leta 2018 je bilo v Žalcu 359 mm padavin, v celotni rastni dobi pa 754 mm, kar je 85 mm več kot znaša dolgoletno povprečje (Ferlež Rus in Naglič, 2018). Tako je sorta Celeia v opazovanih letih na nivoju Slovenije dosegla največji pridelek izmed vseh sort (v letu 2014 2.261 kg/ha in v letu 2018 2.264 kg/ha) (Črepinšek in Čeh, 2016; Livk, 2018). V letu 2014 sta dosegli sorti Savinjski golding in Aurora rekordni pridelek po letu 1997; Črepinšek in Čeh, 2018).

V našem poskusu se je masa storžkov (pridelek) značilno razlikovala med letoma in med sortami (preglednica 1). V letu 2014 je bil pridelek značilno večji kot v letu 2018. V povprečju obeh let je bil pridelek sort Aurora in Celeia značilno večji od pridelka sorte Savinjski golding. V letu 2014 med pridelkoma sort Aurora in Celeia ni bilo značilno razlik. Sorta Savinjski golding je sicer dosegla najmanjši pridelek, ki se pa ni značilno razlikoval od pridelka sorte Celeia. V letu 2018 je sorta Savinjski golding dosegla značilno manjši pridelek od sort Aurora in Celeia.

3.4 Odvzem hranil s hmeljem

Odvzem hranil s hmeljem s hektarja glede na sorto kot povprečje obeh preučevanih let je predstavljen v preglednici 1. Razlike med posameznimi hmeljišči/lokacijami so bile dokaj velike. Izbirali smo namreč lokacije, med katerimi so se rastline med seboj razlikovale že po habitusu. Tako smo dobili predvidoma iz nekaterih hmeljišč res največje možne odvzeme s posameznimi sortami, predvsem v letu 2014, saj je bilo leto rasti in razvoju hmelja na tleh, ki niso težka, zaradi nenehnih padavin in ugodnih temperatur zelo naklonjeno. Na težjih tleh so bili odvzemi manjši, saj je ponekod dlje časa zastajala voda, kar je oviralo rast in razvoj.

Kot je razvidno iz preglednice 1, je hmelj odvezl iz tal največ dušika, sledila sta kalcij (124, 146 in 135 kg/ha Ca pri sortah Savinjski golding, Aurora oziroma Celeia po podatku iz leta

2014, v letu 2018 tega hranila nismo analizirali) in kalij, odvzem magnezija je primerljiv odvzemu fosforja. Odvzem žvepla je okrog 8 kg/ha S.

Odvzem fosforja se med sortami in med letoma značilno ni razlikoval in je bil povprečno med 35 in 40 kg/ha P_2O_5 . Svetovan letni gnojilni nasvet je pri fosforju in kaliju lahko večletno povprečje, saj se le-tega držimo pet let in v letu, ko so vremenske in druge razmere odvzemu naklonjene, bo le-ta večji, v drugem manj, tako da pričakujemo v petih letih skupaj petkrat povprečen odvzem. Rezultati se ujemajo z nemškimi priporočili 40 kg/ha P_2O_5 za pridelek 2 t/ha (Hopfen, 2017) pri optimalni preskrbljenosti tega hranila v tleh.

Odvzem kalija se je med sortami najbolj razlikoval, in sicer je bil v povprečju dveh let značilno manjši pri sorti Savinjski golding (81 kg/ha K_2O) v primerjavi s sortama Aurora in Celeia (127 oziroma 118 kg/ha K_2O). Med preučevanima letoma ni bilo značilne razlike v odvzemu kalija; le-ta je bil 110 oziroma 108 kg/ha K_2O (preglednica 1). Razpon odvzema tega hranila je bil zelo velik tudi znotraj iste sorte glede na leto in lokacijo pridelave. Odvzem kalija pri sorti Savinjski golding je bil v letu 2014 v razponu med 60 in 108 kg/ha K_2O , v letu 2018 med 53 in 102 kg/ha K_2O , pri sorti Aurora v letu 2014 v razponu med 106 in 203 kg/ha K_2O , v letu 2018 med 98 in 164 kg/ha K_2O , pri sorti Celeia v letu 2014 v razponu med 77 in 159 kg/ha K_2O in v letu 2018 med 89 in 143 kg/ha K_2O . Z nemškimi priporočili za gnojenje pri optimalni preskrbljenosti tal s tem hranilom (razred C) za pridelek 2 t/ha (146 kg/ha; Hopfen, 2017) imata sorti Aurora in Celeia, ki sta dosegli približno tak pridelek, povprečno manjši (127 oz. 118 kg/ha). Priporočilo za pridelek 1,5 t/ha hmelja po Hopfen (2017) je 110 kg/ha K_2O ; v našem poskusu je sorta Savinjski golding, ki je dosegla povprečni pridelek 1,4 t/ha, odvzela povprečno manj kalija (81 kg/ha).

Letni odvzem magnezija se med sortami in med letoma ni značilno razlikoval; bil je med 43 in 50 kg/ha MgO glede na sorto. Po nemških priporočilih je zahteva celotne rastline hmelja za pridelek 2 t/ha (Hopfen, 2017) 44 kg/ha MgO pri optimalni preskrbljenosti tega hranila v tleh, za pridelek 1,5 t/ha pa 33 kg/ha MgO. Sorta Savinjski golding, ki je dosegla pridelek 1,4 t/ha, je dosegla v primerjavi s temi priporočili nekoliko več magnezija (50 kg/ha MgO).

V zadnjih letih je vedno večji poudarek tudi na gnojenju z žveplom, saj ga pride v tla z depozitom premalo. Hmelj iz tal po navedbah Čehove (2016) odvzame okrog 30 kg/ha sulfata. V našem poskusu se odvzem S ni značilno razlikoval med sortami in med letoma in je bil povprečno 8 kg/ha S (20 kg/ha SO_3).

Povprečni letni odvzem dušika (N) je bil v naših poskusih značilno različen med sortama Savinjski golding (141 kg/ha N) in Aurora (167 kg/ha N), med sortama Savinjski golding in Celeia (152 kg/ha N). Med sortama Aurora in Celeia se ni značilno razlikoval. Dejstvo je, da je bila sezona 2014 za sorto Aurora izredno dobra, nadpovprečna, saj je povprečni pridelek za 562 kg odstopal od povprečnega pridelka let 1992–2017 (Črepinšek in Čeh, 2018). Tako je bil povprečen odvzem N iz tal v tem letu pri sorti Aurora v našem poskusu kar 191 kg/ha N. V letu 2018 je bil 150 kg/ha N, kar je, predvidevamo, bolj realna povprečna vrednost. Med preučevanima letoma se povprečen odvzem N vseh sort ni značilno razlikoval in je bil 157 oziroma 150 kg/ha N.

Pri odvzemu dušika (N) je stvar manj enostavna kot pri fosforju in kaliju, namreč ne moremo upoštevati za gnojilni nasvet vsako leto petletno povprečje odvzema, saj hmelj potrebuje dušik v različnih količinah glede na vremenske razmere oziroma če imamo v sušnih obdobjih namakanje ali ne, in to sproti med sezono, predvsem v fazah najbolj intenzivne rasti. Odvzem N z nadzemnimi deli sovпада z akumulacijo suhe snovi. V začetku rasti spomladi do začetka junija je majhen, le 10 % celotnega odvzema, večji v juniju, zelo majhen v juliju in končan v avgustu, ko je končana proizvodnja suhe snovi (Gingrich in sod., 2000). Odvzemi N se glede na lokacijo v istem letu pri isti sorti zelo razlikujejo. Iz rezultatov odvzema dušika je razvidno,

da je pri vseh sortah zelo velik razpon glede na lokacijo oz. tip tal. Glede na lokacijo je bil odvzem dušika v poskusu pri sorti Savinjski golding v letu 2014 v razponu med 97 in 158 kg/ha N, v letu 2018 med 104 in 160 kg/ha N. Odvzem dušika pri sorti Aurora je bil v letu 2014 v razponu med 144 in 260 kg/ha N, v letu 2018 med 109 in 206 kg/ha N. Odvzem dušika pri sorti Celeia je bil v letu 2014 v razponu med 98 in 198 kg/ha N, v letu 2018 pa med 115 in 170 kg/ha N. Letni povprečni odvzem je tako lahko orientacija, sprti pa se je potrebno odločati za odmerke za dognojevanje glede na vremenske razmere, izgled nasada in meritve Nmin v tleh. Gnojilni odmerek N tudi ni enak letnemu odvzemu ampak vrednost povečamo zaradi nekontroliranih izgub tega zelo mobilnega elementa. Odmerek N je potrebno prilagoditi tudi glede na gostoto nasada in glede na sezono. Po raziskavi Čehove (2014) so lahko v tleh v hmeljiščih nepredvidljive količine rastlinam dostopnega N, zato so meritve Nmin pred dognojevanjem zelo priporočljive. Če je sezona sušna in ne namakamo, potem odmerek zmanjšamo in velja tisti bolj proti spodnji meji, saj bi sicer gnojilo ostajalo v tleh in se jeseni izgubilo iz tal. Prav tako so odmerki na spodnji meji potrebni na težkih tleh v zelo deževnem letu, kot je bilo leto 2014, saj je zaradi nezmožnosti 'dihanja' korenin odvzem prav tako manjši. Po nemških navodilih (Hopfen, 2017) je ciljna vrednost Nmin od 200 do 230 kg/ha N odvisno od pokrajine in sorte. Vzorci se odzamejo na globinah 0-30 in 30-60 cm. Za slovenske razmere imamo postavljeno letno ciljno vrednost Nmin za dognojevanje sorte Aurora, ki je med 200 in 230 kg/ha dušika (Hmeljarski ..., 2013). V sredini maja (pred prvim dognojevanjem) izmerimo količino rastlinam dostopnega N v tleh do globine 60 cm (kjer je glavnina korenin hmelja), vzorčimo v vrstnem in medvrstnem prostoru. To vrednost odštejemo od letne ciljne vrednosti in razliko pognojimo v treh obrokih. Če je junij deževen, potem je letna ciljna vrednost 230 kg/ha N, če pa so v tem mesecu padavine zmerne ali je junij sušen, potem je letna ciljna vrednost 200 kg/ha. Pri odmerjanju N moramo biti zelo pazljivi, ker je hmelj pri pretirani preskrbi z N slabše odporen na bolezni, škodljivce ter stresne razmere, pride do tvorbe storžkov preraščencev, ima daljše internodije, manjše število zalistnikov in cvetov, storžki so temnejše barve z debelejšim vretencem in nimajo značilnega leska, aroma je ostra in pekoča, manjša je vsebnost alfa-kislin, presežena je lahko tudi vsebnost nitrata v storžkih (Mihelič in sod., 2010).

4 ZAKLJUČKI

V povprečju dveh let med sortami v sveži masi hmeljevine (trta+listi) ni bilo značilnih razlik; povprečno je bila 15,7 t/ha.

Za tri tradicionalne slovenske sorte, Savinjski golding, Aurora in Celeia, bi lahko glede na rezultate naših poskusov nasvet za letni odmerek fosforja s 50-60 kg/ha P_2O_5 nekoliko zmanjšali, in sicer pri sorti Savinjski golding na 35 kg/ha P_2O_5 , pri sortah Aurora in Celeia pa se je v dvoletnem povprečju pokazala povprečna vrednost odvzema 40 kg/ha P_2O_5 .

Enoten nasvet za gnojilni odmerek kalija za vse sorte hmelja ni primeren. Priporočen povprečni letni gnojilni odmerek kalija za polnorodni nasad hmelja bi se lahko s 180 kg/ha K_2O glede na rezultate naših poskusov pri sorti Savinjski golding za pridelek 1,4 t/ha bistveno zmanjšal, saj je bil odvzem le v dveh primerih (na eni lokaciji v letu 2014 /pridelek je bil v tem primeru 1,7 t/ha/ in na eni lokaciji v letu 2018 /pridelek je bil v tem primeru 1,4 t/ha) nekoliko višji kot 100 kg/ha K_2O . Povprečni odvzem dveh let in petih lokacij je bil 80 kg/ha K_2O , kar je predlog za gnojilni nasvet za srednje rodovitne lokacije. Na zelo rodovitnih lokacijah in pri pričakovanju večjega pridelka, bi bil nasvet za odmerek večji, glede na rezultate poskusa predvidevamo 100 kg/ha K_2O . Ker pa takega pridelka v poskusu nismo dosegli, bi bilo potrebno odvzem za ciljanih 2 t/ha pridelka preveriti.

Tudi gnojilni nasvet za kalij za sorti Aurora in Celeia bi se lahko zmanjšal na 130 oziroma 120 kg/ha K_2O , na zelo rodovitnih njivah na 160 oziroma 140 kg/ha K_2O .

Odvzema S (povprečno 8 kg/ha S) in Mg (med 43 in 50 kg/ha MgO) se nista značilno razlikovala med sortami in med letoma.

Odvzem dušika (N) je bil značilno različen med sortama Savinjski golding (141 kg/ha N) in Aurora (167 kg/ha N) ter med sortama Savinjski golding in Celeia (152 kg/ha N), med letoma se ni značilno razlikoval. Odvzem N je bil v istem letu pri isti sorti zelo različen glede na lokacijo. Letni povprečni odvzem je tako lahko le orientacija za gnojilne načrte, sproti pa se je potrebno odločati za odmerke za dognojevanje glede na vremenske razmere, izgled nasada in meritve Nmin v tleh pred dognojevanji z upoštevanjem ciljnih vrednosti.

5 LITERATURA

- Bavec, F, Brežnik Čeh, B, Brežnik, M. 2003. Hop yield evaluation depending on experimental plot area under different nitrogen management. Rostlinná výroba, 49, 4: 163-167; 163-467.
- Čeh, B. 2012. Gnojenje z mineralnimi gnojili. V: Hmelj od sadike do storžkov. Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije: 67-69.
- Hmeljarski zvezek za leto 2013. Dognojevanje Aurore po metodi Nmin. Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, 2013: 17. Dostopno na: <http://www.ihips.si/wp-content/uploads/2016/08/Hmeljarski-zvezek-za-leto-2013-kon%C4%8Dna.pdf> (januar 2019)
- Čeh, B. 2014. Impact of slurry on the hop (*Humulus lupulus* L.) yield, its quality and N-min content of the soil. Plant, soil and environment, 60, 6: 267-273.
- Čeh, B. 2016. Dovolj sulfata v tleh povečuje izkoristek dušika. Hmeljar. Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, 78, 1-2: 59-60.
- Črepinšek, Z., Čeh, B. 2016. Pridelek hmelja sorte Celeia glede na vremenske razmere do konca julija. Hmeljarski bilten 2016: 14-26.
- Mihelič, R., Čop, J., Jakše, M., Štampar, F., Majer, D., Tojnko, S., Vršič S. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 52.
- Črepinšek, Z., Čeh, B. 2018. Odvisnost pridelka hmelja sort Aurora in Savinjski golding od vremenskih razmer do konca julija. Hmeljarski bilten 2018: 5-17.
- Ferlež Rus, A., Naglič, B. 2018. Vremenske razmere v letu 2018 in potrebe po namakanju hmelja. Hmeljar. 1-12: 33-34.
- Gingrich, C., Hart, J., Christensen, N. 2000. Hops. V: Fertilizer guide. Oregon State University. Dostopno na: <https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/fg79.pdf> (januar 2019)
- Hopfen, 2017. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 31.3.27, Wolnzach: 32-40.
- Kišgeci, J, Mijavec, A, Aćimović, M, Spevak, P, Vučič, N. 1984. Hmeljarstvo. Inst. Ratar. Povrtar. Novi Sad.
- Livk, J. 2018. Pridelava hmelja, letnik 2018. V: Hmeljar, 2018, 1-12: 30-32.
- Majer, D. 2002. Prehrana hmeljnih rastlin, Priročnik za hmeljarje. Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Žalec, Žalec: 103-135.
- Rossbauer, G., Zwack, F. 1983. N-min untersuchung. Hopfen Rundschau: 108-109.
- The legend of the noble aroma. Styrian Savinjski Golding, Savinjski golding, Super Styrian Aurora, Aurora, Styrian Golding, Celeia. 2016. Katalog sort, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec.

Vsebnost amonijskega in nitratnega dušika v tleh pred in po začasnem skladiščenju hlevskega gnoja na kmetijskem zemljišču

Branko LUKAČ³⁰, Tomaž ŽNIDARŠIČ³¹, Janez SUŠIN³² in Jože VERBIČ³³

Izvleček

Količina izpranega dušika med skladiščenjem hlevskega gnoja (HG) je odvisna od njegove sestave in količine padavin. Ker nas zanimajo vsebnosti mineralnega dušika v tleh po začasnem skladiščenju HG, smo izvedli poskus, kjer smo merili koncentracije $\text{NO}_3\text{-N}$ in $\text{NH}_4\text{-N}$ v tleh (0–15 cm, 15–30 cm, 30–45 cm, 45–60 cm) na kontrolnem območju in na območju skladiščenja HG (pred in po odstranitvi HG) v vseh slojih tal. Ob odstranitvi HG smo v tleh na območju skladiščenja izmerili povečane vrednosti $\text{NH}_4\text{-N}$. Največje koncentracije 162,2 mg/kg suhe snovi smo izmerili v zgornjem sloju tal (0–15 cm). Z globino vzorčenja so se vrednosti zmanjševale. Količina $\text{NH}_4\text{-N}$ v tleh po odstranitvi HG predstavlja 3,5 % skupne količine dušika v HG ob začetku poskusa. Na drugi strani so bile vsebnosti $\text{NO}_3\text{-N}$ ob odstranitvi HG zanemarljive (< 1,5 mg/kg SS), kar kaže na anaerobne razmere v tleh med skladiščenjem HG. V obdobju po odstranitvi se je NH_4^+ nitrificiral v NO_3^- . Z vidika $\text{NO}_3\text{-N}$ večkratno skladiščenje HG na istem mestu lahko predstavlja tveganje za prekomerne vrednosti $\text{NO}_3\text{-N}$ v tleh. Na podlagi količine $\text{NH}_4\text{-N}$, ki je ostala na kmetijskem zemljišču po skladiščenju HG, ocenjujemo, da je tveganje za onesnaženje voda zaradi začasnega skladiščenja HG majhno.

Ključne besede: goveji hlevski gnoj, začasno skladiščenje, izpiranje dušika, kmetijsko zemljišče.

Concentration of ammonium and nitrate nitrogen in soil before and after temporary storage of cattle farmyard manure on agricultural land

Abstract

The quantity of leached nitrogen from farmyard manure (CFM) depends on its composition and the amount of precipitation during temporary storage. Because, we were interested in mineral N content in soil after CFM storage, an experiment was carried out where the concentrations of soil $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ (0-15 cm, 15-30 cm, 30-45 cm, 45-60 cm) were measured in the control area and under the CFM heap (before and after CFM storage). After CFM removal, increased values of $\text{NH}_4\text{-N}$ were measured in all soil layers under the heap area. The highest concentrations were measured in the upper soil layer (162.2 mg/kg DM) under the manure heap area. The measured amount of $\text{NH}_4\text{-N}$ in soil after CFM removal represents 3.5% of the initial N in deposited CFM. On the other hand $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations after CFM removal were negligible (<1.5 mg/kg DM) which indicates anaerobic conditions in the soil during CFM storage. In the period after CFM removal, NH_4^+ was rapidly nitrified into NO_3^- . Based on the amount of ammonia nitrogen left on agricultural land after CFM storage it was estimated that the risk of water pollution due to the temporary CFM storage was low.

Key words: cattle farmyard manure, temporary storage, nitrogen leaching, agricultural land.

1 UVOD

Hranila iz živinskih gnojil se najbolj optimalno izkoristijo v času rastne dobe. Ker obstaja pozno jeseni in pozimi nevarnost izpiranja nitratnih oblik dušika, poleti pa izhlapevanja amonijaka, so se v zadnjih treh desetletjih okrepile okoljevarstvene zahteve glede varovanja okolja in vodnih virov pred onesnaženji z nitrati ter privedle do omejitev pri skladiščenju in

³⁰ Dr., univ. dipl. inž. kmet., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: branko.lukac@kis.si

³¹ Dr., univ. dipl. inž. zoot., isti naslov

³² Univ. dipl. inž. agr., isti naslov

³³ Dr., univ. dipl. inž. zoot., isti naslov

gnojenju z živinskimi gnojili. Zato je v praksi poleg dobrega poznavanja zakonitosti gnojenja z organskimi gnojili, nujno potrebno tudi poznavanje aktualne zakonodaje. Področje ureja Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (Uradni list RS, 113/2009, 5/2013, 22/2015, 12/2017). Po omenjeni uredbi je skladiščenje hlevskega gnoja na kmetijskih zemljiščih prepovedano (z izjemo perutninskega gnoja pod posebnimi pogoji), dovoljeno pa je začasno odlaganje v kupih. Uležan hlevski gnoj lahko začasno odložimo na kmetijsko zemljišče v uporabi, ki ni nagnjeno k površinskim vodam, vendar ne dlje kakor za dva meseca z obvezno menjavo lokacije vsako leto. Mesto odlaganja uležanega hlevskega gnoja mora biti od tekočih ali stoječih voda oddaljeno najmanj 25 m. Hlevski gnoj je dovoljeno začasno odložiti na kmetijsko zemljišče zaradi lažje izvedbe gnojenja (npr. transport s kamionom in naknadno razvažanje s trosilnikom hlevskega gnoja). Z vidika sprememb lastnosti gnoja in izgub hranil, razlik med začasnim odlaganjem in začasnim skladiščenjem gnoja ni, zato bomo v tem prispevku uporabljali izraz skladiščenje, ki ga običajno uporabljamo v strokovni literaturi. Lastnosti gnoja in količine razpoložljivih hranil v gnoju so odvisne od vrste in starosti živali, sistema reje, skladiščenja in klime (Eghball, 2002). Količina izpranega dušika med skladiščenjem hlevskega gnoja na prostem je odvisna od količine uporabljene stelje in njegove uležanosti (zrelosti). Običajno znašajo skupne izgube dušika med skladiščenjem živalskega gnoja med 10 in 40 % (Kirchmann, 1984; Eghball in sod., 1997). Izgube dušika in drugih hranil med začasnim skladiščenjem lahko poleg nevarnosti za okolje prinašajo nepotrebno finančno breme za kmetijo. Ker v Sloveniji s podatki o vsebnosti mineralnih oblik dušika v tleh po skladiščenju hlevskega gnoja ne razpolagamo, smo konec marca 2018 v Jabljah pri Mengšu zasnovali poskus, katerega namen je bil ugotoviti nevarnost za onesnaženje voda pri začasnem skladiščenju hlevskega gnoja na kmetijskih zemljiščih.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poskus smo zastavili v Jabljah pri Mengšu na kmetijskem zemljišču, ki je že več let v rabi kot intenzivni travnik. Na območju izvajanja poskusa so evtrična rjava tla na peščeno prodnatih sedimentih. 22. 3. 2018 smo s trosilnikom hlevskega gnoja homogenizirali in začasno odložili 10 t hlevskega gnoja. Uporabili smo dva meseca uležan hlevski goveji gnoj. Odložen hlevski gnoj smo z vilami oblikovali v kup, dolžine 13,1 m in 3,2 m širine. V spodnjem delu do višine 40 cm so bile stene kupa navpične, v zgornjem delu pa poševne v obliki strehe s slemensko višino 70 cm. Podatke o količini padavin smo pridobili iz merilne vremenske postaje Jablje. V celotnem obdobju izvajanja poskusa je padlo 655 mm padavin, od tega 326 mm med ležanjem hlevskega gnoja in 329 mm po odstranitvi hlevskega gnoja. Pred izvedbo poskusa in v treh kasnejših terminih po odstranitvi hlevskega gnoja smo odvzeli vzorce tal v štirih globinah (0–15 cm, 15–30 cm, 30–45 cm, 45–60 cm) za določitev amonijske ($\text{NH}_4\text{-N}$) in nitratne ($\text{NO}_3\text{-N}$) oblike dušika na območju začasnega odlagališča hlevskega gnoja ter na kontrolnem območju, ki je bilo oddaljeno 1,5 m od zunanjega roba kupa. Vzorce tal smo na obeh obravnavanjih zbrali v dveh ponovitvah. Za vsako ponovitev smo naredili 6 vbodov na celotni dolžini kupa, ter vzorce po posameznih slojih tal združili. $\text{NH}_4\text{-N}$ in $\text{NO}_3\text{-N}$ smo določili v zračno suhem vzorcu tal po metodi ISO 14255:1998. Obdelavo podatkov smo izvedli v programske orodju MS Excel ©.

Skupne izgube N z izpiranjem med začasnim skladiščenjem hlevskega gnoja smo ocenili na podlagi povečanja skupne količine $\text{NH}_4\text{-N}$ v tleh po odstranitvi kupa. Glede na to, da so bile vsebnosti $\text{NO}_3\text{-N}$ v tleh pod kupom hlevskega gnoja takoj po odstranitvi kupa zelo majhne in tudi manjše kot na kontrolnem območju, jih pri ocenah izpiranja N nismo upoštevali. Najprej

smo od izmerjenih vrednosti $\text{NH}_4\text{-N}$ v tleh na območju začasnega skladiščenja v času odstranitve kupa gnoja odšteli vrednosti $\text{NH}_4\text{-N}$ izmerjene na kontrolnem območju. Za potrebe izračuna vsebnosti $\text{NH}_4\text{-N}$ v posameznem sloju tal ($m(\text{NH}_4\text{-N})_{\text{tla}}$) smo najprej izračunali volumen (V_{tal}) in maso (m_{tal}) tal na območju začasnega skladiščenja hlevskega gnoja za posamezne globline vzorčenja.

$$V_{\text{tal}} = d \times \check{s} \times v$$

d – dolžina kupa hlevskega gnoja (13,1 m)

$\check{s}$ – širina kupa hlevskega gnoja (3,2 m)

v – globina vzorčenja posameznega sloja tal (0,15 m)

$$m_{\text{tal}} = \rho \times V_{\text{tal}}$$

ρ – volumska gostota travniških tal; pri tem smo upoštevali 1,2 g/cm³ za 0–15 cm in 1,4 g/cm³ za preostale globlje (15–30 cm, 30–45 cm, 45–60 cm) sloje tal

Maso posameznih slojev tal smo pomnožili z izračunano razliko v koncentraciji $\text{NH}_4\text{-N}$ med mestom začasnega skladiščenja hlevskega gnoja in kontrolnim območjem po posameznih slojih tal ($c(\text{NH}_4\text{-N})_{\text{tla}}$). Produkt predstavlja povečanje mase amonijskega N v posameznih slojih tal na območju skladiščenja hlevskega gnoja ($m(\text{NH}_4\text{-N})_{\text{tla}}$).

$$m(\text{NH}_4\text{-N})_{\text{tla}} = m_{\text{tal}} \times c(\text{NH}_4\text{-N})_{\text{tla}}$$

Povečane količine $\text{NH}_4\text{-N}$ v vseh štirih slojih vzorčenja smo sešteli, ter vsoto ($m(\text{NH}_4\text{-N})_{\text{tla}}$ skupni) primerjali s količino N v hlevskem gnoju ob začetku skladiščenja. Za primerjalne namene smo tako mase N v hlevskem gnoju ob začetku skladiščenja kot povečanje količine $\text{NH}_4\text{-N}$ v tleh preračunali na ekvivalentno količino 10 t hlevskega gnoja, ki jo pripeljemo v začasno skladiščenje.

$$m(\text{NH}_4\text{-N})_{\text{tla}} \text{ skupni} = m(\text{NH}_4\text{-N})_{\text{tla } 0-15} + m(\text{NH}_4\text{-N})_{\text{tla } 15-30} + m(\text{NH}_4\text{-N})_{\text{tla } 30-45} + m(\text{NH}_4\text{-N})_{\text{tla } 45-60}$$

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Sestava hlevskega gnoja na začetku poskusa in ob njegovi odstranitvi

Kemijsko sestavo hlevskega gnoja smo ugotavljali v vzorcu, ki smo ga odvzeli spomladi takoj po odložitvi ter ob odstranitvi hlevskega gnoja v začetku julija (preglednica 1). Rezultati kemijskih analiz so pokazali, da se je med ležanjem hlevskega gnoja vsebnost sušine zmanjšala, kar je verjetno posledica padavin, ki so se akumulirale v hlevskem gnoju. Dušik v hlevskem gnoju je predvsem organsko vezan (79,1 %). Vsebnost $\text{NH}_4\text{-N}$ znaša 20,8 % skupnega dušika, medtem ko je vsebnost $\text{NO}_3\text{-N}$ zanemarljivo majhna (Preglednica 1). Med ležanjem se je vsebnost skupnega N nekoliko povečala, kar lahko pripišemo spremembi razmerij med hranili zaradi razgradnje organske snovi. Predpostavljamo, da se je $\text{NH}_4\text{-N}$ izgubil z izhlapevanjem v zrak, deloma pa se biokemijsko oksidiral do $\text{NO}_3\text{-N}$ oziroma s pomočjo mikroorganizmov vgradil v organske spojine. Kislost (pH) se je spremenila od 8,2 na 8,4, kar kaže, da do fermentacije v kupu ni prišlo. Zmanjšala se je vsebnost vlaken, netopnih v

nevtralnem detergentu (NDF), in hkrati povečala vsebnost lignina (ADL). Predvidevamo, da so se vlakna, netopna v nevtralnem detergentu, zmanjšala zaradi razgradnje celuloze in hemiceluloz, lignin pa se je skoncentriral zaradi že omenjene razgradnje organske snovi.

Preglednica 1: Kemijska sestava hlevskega gnoja ob začetku izvajanja poskusa (marec 2018) in ob odstranitvi kupa (julij 2018) (podatki so izraženi v g/kg suhe snovi).

Vrsta analize	Datum vzorčenja	
	22. marec 2018	2. julij 2018
Suha snov	182	134
Surovi pepel	133	169
Kalij - K	32,3	25,3
Fosfor - P	4,9	7,5
Skupni N	25,4	33,7
NH ₄ -N	5,27	<0,75
NO ₃ -N	0,005	0,6
Organsko vezan N	20,1	32,3
pH	8,2	8,4
NDF*	614	485
ADF*	420	454
ADL*	98	250

NDF – vlakna netopna v nevtralnem detergentu; ADF - vlakna netopna v kislem detergentu; ADL – lignin; frakcije vlaknin v gnoju, ki kažejo na mikrobiološko aktivnost med začasnim skladiščenjem

3.2 Vsebnost amonijske in nitratne oblike dušika v različnih globinah tal

Primerjava vsebnosti NO₃-N in NH₄-N v tleh pred skladiščenjem hlevskega gnoja kaže, da so bila tla pred začetkom izvajanja poskusa z obema oblikama mineralnega N enako založena. Vrednosti na območju načrtovanega skladiščenja hlevskega gnoja in kontrolnem območju so bile podobne. Vrednosti NO₃-N in NH₄-N so se z globino praviloma zmanjševale. Vrednosti NO₃-N v tleh so bile manjše od 8 mg/kg, vrednosti NH₄-N pa niso presegle 6 mg/kg (preglednica 2 in 3).

Teden dni po odstranitvi hlevskega gnoja smo v tleh na območju kupa ugotovili povečane vrednosti NH₄-N, še najbolj v zgornjem sloju tal (162,1 mg/kg NH₄-N). Z globino vzorčenja so se vrednosti NH₄-N manjšale, kar je pričakovano, saj se amonijska oblika dušika v največji meri veže na negativno nabite talne delce zgornjega sloja tal.

Vrednosti NO₃-N v tleh so bile teden dni po odstranitvi kupa največ 1,3 mg/kg. Domnevamo, da zaradi anaerobnih razmer pod kupom hlevskega gnoja nitrifikacija amonija v nitrit ni potekala, zaradi česar je bilo v tleh več NH₄-N kot NO₃-N. Rezultati so v skladu z ugotovitvami Dewes in sod. (1993) in Parkinson in sod. (2004), ki navajajo, da se iz hlevskega gnoja v največji meri izgublja amonijska oblika dušika medtem, ko je NO₃-N v hlevskem gnoju veliko manj in so tudi zaradi tega izgube nitratnega dušika med procesom skladiščenja zanemarljive. Na kontrolnem območju so bile vrednosti NH₄-N bistveno manjše (niso presegle 7 mg/kg), vrednosti NO₃-N pa niso presegle 12,5 mg/kg. Ker so vrednosti NH₄-N na kontrolnem območju podobne vrednostim NO₃-N sklepamo, da so velike vsebnosti NH₄-N v tleh na mestu skladiščenja kupa rezultat izpiranja amonijskega dušika iz hlevskega gnoja. Domnevamo, da se je glavnina NH₄-N izprala v tla in se vezala na talne delce v začetnem

obdobju skladiščenja, ko je bila vsebnost $\text{NH}_4\text{-N}$ v hlevskem gnoju največja in mineralizacija še dokaj intenzivna.

Preglednica 2: Povprečna vsebnost $\text{NH}_4\text{-N}$ v različnih globinah tal (0–15, 15–30, 30–45, 45–60 cm) v različnih obdobjih na mestu, kjer smo začasno skladiščili hlevski gnoj in na kontrolnem območju. Vrednosti v oklepajih predstavljajo razpon dveh meritev.

Čas vzorčenja	Mesto vzorčenja	Vsebnost $\text{NH}_4\text{-N}$ (v mg/kg zračno suhega vzorca)			
		0–15 cm	15–30 cm	30–45 cm	45–60 cm
22. 3. 2018 (pred oblikovanjem kupa)	SHG	3,9 (3,7-4,1)	2,2 (1,8-2,5)	2,3 (1,9-2,7)	1,4 (1,2-1,6)
	K	5,1 (4,3-5,8)	3,1 (2,5-3,7)	2,0 (1,6-2,4)	1,5 (1,2-1,8)
9. 7. 2018 (7 dni po odstranitvi kupa)	SHG	162,1 (158,6-165,6)	35,1 (32,6-37,6)	13,8 (12,9-14,7)	13,8 (12,9-14,7)
	K	4,7 (4,1-5,3)	5,0 (3,0-6,9)	3,6 (2,2-4,9)	4,7 (3,2-6,2)
30. 8. 2018 (59 dni po odstranitvi kupa)	SHG	41,1 (34,3-47,8)	26,9 (20-33,8)	9,7 (7-12,4)	6,4 (4,2-8,5)
	K	1,7 (1,2-2,4)	0,3 (0,1-0,4)	1,2 (0,3-2)	0,9 (0,2-1,5)
11. 10. 2018 (101 dan po odstranitvi kupa)	SHG	8,3 (6,1-10,5)	4,8 (3,9-5,6)	2,7 (2,2-3,1)	2,1 (1,5-2,6)
	K	3,5 (2,0-5,0)	3,6 (2,9-4,3)	2,7 (1,9-3,4)	2,7 (2,2-3,2)

Legenda: SHG – mesto začasnega skladiščenja hlevskega gnoja; K – kontrolno območje.

Preglednica 3: Povprečna vsebnost $\text{NO}_3\text{-N}$ v različnih globinah tal (0–15, 15–30, 30–45, 45–60 cm) v različnih obdobjih na mestu, kjer smo začasno skladiščili hlevski gnoj in na kontrolnem območju. Vrednosti v oklepajih predstavljajo razpon dveh meritev.

Čas vzorčenja	Mesto vzorčenja	Vsebnost $\text{NO}_3\text{-N}$ (v mg/kg zračno suhega vzorca)			
		0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	45-60 cm
22. 3. 2018 (pred oblikovanjem kupa)	SHG	5,5 (4,9-6,1)	7,2 (7-7,4)	3,8 (3,4-4,1)	2,0 (1,6-2,4)
	K	6,7 (5,3-8,0)	4,8 (3,5-6,1)	3,5 (1,9-5,1)	2,3 (1,2-3,3)
9. 7. 2018 (7 dni po odstranitvi kupa)	SHG	1,3 (1,1-1,4)	0,7 (0,4-1,0)	1,0 (0,9-1,1)	0,6 (0,5-0,6)
	K	11,3 (10,5-12)	10,5 (8,8-12,1)	5,8 (5,7-5,8)	4,0 (3,7-4,2)
30. 8. 2018 (59 dni po odstranitvi kupa)	SHG	79,3 (63,8-94,8)	46,3 (38,8-53,8)	23,8 (18,8-28,8)	14,3 (10,9-17,7)
	K	17,5 (10,1-24,8)	9,0 (6,4-11,6)	5,3 (4,8-5,8)	2,3 (2,1-2,5)
11. 10. 2018 (101 dan po odstranitvi kupa)	SHG	84,4 (78,9-89,9)	70,4 (61,9-78,9)	44,4 (36,9-51,9)	29,9 (23,9-35,9)
	K	8,75 (7,2-10,3)	5,15 (4,0-6,3)	2,7 (2,2-6,3)	2,1 (1,3-2,8)

Legenda: MOHG – mesto skladiščenja hlevskega gnoja; K – kontrolno mesto.

Z odstranitvijo kupa hlevskega gnoja v začetku julija in vzpostavitvijo aerobnih razmer se je v tleh na območju skladiščenja pričelo spreminjati tudi razmerje med $\text{NH}_4\text{-N}$ in $\text{NO}_3\text{-N}$ v prid slednjega. Ker so se v tleh zaradi odstranitve kupa vzpostavile aerobne razmere, je v obdobju od odstranitve hlevskega gnoja do zaključka poskusa v oktobru potekala nitrifikacija. Proces so pospešile tudi ugodne vremenske razmere (temperatura nad 20°C). Na mestu skladiščenja hlevskega gnoja je vrednost $\text{NO}_3\text{-N}$ v zgornjem sloju tal (0–15 cm) ob koncu poskusa v oktobru znašala 84,4 mg/kg, z globino vzorčenja pa se je zmanjšala. Kljub temu so izmerjene vrednosti $\text{NO}_3\text{-N}$ štirinajst do šestnajstkrat večje v primerjavi s kontrolnim območjem. Glede na majhne vrednosti $\text{NO}_3\text{-N}$ na kontrolnem območju, domnevamo, da so povečane vrednosti $\text{NO}_3\text{-N}$ v globljih slojih tal na mestu skladiščenja hlevskega gnoja predvsem rezultat velike mobilnosti $\text{NO}_3\text{-N}$ oziroma izpiranja s padavinami. Na drugi strani lahko opazimo trend zmanjševanja vsebnosti $\text{NH}_4\text{-N}$ v vseh slojih tal (Preglednica 2 in 3). Ob zaključku poskusa so bile koncentracije $\text{NH}_4\text{-N}$ na območju skladiščenja hlevskega gnoja večje samo še v zgornjem 30 cm sloju tal, v spodnjih dveh slojih (30–45 cm, 45–60 cm) pa so se izenačile z vrednostmi na kontrolnem območju.

Na podlagi izmerjenih koncentracij $\text{NH}_4\text{-N}$ v različnih slojih na kontrolnem območju in na mestu skladiščenja hlevskega gnoja smo po opisani metodi izračunali količino $\text{NH}_4\text{-N}$ v tleh (rezultati niso prikazani v tabelah). Celokupna izguba $\text{NH}_4\text{-N}$ z izpiranjem iz 10 t hlevskega gnoja znaša 1,62 kg oziroma 3,5 % od skupnega N v gnoju ob začetku poskusa. Izračunane izgube so skoraj devetkrat manjše od potencialnih izpiranj dušika v vodo, ki bi nastale ob takojšnjem raztrosu enake količine hlevskega gnoja po kmetijskem zemljišču (30 %, pavšalna ocena za gnojenje z živinskimi gnojili; IPCC, 2006). Ob tem je treba upoštevati, da se bo v podzemne vode izpral le del $\text{NH}_4\text{-N}$, ki se je v tleh nakopičil med začasnim skladiščenjem gnoja. Del se bo zaradi nitrifikacije in denitrifikacije v obliki N_2O in N_2 izgubil v zrak, del pa ga bodo v biomaso zajele rastline. Rezultati so v skladu z ugotovitvami Petersen in sod. (1998), Sommer in Dahl (1999) in Parkinson (2000), ki navajajo, da se med skladiščenjem v tla izpere 0,5 do 2,5 % $\text{NH}_4\text{-N}$. Glede na literaturne vire (Morvan in sod., 1999; Parkinson, 2000) in majhno količino $\text{NH}_4\text{-N}$ v tleh in hlevskem gnoju ob koncu skladiščenja, domnevamo, da se je večina $\text{NH}_4\text{-N}$ izgubila s plinskimi izgubami (NH_3 , N_2O , N_2 , NO_x) kmalu po skladiščenju, manjši del pa oksidiral do $\text{NO}_3\text{-N}$ oziroma se s pomočjo mikroorganizmov vgradil v organske spojine.

4 SKLEPI

Ugotavljamo, da se je med začasnim skladiščenjem hlevskega gnoja na kmetijskem zemljišču ob prepojenosti kupa s padavinami, ki so pronicale skozenj, v tleh pod njim povečevala vsebnost $\text{NH}_4\text{-N}$, medtem ko se je vsebnost $\text{NO}_3\text{-N}$ šele po odstranitvi hlevskega gnoja. Vsebnosti $\text{NH}_4\text{-N}$ so bile največje v zgornjem sloju tal, kar je pričakovano glede na njegovo slabo mobilnost v tleh. Ocenjujemo, da med začasnim skladiščenjem tako oblikovanega kupa hlevskega gnoja na teksturno težkih tleh ni nevarnosti za onesnaženje podzemnih voda z mineralnimi oblikami dušika. Izračunane izgube $\text{NH}_4\text{-N}$ v tak tip tal so glede na delež mineralnega dušika v gnoju majhne in lokalno omejene na površino odloženega kupa. Večje tveganje za onesnaženje podzemnih voda nastopi šele ob odstranitvi hlevskega gnoja, ko se ob ponovni vzpostavitvi aerobnih razmer $\text{NH}_4\text{-N}$ prične naglo spreminjati v $\text{NO}_3\text{-N}$. Ob ugotovitvah, da se v času začasnega skladiščenja gnoja na kmetijskem zemljišču amonijski dušik na mestu stika s tlemi ni pretvoril v nitratno obliko in ob upoštevanju količine amonijskega dušika, ki je ostala na kmetijskem zemljišču po skladiščenju gnoja, sklepamo, da

je tveganje za onesnaženje voda zaradi začasnega skladiščenja gnoja bistveno manjše od tveganja zaradi gnojenja z živinskimi gnojili.

Zahvala. Raziskavo je financiralo Ministrstvo za okolje in prostor v letu 2017 in 2018 in je bila opravljena v okviru strokovne naloge s področja okolja, ki se nanašajo na izvajanje nitratne direktive, varstvo tal ter zmanjšanje izpustov onesnaževal v zrak iz kmetijstva.

5 LITERATURA

- Dewes T., Ahrens E., Koch C. 1993. Nitrogen penetration and persistence in soil under uncovered and covered farmyard manure heaps. *Journal of Agronomy and Crop Science-Zeitschrift für Acker und Pflanzenbau* 170: 73-83.
- Eghball B., Power J.F., Gilley J.E., Doran J.W. 1997. Nutrient, carbon and mass loss during composting of beef cattle feedlot manure. *Journal of Environmental Quality* 26: 189 – 193.
- Eghball B. 2002. Soil properties as influenced by phosphorus- and nitrogen based manure or compost applications *Agronomy Journal* 94: 128-135.
- IPCC. 2006. N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application. In: *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.. Agriculture, Forestry and Other Land Use. Volume 4: 11.24.*
- Kirchmann H. 1995. Losses, plant uptake and utilisation of manure nitrogen during production cycle. *Acta Agriculturae Scandinavica Supplementum* 24: 1-77.
- Morvan, T., Dach, J., Cellier, P. 1999. Estimating ammonia losses during the composting of farmyard manure, using closed dynamic chambers. In: *Management strategies for organic waste use in agriculture* 2: 261-265.
- Parkinson R. 2000. Enhancing the effective utilisation of animal manures on-farm through compost technology. Final project report, MAFF project code WA0519. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Newton Abbot, UK: 35 str.
- Parkinson R., Gibbs P., Burchett S., Misselbrook T. 2004. Effect of turning regime and seasonal weather conditions on nitrogen and phosphorus losses during aerobic composting of cattle manure. *Bioresource Technology* 91: 171-178.
- Petersen S.O., Lind A.M., Sommer S.G. 1998. Nitrogen in organic matter losses during storage cattle and pig manure. *The Journal of Agricultural Science* 130: 69-79.
- Sommer S.G., Dahl P. 1999. Nutrient and carbon balance during the composting of deep litter. *Journal of Agricultural Engineering Research* 74: 145-153.
- Viaene J., Nelissen V., Vandecasteele B., Willekens K., De Neve S. 2016. Field storage conditions for cattle manure to limit nitrogen losses and optimise fertiliser value. *Animal Production Science* 57, 10: 2148-2166.

Postopek vrednotenja pedoloških kriterijev za območja z omejenimi možnostmi za kmetijsko dejavnost

Tomaž PRUS³⁴, Rok TURNIŠKI³⁵, Irena TIČ³⁶ in Marko ZUPAN³⁷

Izvleček

V sklopu navodil za določanje kmetijskih območij z naravnimi omejitvami se kot novi kriteriji, ki omejujejo kmetijsko rabo tal, določajo omejena propustnost tal za vodo, neugodna tekstura in kamnitost, plitva globina koreninjenja in slabe kemijske lastnosti tal. Navedeni kriteriji imajo določene mejne vrednosti. V prispevku so za izbrane kriterije pojasnjene mejne vrednosti in način zbiranja ustreznih podatkov.

Ključne besede

naravne omejitve, pedološka karta, talne sistematske enote, atributni podatki, mejna vrednost kriterija

The procedure for evaluation soil properties of the areas with natural constraints for agriculture

Abstract

The updated guideline for identifying agricultural areas with natural constraints a list of new criteria is presented, which are limiting the agricultural land use according to soil properties. Those criteria are limited soil drainage, unfavourable texture and stoniness, shallow rooting depth and poor chemical properties. The article describes threshold values for selected criteria and the procedure of adequate data.

Key words

Natural constraints, soil map, soil typological unit, attribute data, criterion threshold

1 UVOD

Slovenija in ostale države Evropske unije (EU) imajo v nekaterih geografskih območjih manj ugodne razmere za kmetijske dejavnosti. Čeprav se omejitve kažejo že skozi osnovno rabo prostora, saj gozd raste na manj ali celo neprimernih območjih za kmetijstvo, ljudje poskušajo širiti kmetijski prostor. Pogosto se širitev dolgoročno zaradi številnih dejavnikov ne obnese, kmetijska raba se opusti in površine se pričnejo zaraščati. Delež gozdov v slovenskem prostoru tako presega 58 % površine države.

A tudi obstoječi kmetijski prostor ni enoznačno uporaben. V grobem se omejitve nanašajo na klimatske, reliefne in talne razmere. V tem prikazu se posvečamo izključno omejitvam kmetijske rabe, ki izhajajo iz lastnosti tal v nekem območju.

Če je politika EU dovoljevala še nedavno precej svoboden, individualen pristop posameznim državam k opredeljevanju območij manj ugodnih za kmetijsko dejavnost, se z letom 2007 pričnejo aktivnosti za meddržavno usklajenost in sistemsko opredeljenost manj ugodnih območij v Evropi (Eliasson in sod., 2007), najprej v obliki strokovnega posveta. Pisna navodila so sledila leta 2009 (Böttcher in sod., 2009). Na podlagi teh navodil smo na Centru za pedologijo izdelali več poročil s skupno oznako LFA v letih 2010 in 2011. V letu 2016 so bila izdana nova navodila tudi v slovenskem prevodu: »Posodobljene smernice o uporabi skupnih meril za identifikacijo kmetijskih območij z naravnimi omejitvami« (Terres in sod.,

³⁴ Viš. pred. mag., Biotehniška fakulteta, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: tomaz.prus@bf.uni-lj.si

³⁵ Asist. mag., inž. agr., Biotehniška fakulteta, p.p. 95, 1000 Ljubljana

³⁶ Teh. sod. dipl. org. dela, Biotehniška fakulteta, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: irena.tic@bf.uni-lj.si

³⁷ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: marko.zupan@bf.uni-lj.si

2016). Predstavljeni prispevek upošteva ta navodila in se nanaša na aktivnosti našega Centra v letu 2017 in 2018.

2 METODE DELA

Vrednotenje zemljišč oziroma območij zemljišč z omejenimi možnostmi za kmetijstvo temelji na vnaprej določenih skupnih biofizikalnih merilih, razdeljenih v več skupin. Skupine opredeljuje merilo (kriterij), opredelitev in mejne vrednost. Tako je za prvo skupino »podnebje« merilo nizka temperatura in suhost (tal). Slednja izzveni nekako nedorečeno, saj se upošteva kot merilo le razmerje med količino padavin in evapotranspiracijo. Po drugi strani je suhost odvisna tudi od kapacitete tal za zadrževanje vode, kar se pri oceni ne upošteva. Druga skupina meril zajema podnebje in tla z merilom presežna vlaga v tleh. Ta se izraža kot število dni, v katerih vlaga (količina vode) v tleh doseže ali preseže poljsko kapaciteto tal. Posredno se povezuje z merilom za klimo in tretjo skupino meril tla, ki se pričinja z omejenim osušenjem in nadaljuje z ostalimi merili za tla, ki so obravnavana v točki 2.1. Voda v tleh je torej zajeta v merilu omejeno osuševanje tal in presežna vlaga v tleh.

Zadnje merilo omejenih dejavnikov je namenjeno skupini »zemljišče«, ki ga zastopa le merilo strmo pobočje.

Naročnik študije oziroma njenega dela je Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, kjer so se odločili, da bodo Biotehniški fakulteti oziroma Infrastrukturnemu centru za pedologijo in varstvo okolja oddali delo za preverjanje in dopolnilno oceno skupine tla oziroma preverjanje meril, ki to skupino določajo na širšem območju Suhe krajine in severnem delu Bele krajine.

2.1 Uporabljen merilo in razpoložljivost pedoloških podatkov

Slovenija ima izdelano digitalno pedološko karto v merilu 1:25 000, ki je bila uporabljena kot izhodiščni vir podatkov za ocenjevanje lastnosti tal. To merilo je tudi priporočeno merilo s strani Evropske komisije (EK), oziroma Joint Research Centra (JRC) iz Ispre, ki za EK izvaja strokovne naloge. Prav tako je v navodilih priporočena uporaba neposrednih informacij in ne pedološka razvrstitev oziroma izpeljava. V kolikor informacije o zahtevanih lastnostih tal niso razpoložljive iz obstoječih dokumentov, priporočajo izpeljavo zahtevanih parametrov zgolj iz enega ali niza obstoječih parametrov. Pri tem se uporabijo pedo-transferne funkcije (PTF). To so praviloma preproste statistične regresijske enačbe, ki povezujejo pedološke parametre oziroma lastnosti. V skupino posrednih podatkov o lastnosti tal spadajo tudi informacije, ki jih lahko izpeljemo iz imena talnega tipa oziroma pedosistematske enote. Ime iz nacionalne klasifikacije tal ob prevedbi v WRB (World Reference Base) služi kot referenčni sistem (Terres in sod., 2016).

V navodilih Terres in sod. (2016) navajajo, da je osnova za črpanje podatkov pedološka karta oziroma pedokartografska enota. Citiramo: »Osnovna pedokartografska enota v številnih zemljevidih tal vsebuje skupino vrst tal (tipološke enote tal, STU), ki oblikujejo združbe tal, saj razmejitev zemljevida vrst tal ni možna z danim merilom. V tem primeru se predlaga, da se upošteva vsaka vrsta tal pri izračunu omejitve pod pogojem, da so podatki o odstotku pojavnosti na voljo (gl. 5. poglavje za izračun deleža omejenih kmetijskih območij iz zbirke podatkov za tipe združb tal).« Če zanemarimo napake v prevodu (kar je splošna značilnost slovenskih navodil), imamo v Sloveniji kartografske enote sestavljene popolnoma na enak način kot so podana v navodilih (Terres in sod., 2016), le da tipološke enote imenujemo

pedosistematske enote. Iz lastnosti pedosistematskih enot se za oceno omejenosti rabe kmetijskega zemljišča upoštevajo naslednje lastnosti:

1. Zastajanje vode: na osnovi kriterija pojavljanja diagnostičnih glejnih horizontov v globini do 40 cm je določen atributni podatek 'omejena dreniranost tal'.
2. Skelet >15 vol. % v zgornjem delu tal: pripravljena sta dva atributna podatka in sicer za osnovni kriterij in znižan kriterij (skeletnost >10 vol. %)
3. Lahka in peščena tla (teksturni razredi pesek in ilovnat pesek): pripravljena sta dva atributna podatka in sicer za osnovni kriterij, kjer več kot 50 % talnega profila ustreza kriteriju, in znižan kriterij, kjer 40 % talnega profila ustreza kriteriju.
4. Delež gline v zgornjem delu tal: pripravljena sta dva atributna podatka za prevladujoč delež gline v zgornjem delu tal in sicer >60 % gline (osnovni kriterij) in >50 % gline (znižan kriterij)
5. Organska tla: prav tako dva atributna podatka glede na debelino organskega dela tal (z več ali enako 30 % organske snovi) v talnem profilu (več kot 40 cm, oziroma več kot 30 cm)
6. Globina koreninskega sistema; dva atributa glede na osnovni (< 30 cm) in znižan kriterij (< 35 cm)
7. Kislost tal; prav tako dva atributna podatka, ki smo ju določili s pomočjo pretvorbene funkcije za pH (H₂O) in pH (CaCl₂): osnovni kriterij (pH(H₂O) <5,0) in znižan kriterij (pH(H₂O) <5,5).

V oceni tal niso bile upoštevane naslednje lastnosti: slanost [električna prevodnost ekstrakta (ECE) (dS/m)] in vsebnost natrija [odstotek izmenljivega natrija (ESP) ali SAR (natrijev absorpcijski količnik)]. Prav tako nismo upoštevali vertične lastnosti v globini do 100 cm od površine tal. Te lastnosti se namreč v pregledanem območju naših tal ne pojavljajo.

Selektivni pregled kartografskih enot so opravili sodelavci Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. S tem so usmerili postopek vrednotenja na območja, kjer so se pojavljale pomanjkljivosti v prostorski razprostranjenosti, opredelitvi ali pa nekatere lastnosti niso bile zajete ob izdelavi pedološke karte. V ta namen je bilo poleg pregleda območij s pomočjo satelitskih in aerofotoposnetkov potrebno opraviti tudi terenski pregled. To je tako imenovano rekognosciranje, ki je zajemalo tudi sondiranje in odvzem vzorcev za določanje pH.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Iz selektivnega izbora območij občin Metlika, Žužemberk, Dobropolje, Ivančna Gorica, Trebnje in Grosuplje je bilo pregledanih v dveh fazah 352 pedosistematskih enot in 573 pedokartografskih enot. To so različne kartografske enote, ki združujejo pedosistematske enote tal na apnencu in v manjši meri na dolomitu. Razlog za kopičenje teh enot na območju Bele in Suhe krajine je v posebnosti matične podlage. Apnenci namreč tvorijo izredno razgiban podpovršinski kamninski relief, katerega izdanki lahko segajo do površine tal oziroma nad njih. Na kmetijskih površinah je kamnitost in skalovitost v večini odstranjena; na njivah do globine oranja, na travnikih do ravnine travne ruše. S spremembo globine obdelave skelet, ki je ostal pod dosedanje globino obdelave, povzroča številne tehnične težave. Ker ga vsaj na prvi pogled ni mogoče zaznati, smo ga imenovali prikriti skelet. Lepo se pokaže pri različnih pripravljalnih gradbenih delih (slika 1).



Slika 1: *Podpovršinska skalovitost*

Iz kmetijskih površin se skelet odstrani z agromelioracijami, ki pomenijo dodatne stroške pridelave.

Prisotnost prikrte skalovitosti, ki še obstoja na kmetijskih površinah, a je s površja nevidna, smo dokazovali z obsežnim sondiranjem, preverbah ob poteku agromelioracij na terenu, ob različnih izkopih, usekih poljskih poti, analizi brazd/ogonov po oranju in drugih razkritjih in odstranitvah površinskih talnih horizontov. Kot primer terenskega opisa podajamo potek agromelioracije na manjšem območju v kraju Mali Korinj (Preveritev podatkov pedološke karte na terenu za območja z omejenimi možnostmi za kmetijsko dejavnost v Sloveniji v okviru izvedbe reforme OMD 2017, stran 99 (Zupan in sod., 2017)).

Terenske ugotovitve so bile uporabljene za spremembe v atributnih podatkih pedosistematskih enot. Posledično je bilo popravljeno oziroma prerazporejeno več PSE, nastalo pa je tudi 14 novih pedokartografskih enot. Te so se odrazile v obliki 88 novih poligonov na pedološki karti.

Naslednji problem tal na opazovanih območjih je kislost. Čeprav so nastala na karbonatni podlagi, se z razvojem pojavi najprej izpiranje karbonatov (zato kljub imenu pokarbonatna tal nikoli niso karbonatna), kasneje pa še izpiranje sorptivno vezanih bazično delujočih ionov – predvsem kalcija in magnezija. Tako je pH tal tudi pod 5, zato so v slovenski klasifikaciji tal opredeljena kot akrična. (Opomba: lastnost akričnost v slovenski klasifikaciji ni identično opredeljena kot v WRB 2014.) Podatek v okviru izvirne vrednosti je ohranjen le v gozdnatem območju in na nekaterih manjših obrobkih. Na kmetijskih površinah zaradi intenzivnega apnenja, vsaj v več zadnjih desetletjih, pH pod 5 nismo mogli dokazati.

Ostali kriteriji kot so presežna vlaga v tleh, oziroma hidromorfni status tal, peščena ali glinasta tekstura ter organska snov (šotni horizonti) so kot izvorni atributnih podatki dovolj natančni in so bili uporabljeni v okviru ustreznih kartografskih enot.

Oznaka: IG1	Kraj: Mali Korinj	X: 77788	Y: 483619	Z: 613
--------------------	--------------------------	-----------------	------------------	---------------

PKE 1536 in sestava PKE na lokaciji opazovanja/sondiranja:

Talni Tip / pedosistematska enota	Skupni 1. OMEJENJA OPREDELJEVANJE TLA				Skupni 2. NELOKALNA TEKSTURNA IN KAMENITOST				Skupni 3. FIZIČNA TLA				Skupni 4. KEMIČNA KARAKTERISTIKI			
	Opis zastopanih vrst tal v PKE	Skupni vsebnost v PKE	Skupni vsebnost v PKE	Skupni vsebnost v PKE	Opis zastopanih vrst tal v PKE	Skupni vsebnost v PKE	Skupni vsebnost v PKE	Skupni vsebnost v PKE	Opis zastopanih vrst tal v PKE	Skupni vsebnost v PKE	Skupni vsebnost v PKE	Skupni vsebnost v PKE	Opis zastopanih vrst tal v PKE	Skupni vsebnost v PKE	Skupni vsebnost v PKE	Skupni vsebnost v PKE
PKE: 1536 je sestavljena iz:																
PKE 376 - 70% RUPJA POKARBOVANA TLA NA APRENCU IN DOLOMITU, TIPICNI	8	0	2	2	0	0	8	8	0	0	1	2	0	70	1	1
PKE 105 - 30% EVTRICNA KUPJA TLA NA MENHIN KARBONATNIH KAMENIH (JAPORNI)	8	2	2	2	8	8	8	8	1	2	1	1	2	2	2	2
APRENCI, TIPICNA SREDNJA GLOBINA	8	2	2	2	8	8	8	8	1	1	1	1	2	2	2	2

Opis lokacije:

Datum: 21.4.2017

Fotografija lokacije	Opis
	Makro relief - sredina pobočja, greben. Mikro relief - kaskadast. Oblika reliefa - razgiban. Skalovitost na površini 10 %, na 20 cm globine 70 %.

Opis tal:

Opis na terenu		Meritve v laboratoriju			
Fotografija sonde	Globina (cm)	Morfološke lastnosti	glina (%)	pH CaCl ₂	pH H ₂ O

Opombe:

Manjša agromelioracija
A horizont 20 cm, BC horizont 20 cm + (70 % skal in kamenja).

Slika 2: Terenski opisa poteka agromelioracije na območju kraja Mali Korinj (Preveritev podatkov pedološke karte na terenu za območja z omejenimi možnostmi za kmetijsko dejavnost v Sloveniji v okviru izvedbe reforme OMD 2017, stran 99 (Zupan in sod., 2017)).

4 SKLEPI

Okvir za določanje kmetijskih območij z naravnimi omejitvami se definitivno oži. Postavljajo se skupna merila za celoten prostor Evropske unije. To seveda onemogoča upoštevanje nekaterih krajevnih specifičnosti. Omejeno je tudi upoštevanje preteklega, tako rekoč generacijskega, vloženega dela v izboljšanje pogojev za kmetovanje. Še posebej se je to odrazilo na pretežno zakraselem reliefu jugovzhodne Slovenije.

Izpostaviti moramo strokovno pomanjkljiv prevod slovenske verzije smernic, tako da smo uporabljali ves čas izvirno angleško verzijo.

5 LITERATURA

- Eliasson. Å., Terres J.-M., Bamps C. (uredniki). 2007. Common Biophysical Criteria for Defining Areas which are Less Favourable for Agriculture in Europe. European Commission Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability: 91 s.
- Böttcher, K., Eliasson, A., Jones, R., Le Bas, C., Nachtergaele, F., Pistocchi, A., Ramos, F., Rossiter, D., Terres, J.-M., Van Orshoven J., van Velthuisen, H., 2009. Guidelines for Application of Common Criteria to Identify Agricultural Areas with Natural Handicaps. Office for Official Publications of the European Communities. 2009 – 34 pp. JRC Technical Note.
- Terres J.-M., Toth T., Wania A., Hagyo A., Koeble R., Nisini L. 2016. Posodobljene smernice o uporabi skupnih meril za identifikacijo kmetijskih območij z naravnimi omejitvami; EUR 27950; doi: 10.2788/130243
- Zupan M. urednik, Prus T., Turniški R. 2017. Preveritev podatkov pedološke karte na terenu za območja z omejenimi možnostmi za kmetijsko dejavnost v Sloveniji v okviru izvedbe reforme OMD 2017. Biotehniška fakulteta, Ljubljana 2017. 134 strani, 45 strani prilog.
- IUSS Working Group WRB, 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, posodobitev 2015. Mednarodni klasifikacijski sistem za poimenovanje tal in izdelavo legend na zemljevidih tal. World Soil Resources Reports št. 106. FAO, ZZFF, Ljubljana, Rim

Uporaba inovativnih pristopov pri žlahtnjenju F1 hibridnih sort kmetijskih rastlin

Katarina RUDOLF PILIH³⁸, Jernej JAKŠE³⁹, Nataša ŠTAJNER⁴⁰, Jana MUROVEC⁴¹ in Borut BOHANEC⁴²

Izvleček

Žlahtnjenje hibridov temelji na križanju dveh čistih linij, ki se genetsko dopolnjujeta. Za pridobivanje hibridov potrebujemo veliko število linij, ki izhajajo iz heterozigotnega starša. Pridobimo jih s pomočjo samoopraševanja ali z indukcijo podvojenih haploidov. Sledi test na hibridni vigor v dveh korakih, in sicer testiranje splošnih in nato specifičnih kombinacijskih lastnosti. Na ta način določimo par staršev, ki izraža optimalni vigor. S pomočjo navedene metode lahko testiramo omejeno število linij, ker je križanje zahtevno in zamudno. Za pospešitev žlahtniteljskega postopka smo razvili novo metodo, ki omogoča testiranje veliko večjega števila linij v krajšem času. Gre za inovativni pristop, ki je povezan s testiranjem kombinacijskih sposobnosti genetsko različnih čistih linij. Križanje linij je naključno, potomce preverimo v naslednji rastni sezoni in odberemo najboljše hibride na podlagi fenotipa. Glede na to, da so linije homozigotne in predhodno genotipizirane, lahko za izbrane hibride izvedemo test očetovstva. S pomočjo nove metode smo premostili največjo težavo pri žlahtnjenju hibridov, in sicer omejeno testiranje večjega števila linij.

Ključne besede: žlahtnjenje F1 hibrida, test očetovstva, indukcija haploidov, genotipizacija

Application of innovative methods for F1 hybrid breeding of agricultural plants

Abstract

Hybrid varieties are most often based on the crossing of two inbred lines that should genetically complement each other. The most common method for hybrid breeding is based on development of large numbers of inbred lines originated from heterozygous parents by either self pollination or doubled haploid induction. Inbred lines are then tested for hybrid vigor in two steps, by which first »general combining ability« and then »specific combining ability« is tested to identify a pair that expresses optimal characteristics. This standard procedure allows only a very limited number of line to line crosses since it is laborious and long lasting. Here we are proposing a new method that allows much higher number of line to line crosses as previously known. Our invention relates to innovative method of testing combining ability of inbred lines, which is based on genotyping of each genetically diverse inbred line followed by allowing the plants of the donor lines to intercross to obtain F1 hybrid progeny. In the next season progeny is phenotyped on individual basis. For superior individuals parental lines are revealed by paternity testing, which due to homozygosity of lines and previous genotyping allows identifying both parental lines. By this method a much larger number of line to line testing can be achieved thus overcoming major bottleneck in breeding hybrid varieties.

Key words: F1 hybrid breeding, paternity testing, haploid induction, genotypization

1 UVOD

Metode žlahtnjenja rastlin so se v zadnjem stoletju izredno hitro razvijale in izboljševale, kar je pripeljalo do razvoja novih sodobnih sort in s tem povečanja produktivnosti pridelave. Za večino kmetijsko pomembnih rastlin se uporabljajo tehnike žlahtnjenja hibridov. Hibridni

³⁸ Dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: katarina.rudolfpilih@bf.uni-lj.si

³⁹ Prof. dr., isti naslov, e-pošta: jernej.jakse@bf.uni-lj.si

⁴⁰ Prof. dr., isti naslov, e-pošta: natasa.stajner@bf.uni-lj.si

⁴¹ Doc. dr., isti naslov, e-pošta: jana.murovec@bf.uni-lj.si

⁴² Prof. dr., isti naslov, e-pošta: borut.bohanec@bf.uni-lj.si

vigor sta v začetku 20. stoletja opisala G.H. Schull in E.M. East pri koruzi. Hibridi so postali za žlahtniteljska podjetja izredno zanimivi, ker prihaja pri potomcih v F2 generaciji do razcepa lastnosti in s tem do neizenačenosti pridelka, zato morajo pridelovalci vsako leto kupiti novo hibridno seme. Hkrati je selekcijski napredek precej hitrejši, saj je s kombinacijo ugodnih lastnosti iz dveh linij mogoče pridobiti F1 hibrid z zaželenimi lastnostmi mnogo prej kot v čisti liniji. Danes so hibridne sorte na voljo pri številnih vrtninah in poljščinah. Hibridne sorte pridobivamo s pomočjo križanja dveh čistih linij, ki se genetsko dopolnjujeta, kar povzroči heterozni efekt v F1 generaciji. To pomeni, da imajo rastline F1 generacije višji pridelek ali višjo odpornost na abiotске in biotske stresne dejavnike, v primerjavi s starševskimi linijami ali populacijskimi sortami. V povezavi s heterozo je tudi "kombinacijska sposobnost". To je lastnost, ki le pri nekaterih čistih linijah, ki jih medsebojno križamo, povzroči, da je potomec boljši od obeh starševskih linij. V tem primeru govorimo o pozitivni heterozni, lahko pa je tudi negativna, kar pomeni da je potomec slabši od izhodiščnih linij. Proizvodnja hibridov s klasičnimi metodami je zapletena in dolgotrajna. Najprej je potrebna izbira heterozigotne starševske komponente. Sledi pridobivanje čistih linij s pomočjo samoopraševanja ali z indukcijo podvojenih haploidov preko kulture mikrospor ali ovul. Naslednji korak je določanje najboljših kombinacij med čistimi linijami. Za testiranje velikega števila linij je ta korak delovno izredno zahteven in časovno potraten. Žlahtnitelji lahko pridobijo tudi po več tisoč čistih linij, ki jih je potrebno testirati. Največkrat najprej izvedejo test splošnih kombinacijskih lastnosti na način, da vse linije križajo z enako testno rastlino in določijo tiste, katerih potomci imajo najboljše lastnosti. Sledi določanje specifičnih kombinacijskih lastnosti. V tem koraku medsebojno križajo linije z dobrimi splošnimi kombinacijskimi lastnostmi v eno ali v obe smeri (polovično ali kompletno dialelno križanje). Ko določimo potencialne hibridne sorte, pa moramo pridobiti dovolj semena za potrebe trga.

2 INOVATIVNI POSTOPEK ZA PRIDOBIVANJE HIBRIDNIH SORT

Določanje kombinacijskih sposobnosti čistih linij je zahtevno in zamudno, zato smo razvili postopek, ki omogoča hitreje testiranje veliko večjega števila čistih linij. Zakaj je ta postopek boljši od že obstoječih, lahko pojasnimo na primeru: če želi žlahtnitelj določiti specifične kombinacijske lastnosti 100 čistim linijam, mora pri klasični metodi kompletnega dialelnega križanja izvesti 10.000 križanj. Z novo tehniko je potrebnih le 100 opraševanj z mešanico peloda vseh 100 čistih linij. Nova metoda temelji na pridobivanju in vzdrževanju čistih linij, genotipiziranju čistih linij, križanju linij z različnim genotipom, selekciji F1 potomcev z znano materino komponento na osnovi fenotipa in identifikaciji očeta izbranih hibridov.

2.1 Pridobivanje čistih linij

Čiste linije lahko pridobivamo s samoopraševanjem izbrane starševske rastline. Pri tem načinu je potrebno najmanj pet generacij samoopraševanja. Z uporabo metode "speed breeding", kar pomeni hitreje cvetenje in formiranje embrijev, se lahko v enem letu izvede več samoopraševanj. Ta način je opisan pri različnih rastlinah kot so metuljnice (Ochatt et al., 2002), pšenica (Depauw in Clarke, 1976), oves, tritikala (Liu in sod., 2016) in riž (Tanaka in sod., 2016).

Optimalna metoda za pridobivanje čistih linij je indukcija haploidnih rastlin iz heterozigotnega donorja. Metoda temelji na možnosti razvoja embrija iz moške ali ženske haploidne celice. Oploditev pri tem ni potrebna (Murovec in Bohanec, 2012). Haploidnim linijam moramo podvojiti število kromosomov. Podvojitve se lahko zgodi spontano ali s

pomočjo antimitotičkih sredstev kot so kolhicin, trifluralin, AMP in druga. (Maluszynski in sod., 2003; Jakše in sod., 2003 in Wan in sod., 1989).

V našem protokolu prednostno pridobivamo čiste linije s pomočjo indukcije haploidov. To nam omogoča lažje določanje starševstva kot v primeru samoopraševanja, kjer je lahko še vedno prisotna delna heterozigotnost. Linije vzdržujemo s samoopraševanjem ali z mikroporogacijjo.

2.2 Genotipiziranje z molekularnimi markerji

V preteklih letih je bilo razvitih veliko markerskih sistemov pri različnih kmetijsko pomembnih rastlinah. Polimorfizem na ravni DNA določamo s pomočjo molekularnih markerjev kot so polimorfizem dolžin restrikcijskih fragmentov (restriction fragment length polymorphism - RFLP), sekvenčno označeno mesto (angl. sequence-tagged site - STS), polimorfizem dolžin namnoženih fragmentov (angl. Amplified Fragment Length Polymorphisms - AFLPs), enostavne ponovljive sekvence (angl. Simple Sequence Repeats - SSRs) ali mikrosateliti, polimorfizem posameznih nukleotidov (angl. Single Nucleotide Polymorphisms - SNPs) in z direktnim določanjem nukleotidnega zaporedja polimorfne DNA regije. Molekularni markerji lahko razlikujejo med posameznimi linijami ali hibridi zaradi njihove heterogene strukture. Tak pristop je bil uporabljen pri karakterizaciji kultivarjev vinske trte, kjer lahko z osmimi markerji razlikujejo kar med 1500 genotipi (Maul in Topfer, 2015).

Za potrebe našega protokola so uporabni skoraj vsi molekularni markerji, čeprav so kodominantni bolj informativni. Med slednje uvrščamo mikrosatelitne markerje, markerje posameznih nukleotidov ali analizo polimorfnih DNK zaporedij. Danes je možno analizirati DNA zaporedja in odkrivati polimorfizme tudi s pomočjo pristopa NGS (sekvenciranje naslednje generacije; angl. Next Generation Sequencing;), in sicer se največ uporabljata metodi RAD-seq (markerji vezani na restrikcijska mesta; angl. restriction site associated DNA markers) in genotipiziranje s sekvenciranjem (angl. Genotyping-By-Sequencing (GBS)). Z uporabo navedenih markerjev lahko vsaki posamezni rastlini določimo genetski profil. V našem protokolu smo uporabili genotipiziranje z osmimi mikrosatelitnimi markerji, ki smo jih povzeli po Nur Kholilatul in sod. (2014).

2.3 Določitev moške starševske linije

S pomočjo molekularnih markerjev genotipiziramo posamezne rastline in na podlagi rezultatov določimo starše. Za ta namen je razvitih mnogo različnih računalniških programov kot so: PATRI (Signorovitch in Nielsen, 2002), FAMOZ (Gerber in sod., 2003), CERVUS 3.0.7 (Kalinowski in sod., 2007) in PARENTE 1.2 (Cercueil in sod., 2002).

Tian in sod. (2008) so določali očetovstvo pri govedu. S pomočjo devetih različnih polimorfnih mikrosatelitnih markerjev so določili starševstvo 330 genotipom.

Testiranja očetovstva pri žlahtniteljskih shemah rastlin so Lambeth in sod. (2001) prvič predstavili pri boru (*Pinus taeda* L.). Metodo so uporabili tudi pri drugih drevesnih vrstah kot sta *Eucalyptus* sp. (Cupertino et al., 2009) in oljka (Arbeiter et al., 2014) ter za test očetovstva pri določanju tujega peloda (Vidal in sod., 2009). Očetovstvo je težje določiti pri tetraploidnih alogamnih rastlinah. Spielmann in sod. (2015) so razvili program za autotetraploidno lucerno. Riday (2011) in Riday in sod. (2013) pa so test uporabili pri žlahtnjenju lucerne, vendar ne za namen pridobivanja F1 hibridov.

V našem primeru smo za določitev starševstva uporabili prosto dostopen program Cervus 3.0.7 (Kalinowski in sod., 2007).

2.4 Križanje: nabiranje peloda, določanje živosti in oprашevanje

Pelod je možno nabrati na več načinov, odvisno od lastnosti cveta posamezne rastlinske vrste (Shivanna in Rangaswamy, 1992a; Volk, 2011). Pelod pridobljen iz različnih rastlin združimo in nanesemo na brazde pestičev. Predhodno je potrebno določiti njegovo živost. Določimo jo z barvanjem ali s kalitvijo peloda *in vivo* ali *in vitro*. Novejša tehnologija določanja viabilnosti peloda temelji na dielektričnih lastnostih, ki jih izmerimo s pomočjo impedančne citometrije (IFC) (Heidmann in sod., 2016).

Pelod lahko uporabimo takoj ali ga shranimo za daljše časovno obdobje. Lahko ga izsušimo in hranimo pri nizkih temperaturah od -80 °C do +4 °C ali ga krioprezerviramo v tekočem dušiku (Wang in sod., 2015). Shranjevanja peloda omogoča oprашevanje linij, ki ne cvetijo istočasno. Alternativno, lahko izvedemo setev v različnih terminih glede na pričakovano zgodnost cvetenja. Pred oprашevanjem se običajno izvede ročna emaskulacija, ki jo lahko nadomestijo gametocidi, samoinkompatibilnost ali citoplazemska moška sterilnost.

Zbran pelod nanašamo ročno ali s posebnimi pripravami za njegovo razpršitev. Za uspešnejše oprашevanje mešanici peloda dodajajo pšenično ali riževo moko (Acar in Eti, 2016). Tehnike oprășevanja je zelo natančno opisal tudi Ivančič (2002).

Oprășevanje lahko izvedemo z metodo "polikros", pri kateri se rastline oprășijo naključno, s pomočjo vetra ali žuželk. "Polikros" uporabljajo pri selekciji klonov, pri križanju čistih linij za pridobivanje sintetičnih kultivarjev, pri rekurentni selekciji in za določanje splošnih kombinacijskih lastnosti (Acquaah, 2012; Fehr, 1993). Varghese in sod. (2015) so razvili računalniške aplikacije za zasnovo in analizo rezultatov "polikros" metode.

V našem protokolu smo uporabili oprășevalce, zato nabiranje peloda, določanje živosti in ročno oprășevanje ni bilo potrebno.

2.5 Določitev najboljših fenotipov F1 hibridnih rastlin

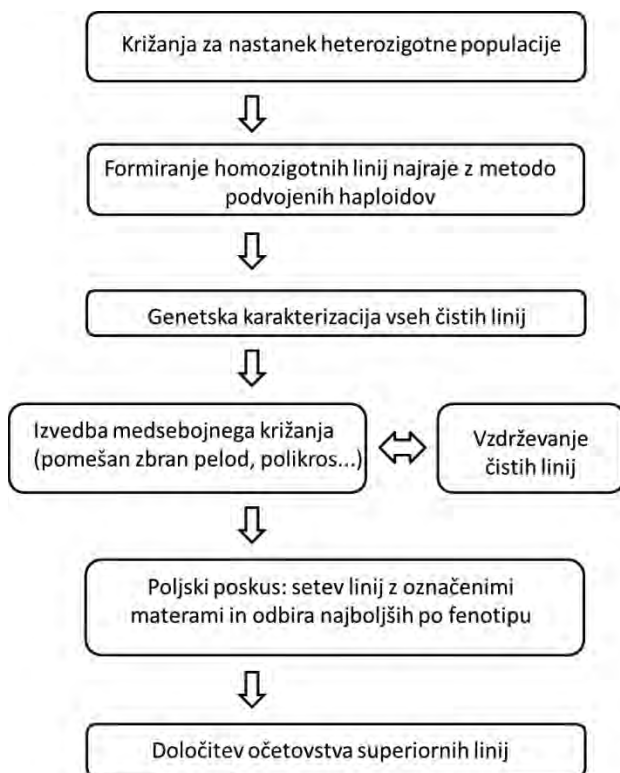
Za pridobivanje eksperimentalnih hibridov naključno križanje z mešanico peloda ali s "polikros" metodo ni primerno, ker ne omogoča določitve moške starševske linije.

V našem protokolu pa smo izvedli naključna križanja ~35 genetsko različnih čistih linij v izolaciji s pomočjo oprășevalcev. Sledil je poljski poskus, odbira fenotipsko najboljših hibridov in določanje očetovske linije s pomočjo molekularnih markerjev. Ker gre za naključno oprășevanje, pričakujemo več enakih potomcev na eni materini rastlini. Istočasno pa materina rastlina predstavlja tudi vir peloda, zato lahko odberemo enake oziroma podobne potomce več kot enkrat. S tem potrdimo izbor najboljših hibridov.

Ocenjevanje poljskih poskusov je časovno zamudno, zato se razvijajo metode za analiziranje slike imenovane rastlinska fenomika (Afonnikov in sod., 2016). Z uporabo različnih programov ocenijo posamezne rastline glede na razvoj, obliko, preskrbo z vodo, itd.. Celoten potek je avtomatiziran, kar omogoča hitro oceno lastnosti fenotipa. Poskus se izvede v kontroliranih pogojih ali na polju (White in sod., 2012). Čeprav ta metoda ni nujno potrebna za analizo najboljših F1 hibridov, lahko z njo optimiziramo naš protokol za določevanje najboljših potomcev.

2.6 Shema protokola

Shema prikazuje optimiziran protokol, ki smo ga uporabili pri žlahtnjenju zelja, in predstavlja uspešen model za potrditev pravilnosti našega postopka.



Slika 1: Postopek za določanje kombinacijskih sposobnosti linij s testiranjem *F1* generacije in določanje očetovstva najboljših potomcev pridobljenih z naključnim križanjem

3 SKLEPI

Namen naših raziskav je razvoj splošno uporabne metode za žlahtnjenje *F1* hibridnih rastlin, ki se razmnožujejo s semenom. Postopek omogoča veliko hitrejše pridobivanje novih hibridnih sort vrtnin in poljščin, ker ročno križanje linij ni več potrebno.

Zahvala. Avtorji se zahvaljujemo Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, ki v okviru Javne službe za področje vrtnarstva financira aplikativno delo pri žlahtnjenju zelja.

4 LITERATURA

Acar, I., Eti, S. 2008. Effect of pistil receptivity, pollen mixtures, and pollen application distances on fruit set of pistachios (*Pistacia vera*), New Zeal J Crop Hort. 36, 4: 295-300
<https://doi.org/10.1080/01140671.2008.9651468>.

- Acquaah, G. 2012. Principles of plant genetics & breeding, 2nd edn (West Sussex, UK: Wiley-Blackwell), pp.740.
- Afonnikov, D.A., Genaev, M.A., Doroshkov, A.V., Komyshev, E.G., and Pshenichnikova, T.A. 2016. Methods of high-throughput plant phenotyping for large-scale breeding and genetic experiments. *Russ J Genet.* 52, 7: 688-701 <https://doi.org/10.1134/s1022795416070024>.
- Arbeiter, B.A., Jaške, J., and Bandelj, D. 2014. Paternity analysis of the olive variety "Istrska Belica" and identification of pollen donors by microsatellite markers. *Sci World J.* 2014, 208590 <http://dx.doi.org/10.1155/2014/208590>.
- Cercueil, A., Bellemain, E., and Manel, S. 2002. PARENTE: computer program for parentage analysis. *J Hered.* 93, 6: 458-459 <https://doi.org/10.1093/jhered/93.6.458>.
- Cupertino, F.B., Leal, J.B., Vidal, P.O., and Gaiotto, F.A. 2009. Parentage testing of hybrid full-sib families of Eucalyptus with microsatellites. *Scand J Forest Res.* 24, 1: 2-7 <https://doi.org/10.1080/02827580802613073>.
- Depauw, R.M., and Clarke, J.M. 1976. Acceleration of generation advancement in spring wheat. *Euphytica* 25, 2: 415-418 <https://doi.org/10.1007/BF00041574>.
- Fehr, W.R. 1993. Principles of cultivar development, Vol. 1 (London, UK: Macmillan Publishing Company) pages ISBN 0-07-020245-8), pp.390.
- Gerber, S., Chabrier, P., and Kremer, A. 2003. FAMOZ: a software for parentage analysis using dominant, codominant and uniparentally inherited markers. *Mol Ecol Notes.* 3: 479-481 <https://doi.org/10.1046/j.1471-8286.2003.00439.x>.
- Heidmann, I., Schade.Kampmann, G., Lambalk, J., Ottiger, M., and Di Berardino, M. 2016. Impedance flow cytometry: A novel technique in pollen analysis. *PLoS One.* 11, 11: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165531>.
- Ivančič, A. 2002. Hibridizacija pomembnejših rastlinskih vrst; Hybridizations of important plant species (Maribor, Slovenia: Fakulteta za kmetijstvo), pp.776.
- Jakše, M., Havey, M.J., and Bohanec, B. 2003. Chromosome doubling procedures of onion (*Allium cepa* L.) gynogenic embryos. *Plant Cell Rep.* 21, 9: 905-910 <https://doi.org/10.1007/s00299-003-0595-8>.
- Kalinowski, S.T., Taper, M.L., and Marshall, T.C. 2007. Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment. *Mol Ecol.* 16, 5: 1099-1106 <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2007.03089.x>.
- Lambeth, C., Lee, B.-C., O'Malley, D., and Wheeler, N. 2001. Polymix breeding with parental analysis of progeny: An alternative to full-sib breeding and testing. *Theor Appl Genet.* 103, 6-7: 930-943 <https://doi.org/10.1007/s001220100>.
- Liu, H., Zwer, P., Wang, H., Liu, C., Lu, Z., Wang, Y., and Yan, G. 2016. Fast generation cycling system for oat and triticale breeding. *Plant Breeding.* 135, 5: 574-579 <https://doi.org/10.1111/pbr.12408>.
- Maluszynski, M., Kasha, K., Forster, B.P., and Szarejko, I., eds. 2003. Doubled haploid production in crop plants: A manual (New York, USA: Kluwer Acad. Publishers), pp.428.
- Maul, E., and Töpfer, R. 2015. Vitis International Variety Catalogue (VIVC): A cultivar database referenced by genetic profiles and morphology. *BIO Web of Conferences* 5 (38th World Congress of Vine and Wine (Part 1)), pp.01009 <https://doi.org/10.1051/bioconf/20150501009>.
- Murovec, J., and Bohanec, B. 2012. Haploids and doubled haploids in plant breeding. In *Plant breeding*, I. Y. Abdurakhmonov, eds. (Rijeka: InTech), p.87-106.
- Nur Kholilatu, I., Jonghoon, L., Murukarthick, J., Sampath, P., Mina, J., Beom-Seok, P., Kyounggu, A., tae-Jin, Y. 2014. Transcriptome sequencing of two parental lines of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) and construction of an EST-based genetic map. *BMC Genomics* 15: 149 <https://doi.org/10.1186/1471-2164-15-149>
- Ochatt, S.J., Sangwan, R.S., Marget, P., Ndong, Y.A., Rancillac, M., and Perney, P. 2002. New approaches towards the shortening of generation cycles for faster breeding of protein legumes. *Plant Breeding.* 121, 5: 436-440 <https://doi.org/10.1046/j.1439-0523.2002.746803.x>.
- Riday, H. 2011. Paternity testing: A non-linkage based marker-assisted selection scheme for outbred forage species. *Crop Sci.* 51, 2: 631-641 <https://doi.org/10.2135/cropsci2010.07.0390>.

- Riday, H., Johnson, D.W., Heyduk, K., Raasch, J.A., Darling, M.E., and Sandman, J.M. 2013. Paternity testing in an autotetraploid alfalfa breeding polycross. *Euphytica* 194, 3: 335-349 <https://doi.org/10.1007/s10681-013-0938-7>.
- Shivanna, K.R., and Rangaswamy, N.S. 1992a. Pollen Biology. A Laboratory Manual. Pollen Collection (Berlin, Germany: Springer Verlag), pp.5-7.
- Signorovitch, J., and Nielsen, R. 2002. PATRI-paternity inference using genetic data. *Bioinformatics* 18, 2: 341-342 <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/18.2.341>.
- Spielmann, A., Harris, S.A., Boshier, D.H., and Vinson, C.C. 2015. Paternity program for autotetraploid species. *Mol Ecol Resour.* 15 (4), 915–920 <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12370>.
- Tanaka, J., Hayashi, T., and Iwata, H. 2016. A practical, rapid generation-advancement system for rice breeding using simplified biotron breeding system. *Breed Sci.* 66, 4: 542-551 <https://doi.org/10.1270/jsbbs.15038>.
- Tian, F., Sun, D., and Zhang, Y. 2007. Establishment of paternity testing system using microsatellite markers in Chinese Holstein. *J Genet Genomics.* 35, 5: 279–284 [https://doi.org/10.1016/S1673-8527\(08\)60040-5](https://doi.org/10.1016/S1673-8527(08)60040-5).
- Varghese, C., Varghese, E., Jaggi, S., and Bhowmik, A. 2015. Experimental designs for open pollination in polycross trials. *J Appl Stat.* 42, 11: 2478-2484 <https://doi.org/10.1080/02664763.2015.1043860>.
- Vidal, M., Plomion, C., Harvengt, L., Raffin, A., Boury, C., and Bouffier, L. 2015. Paternity recovery in two maritime pine polycross mating designs and consequences for breeding. *Tree Gene Genomes.* Volume: 11, 5: 105 <https://doi.org/10.1007/s1129>.
- Volk, M.G. 2011. Collecting pollen for genetic resources conservation. In *Collecting plant genetic diversity: Technical guidelines – 2011 update*, L., Guarino, V., Ramanatha Rao, E., Goldberg, eds. (Wallingford, Oxon, UK: CAB International), pp.527-550.
- Wan, Y., Petolino, J.F., and Widholm, J.M. 1989. Efficient production of doubled haploid plants through colchicine treatment of anther-derived maize callus. *Theor Appl Genet.* 77, 6: 889-892 <https://doi.org/10.1007/BF00268344>.
- Wang, L., Wu, J., Chen, J., Fu, D., Zhang, C., Cai, C., and Ou, L. 2015. A simple pollen collection, dehydration, and long-term storage method for litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) *Sci Hort.* 188: 78-83 <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.021>.
- White, J.W., Andrade-Sanchez, P., Gore, M.A., Bronson, K.F., Coffelt, T.A., Conley, M.M., Feldmann, K.A., French, A.N., Heun, J.T., Hunsaker, D.J., et al. 2012. Field-based phenomics for plant genetics research. *Field Crops Res.* 133: 101–11 <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.04.003>.

Delo vzdrževalne selekcije in nove sorte Semenarne Ljubljana, vpisane na sortno listo v zadnjih 10 letih

Primož TITAN⁴³ in Darko VERNIK⁴⁴

Izvleček

V prispevku je opisano delo pridobivanja novih sort in vzdrževalne selekcije v Selekcijsko poskusnem centru na Ptuj. V zadnjih desetih letih so v Semenarni Ljubljana na Slovensko sortno listo vpisali 5 sort poljščin in 14 sort vrtnin. Osnova novih sort so predvsem avtohtoni genski viri iz slovenskih polj in vrtov. Usmeritev selekcije in izbor novosti je temeljil predvsem na uporabni in tudi tržni vrednosti odbranih populacij. Z novimi sortami želimo slediti trendom povpraševanja po okolju prijazni pridelavi hrane in pridobiti mlade pridelovalce, ki bodo v njih prepoznali prednosti in priložnosti na prenasicičenem trgu cenenih živil. Namen novih sort ni samo popestriti izbor kmetijskih rastlin na slovenskih vrtovih in poljih, ampak vpeljati novosti, ki bodo zanimive tudi za trženje. Večina novo vpisanih sort odlikujejo prednosti, ki bi jih kot pridelke lahko postavili na prodajne police. Ob ustreznem marketingu, s poudarkom na poreklu in tehnologiji pridelave, pa bi pridelovalci z njimi dosegali primerno višje prodajne cene in s tem večjo ekonomičnost pridelave.

Ključne besede: vzdrževalna selekcija, nove sorte, avtohtoni genski viri

Maintaining selection work and new varieties registered by Semenarna Ljubljana, on the variety list in the last 10 years

Abstract

The article described the maintaining selection and breeding work at Selection testing centre Ptuj. The results of this work from the last ten years are 5 field crop and 14 vegetable varieties which were registered on the Slovenian variety list by Semenarna Ljubljana. The basis for the selection and breeding work are landrace populations which are collected from Slovenian fields and gardens. The selection direction and the choice of novelties were primarily based on the usability and market value of new varieties. With new varieties we want to follow the trends in demand for environmentally-friendly food production and attract young growers, who will recognize the benefits and opportunities in the saturated market which is more and more driven by low price food. The purpose of the new varieties is not only to spread the selection of agricultural plants in Slovenian gardens and fields, but also to introduce new products that will be interesting for commercialization. Most of the varieties represented in this article are distinguished by certain advantages that they could place them on the sales shelves. With appropriate marketing emphasis on origin and production technology, the producers would achieve significant higher sales prices using presented varieties and thereby increasing the economy in production.

Key words: maintaining selection, new varieties, landrace populations

1 UVOD

Začetek dela vzdrževalne selekcije in pridelava semena v podjetju Semenarna sega v sredino prejšnjega stoletja. Prvi zapisi o organizirani pridelavi osnovnega semena so bili napisani v Semenogojških posestvih v Radljah in Staršah. Po ukinitvi teh posestev so dejavnost leta 1968 prenesli na Ptuj. Kljub težkim pogojem ob skromni opreми in najetih površinah so uspeli ohraniti večino pomembnega genskega materiala, ki je služil kot osnova za delo žlahtnjenja in pridobivanja novih sort, predvsem vrtnin. Za mnoge od teh sort še danes opravljamo

⁴³ Dr., RGA d.o.o., Krog, Brodarska ulica 27, 9000 Murska Sobota, e-pošta:primoz.titan@rga.si

⁴⁴ Univ. dipl. inž. agr.,Semenarna Ljubljana d.o.o., Kolodvorska 9, 1000 Ljubljana, e-pošta: darko.vernik@semenarna.si

vzdrževalno selekcijo, saj so še vedno aktualne predvsem za pridelavo zelenjave na domačih vrtovih.

Zaradi dolgoročne strategije se je podjetje odločilo vlagati v žlahtnjenje in selekcijo. V letu 1982 so začeli z odkupovanjem zemljišč na področju Ptuja, nakar so združili 43 hektarjev površin za namen semenske pridelave. V letu 1988 je bilo na Ptuj ob reki Dravi postavljeno gospodarsko poslopje z ustrezno opremo za pridelavo semena. Na tej lokaciji še danes obratuje Seleksijsko poskusni center (SPC) Semenarne Ljubljana.

Vloga in pomen SPC Ptuj je vzdrževalna selekcija, pridobivanje novih sort in setev raznih poskusov za potrebe matičnega podjetja. Trenutno opravljamo vzdrževalno selekcijo pri 27 različnih rastlinskih vrstah in 82 različnih sortah vrtnin in poljščin. Izvor večine teh sort so slovenska polja in vrtovi zato jih poznamo kot avtohtone slovenske sorte. Nekatere smo posvojili od sosednjih držav in so že desetletja del naših navad in kulinarike, imenujemo jih tradicionalne sorte. S skupnim imenom jih imenujemo lokalne sorte.

Vse od postavitve SPC Ptuj je bila ena pomembnejših aktivnosti delo pri pridobivanju novih sort. Večji poudarek je bil vedno na vrtninah, saj so se z žlahtnjenjem poljščin ukvarjale druge strokovne inštitucije in velika podjetja, ki so v žlahtnjenje novih sort vlagale veliko denarja zaradi bistveno večje porabe semena in posledično tudi boljše ekonomike pri prodaji semena. Osnovni pogoj, da novo sorto lahko tržimo v Evropski uniji je, da jo moramo vpisati v eno od nacionalnih sortnih list (v Sloveniji npr. v Slovensko sortno listo), na podlagi tega pa je sorta vpisana tudi v evropsko sortno listo (Skupni katalog sort Evropske unije). Za vpis v sortno listo mora sorta izpolnjevati določene pogoje. Eden glavnih pogojev je, da sorta opravi preskušanje RIN (razločljivost, izenačenost, nespremenljivost). Preskušanje RIN običajno traja 2 leti, kjer ugotovijo ali je sorta različna od že poznanih sort ali je dovolj izenačena in ali je nespremenljiva (pomeni, da se lastnosti prenašajo na potomstvo). Hkrati sledi izbira imena, urejanje ustrezne dokumentacije in plačilo stroškov ter zakonskih pristojbin. Pri novih sortah poljščin je pogoj za vpis sorte v sortno listo še uspešno opravljeno določanje vrednosti za pridelavo in uporabo -VPU. Sledi vpis nove sorte in njenega vzdrževalca v nacionalno sortno listo in hkrati tudi v Skupni katalog sort EU. Seme sorte vpisane v evropski sortni listi se lahko neomejeno trži v krogu držav Evropske unije.

Postopek žlahtnjenja in selekcije traja od 5 do 15 in več let. Iz običajno bolj ali manj različno pestre populacije rastlin ali križancev je potrebno dobiti izenačeno populacijo z željenimi lastnostmi, ki bo zadostila zahtevam RIN testiranja. V obdobju zadnjih nekaj let je omogočen vpis še tako imenovanih ohranjevalnih in vrtičarskih sort, kjer so pogoji vpisa nekoliko milejši in cenejši, imajo pa te sorte določene omejitve pri pridelavi in trženju semena. Seme ohranjevalnih sort se lahko prideluje in trži le v regiji porekla na omejeno velikih površinah. Seme vrtičarskih sort se sme tržiti samo v majhnih pakiranjih, ki ne presegajo neto mase, ki je za posamezno vrsto zakonsko določena.

2 NOVE SORTE ZADNJIH 10 LET

Delo žlahtnjenja in vzgoje novih sort smo v Semenarni Ljubljana razdelili na področji poljščin in vrtnin. Pri vseh potrebnih opravilih oskrbe rastlin in tudi selekcije so z vsemi svojimi dolgoletnimi izkušnjami in znanjem sodelovali sodelavci iz SPC Ptuj. Od leta 2009 do 2018 smo na sortno listo vpisali 5 novih sort poljščin in 14 novih sort vrtnin. Pri poljščinah so vpisane sorte alternativnih rastlin kot sta proso in pira, pri vrtninah pa stročnice, solatnice, čebulnice in plodovke.

Preglednica 1: Nove sorte, vpisane v zadnjih 10 letih

	Rastlinska vrsta	Sorta	Leto vpisa
POLJŠČINE			
1	Pira	'Murska bela'	2016
2	Pira	'Murska dolgoklasa'	2016
3	Koruza	'Rumeni osmak'	2016
4	Proso	'Drava'	2018
5	Proso	'Mura'	2018
VRTNINE			
1	Visoki fižol	'Kiro'	2010
2	Visoki fižol	'Barianec'	2015
3	Visoki fižol	'Nežika'	2018
4	Nizki fižol	'Ribnčan'	2018
6	Paprika	'Magdalena'	2010
7	Paprika	'Jerneja'	2014
8	Feferon	'Eta'	2018
9	Bob	'Matko'	2017
10	Okroglozrnati grah	'Vitičar'	2018
11	Solata	'Mima'	2018
12	Česen	'Haloški'	2018
13	Česen	'Primorski'	2018
14	Zelje	'Nanoško'	2018

Večina sort je bila vpisanih v zadnjih 3 letih. V Semenarni Ljubljana se trudimo slediti trendom povpraševanja. V porastu je povpraševanje po lokalnih sortah, po domači pridelavi hrane z znanim poreklom in po zdravi zelenjavi, ki je pridelana na okolju čim bolj prijazen način. Vrtnarjenje želimo približati mladim, ki pa zahtevajo žive barve, nove okuse, nova imena, obenem pa vse skupaj povezano s tradicijo in domačim poreklom.

Nove sorte vrtnin z avtohtonim poreklom so v prvi vrsti namenjene pridelavi na domačih vrtovih, kjer bodo ob primerni oskrbi dale zadovoljive pridelke za domače potrebe. Večina le teh je primerna tudi za tržno pridelavo, saj ob optimalni oskrbi bistveno ne zaostajajo za standardnimi sortami, ki jih pridelujejo izključno za tržne namene na večjih površinah. Nove sorte so bogatejšega okusa, z več suhe snovi in so primerne za trg kot sveža hrana ali za predelavo. Ob ustrezni propagandi in delu marketinga bi s temi sortami lahko dosegali nekoliko višje cene na trgu in s tem pokrili razliko nekoliko manjšega pridelka na površino. Vzoren primer, kako prodreti z novimi sortami, je primer že skoraj stoletje znana sorta čebule 'Ptujška rdeča', ki jo je skupina pridelovalcev na Dravskem polju zaščitila z geografskim poreklom in imenom Ptujski luk. Čebulo so predstavili s vsemi njenimi odlikami, določili tehnologijo pridelave in spakirali v prepoznavno atraktivno embalažo. Verjetno so redki Slovenci, ki še ne bi vsaj slišali za Ptujski luk, večina pa ga je tudi poskusila. »Vir dobrega« je rek, ki spremlja okronano sliko čebule na oglasnih tablah, avtomobilih in drugih reklamnih rekvizitih.

Kratek opis nekaterih novih sort:

Fižol 'Barianec':

Visok fižol, je bujne rasti, tolerantan na bolezni; srednje zgoden; zelo roden; rastlina v mesecu juliju nastavi veliko število sprva svetlo zelenih, potem rumenih, ploščatih strokov, ki niso nikoli nitasti. Pobiramo rumene stroke, ki merijo v dolžino 20-25 cm, širine 2-2,5 cm. Stroki se hitro in enakomerno kuhajo, so odličnega okusa. Sorta je primerna za pridelavo na vrtu in trženje. Stroke uporabimo kot sveže ali za zamrzovanje. V fazi zorenja se zrno iz vijolične obarva v črno.

Fižol 'Kiro':

Visok fižol, je srednje bujne rasti, srednje zgoden. Rastlina v poletnem času nastavi večje število zelenih ploščatih strokov z belimi zrnji. Pri tej sorti uporabljamo izključno zrna, kot surova ali kot suha. Zrna so bele barve, srednje velika in sploščena. Suh fižol se po predhodnem namakanju zelo hitro skuha in je primeren za pasulj ali podobne fižolove jedi.

Fižol 'Ribnčan':

Sorta nizkega fižola, je bujne rasti, tolerantan na bolezni, zelo roden, nekoliko zgodnejši. Uporabna so surova ali suha zrna, ki so rdeče barve s svetlimi pegami, nekoliko podolgovata, srednje velikosti. Sorta je zelo rodna, enakomerno zori zato bi bila primerna tudi za strojno pobiranje. Zrna se enakomerno in zelo hitro kuhajo in so odličnega okusa.

Feferon 'Eta':

Sorta sladkih feferonov, rastlina je srednje bujna in tolerantna na bolezni. Nastavlja veliko število ozkih zelo dolgih plodov cca. 25 cm. Plodovi so sprva svetlo zelene barve, potem prehajajo v rumeno, oranžno in končno svetlo rdečo barvo. Plodove pobiramo postopoma po potrebi v vseh barvah, rumene, oranžne in rdeče. Uporabni so kot sveži in za vlaganje v kis. Atraktivni so predvsem zaradi rodnosti, pisanih živih barv in dolžine plodov. Primerni so za pridelavo na domačih vrtovih in na poljih za trženje.

Paprika 'Magdalena':

Sorta paprike v obliki roga, namenjena je za svežo porabo, predelavo v ajvar, pečenje in vlaganje v kis. Primerna je za vzgojo na prostem in v nizkih tunelih. Rastlina nastavi 6 do 10 srednje velikih do velikih plodov (180-250 g), ki so sprva temno zeleni, potem pa v tehnološki zrelosti preidejo v atraktivno temno rdečo barvo. Plodovi so mesnati saj debelina perikarpa znaša 6-8 mm. Po analizah predelovalne industrije ima sorta veliko suhe snovi in sladkorjev in je zato odlična za predelavo v ajvar. Plodovi zorijo od 10 do 15 dni pred sorto 'Kurtovska kapija'. Sorta je primerna predvsem za tržno pridelavo na poljih, kot tudi za domače vrtove.

Paprika 'Jerneja':

Sorta je primerna za vzgojo v nizkih tunelih in na prostem. Rastlina te sorte je dokaj bujna in zdrava. Plodove nastavlja daljše obdobje, zato jih pobiramo od julija naprej, dokler rastlina ne propade zaradi jesenske slane ali pogoste jutranje megle. Rastlina je bujne rasti in zelo zdrava. Plodovi so rumeni z rahlim odtenkom svetlo zelene barve. So trikotne oblike in srednje velikosti (100-180 g). Na eni rastlini pobereemo 1,5 do 2,0 kg plodov. Plodovi so uporabni kot sveži, za vlaganje v kis, pečenje in za polnjeno papriko. Sorta je zaradi svoje trpežnosti na polju primerna za tržno pridelavo in domače vrtove.

Solata 'Mima':

Je ne prezimna solata, ki v tehnološki zrelosti tvori rozeto in ne zvija glave. Za vzgojo sadik jo sejemo zgodaj spomladi, lahko v več terminih. Primerna je za vzgojo spomladi do poletnih vročin, ki jo silijo v formiranje cvetnega stebela. Avgusta jo sejemo za jesensko uporabo. Listi so mehurjasti, živo zelene barve. Uporabna je predvsem kot sveža. Solata je odličnega okusa in je primerna predvsem za vzgojo na vrtovih.

Česen 'Haloški':

Kot pove ime, sorta prihaja iz področja Haloz, tvori srednje velike čebulice z manjšim številom strokov (6-8), ki so dokaj enakomerno razporejeni okoli cvetnega stebela. Med vegetacijo, ob pojavu cvetnega stebela in cvetnega nastavka, le tega čim prej odstranimo, saj močno vpliva na velikost čebulice v tleh. Posušena čebulica je pokrita z umazano belimi luski, stroki so nekoliko večji in pokriti z luski rjave barve. Okus je izrazito aromatičen in oster. Sorto sadimo v jeseni – oktobra in pobiramo šele proti koncu julija naslednje leto. 'Haloški' je pozna sorta česna, ki se dobro skladišči in je uporabna do pozne pomladi. Sorta je primerna za setev na vrtovih, kakor tudi za tržno pridelavo na poljih.

Cilj pridelave novih sort so njihovi kvalitetni in okusni plodovi. Da bi ocenili vrednost pridelave, Semenarna vključuje svoje sorte vrtnin v sortne poskuse. Kmetijski inštitut Slovenije že leta opravlja sortne poskuse z vrtninami na različnih lokacijah v Sloveniji, kjer ocenjujejo tržno vrednost in ugotavljajo pridelke na enoto pridelovalne površine. Poleg dobro poznanih starejših sort iz vzdrževalne selekcije imamo že nekaj rezultatov novejših sort. V naslednjih letih načrtujemo vključevanje najnovejših sort v sortne poskuse, saj na ta način najbolj realno vidimo rezultate našega dela in uporabno vrednost novih sort. V preglednici 2 je navedeno nekaj podatkov o tržnih pridelkih novih in starejših sort.

Preglednica 2: Rezultati sortnih poskusov Kmetijskega inštituta Slovenije

Rastlinska vrsta	Sorta	Leto setve	Lokacija Ptuj Tržni pridelek v t/ha	Lokacija Jable Tržni pridelek v t/ha
Visoki fižol	'Barianec'	2016	39,37	44,40
		2017	51,66	21,88
Solata	'Mima'	2017 1.termin setve		29,91
		2.termin setve		34,74
		3.termin setve		40,67
Belo zelje	'Varaždinsko 2'	2017 2.rok	71,95	
		2017 3.rok	69,55	
Čebula	'Ptujška rdeča'	2013	23,46	
		2014	54,65	
		2017		29,84

3 DELO V PRIHODNJE

Delo selekcije in žlahtnjenja ni nikoli končano. Uspehi, ko izboljšamo določene lastnosti sorte ali ko s pomočjo križanja in selekcije pridobimo novo sorto, nas ženejo naprej v nova raziskovanja. Tako imamo v postopku priznavanja nove sorte kmetijskih rastlin, ki bodo

predvidoma vpisane na sortno listo v naslednjih dveh ali treh letih. V postopku žlahtnjenja in selekcije pa številne populacije, ki so morebitne potencialne nove sorte v naslednjem desetletju. Poudarek pri žlahtnjenju in pridobivanju novih sort vrtnin je predvsem na solatnicah, čebulnicah in stročnicah, pri poljščinah pa pri alternativnih rastlinah.

Vodilo pridobivanja novih sort je tržna pridelava zdrave hrane, ki bo zadovoljila predvsem zahtevnejše potrošnike. Pridelava hrane, predvsem vrtnin, se srečuje z vedno večjimi izzivi. Vsako leto prinaša nove zakonske omejitve predvsem pri uporabi zaščitnih sredstev proti boleznim, škodljivcem in plevelom. Na drugi strani se vedno znova srečujemo z novimi škodljivci, boleznimi in pleveli. Ažurno je potrebno prilagajati tehnologijo pridelave, obenem pa tudi izbor rastlinskih vrst in sort, ki bodo uspevale v danih pogojih in jih bo trg sprejel. Največji izziv predstavlja prepolno tržišče velikokrat vprašljive, na pogled brezhibne, zelenjave po nizkih cenah, ki prihaja na naše police iz celega sveta. Kupec največkrat izbira in kupuje z očmi, zato je še kako pomemben izgled plodov in prepoznavna embalaža, ki na daleč opozarja nase in izpostavlja prednosti domačih sort in poreklo pridelave.

Ustvariti novo sorto, je nagrada za uspešno delo žlahtnitelja, ki običajno traja vrsto let. Vrednost nove sorte pa pokaže tržišče in potrošniki, ki potem po sorti bolj ali manj povprašujejo, posegajo po semenu in pridelkih.

4 LITERATURA

- Sušek, D. 1996. Žlahtnjenje vrtnin v Semenarni Ljubljana. Zbornik Strokovno posvetovanje Žlahtnjenje rastlin in semenarstvo v Sloveniji: 36-41.
- Bošnjak, T., Pečnik, M., Rakovec, H. 2018. Sortna lista poljščin, zelenjadnic, sadnih rastlin in trte za leto 2018: 11-20.
- Zelenjadnice. Dostopno na: <http://www.kis.si/Zelenjadnice> (januar 2019).

Uvajanje DNA markerjev v proces žlahtnjenja navadnega fižola (*Phaseolus vulgaris* L.)

Barbara PIPAN⁴⁵ in Vladimir MEGLIČ⁴⁶

Izvleček

Uvajanje DNA markerjev v proces žlahtnjenja navadnega fižola (*angl.* Marker Assisted Selection-MAS) predstavlja učinkovito orodje, ki dopolnjuje klasično selekcijo z namenom identifikacije genetsko in fenotipsko najbolj ustreznih križancev. V letih 2017 in 2018 smo na podlagi dela rezultatov aplikativnega projekta z naslovom »Uporabna vrednost genskih virov navadnega fižola za trajnostno izboljšanje pridelkov in zdravo hrano« (L4-7520) pripravili končni panel 22-ih funkcionalnih DNA markerjev, ki vključujejo tri različne tipe molekulskih markerjev, kateri so povezani z 9-imi agronomsko in žlahtniteljsko pomembnimi lastnostmi. Preliminarna genetska analiza 20-ih genotipov je pokazala, da so si na podlagi rezultatov lastnostno vezanih DNA markerjev genotipi izvorno sorodni in hkrati genetsko raznoliki (4 genetske skupine, pričakovana stopnja heterozigotnosti je bila 0,678). Rutinsko bo izvedba MAS v kombinaciji s fenotipsko selekcijo omogočala učinkovito identifikacijo elitnih križancev pri vzgoji novih sort v postopku žlahtnjenja fižola.

Ključne besede: navaden fižol, funkcionalni DNA markerji, selekcija, žlahtnjenje

Introduction of DNA markers in the process of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) breeding

Abstract

The introduction of marker assisted selection (MAS) into the common bean breeding process represents an effective tool which complements the classic selection by aiming identification of the genetically and phenotypically most promising hybrids. In the years 2017 and 2018, based on the results of the applicative project entitled "Utilization of common bean genetic resources for sustainable crop improvement and healthy food" (L4-7520), we have established a final panel of 22 functional DNA markers including three different types of molecular markers, associated with 9 agronomically important traits and breeding attributes. Preliminary genetic analysis of 20 genotypes showed their common origin but with a high level of genetic diversity detected within genotypes (based on 4 genetic groups, the expected heterozygosity is 0.678). Routine performance of MAS in combination with phenotypic selection will enable efficient identification of the elite hybrids to develop new varieties in the common bean breeding process.

Key words: common bean, functional DNA markers, selection, breeding

1 UVOD

Navadni fižol (*Phaseolus vulgaris* L.) je zaradi svoje prehranske vrednosti in zdravilnih učinkovin najpomembnejša stročnica v prehrani ljudi. Predstavlja bogat vir vlaknin, ogljikovih hidratov in beljakovin, vsebuje številne vitamine in minerale, antioksidante ter ima zelo nizko vsebnost maščob. Vsebuje pa tudi nekatere antinutricionistične elemente (npr. fitati in fenoli), zato mora biti pred zaužitjem ustrezno pripravljen (Maras, 2015). Fižol s simbiotsko fiksacijo dušika obogati tla z dušikom. Fižol je avtogamna in diploidna rastlinska vrsta s številom kromosomov $2n = 22$ (Ivančič, 2002).

Pridelovanje fižola ima v Sloveniji večstoletno tradicijo in je med zelenjadnicami najbolj pridelovana rastlinska vrsta. V preteklosti je žlahtnjenje na Kmetijskem inštitutu Slovenije

⁴⁵ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: barbara.pipan@kis.si;

⁴⁶ Izr. prof. dr., isti naslov, e-pošta: vladimir.meglic@kis.si

(KIS) potekalo z individualno odbiro iz avtohtonih populacij oziroma usmerjeno odbiro zelenih genotipov pri populacijskem žlahtnjenju. V letu 2016 smo prvič uspešno začeli izvajati tudi ročna križanja visokega fižola ter bolj intenzivno in v večjem obsegu nadaljevali z ročnim križanjem nizkega fižola. Vnos genov za različne lastnosti poteka s križanji izbranih sort/akcesij in nadaljnjo selekcijo. Selekcijo izvajamo na osnovi opazovanj in vrednotenja v rastni dobi (rast in razvoj rastlin, odpornost proti povzročiteljem bolezni in škodljivcem ter toleranca na abiotični stres) in v tehnološki zrelosti (morfološke lastnosti stroka in semena, razporeditev in število strokov na rastlino, količina in kakovost pridelka itd.). Pri žlahtnjenju visokega fižola (*Phaseolus vulgaris* L. subsp. *vulgaris* var. *vulgaris*) želimo vzgojiti nove sorte tipa »maslenec«, ki pa naj bi bile zgodnejše (cvetenje preden nastopijo visoke julijske temperature, ki povzročijo odpadanje cvetov), odporne proti boleznim, predvsem virusnim okužbam in fižolovemu ožigu, z dolgimi in ploščatimi stroki, rumene barve in brez niti. Pri nizkem fižolu (*Phaseolus vulgaris* L. subsp. *vulgaris* var. *nanus* Asch.) načrtujemo požlahtnitev novih sort fižola, ki bodo imele visok in kakovosten pridelek, bodo odporne na bolezni, prilagojene na spremenjene podnebne razmere in bodo sledile potrebam slovenskega trga in potrebam pridelovalcev. Žlahtnjenje fižola na KIS od leta 2014 poteka s podporo Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, okviru strokovne naloge (MKGP) »Žlahtnjenje kmetijskih rastlin« (do leta 2017) oziroma Javne službe »Vrtnarstvo« (od leta 2018).

V letu 2018 smo v program žlahtnjenja fižola uvedli selekcijo z uporabo DNA markerjev (*angl.* Marker-Assisted Selection – MAS) s pomočjo katerih bomo lahko v kombinaciji z ustrezno fenotipsko izraženimi lastnostmi, učinkovito identificirali najbolj perspektivne križance nizkega in visokega fižola. DNA markerji so že desetletja najbolj uporabni molekularni markerji za vrednotenje rastlin, saj so številčni in imajo veliko polimorfizmov. Različni tipi DNA markerjev so eno izmed učinkovitih orodij, ki smo jih tudi v našem laboratoriju že uporabili za vrednotenje genetske raznolikosti in populacijske strukture različnih rastlinskih vrst (Maras in sod., 2015; Pipan in sod., 2013, 2016, 2017a, b; Rusjan in sod., 2012, 2015; Sinkovič in sod., 2017; Meglič in Pipan, 2018). Z njihovo pomočjo je mogoče oblikovati tudi številne molekularne genske karte v različnih populacijah navadnega fižola in na njih označiti gene in kvantitativne lokuse (QTL) s širokim naborom lastnosti (Tryphone in sod., 2013). Ekonomsko pomembne lastnosti večinoma regulira večje število genov. Molekularni markerji so učinkovito orodje za analizo genske kontrole kompleksnih lastnosti, ki se v večini dedujejo poligeno ali z aditivnimi učinki. Za namene MAS smo v okviru aplikativnega raziskovalnega projekta z naslovom »Uporabna vrednost genskih virov navadnega fižola za trajnostno izboljšanje pridelkov in zdravo hrano« (sofinanciran s strani Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Agencije za raziskovalno dejavnost RS, L4-7520, v nadaljevanju projekt) identificirali različne tipe funkcionalnih DNA markerjev, ki so povezani z dedovanjem agronomsko pomembnih lastnosti fižola in na podlagi katerih bomo lahko identificirali genotipe, ki so nosilci teh preučevanih lastnosti v skladu s cilji žlahtnjenja fižola.

Osnovni namen prispevka je predstaviti panel lastnostno vezanih DNA markerjev za MAS, ki bo dolgoročno predstavljal učinkovito orodje, saj dopolnjuje klasično selekcijo za identifikacijo genetsko in fenotipsko najbolj ustreznega žlahtniteljskega materiala (križancev). Prvi del študije zajema identifikacijo funkcionalnih DNA markerjev, drugi del podaja rezultate o preliminarnem preverjanju izbranega seta DNA markerjev na žlahtniteljskem materialu, tretji del pa predstavlja seznam le tistih funkcionalnih DNA markerjev, ki učinkovito pripomorejo k izvedbi MAS na žlahtniteljskem materialu nizkega in visokega fižola.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Identifikacija funkcionalnih DNA markerjev

V okviru projekta smo na osnovi obsežnega pregleda literature izbrali različne tipe funkcionalnih DNA markerjev, ki so povezani z dedovanjem agronomsko pomembnih lastnosti fižola in na podlagi katerih bomo lahko identificirali genotipe, ki so nosilci teh preučevanih lastnosti. V projektu želimo identificirati genotipe, ki v svoji dednini vključujejo (multiple) alele, lokuse in gene, ki so povezani z/s:

- vsebnostjo Fe, P, Zn, (prehranskih vlaknin) in taninov v semenu,
- toleranco/odpornostjo na sušni stres (visoke temperature, pomanjkanje vode),
- toleranco/odpornostjo na virus (nekroze) navadnega mozaika fižola (BCMNV in BCMV),
- toleranco/odpornostjo na fižolov ožig,
- morfologijo korenin,
- splošno raznolikostjo v dednini fižola.

Za omenjene lastnosti smo v najnovejši literaturi poiskali različne tipe DNA markerjev, ki se na podlagi podatkov iz genskih kart nahajajo v bližini genomskih regij, ki so vključene v izražanje posamezne lastnosti. S pomočjo teh referenc smo v genomskih podatkovnih bazah (NCBI, Phytozome v12.1) in ostalih objavah poiskali podatke o sekvencah posameznih markerjev, katere smo v nadaljevanju aplicirali na žlahtniteljskem materialu kot funkcionalne DNA markerje (metodika v točki 2.2 ter rezultati v točkah 3.1 in 3.2).

2.2 Preliminarno preverjanje izbranega seta DNA markerjev

Preliminarno preverjanje izbranega seta DNA markerjev smo izvedli na žlahtniteljskem materialu, ki je skupno vključeval 20 genotipov; 17 genotipov, ki so kot straši vključeni v proces žlahtnjenja, dva križanca generacije F₇ ter 1 genotip turškega fižola (*P. coccineus* L.). Na podlagi rezultatov optimizacij smo izolacijo DNA za vseh 20 genotipov izvedli na robotu za ekstrakcijo nukleinskih kislin MagMax (Applied Biosystems). Za izbran set funkcionalnih DNA markerjev (točka 3.1) smo uporabili sintetizirane začetne nukleotide. Ker je omenjeni set vključeval 6 različnih tipov DNA markerjev (KASP_SNP angl. Kompetitive Allele Specific_ Single-Nucleotide Polymorphism; nSSR angl. nuclear Short Sequence Repeats; SCAR angl. Sequence Characterized Amplified Region; EST-SSR angl. Expressed Sequence Tag- Short Sequence Repeats; CAPS angl. Cleaved Amplified Polymorphic Sequence; lokusno specifični markerji na osnovi verižne reakcije s polimerazo angl. PCR based markers), vsak tip s svojimi specifikami ter posebnimi karakteristikami med markerji istega tipa, je bilo potrebno optimizirati reakcijske mešanice ter temperaturne profile namnoževanja za vsak marker posebej. Za potrebe KASP_SNP genotipizacij smo rastlinski material genotipov vzorčili ločeno, saj smo analize izvedli preko podjetja LGC Genomics iz Anglije. Za ostale tipe markerjev smo metodiko genotipizacije ter obdelavo rezultatov prilagodili markerskemu sistemu glede na njegovo naravo in način detekcije (dominantni/kodominatni, genski/genetski marker, dolžina fragmentov/alelov). Analiza rezultatov se je prav tako razlikovala glede na uporabljen tip DNA markerja, na sliki 1 so prikazane možne variante. Natančne koncentracije, sestave reakcijskih mešanic ter temperaturni profili za vsak marker posebej, zahteve fragmentne analize so na voljo pri avtorjih prispevka.

Obdelava rezultatov aplikacije funkcionalnih DNA markerjev za namen identifikacije genotipov, ki izkazujejo genetsko povezanost s proučevanimi agronomsko in žlahtniteljsko

pomembnimi lastnostmi, je vključevala uporabo programov in programskih paketov za populacijsko genetiko (GenAlEx, Structure, Structure Harvester, MSToolkit) v kombinaciji s statistično obdelavo v programu Statgraphics XVI.

2.3 Priprava panela funkcionalnih DNA markerjev za MAS

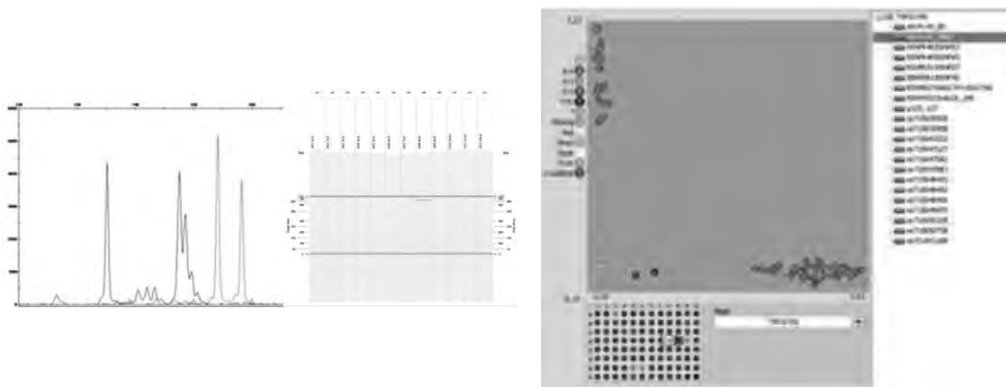
Na podlagi kombinacije rezultatov iz točk 3.1 in 3.2 smo pripravili končen set markerjev, ki dodatno v svoji dednini vključujejo še (multiple) alele, lokuse in gene, ki so povezani z/s:

- toleranco/odpornostjo na fižolovo rjo,
- toleranco/odpornostjo na fižolovo pegavost,
- toleranco/odpornostjo na fižolarja,
- vsebnostjo založne beljakovine fazeolina (pripadnost genskemu skladu),
- zgodnostjo in pridelkom.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Identificirani funkcionalni DNA markerji

Izbrali in identificirali smo skupno 75 različnih DNA markerjev, ki se nahajajo na različnih delih genoma fižola; na različnih vezanih skupinah in različnih kromosomih. Le-ti vključujejo KASP_SNP markerje (24 SNP-ov), nSSR markerje (35 lokusov), SCAR (5 markerjev), EST-SSR (2 lokusa), eden CAPS marker ter lokusno specifične »PCR-based« markerje (8 markerjev). Izbran set markerjev je povezan z lastnostmi, opisanimi v točki 2.1.



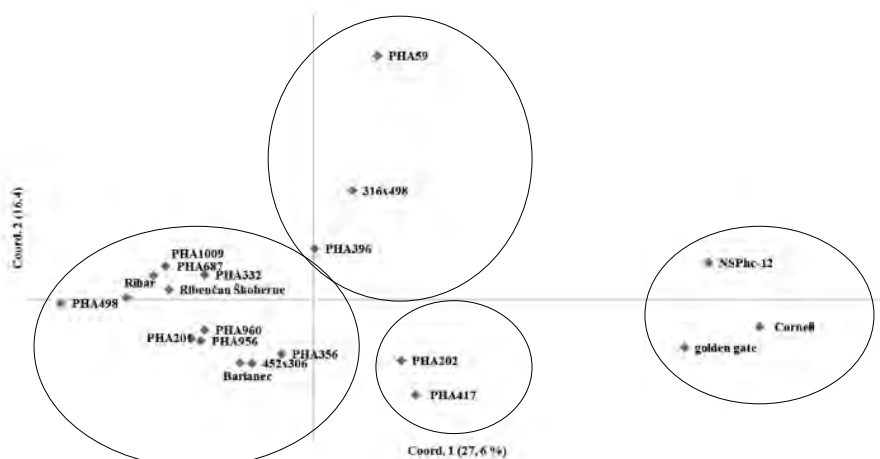
Slika 1: Grafični prikaz surovih rezultatov iz genetskega analizatorja ABI3130XL (levo), kapilarne elektroforeze visoke ločljivosti QX (na sredini) in KASP_SNP analize LGC (desno)

Omenjeni tipi DNA markerjev so najpogostejše uporabni tudi pri izvajanju MAS v drugih žlahtniteljskih programih po svetu (Tryphone in sod., 2013), niso pa vsi primerni za rutinsko uporabo v laboratorijih (odvisno od opremljenosti le-teh), posebej raziskovalnih, kot je genetski laboratorij na KIS.

3.2 Genetska analiza z uporabo izbranega seta DNA markerjev na žlahtniteljskem materialu

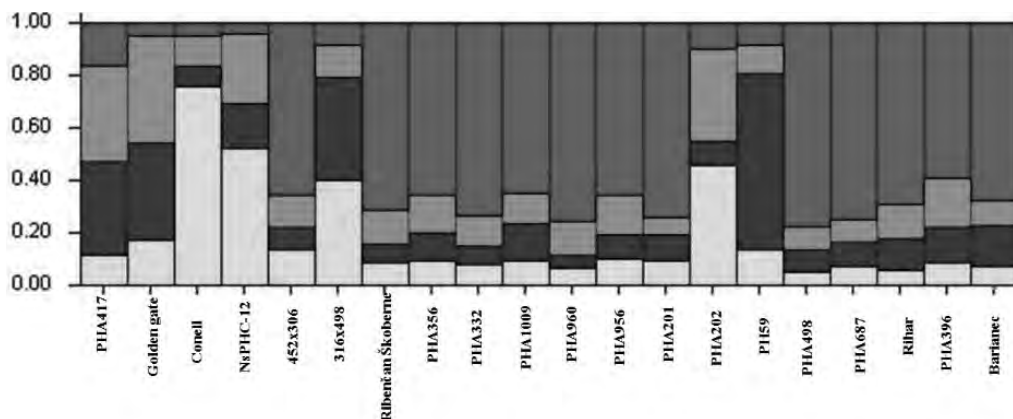
Preliminarna analiza 20-ih izbranih genotipov je potekala na izbranih (izmed 75-ih) 39-ih vrstno-specifičnih lokusih genoma z aplikacijo različnih 6-ih tipov lastnostno vezanih DNA

markerjev (KASP_SNP, nSSR, SCAR, EST-SSR, CAPS, lokusno specifični »PCR-based« markerji). Na podlagi rezultatov splošne genetske analize so se v analizi glavnih koordinat (PCoA) genotipi razporedili v štiri skupine, kot je nakazano na sliki 2. V PCoA prve tri koordinate skupno pojasnijo 59,87 % genetske variabilnosti.



Slika 2: Razporeditev genotipov v PCoA (na podlagi njihovih alelnih profilov)

Na podlagi analize genske strukture na sliki 3 so se znotraj analiziranih genotipov prav tako oblikovale štiri genetske skupine (vsaka genetska skupina predstavlja svojo barvo, vsaka vertikalna linija svoj genotip, vsaka barva znotraj genotipa pa aposteriorno verjetnost, da tisti genotip pripada določeni genski skupini-barvi) s povprečno genetsko raznolikostjo znotraj posamezne genetske skupine večjo od 0,687.



Slika 3: Genetska struktura žlahtniteljskega materiala v analizi

Preliminarna genetska analiza žlahtniteljskega materiala, ki vključuje predvsem genotipe, ki so kot starši vključeni v križanja je pokazala, da so si na podlagi rezultatov lastnostno vezanih

DNA markerjev genotipi izvorno sorodni, in hkrati genetsko raznoliki (slika 2, slika 3), kar je v žlahtniteljskih programih zaželeno.

3.3 Končen panel funkcionalnih DNA markerjev za MAS

Upoštevajoč rezultate preliminarne genetske analize v kombinaciji z izvirnim setom DNA markerjev iz točke 3.1 smo ob podpori pregleda najnovejše literature oblikovali končni panel 22-ih funkcionalnih DNA markerjev, ki vključujejo tri različne tipe molekulskih markerjev, kateri so povezani z 9-imi agronomsko in žlahtniteljsko pomembnimi lastnostmi (Preglednica 1). V končni panel KASP_SNP markerji niso vključeni, saj zaradi slabše vrednosti polimorfizma za lastnosti, za katere imamo CAPS, SSR in SCAR markerje, KASP-SNP genotipizacije ne nameravamo rutinsko izvajati.

Preglednica 1: Panel 22-ih markerjev za izvajanje MAS na križancih fižola

Ime markerja	OTL/gen/lokus/alel	Tip funkcionalnega DNA markerja	Lastnost
PvSHP1-A	Pv SHP1 gen	nSSR	pripadnost genskemu skladu
PvSHP1-B	Pv SHP1 gen	nSSR	pripadnost genskemu skladu
PvSHP1-C	Pv SHP1 gen	nSSR	pripadnost genskemu skladu
za SNP ss751641188 CAPS marker	I gen	CAPS marker	BCMV_BCMNV odpornost
BCMV_48289723_CAPS			
SW13	I gen	SCAR	BCMV odpornost, zgodnost, pridelek, HBB (halo bacterial blight)
ROC11	bc-3 I gen	SCAR	BCMV, pridelek
SG6	bc-3 I gen	SCAR	BCMV/BCMV odpornost
SBD5	bc-2 I gen	SCAR	BCMV odpornost
EAACMCAC-1 (AFLP) to DESU-G1	Ur-3 lokus	SCAR	Odp. na fižolovo rjo
SW12	Co-3 /Co-9	SCAR	Odp. na fižolov ožig
SAS13	Co-4 ²	SCAR	Odp. na fižolov ožig
SZ04	Co-6	SCAR	Odp. na fižolov ožig
SF10	Co-10	SCAR	Odpornost na fižolov ožig
SN02	Phg-2	SCAR	Odp. na navadno pegavost fižola
SBA16	OuroNegro dominantni gen	SCAR	Odp. na navadno pegavost fižola
SW6-800R	Agm J-117	SCAR	Odp. na fižolarja
BM165	Zn-AAS8c	nSSR	
BM185	QTL Fe-ICP7a; QTLHPSRL_AdvGH.2	nSSR	
	QTL qSW_po11.1;		Vsebnost Fe in Zn
BM239	QTLqFeCont_poICP; QTLqZnCont_poAA; QTLqZnCont_poICP	nSSR	
BMd10	QTLSr11.1	nSSR	
BMd27	QTLTrd11.1+ QTLPSRL_AdvGH.1	nSSR	Privzem P in morfologija korenin
BMb182	odziv na sušni stres+pridelek	nSSR	sušni stres

Študija Okii in sod. (2017) poroča o podobnem panel z le 7-imi DNA markerji, ki so povezani z manjšim številom žlahtniteljsko pomembnih lastnosti pri fižolu (biotski stres). Končen panel

markerjev, ki je v preglednici 1 bo dolgoročno uporaben za genetsko evalvacijo žlahtniteljskega materiala v skladu s cilji žlahtnjenja fižola.

4 SKLEPI

Oblikovan set funkcionalnih markerjev smo uspešno implementirali v dejansko izvedbo programa žlahtnjenja fižola za potrebe MAS. S tem smo izpostavili aplikativno vrednost projekta ter posredno pripomogli k izboljšanju učinkovitosti pozitivne selekcije križancev nizkega in visokega fižola na nivoju genotipa v kombinaciji s fenotipsko selekcijo. Končen panel 22-ih lastnostno vezanih markerjev bo tako lahko rutinsko uporabljeno molekularno orodje v postopku razvoja novih sort fižola, ki bodo v skladu s cilji v žlahtnjenja fižola.

Zahvala. Projekt (Uporabna vrednost genskih virov navadnega fižola za trajnostno izboljšanje pridelkov in zdravo hrano, L4-7520) je sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna ter MKGP v sklopu Javne službe »Vrtnarstvo« za del »Žlahtnjenje zelenjadnic«.

5 LITERATURA

- Ivančič, A. 2002. Hibridizacija pomembnejših rastlinskih vrst. Maribor: Fakulteta za kmetijstvo: 776 str.
- Maras, M., Pipan, B., Šuštar Vozlič, J., Meglič, V., in sod. 2015. Examination of genetic diversity of Common bean from the Western Balkans. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 140 (4): 308-316
- Meglič, V., Pipan, B. 2018. Spatial and temporal assessment of *Brassica napus* L. maintaining genetic diversity and gene flow potential: an empirical evaluation. V: EL-ESAWI, Mohamed A. (ur.). *Brassica germplasm: Characterization, breeding and utilization*. London: IntechOpen. 27-44, doi: 10.5772/intechopen.74570
- Okii, D., Tukamuhabwa, P., Tusiime, G., Talwana, H., Odong, T., Mukankusi, C., ... Nkalubo, S. 2017. Agronomic qualities of genetic pyramids of common bean developed for multiple-disease-resistance. *African Crop Science Journal*, 25(4): 457-472
- Pipan, B., Šuštar Vozlič, J., Meglič, V. 2013. Genetic differentiation among sexually compatible relatives of *Brassica napus* L. *Genetika*, 45 (2): 309-327
- Pipan, B., Žnidarčič, D., Kunstelj, N., Meglič, V. 2017. Genetic evaluation of sweetpotato accessions introduced to the central European area. *Journal of agricultural science and technology*, 19 (5): 1139-1150
- Pipan, B., Žnidarčič, D., Meglič, V. 2017. Evaluation of genetic diversity of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] on different ploidy levels applying two capillary platforms. *The journal of horticultural science & biotechnology*, 92 (2): 192-198, doi: 10.1080/14620316.2016.1249963
- Rusjan, D., Pelengić, R., Pipan, B., Or, E., Javornik, B., Štajner, N. 2015. Israeli germplasm: phenotyping and genotyping of native grapevines (*Vitis vinifera* L.). *Vitis*, 54 (spec. iss.): 87-89
- Rusjan, D., Pipan, B., Pelengić, R., Meglič, V. 2012. Genotypic and phenotypic discrimination of grapevine (*Vitis vinifera* L.) varieties of the 'Vitovska' and 'Garganja' Denominations. *European Journal of Horticultural Science*, 77 (2): 84-94
- Sinkovič, L., Pipan, B., Meglič, V., Kunstelj, N., Nečemer, M., Zlatič, E., Žnidarčič, D. 2017. Genetic differentiation of Slovenian sweet potato varieties (*Ipomoea batatas*) and effect of different growing media on their agronomic and nutritional traits. *Italian journal of agronomy*, 12 (4): 350-356, doi: 10.4081/ija.2017.949
- Tryphone, G. M., Chilagane, L. A., Protas, D., Kusolwa, P. M., Nchimbi-Msolla, S. 2013. Marker assisted selection for common bean diseases improvements in Tanzania: Prospects and future needs. In *Plant breeding from laboratories to fields*. Intech, <http://dx.doi.org/10.5772/52823>

Obnova fertilnosti v Ms/Rf sistemu, ki temelji na citoplazmi vrste *Aegilops crassa* Boiss.

Primož TITAN⁴⁷, Vladimir MEGLIČ⁴⁸ in Koji MURAI⁴⁹

Izvleček

V preteklosti je bilo predlaganih več pristopov za razvoj hibridnih sort navadne pšenice. Kljub temu hibridi navadne pšenice danes predstavljajo manj kot 1 % celotne svetovne pridelave pšenice. Razloge za manjšo uporabo hibridnih sort navadne pšenice gre iskati predvsem v tem, da do danes še vedno ni bil razvit enostaven in učinkovit sistem za pridelavo hibridnega semena. V praksi sta se v glavnem uveljavila dva pristopa za pridelavo hibridnega semena navadne pšenice. Prvi pristop temelji na uporabi sredstva za kemično hibridizacijo, drugi pristop pa na uporabi citoplazemsko-genetske moške sterilnosti. Uporaba sredstev za kemično hibridizacijo se je v praksi izkazala za nezanesljivo, ker je učinkovitost delovanja aktivne snovi odvisna predvsem od genotipa in okoljskih dejavnikov. Pri pridelavi hibridnega semena navadne pšenice na osnovi citoplazemsko-genetske moški sterilnosti je še vedno obnova fertilnosti v F₁ generaciji tista ovira, ki onemogoča splošno širjenje tega sistema. V naši raziskavi predstavljamo sistem na osnovi citoplazme vrste *Aegilops crassa* Boiss., ki ne predvideva uporabe fertilnega analoga moško sterilne matrne komponente. V študiji smo prišli do sklepa, da je za razvoj R (restorer) linij potrebna drugačna dednina kot pri sistemu za pridelavo hibridnega semena navadne pšenice, ki temelji na citoplazmi timofejeve pšenice.

Ključne besede: *Aegilops crassa* Boiss., citoplazemska-genetska moška sterilnost, dednina, hibridna sorta, navadna pšenica

Fertility restoration in the Ms/Rf system which is based on the cytoplasm of species *Aegilops crassa* Boiss.

Abstract

In the past, several approaches have been proposed for the development of hybrid wheat varieties. Nevertheless, common wheat hybrids today account for less than 1% of the world's wheat production. The reason for the limited success of hybrid wheat varieties is the fact that to date, a simple and efficient system for the production of hybrid seed has not been developed. In practice two approaches for the hybrid wheat seed production have generally been introduced. The first approach is based on the use of chemical hybridizing agent, the second approach is based on the use of cytoplasmic-genetic male sterility. The use of chemical hybridizing agents proved to be unreliable in practice because the effectiveness of the active substance depends primarily on genotype and environmental factors. In the production of hybrid wheat seed based on cytoplasmic-genetic male sterility the fertility restoration in the F₁ generation is still a barrier that prevents the overall extension. In our study we present a system for hybrid wheat seed production which is based on the cytoplasm of the species *Aegilops crassa* Boiss. This system is two-component because the use of fertile analog of male sterile female is redundant. In the study we concluded that the development of R (restorer) lines requires a different germplasm compared with the system for the hybrid wheat seed production which is based on timopheevii wheat cytoplasm.

Key words: *Aegilops crassa* Boiss., common wheat, cytoplasmic-genetic male sterility, germplasm, hybrid varieties

⁴⁷ Dr., RGA, raziskovalna genetika in agrokemija, d.o.o., Brodarska ulica 27, 9000 Murska Sobota, e-pošta: primo.titan@rga.si

⁴⁸ Izr. prof. dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: vladimir.meglic@kis.si

⁴⁹ Izr. prof. dr., Univerza iz prefektore Fukuji, 4-1-1 Matsuoka-kenjojima, Eihei-cho, Japonska, e-pošta: murai@fpu.ac.jp

1 UVOD

Oblikovanje visokoproduktivnih kultivarjev je eden izmed glavnih ciljev žlahtnjenja kmetijskih rastlin. Uporaba heteroze se je pri tem izkazala kot učinkovit način za dvig produktivnosti v dednini, ki je na razpolago za razvoj novih kultivarjev (Tucker in sod., 2017). V praksi se genetski fenomen heteroze najpogosteje uporablja pri hibridih, ki nastanejo z načrtnim križanjem dveh genetsko različnih homozigotnih starševskih komponent. V preteklosti so hibridi največji uspeh dosegli pri tujeprašnih rastlinskih vrstah kot sta koruza in rž, med drugim tudi zaradi enostavnega in učinkovitega sistema za indukcijo moške sterilnosti. Pri samoprašnih rastlinskih vrstah so hibridi do danes vidnejši uspeh dosegli le pri rižu. Kljub temu, da je bilo pri navadni pšenici v preteklosti predlaganih več sistemov za indukcijo moške sterilnosti, danes hibridi navadne pšenice predstavljajo manj kot 1 % celotne svetovne pridelave pšenice (Longin in sod., 2012).

Glavni razlog manjše pridelave je, da še vedno ni razvitega enostavnega in učinkovitega sistema za pridelavo hibridnega semena pšenice. V praksi sta se uveljavila dva pristopa. Prvi pristop temelji na uporabi sredstev za kemično hibridizacijo, drugi pa na uporabi citoplazemsko-genetske moške sterilnosti (Tucker in sod., 2017). Indukcija moške sterilnosti z uporabo sredstva za kemično hibridizacijo se je v širši pridelavi hibridnega semena navadne pšenice izkazala za zelo tvegano, tako iz tehnološkega kakor tudi iz okoljskega vidika. Učinkovitost delovanja sredstva za kemično hibridizacijo je namreč zelo odvisna od fenofaze, zunanjih dejavnikov in genotipa. Poleg tega se je pri uvajanju nekaterih gametocidov (starejši izraz za sredstvo za kemično hibridizacijo) v širšo proizvodnjo hibridnega semena navadne pšenice pokazalo, da so le ti škodljivi za okolje in uporabnika (npr. aktivna snov klorfencet) (Melchinger, 1999). Pri drugem pristopu, ki temelji na citoplazemsko-genetski moški sterilnosti timofejeve pšenice (*T. timopheevii* Zhuk.) gre za tro-komponentni sistem, ki vključuje moško sterilno materno komponento, njenega fertilnega analoga (fertilni analog je potreben za vzdrževanje moško sterilne matrne komponente) in očetovsko komponento (R linija), ki je nosilec genov za obnovo fertilnosti v F_1 generaciji (tako imenovanih Rf genov). Predvsem nezadovoljiva obnova fertilnosti v F_1 generaciji je vodila k temu, da so bili številni programi za razvoj F_1 hibridov navadne pšenice na osnovi citoplazme timofejeve pšenice v preteklosti opušteni (Murai in sod., 2008).

Pri našem delu smo na osnovi citoplazme vrste *Aegilops crassa* Boiss. razvili alternativen dvo-komponentni sistem, ki ne predvideva uporabe fertilnega analoga moško sterilne matrne komponente. Na osnovi predhodnih študij se je namreč izkazalo, da so vrste, ki botanično pripadajo rodu *Aegilops* lahko vir tako imenovanih gametocidalnih genov, do ekspresije katerih lahko pride s pomočjo okoljskega ali kemičnega signala (Niranjana, 2017). V tej študiji predstavljamo dednino navadne pšenice, ki predstavlja potencialen vir genov za obnovo fertilnosti v sistemu za pridelavo hibridnega semena navadne pšenice, ki temelji na citoplazmi vrste *Aegilops crassa* Boiss.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Pri raziskovalnem delu smo uporabili osem linij, ki nosijo citoplazmo vrste *Aegilops crassa* Boiss. in sedemnajst akcesij, ki predstavljajo sorte navadne pšenice. V primeru linij, ki nosijo citoplazmo vrste *Aegilops crassa* Boiss. gre za fakultativne žlahtniteljske materiale, ki botanično pripadajo vrsti *Triticum aestivum* L. in ki v primeru spomladanske setve dosežejo popolno moško sterilnost. Med sedemnajstimi

akcesijami so sorte navadne pšenice, ki so se v preteklosti sejale na območju nekdanje Jugoslavije in predstavljajo sodobno dednino navadne pšenice ter dve sorti, ki smo ju vključili na osnovi priporočil profesorja Koji Murai. Linije oziroma akcesije, ki smo jih uporabili v naši študiji, so zbrane v preglednici 1.

Preglednica 1: Seznam akcesij uporabljenih pri preučevanju obnove fertilnosti v F1 generaciji, ki temelji na citoplazmi vrste *Aegilops crassa* Boiss.

Ime akcesije	Genetska struktura	Vzdrževalec akcesije
Bezostaya-1, Mironovskaya 808, R1 (Restorer, sorta Primepi), R2 (Restorer, sorta Fortunato), R3 (Restorer, sorta Chinese spring), Bankuti 1201, Bankuti M123, Bankuti M126, Zlatna Dolina, Libellula, Partizanka, Žitarka, Mačvanka 2, Marija, Xt 9.23, Xt 9.28, Xt 88.5R	Akcesija <i>Triticum aestivum</i> L.	RGA, JIC, FPU
PCMS 2013.2, PCMS 2013.4, PCMS 2013.5, RGPCMS 14.14, RGPCMS 14.22, RGPCMS 14.101, RGPCMS 14.211, RGPCMS 14.234	Akcesija <i>Aegilops crassa</i> Boiss. × <i>Triticum durum</i> Desf.	RGA

*RGA – Raziskovalna genetika in agrokemija, JIC – John Innes Centre, FPU – Univerza iz prefekture Fukui

Križanja med navedenimi žlahtniteljskimi materiali smo opravili v letu 2017 z uporabo klasične emaskulacije. Osem linij z genetskim ozadjem vrste *Aegilops crassa* Boiss. smo vedno uporabili kot matrne komponente. Recipročnih križanj nismo izvedli, ker se citoplazma deduje po materni komponenti. Vsa izvedena križanja so zbrana v preglednici 2.

Preglednica 2: Pregled izvedenih križanj za preučevanje obnove fertilnosti v F1 generaciji, ki temelji na citoplazmi vrste *Aegilops crassa* Boiss.

Enačba križanja
PCMS 2013.2 × Bezostaya-1, PCMS 2013.2 × Bankuti 1201, PCMS 2013.2 × Žitarka, PCMS 2013.2 × Xt 9.23, PCMS 2013.2 × Xt 9.28, PCMS 2013.4 × Mironovskaya 808, PCMS 2013.4 × R1, PCMS 2013.4 × R2, PCMS 2013.4 × R3, PCMS 2013.4 × Xt 88.5R, PCMS 2013.5 × Bezostaya-1, PCMS 2013.5 × Bankuti M123, PCMS 2013.5 × Zlatna Dolina, PCMS 2013.5 × Marija, RGPCMS 14.14 × Libellula, RGPCMS 14.14 × Partizanka, RGPCMS 14.14 × Bankuti M126, RGPCMS 14.22 × Bezostaya-1, RGPCMS 14.22 × Partizanka, RGPCMS 14.22 × Bankuti M126, RGPCMS 14.101 × Mačvanka 2, RGPCMS 14.101 × Libellula, RGPCMS 14.101 × Bezostaya 1, RGPCMS 14.211 × Zlatna Dolina, RGPCMS 14.211 × Mačvanka 2, RGPCMS 14.211 × Marija, RGPCMS 14.234 × Bezostaya-1, RGPCMS 14.234 × Mironovskaya 808, RGPCMS 14.234 × R2, RGPCMS 14.234 × R3, RGPCMS 14.234 × Bankuti M126, RGPCMS 14.234 × Mačvanka 2, RGPCMS 14.234 × Mačvanka 2, RGPCMS 14.234 × Xt 9.23, RGPCMS 14.234 × Xt 88.5R

F₁ seme, ki smo ga pridobili v žetvi 2017, je bilo posejano 22. 3. 2018 na lokaciji Krog pri Murski Soboti. Oskrba rastlin med rastno dobo je potekala ob upoštevanju dobre kmetijske

prakse in izvajanju ukrepov kmetijsko-okoljskih-podnebnih plačil. Učinkovitost obnove fertilnosti v F_1 generaciji je bila določena z oceno sterilnosti kot sledi iz preglednice 3.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Pri sistemu za pridelavo hibridnega semena navadne pšenice, ki temelji na citoplazmi vrste *T. timopheevii* Zhuk. se je v preteklosti izkazalo, da nekatere sorte navadne pšenice nosijo dominantne gene za obnovo fertilnosti. Primeri takšnih sort ali R linij so sorte Primepi, $CHI \times 9EI^3$ in PI 277013 (Murai in sod., 2008). Nabor akcesij, ki smo jih vključili v našo študijo smo določili na osnovi znanstvene literature in priporočilih japonskih znanstvenikov. Tako so bile v študijo vključene sorte, ki so se v preteklosti že izkazale po svojih sposobnostih za obnovo fertilnosti v F_1 generaciji kakor tudi sorte, ki izhajajo iz najsodobnejše dednine navadne pšenice. V predhodnih študijah se je kot zelo uspešna sorta za obnovo fertilnosti v sistemu, ki temelji na citoplazmi timofejeve pšenice, izkazala sorta Primepi (v naši študiji je označena kot R1). Pri izvedbi križanj nam je uspelo pridobiti le eno F_1 generacijo v kateri nastopa kot očetovska komponenta sorta Primepi (križanec PCMS 2013.4 $\times$ R1). Obnova fertilnosti ni bila popolna, ker je bila več kot polovica klaskov na klasu še vedno sterilnih.

Preglednica 3: Ocena sterilnosti v F_1 generaciji, ki temelji na citoplazmi vrste *Aegilops crassa* Boiss

Enačba križanja
Popolna sterilnost (vsi klaski so popolnoma sterilni): PCMS 2013.5 $\times$ Marija, RGPCMS 14.101 $\times$ Mačvanka 2, RGPCMS 14.211 $\times$ Marija, RGPCMS 14.234 $\times$ Mačvanka 2
Delna sterilnost (vsaj polovica klaskov delno ali popolnoma sterilnih): PCMS 2013.2 $\times$ Žitarka, PCMS 2013.2 $\times$ Bankuti 1201, PCMS 2013.2 $\times$ Xt 9.23, PCMS 2013.2 $\times$ Xt 9.28, PCMS 2013.4 $\times$ Mironovskaya 808, PCMS 2013.4 $\times$ R1, PCMS 2013.4 $\times$ Xt 88.5R, PCMS 2013.5 $\times$ Bankuti M123, RGPCMS 14.14 $\times$ Partizanka, RGPCMS 14.101 $\times$ Libellula, RGPCMS 14.211 $\times$ Zlatna Dolina, RGPCMS 14.211 $\times$ Mačvanka 2, RGPCMS 14.234 $\times$ Mironovskaya 808, RGPCMS 14.234 $\times$ R2, RGPCMS 14.234 $\times$ R3, RGPCMS 14.234 $\times$ Xt 88.5R
Sterilnost prisotna v omejenem obsegu (manj kot petina klaskov delno ali popolnoma sterilnih): PCMS 2013.2 $\times$ Bezostaya-1, PCMS 2013.4 $\times$ R2, PCMS 2013.4 $\times$ R3, PCMS 2013.5 $\times$ Bezostaya-1, PCMS 2013.5 $\times$ Zlatna Dolina, RGPCMS 14.14 $\times$ Libellula, RGPCMS 14.14 $\times$ Bankuti M126, RGPCMS 14.22 $\times$ Bezostaya-1, RGPCMS 14.22 $\times$ Partizanka, RGPCMS 14.22 $\times$ Bankuti M126, RGPCMS 14.101 $\times$ Bezostaya 1, RGPCMS 14.234 $\times$ Bezostaya-1, RGPCMS 14.234 $\times$ Bankuti M126, RGPCMS 14.234 $\times$ Xt 9.23

Na osnovi štirih poskusnih križanj v katere sta bili vključeni sorti Fortunato in Chinese spring (križanja RGPCMS 14.234 $\times$ R2, RGPCMS 14.234 $\times$ R3, PCMS 2013.4 $\times$ R2, PCMS 2013.4 $\times$ R3) lahko potrdimo navedbe japonskih avtorjev, da sta to sorti, ki lahko uspešno obnovita fertilnost v sistemu za pridelavo hibridnega semena navadne pšenice, ki temelji na citoplazmi vrste *Aegilops crassa* Boiss. Kot uspešni R liniji sta se na osnovi poskusnih križanj izkazali tudi sorti Bezostaya 1 in Bankuti M126. Vsa poskusna križanja, v katere sta bili vključeni ti dve sorti (križanja PCMS 2013.2 $\times$ Bezostaya-1, PCMS 2013.5 $\times$ Bezostaya-1, RGPCMS 14.14 $\times$ Bankuti M126, RGPCMS 14.22 $\times$ Bezostaya-1, RGPCMS 14.22 $\times$ Bankuti M126, RGPCMS 14.101 $\times$ Bezostaya 1, RGPCMS 14.234 $\times$ Bezostaya-1, RGPCMS 14.234 $\times$ Bankuti M126) nizek deleže sterilnosti. Kot slabe R linije smo določili sorti Marija in Mačvanka 2, ki sta imeli v F_1 generaciji visok deleže sterilnosti. Med sodobnimi sortami navadne pšenice smo kot potencialno R linijo določili sorto Xt. 9.23.

Gametocidalna linija, ki je imela v poskusnih križanjih dobro obnovo fertilnosti, je linija RGPCMS 14.22. Potomci poskusnih križanj, v katere je bila vključena navedena linija, so imeli nizek delež sterilnosti.

4 SKLEPI

Raziskovalno delo, ki smo ga opravili, je pokazalo, da je za obnovo fertilnosti v sistemu za pridelavo hibridnega semena, ki temelji na citoplazmi vrste *Aegilops crassa* Boiss. potrebna drugačna dednina kot pri sistemu za pridelavo hibridnega semena navadne pšenice, ki temelji na citoplazmi vrste *Triticum timophevii* Zhuk. Sklepamo, da je glavni razlog v različni genomski strukturi vrste *Aegilops crassa* Boiss. oziroma *Triticum timophevii* Zhuk. pa AAGG. V primerjavi s sistemom za pridelavo hibridnega semena navadne pšenice, ki temelji na citoplazmi timofejeve pšenice, je pri našem sistemu glavna prednost ta, da fertilni analog moško sterilne matrne komponente ni potreben. Tako smo razvili dvo-komponentni sistem pridelave hibridnega semena navadne pšenice, ki je v primerjavi z že obstoječimi CMS sistemi enostavnejši in bolj učinkovit.

5 LITERATURA

- Longin, C.F.H., Mühleisen, J., Maurer, H.P., Zhang, H., Gowda, M., Reif, J.C. 2012. Hybrid breeding in autogamous cereals. *Theoretical and Applied Genetics*, 125: 1087-1096
- Melchinger, A.E. 1999. Genetic diversity and heterosis. V: Coors, J.G., Pandey, S. (ur.). *The genetics and exploitation of heterosis in crops*. Madison, WI: CSSA: 99-118
- Murai, K., Tsutui, I., Kawanishi, Y., Ikeguchi, S., Yanaka, M., Ishikawa, N. 2008. Development of photoperiod-sensitive cytoplasmic male sterile (PCMS) wheat lines showing high male sterility under long-day conditions and high seed fertility under short-day conditions. *Euphytica*, 159: 315-323
- Niranjana, M. 2017. Gametocidal genes of Aegilops: segregation distorters in wheat-Aegilops wide hybridization. *Genome*, 60(8): 639-647
- Tucker, J., Baumann, U., Kaudri, A., Suchecki, R., Baes, M., Garcia, M., Okada, T., Dong, C., Wu, Y., Sandhu, A., Singh, M., Langridge, P., Wolters, P., Albertsen, M.C., Cigan, A.M., Whitford, R. 2017. Molecular identification of the wheat male fertility gene *Ms1* and its prospects for hybrid breeding. *Nature Communications*, 8:869 DOI:10.1038/s41467-017-00945-2

Vsebnost beta-kislin kot nov vidik pri žlahtnjenju hmelja

Andreja ČERENAK⁵⁰, Miha OCVIRK⁵¹ in Iztok Jože KOŠIR⁵²

Izvleček

V programu žlahtnjenja hmelja smo poleg klasičnih ciljev odbire novih sort dodali nov vidik določanja beta-kislin, ki se v zadnjem času kažejo za zanimive pri zatiranju varoje (*Varroa destructor*) pri čebelah. V času tehnološke zrelosti smo v zadnjih 10 letih določali beta-kislino pri večjem številu križancev, izmed katerih se kot najbolj perspektivni za nadaljnje poskuse kažejo trije (108/157, 74/142, 236/149). Pridelava beta-kislin je lahko zanimiva še posebej v letih z viški hmelja na globalnem trgu. Pred nadaljnjimi postopki registracije sort hmelja morajo biti opravljeni še končni preskusi učinkovitosti pripravkov iz beta-kislin na čebelah.

Ključne besede: hmelj, žlahtnjenje, beta-kislino, varoja, čebele

The beta-acid content as a new aspect in hop breeding program

Abstract

New aspect of potential hop use was implemented in the hop breeding program for producing beta-acids which are recently showing potential use for varroa (*Varroa destructor*) suppression on bees. During the technological maturity in the last 10 years beta-acids were determined, where 3 breeding lines (108/157, 173/4, 236/149) looks the most promising for further testings. Beta-acid production could be interesting especially for years with over production of hops on global market. Final testing for varroa suppression of beta-acids on bees needs to be done before further registration of hop varieties.

Key words: hop, breeding, beta-acids, varroa, bees

1 UVOD

Hmeljarstvo je v Sloveniji intenzivna kmetijska dejavnost, prvi nasadi so bili posajeni v Savinjski dolini v 2. polovici 19. stoletja, medtem ko prvi zapisi o hmelju segajo že v 12. stoletje. V primerjavi z ostalimi kmetijskimi rastlinami je za hmeljarstvo značilno, da je kar 98 % nasadov posajenih s slovenskimi sortami, ki so bile požlahtnjene na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS). Razlog za tako velik delež lastnih sort je v večinoma manj uspešnem uvajanju tujih sort in uspešnih slovenskih sortah. Rezultat žlahtniteljskega dela je 18 slovenskih sort hmelja, poleg avtohtonega Savinjskega goldinga. Na začetku leta 2018 smo vpisali še zadnji 2 sorti, Styrian Dragon in Styrian Fox, ki se že pridelujeta na skoraj 10 ha. Cilji žlahtniteljskega programa sovpadajo s pomenom hmelja v pivovarski industriji, takoj za njimi pa je seveda odpornost na najpomembnejše bolezni v hmeljarstvu – hmeljevo peronosporo (*Pseudoperonospora humuli*), hmeljevo pepelovko (*Podosphaera macularis*), in verticilijsko uvelost hmelja (*Verticillium nonalfalfae*).

V Sloveniji je pomembna panoga tudi čebelarstvo, s katero se ukvarja 8.500 čebelarjev, ki imajo v lasti in oskrbi 150.000 čebeljih družin in letno pridelajo od 2.000 do 2.500 t medu ter drugih čebeljih izdelkov. Tako predstavlja čebelarstvo pomemben gospodarski delež našega kmetijstva (KGZS, 2018). Čebelam preti škodljivka varoja (*Varroa destructor*), zato se za njeno zatiranje vedno bolj uporabljajo različni ekološki pripravki. Prevladujoča je uporaba preparatov na osnovi mravljične in oksalne kisline. Pojavljajo se tudi različni rastlinski

¹ Izr. prof. dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: andreja.cerenak@ihps.si

² Dr., isti naslov, e-pošta: miha.ocvirk@ihps.si

³ Doc. dr., isti naslov, e-pošta: iztok.kosir@ihps.si

pripravki, med katerimi so na tujih trgih (ZDA, Nemčija) na voljo tudi preparati na osnovi hmeljevih beta-kislin, ki se ponujajo kot alternativa in so prepoznani kot neškodljivi iz toksikološkega in ekotoksikološkega vidika ter posledično za njih ni postavljenih mejnih vrednosti ostankov (Maximum Residue Limit - MRL) (European Medicines Agency, 2017).

Hmelj je vir snovi, ki dajo pivu značilno sveže grenak okus (alfa- in beta-kislina) in tistih, ki prispevajo k aromi piva (poleg omenjenih alfa- in beta-kislin tudi nekatere sestavine hmeljnega eteričnega olja). Različne sorte hmelja se razlikujejo po sestavi grenčin in obstojnosti le-teh med skladiščenjem. Količina alfa- in beta-kislin je odvisna od sorte hmelja, rastišča, klimatskih pogojev in stopnje zrelosti pridelka (Ocvirk in sod., 2018). Beta-kislina pri varjenju piva zaradi slabe topnosti v vodnem mediju ne prispevajo toliko h grenčici kot alfa-kislina, zato visok delež beta-kislin ni cilj vzgoje novih sort hmelja, uporabnih v pivovarstvu. Beta-kislinam se pripisuje tudi ostrejša, manj zelena grenčica kot alfa-kislinam, zato se za pivovarstvo razvijajo sorte z nižjo celokupno vsebnostjo beta-kislin. Ravno beta-kislina pa imajo protivnetno in antibakterijsko delovanje (predvsem proti Gram pozitivnim bakterijam). Znana je objava o vplivu beta-kislin hmelja na antilisterijski učinek v živilski industriji (Shen and Sofos, 2008), ravno tako pa poročajo o uporabi beta-kislin v industriji sladkorja, kjer beta-kislina (blagovna znamka BetaStab®) zelo dobro biocidno zavirajo razvoj anaerobnih bakterij (Pollach in sod., 2002).

Ostanki hmelja so se v preteklosti uporabljali kot dodatek pri krmi živali, zlasti pri prašičih (Brorsen in sod., 2002). V baterijski reji kokoši so opazili, da dodatki hmelja kažejo podobne učinke kot dodatki antibiotikov (Cornelison in sod., 2006). Nadaljnje študije pri ljudeh so dokazale antibakterijsko delovanje hmelja na številne bakterije tudi v humani medicini (Natarajan in sod., 2007; Ohsugi in sod., 2007). Prednost uporabe hmeljevih beta-kislin je v tem, da niso toksične in da so na voljo kot stranski produkt hmeljarske industrije (DeGrandi-Hoffman in sod., 2012). Ista skupina je v svoji raziskavi pokazala, da se lahko ekstrakti beta-kislin uspešno uporabljajo pri zatiranju varoje pri čebelah in imajo učinkovitost med 75 in 88 %. Za hmeljeve beta-kislina je bilo dokazano, da učinkujejo kot repelent na nekatere vrste rastlinskih uši in pršic, hkrati pa pri nekaterih vrstah pršic zmanjšajo ovipozicijo in imajo negativen vpliv na preživetje odraslih osebkov (Jones in sod., 1996).

V tokratnem prispevku izpostavljamo nekaj obetavnih križancev hmelja, ki bi lahko bili zanimivi za pridelavo beta-kislin, manj pomembnih v pivovarstvu, a zanimivih v drugih, za hmeljarstvo manj običajnih panogah.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Rastlinski material

V žlahtniteljskem programu IHPS imamo več tisoč različnih križancev hmelja, ki smo jih v zadnjih 10 letih pozitivno selekcionirali na podlagi njihovega pedigreeja, količine pridelka in odpornosti na bolezen. Delu izmed njih, to je več 10 rastlinam letno, smo določili vsebnost beta-kislin. Iz selekcionirane odbrane rastline smo nabrali povprečni vzorec, kar pomeni enak delež storžkov rastočih na zgornji, srednji in spodnji tretjini rastline. Vse vzorce storžkov smo posušili na 60 °C do vsebnosti vlage okoli 10 %. Takoj po sušenju so bili vzorci v laboratoriju analizirani na vsebnost preostale vlage, alfa- in beta-kislin in vsebnost eteričnega olja.

2.2 Določanje vlage v vzorcih

Vsebnost vlage smo določali v laboratoriju IHPS po metodi Analytica-EBC, 7.2. (EBC, 1997).

2-3 g vzorca hmelja smo zatehtali v aluminijasto posodo in jo dali v sušilnik, ogret na 103-104 °C za 1h. Zaprte posode smo ohladili na sobno temperaturo v eksikatorju in jih stehali. Iz razlike mas smo izračunali vsebnost vlage, ki smo jo upoštevali pri vseh ostalih parametrih pri izračunih vsebnosti na suho snov. Vse določitve so bile narejene v dveh ponovitvah.

2.3 Določanje vsebnosti alfa- in beta-kislin

Vsebnost alfa-in beta-kislin smo določali v laboratoriju IHPS po metodi Analyica-EBC, 7.7 (EBC, 1998). Hmelj smo zmleli v mlinu do granulacije velikosti pod 2 mm. 5 g zmletega vzorca smo prenesli v bučko, kamor smo dodali 10 mL metanola, 50 mL dietiletra in 20 mL raztopine HCl (0,1 mL/L). Vsi reagenti so bili pridobljeni pri Sigma-Aldrich. Po stresanju 45 min smo odpipetirali 5 mL etrne faze in jo dodali v 50 mL bučko, ki smo jo dopolnili do oznake z metanolom. Približno 2 mL raztopine smo prefiltrirali skozi membranski PET filter 0,20 µm (Chromafil®, Machery Nagel) in jo 2 µL injicirali v HPLC sistem Agilent Technologies 1200 series (Agilent Technologies, ZDA), opremljenim z DAD detektorjem in kolono Nucleodur 5-100 C18, 125x4 mm (Machery Nagel, Nemčija). Detekcija alfa- in beta-kislin je potekala pri valovni dolžini 340 nm. Kvantifikacija alfa- in beta-kislin je bila izvedena z eksternim standardom ICE 3 (Labor Veritas, Švica). Vse meritve so bile izvedene v dveh ponovitvah.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Pri pregledu rezultatov kemijskih analiz, opravljenih v letih 2008 – 2018, s ciljem določanja beta-kislin ter ob upoštevanju primernosti rastlin za pridelavo z vidika odpornosti na bolezni in količine pridelka, smo ugotovili, da sta križanca z oznako 108/157 (Dana x 21426) in 70/61 (Aurora x 63012), ki vsebujeta povprečno kar 11,14 % oziroma 10,57 % beta-kislin, najbolj zanimiva za pridelavo beta-kislin. Glede na nizko vsebnost eteričnega olja pri križancu 70/61 je ta manj primeren za pivovarsko industrijo, saj ima manj pozitiven vpliv na hmeljno aromo v pivu. Pri križancu 108/157 je zanimivo, da ima poleg visoke vsebnosti beta-kislin tudi visoko vsebnost alfa-kislin (15,01 %; v preteklih letih od 11,24 – 13,60 %) in prav tako eteričnega olja (1,94 ml/100 g; v preteklih letih od 2,31 – 2,79 ml/100 g). S temi karakteristikami bi lahko bil zanimiv tudi za pivovarsko industrijo, predvsem iz stališča uporabe za pozna hmeljenja in kot prispevek k celotni aromi piva.

Vsebnost beta-kislin med 6 in 7 % so imeli trije genotipi, in sicer 71/224 (Merkur x SH2), 50/84 (279/104 x 01J 9/5) in 173/4 (25/266 x 305/28). Med njimi je zanimiv predvsem 173/4, ki ima poleg visoke vsebnosti beta-kislin prav tako tudi relativno visoko vsebnost alfa-kislin (13,15 %; v preteklih letih od 11,70 – 16,10 %) in predvsem eteričnega olja (2,52 ml/100 g; v preteklih letih celo od 3,55 – 4,05 ml/100 g), medtem ko je za genotip 71/224 značilno, da ima primerljivo vsebnost alfa-kislin (8,01 %; v preteklih letih je ta sicer nihala od 5,90 – 13,49 %) in nizko vsebnost eteričnega olja (0,85 ml/100 g; v preteklih letih 1,06 ml/100 g).

Genotipi, kjer je bilo razmerje med alfa- in beta-kislinami najnižje (226/59, 226/66, 226/121), torej v prid beta-kislinam, žal niso perspektivni za gojenje z namenom pridelave beta-kislin, ker je pri njih absolutna vsebnost beta-kislin razmeroma nizka. Vsi izpostavljeni križanci spadajo v isto družino križanja, in sicer so vsi potomci Savinjskega goldinga in moške rastline 272/93. Savinjski golding je poznan po fini aromi in nizkem deležu tako alfa- kot beta-kislin, omenjeno lastnost je sorta v tem primeru križanja zelo dobro prenesla na potomce.

4 SKLEPI

Ugotovili smo, da imamo v žlahtniteljskem programu IHPS več potencialno zanimivih križancev hmelja za pridelavo beta-kislin, ki so lahko zanimivi za ekološko zatiranje varoje v čebelarstvu. V kolikor bi se pokazal interes po komercialnem trženju pripravkov iz beta-kislin, bi bilo seveda smiselno pričeti s postopki registracije sorte.

Vsekakor pa je v prihodnje potrebno opraviti še dodatne poskuse o dejanski učinkovitosti pripravkov iz beta-kislin za ekološko zatiranje varoje ter proučiti učinkovit način tretiranja čebel z njimi. Rezultati tako nakazujejo možnost uporabe hmelja tudi izven pivovarstva, kar je lahko zanimivo v času viškov hmelja na svetovnem trgu.

Zahvala. Raziskava je bila narejena v okviru ciljnega raziskovalnega projekta V4-1605 Uporaba hmeljnih pripravkov za ekološko zatiranje varoje (*Varroa destructor*) in strokovne naloge Žlahtnjenje hmelja. Financerjema MKGP in ARRS se za sodelovanje najlepše zahvaljujemo.

5 LITERATURA

- Brorsen, W., Lehenbauer, T., Ji, D., Connor, J. 2002. Economic Impacts of Banning Subtherapeutic Use of Antibiotics in Swine Production. *Journal of Agricultural and Applied Economics*. 34: 489-500
- Cornelison, J.M., Watkins, S.E., Waldgroup, P.W. 2006. Evaluation of Hops (*Humulus lupulus*) as an Antimicrobial in Broiler Diets. *International Journal of Poultry Science*. 5(2): 134-136
- DeGrandi-Hoffman, G., Ahumada, F., Probasco, G., Schantz, L. 2012. The effects of beta-acids from hops (*Humulus lupulus*) on mortality of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae), *Experimental and Applied Acarology*. 58: 407-421
- European Brewery Convention. Analytica-EBC, section 7 – Hops, Method 7.2 Moisture content of Hops and Hop Products, Fachverlag Hans Carl, Nürnberg, Germany, 1997
- European Brewery Convention. Analytica-EBC, section 7 – Hops, Method 7.7 α - and β -Acids in Hops and Hop Products by HPLC, Fachverlag Hans Carl, Nürnberg, Germany, 2012
- European Medicines Agenc. European public MRL assessment report (EPMAR), EMA/CVMP/245941/2015-Corr, Bruselj, Belgija, 2017
- Jones, G., Campbell, C.A.M., Pye, B.J., Maniar, S.P., Mudd, A. 1996. Repellent and Oviposition-Detering Effects of Hop Beta-Acids on the Two-Spotted Spider Mite *Tetranychus urticae*. *Pest Management Science*. 47:165-169
- KGZS, 2018, <http://www.kgzs.si/gv/kmetijstvo/zivinoreja/cebelaarstvo.aspx>
- L.). *Animal : an international journal of animal bioscience*. 2014: 9(4), 1751-7311
- Natarajan, S., Katta, I., Andrei, V., Babu Rao Ambati, M., Leonida, G. 2007. Positive antibacterial co-action between hop (*Humulus lupulus*) constituents and selected antibiotics. *Phytomedicine*. 15: 194-201
- Ocvirk, M., Ogrinc, N., Košir, I.J. 2018. Detemination of the geographical and botanical origin of hops (*Humulus lupulus* L.) using stable isotopes of C, N, and S. *Journal of agricultural and food chemistry*. 66(8): 2021-2026
- Ohsugi, M., Kadota, S., Ishii, E., Tamura, T., Okamura, Y. 2007. Antibacterial activity of traditional medicines and an active constituent lupulone from *Humulus lupulus* against *Helicobacter pylori*. *Phytomedicine*. 15: 194-201
- Polach, G., Hein, W., Beddie, D. 2002. Application of hop Beta-acids and rosin acids in the sugar industry. *Zuckerindustrie*. 127(12): 921-930
- Republika Slovenija, Pravilnik o medu, *Uradni list RS*, št. 4/11, 2011
- Shen, C., Sofos, J.N. 2008. Antilisterial Activity of Hops Beta Acids in Hops with or without other antimicrobials. *Journal of Food Science*. 73(9): 438-442

Selekcija z molekulskimi markerji za odpornost proti boleznim pri žlahtnjenju krompirja

Aleš SEDLAR⁵³, Peter DOLNIČAR⁵⁴ in Vladimir MEGLIČ⁵⁵

Izvleček

V program klasičnega žlahtnjenja krompirja na Kmetijskem inštitutu Slovenije smo v zadnjih letih uvedli selekcijo z molekulskimi markerji za odpornost proti najbolj škodljivim patogenom za naše pridelovalno območje, krompirjevemu virusu Y (PVY) in krompirjevi plesni. Odpornost proti obem patogenom v veliki meri zagotavljajo odpornostni geni *R*, ki izvirajo iz divjih sorodnikov krompirja, vneseni pa so bili že v številne sorte, ki se uporabljajo v žlahtnjenju. Pomembna vira odpornosti, ki ju uporabljamo pri nas, sta sorti 'Sarpō Mira' in 'White Lady', ki vsebujeta po več odpornostnih genov. Med njimi so najpomembnejši *Rpi-Smira2* oz. *R8*, ki je povezan z močno poljsko odpornostjo 'Sarpō Mire' proti krompirjevi plesni, ter gena *Ry_{chc}* in *Ry_{sto}* odporna proti PVY. Od 23 analiziranih naprednih križancev iz križanj med obema sortama jih je 8 vsebovalo gen *R8*, trije med njimi tudi gen *R2* iz sorte 'White Lady'. Pri enem križancu smo potrdili prisotnost obeh genov za odpornost proti PVY. Selekcija z molekulskimi markerji nam omogoča potrditev prisotnosti in kopičenja genov iz starševskih virov odpornosti v potomcih križanja in skrajšuje čas odbire, saj jo lahko izvedemo že na mladih sejancih krompirja. Predstavlja pomembno podporo klasičnemu žlahtnjenju in bo tudi v prihodnje nepogrešljiv del žlahtnjenja novih sort odpornih proti boleznim.

Ključne besede: krompir, žlahtnjenje, odpornostni geni, PVY, krompirjeva plesen, selekcija z molekulskimi markerji

Marker-assisted selection for disease resistance in potato breeding

Abstract

The classical breeding programme at the Agricultural Institute of Slovenia has in recent years been implemented with molecular marker-assisted selection for resistance against the most damaging pathogens for our production area, potato virus Y (PVY) and late blight. The resistance is largely provided by resistance genes, originating from wild potato relatives that have been already introgressed into many varieties used in potato breeding. Important resistance sources that we utilize are varieties 'Sarpō Mira' and 'White Lady' containing multiple resistance genes. The most important are *Rpi-Smira2* or *R8*, associated with strong field resistance of 'Sarpō Mira' against late blight, and genes *Ry_{chc}* and *Ry_{sto}* against PVY. Out of 23 advanced clones from cross of both varieties 8 possessed *R8* gene, and from them three also *R2* gene from variety 'White Lady'. In one clone we confirmed presence of both genes for resistance to PVY. Molecular marker-assisted selection enables us confirmation of presence and stacking of genes from parental resistance sources to the progeny and shortens the selection process, as it can be performed on young potato seedlings. It represents an important support to the classical breeding programme and will be an important part of breeding new resistant varieties in the future.

Key words: potato, breeding, resistance genes, PVY, late blight, marker-assisted selection

1 UVOD

Rastline krompirja (*Solanum tuberosum* L.) so na polju izpostavljene različnim boleznim, ki jih povzročajo glive in virusi. Za naše pridelovalno območje sta posebej škodljiva krompirjev virus Y (PVY) in krompirjeva plesen (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary). Nadzor nad

¹ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: ales.sedlar@kis.si

² Dr., isti naslov, e-pošta: peter.dolnicar@kis.si

³ Izr. prof., dr., isti naslov, e-pošta: vladimir.meglic@kis.si

tema boleznima v veliki meri temelji na pogosti uporabi fitofarmaceutskih sredstev: širjenje virusa PVY omejujemo z uporabo insekticidov za zatiranje njegovih prenašalcev (listnih uši), nadzor nad krompirjevo plesnijo pa z uporabo fungicidov z oomicidnim delovanjem, kar ima za posledico večje stroške pridelave, predstavlja večje tveganje za zdravje človeka in okolje, vodi pa tudi v selekcijo odpornih genotipov plesni na npr. metalaksil ali fluazinam (Euroblight, 2018).

Bolj trajnosten način za varstvo rastlin je vpeljava odpornostnih genov iz divjih vrst krompirja v kultivirane sorte s klasičnim žlahtnjenjem. Napredek v sodobni biotehnologiji in rastlinski genetiki je omogočil identifikacijo pomembnih odpornostnih genov in izdelavo molekulskih DNA markerjev za njihovo detekcijo. Pomembna gena za odpornost proti PVY sta *Ry_{sto}* in *Ry_{chc}*, ki izvirata iz divjih sorodnikov krompirja *S. stoloniferum* in *S. chacoense*. Iz vrste *S. demissum* izvira serija rasno specifičnih *R* genov proti krompirjevi plesni (*R1* – *R11*), poznamo pa tudi številne druge *Rpi* gene iz sorodnih vrst. V zadnjih letih je najbolj zanimiv gen *R8*, ki je povezan z močno poljsko odpornostjo proti krompirjevi plesni in so ga potrdili v različnih sortah krompirja po svetu – ena izmed njih je tudi sorta 'Sarpō Mira', kjer je bil prvotno označen kot *Rpi-Smira2* (Jo in sod., 2011).

Pomanjkljivost sorte 'Sarpō Mira' je, da pri agronomskih lastnostih kot so oblika gomoljev, globina oces in jedilna kakovost zaostaja za uveljavljenimi kakovostnimi sortami in pričakovanji potrošnikov. Zato je nujno križanje sorte z bolj kakovostnimi sortami. Za uspešnejši program žlahtnjenja v prihodnje pa je posebej pomembno kopičenje različnih genov odpornosti v elitnih križancih, ki bi jih lahko učinkovito uporabili pri nadaljnjih križanjih. V preteklosti se je izkazalo, da kopičenje določenih odpornostnih genov zagotavlja močnejšo in trajnejšo odpornost. Selekcija z molekulskimi markerji, ki omogoča hitro in natančno potrditev prisotnosti gena in kopičenja genov, zato postaja nepogrešljiv element klasičnega žlahtnjenja. V zadnjih letih jo uvajamo v klasični program žlahtnjenja na Kmetijskem inštitutu Slovenije, ki v prenovljeni obliki poteka od leta 1993 (Dolničar, 2015). Že od začetka smo pozornost posvečali odpornosti na PVY, od leta 1998 dalje pa smo pričeli z uvajanjem odpornostnih genov proti krompirjevi plesni iz različnih virov odpornosti (Dolničar in sod., 2010). O prvem uvajanju molekulskih markerjev v žlahtniteljski program v slovenskem okolju smo pred leti že pisali (Dolničar in sod., 2010). V tem času so na področju genetike krompirja identificirali številne nove odpornostne gene in jim določili nukleotidna zaporedja.

V tokratnem prispevku predstavljamo aktualen izbor odpornostnih genov proti krompirjevi plesni in PVY, ki jih z molekulskimi markerji določamo v križancih v sklopu programa žlahtnjenja krompirja. Predstavljen je primer vrednotenja prisotnosti in kopičenja odpornostnih genov v križancih kombinacije sort 'White Lady' × 'Sarpō Mira', ki so bili predhodno odbrani glede na vrednotenje agronomskih lastnosti na polju.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Rastlinski material in ekstrakcija DNA

Potomce križanj sort 'White Lady' × 'Sarpō Mira' izvedenih v letih 2013 (83 križancev) in 2014 (555 križancev) smo več sezon vrednotili na polju in odbrali perspektivne križance z dobrimi agronomskimi lastnostmi po že večkrat opisani metodi (Dolničar, 2015). Potomci križanj iz leta 2013 so bili na polju tri leta v odbiri na visoko heritabilne lastnosti kot so oblika in število gomoljev, izenačenost gomoljev, dolžina stolonov, barva mesa in kože, globine

očes, potomci križanj iz leta 2014 pa dve leti. Skupno smo odbrali 23 križancev. Izbrani križanci so imeli že sprejemljive nekatere kvalitativne lastnosti.

Vzorčili smo sveže liste rastlin in iz njih izolirali celokupno DNA z uporabo BioSprint15 DNA Plant Kit (Qiagen) in MagMax Express Magnetic Particle Processor (Life Technologies). Kakovost DNA za genetske analize smo preverili z agarozno gelsko elektroforezo, koncentracijo pa določili s fluorimetrom Qubit (Invitrogen).

2.2 Analiza molekulskih markerjev

V potomcih križanj 'White Lady' × 'Sarpō Mira' iz let 2013 in 2014 smo preverjali prisotnost genov za odpornost proti krompirjevi plesni in krompirjevemu virusu Y, ki so prisotni v starševskih sortah (Preglednica 1). Preverjali smo prisotnost 4 odpornostnih genov proti krompirjevi plesni (*R3a*, *R3b*, *Rpi-Smira1*, *Rpi-Smira2* / *R8*) in enega proti PVY (*Ry_{chc}*) iz sorte 'Sarpō Mira', ter po en odpornostni gen za vsakega patogena iz sorte 'White Lady' (*R2*, *Ry_{sto}*). Reakcijo PCR smo izvedli ločeno za posamezen marker po protokolu opisanem v Dolničar (2016). Namnožene fragmente smo ločevali in odčitali njihovo dolžino s horizontalno gelsko elektroforezo na 1,4 % agaroznem gelu.

Preglednica 1: Molekulski markerji za odpornostne gene proti PVY in krompirjevi plesni pri sortah 'Sarpō Mira' in 'White Lady'

Gen	Marker	Nukleotidno zaporedje začetnih oligonukleotidov	Vir
<i>R2</i> ¹ (<i>Rpi-abpt</i>)	R2	Fwd: 5'-GCTCCTGATACGATCCATG-3' Rev: 5'-ACGGCTTCTTGAATGAA-3'	Kim in sod., 2012
<i>R3a</i> ¹	R3-1380	Fwd: 5'-TCCGACATGTATTGATCTCCCTG-3' Rev: 5'-AGCCACTTCAGCTTCTTACAGTAGG-3'	Sokolova in sod., 2011
<i>R3b</i> ¹	R3b	Fwd: 5'-GTTCGATGAATGCTATGTTTCTCGAGA-3' Rev: 5'-ACCAGTTTCTTGCAATTCCAGATTG-3'	Kim in sod., 2012
<i>Rpi-Smira1</i> ¹	45/XI	Fwd: 5'- AGAGAGGTTGTTTCCGATAGACC-3' Rev: 5'- TCGTTGTAGTTGTCATTCCACAC-3'	Tomczynska in sod., 2014
<i>Rpi-Smira2</i> ¹ (<i>R8</i>)	184-81	Fwd: 5'-CCACCGTATGCTCCGCCGTC-3' Rev: 5'-GTTCCACTTAGCCTTGCTTGTCTCA-3'	Jo in sod., 2011
<i>Rysto</i> ²	SCARysto4	Fwd: 5'-ATTTTCGTTTCGCTCTCTCCT-3' Rev: 5'-TCATCACCCCTAACAAATACAA-3'	Cernak in sod., 2008
<i>Rysto</i> ²	YES3-3B	Fwd: 5'-TAACTCAAGCGGAATAACCC-3' Rev: 5'-CATGAGATTGCCTTTGGTTA-3'	Song in sod., 2008
<i>Rychc</i> ²	RY186	Fwd: 5'-TGGTAGGGATATTTTCCTTAGA-3' Rev: 5'-GCAAATCCTAGGTTATCAACTCA-3'	Mori in sod., 2011

¹ odpornost proti krompirjevi plesni

² odpornost proti PVY

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Rezultati preverjanja prisotnosti in kopičenja odpornostnih genov proti PVY in krompirjevi plesni pri 23 križancih sort 'White Lady' × 'Sarpō Mira' odbranih z vizualno odbiro na polju so predstavljeni v preglednici 2. Pokazalo se je, da pri mnogih križancih pride do zmanjšanja

števila (razredčitve) odpornih genov. Ta učinek je zagotovo še večji, če križamo odporno sorto z občutljivo. Pri 8 križancih smo potrdili prisotnost gena *Rpi-Smira2/R8*, ki je najpomembnejši odpornostni gen 'Sarpò Mire' proti krompirjevi plesni in je odgovoren za njeno močno in dolgotrajno poljsko odpornost (Vossen in sod., 2016). Pri teh križancih pričakujemo podobno odpornost proti krompirjevi plesni kot pri materni sorti. Trije križanci so poleg gena *Rpi-Smira2 / R8* vsebovali tudi gen *R2* iz sorte 'White Lady'. Dva izmed njih sta bila odporna tudi proti PVY in sicer nosilca gena *Ry_{sto}*, prav tako iz sorte 'White Lady'. Le pri enem križancu smo ugotovili prisotnost obeh genov za odpornost proti PVY, ki je bil tudi nosilec gena *R2*. Ta križanec bi lahko uporabili za učinkovitejši vnos odpornosti proti PVY, saj bi bilo pri križanju z občutljivo sorto kar 75 % potomstva popolnoma odpornega proti PVY. Kar devet križancev ni bilo odpornih proti PVY, čeprav na polju v času odbire še ni prišlo do okužbe z virusom, od teh sta bila dva odporna proti krompirjevi plesni (*R8* gen).

Preglednica 2: Rezultati preverjanja kopičenja odpornostnih genov pri perspektivnih križancih 'White Lady' × 'Sarpò Mira'

	<i>R3a</i>	<i>R3b</i>	<i>Rpi-Smira1</i>	<i>Rpi-Smira2</i>	<i>Ry_{chc}</i>	<i>R2</i>	<i>Ry_{sto}</i>
Sarpò Mira	+	+	+	+	+	-	-
White Lady	+	+	-	-	-	+	+
14-136/256-1	-	+	-	+	-	-	+
14-136/256-2	+	+	-	-	-	-	-
14-136/256-3	-	-	-	+	-	-	+
14-136/256-4	+	+	+	-	-	+	-
14-136/256-5	+	-	-	-	-	+	+
14-136/256-9	-	-	-	+	-	+	+
14-136/256-12	-	-	-	-	-	+	+
14-136/256-13	+	+	+	-	-	-	-
14-136/256-14	+	-	-	-	-	-	-
14-136/256-16	-	-	-	+	-	-	+
14-136/256-18	+	+	-	-	-	-	-
14-136/256-19	-	+	-	-	+	-	-
14-136/256-20	+	+	-	+	-	+	+
14-136/256-22	+	+	+	-	-	+	+
14-136/256-23	-	+	-	-	-	-	-
14-136/256-24	-	+	-	-	-	-	+
14-136/256-26	-	+	-	+	-	+	-
14-136/256-27	-	-	-	+	-	-	-
13-136/256-1	+	+	+	-	-	+	+
13-136/256-2	-	+	-	+	-	-	+
13-136/256-3	-	+	+	-	-	-	-
13-136/256-4	+	+	-	-	-	+	+
13-136/256-5	+	+	-	-	+	+	+

Res je, da smo z markerji pregledali le del križancev, večji del smo pred tem izločili tekom odbire na polju zaradi slabših agronomskih lastnosti. Mnogi med njimi so bili prav tako nosilci genov za odpornost. Selekcija z molekulski markerji je učinkovito orodje za spremljanje vnosa novih in kopičenja *R* genov. Ker za genetske analize zadostuje že listni material iz rastlinic nakaljenih iz pravega semena krompirja lahko s to metodo zelo skrajšamo čas odbire in s tem povečamo učinkovitost ter zmanjšamo stroške dela.

4 SKLEPI

Sorti 'Sarp Mira' in 'White Lady', ki smo ju uporabili kot vira odpornosti vsebujeta po več odpornostnih genov in pokazalo se je, da zaradi rekombinacije pri mnogih križancih pride do zmanjšanja števila (razredčitve) odpornostnih genov.

V našem primeru smo le pri 8 križancih ugotovili prenos najodpornejšega gena (*R8* gena iz sorte 'Sarp Mira'), pri treh med njimi pa potrdili tudi prisotnost *R2* gena iz sorte 'White Lady'. Le pri enem križancu smo ugotovili prisotnost obeh genov za odpornost proti PVY (*Ry_{chc}* in *Ry_{sto}*), ki je bil hkrati tudi nosilec gena *R2*.

Kar devet križancev ni bilo odpornih proti PVY, čeprav na polju v času odbire še ni prišlo do okužbe z virusom, od teh sta bila dva odporna proti krompirjevi plesni (*R8* gen).

Rezultati testiranja jasno potrjujejo, da je selekcija z molekulskimi markerji učinkovita in nujna podpora klasičnemu žlahtnjenju in pripomore k optimizaciji izbora križancev z zelenimi lastnostmi. Selekcijo z molekulskimi markerji smo zato pričeli vključevati v redno letno testiranje križancev.

5 LITERATURA

- Cernak, I., Decsi, K., Nagy, S., Wolf, I., Polgar, Z., Gulyas, G., Hirata, Y., Taller, J. 2008. Development of a locus-specific marker and localization of the *Ry_{sto}* gene based on linkage to a catalase gene on chromosome XII in the tetraploid potato genome. *Breeding Science*, 58: 309–314
- Dolničar, P. 2016. Piramidno kopičenje *R* genov odgovornih za odpornost proti krompirjevemu virusu Y in krompirjevi plesni. Doktorska disertacija.
- Dolničar, P. 2015. Določevanje zgodnosti izbranih slovenskih križancev in sort krompirja. Novi izzivi v agronomiji 2015 : zbornik simpozija, Laško, [29. in 30. januar] 2015. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo: 190-195.
- Dolničar, P., Rudolf Piliš, K., Žerjav, M., Šuštar-Vozlič, J. 2010. Izbrani *R* geni, vključeni v odziv na okužbo s krompirjevo plesnijo (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary pri krompirju (*Solanum tuberosum* L.). Novi izzivi v poljedelstvu 2010 : zbornik simpozija, Rogaška Slatina, [2. in 3. december] 2010. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo: 150-154
- Euroblight: <http://agro.au.dk/forskning/internationale-plattform/euroblight/>
- Jo, K., Arens, M., Kim, T., Jongsma, M.A., Visser, R.G.F., Jacobsen, E., Vossen, J.H. 2011. Mapping of the *S. demissum* late blight resistance gene *R8* to a new locus on chromosome IX. *Theoretic and Applied Genetics*, 123: 1331–1440
- Kim, H.J., Lee, H.R., Jo, K.R., Mortazavian, S.M., Huigen, D.J., Evenhuis, B., Kessel, G., Visser, R.G., Jacobsen, E., Vossen, J.H. 2012. Broad spectrum late blight resistance in potato differential set plants *MaR8* and *MaR9* is conferred by multiple stacked *R* genes. *Theoretic and Applied Genetics*, 124(5): 923–935
- Mori, K., Sakamoto, Y., Mukojima, N., Tamiya, S., Nakao, T., Ishii, T., Hosaka, K. 2011. Development of a multiplex PCR method for simultaneous detection of diagnostic DNA markers of five disease and pest resistance genes in potato. *Euphytica*, 180: 347–355
- Sokolova, E., Pankin, A., Beketova, M., Kuznetsova, M., Spiglazova, S., Rogozina, E., Yashina, I., Khavkin, E. 2011. SCAR markers of the *R*-genes and germplasm of wild *Solanum* species for

-
- breeding late blight-resistant potato cultivars. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 9: 309–312
- Song, Y.S., Schwarzfischer, A. 2008. Development of STS markers for selection of extreme resistance (Rysto) to PVY and maternal pedigree analysis of extremely resistant cultivars. *American Journal of Potato Research*, 85: 159–170
- Tomczynska, I., Stefanczyk, E., Chmielarz, M., Karasiewicz, B., Kaminski, P., Jones, J.D.G., Lees, A.K., Sliwka, J. 2014. A locus conferring effective late blight resistance in potato cultivar Sárpo Mira maps to chromosome XI. *Theoretic and Applied Genetics*, 127: 647-657
- Vossen, J.H., van Arkel, G., Bergervoet, M., Jo, K-R., Jacobsen, E., Visser, R.G.F. 2016. The *Solanum demissum* R8 late blight resistance gene is an Sw-5 homologue that has been deployed worldwide in late blight resistant varieties. *Theoretic and Applied Genetics*, 127: 647-657.

Novi sorti ajde in vsebnost antioksidantov

Zlata LUTHAR⁵⁶

Izvleček

V letu 2018 sta bili v Sortno listo RS vpisani dve sorti ajde: navadna ajda 'Trdinova' in tatarska ajda 'Zlata'. Obe sta se že pred uradno registracijo pridelovali na manjšem območju Dolenjske v okolici Šentjerneja. V večletnem pridelovanju se je izgubila izhodiščna pristnost. Zato smo jima v zadnjih letih s postopki žlahtnjenja povrnili njune prvotne tipične lastnosti, ki so zanimive za pridelovalce, mlevsko industrijo in potrošnike. V postopku žlahtnjenja smo želeli ohraniti lastnosti semen, po katerih se ajda loči od ostalih žit. Posebno pozornost smo posvetili ohranitvi skupnih antioksidantov v semenih. Njihovo vsebnost smo ugotavljali spektrofotometrično z odstotkom razbarvanja 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikala. Po povprečni 81,7 % antioksidativni aktivnosti je izstopala tatarska ajda 'Zlata', katera semena so bila laboratorijsko zmleta, njena moka iz mlina je imela 75,57 % aktivnost in kaša 73,44 %. V laboratorijsko zmletih semenih pri navadni ajdi 'Trdinova' smo ugotovili 74 % antioksidativno aktivnost, v njenih moki 54,52 % in v kaši 23,15 %. Med izbranimi žiti, ki so služila kot primerjalni standard, je imel sirek največjo, 85,2 % antioksidativno aktivnost. Ostala žita so imela majhno vsebnost antioksidantov, ki je nihala od 0 % pri ječmenu do 23 % pri piri.

Ključne besede: navadna ajda, tatarska ajda, žlahtnjenje, sorta, moka, kaša, antioksidanti

New varieties of buckwheat and antioxidant content

Abstract

In 2018 two varieties of buckwheat were registered in the List of varieties of RS: common buckwheat 'Trdinova' variety and 'Tartary' buckwheat 'Zlata' variety. Both were already cultivated in the smaller area of Dolenjska region, near Šentjernej, prior to official registration. In the multi-annual cultivation, the original authenticity was lost. Therefore, we have in recent years with the breeding procedures restored their original typical characteristics that are of interest to growers, milling industry and consumers. In the process of breeding, we wanted to preserve the characteristics of seeds by which the buckwheat is separated from other cereals. Particular attention was paid to the preservation of common antioxidants in seeds. Their content was determined spectrophotometrically with the percentage of discoloration of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical. According to the average 81.7% antioxidant activity, Tartary buckwheat stood out, which seeds were laboratory milled. Flour from the mill had 75.57 % activity and groats 73.44 %. In the milled seeds of common buckwheat, we found 74 % of antioxidant activity, in flour 54.52 % and 23.15% of the groats. Among the selected cereals the sorghum had the highest, 85.2 % antioxidant activity. Other cereals had a low antioxidant content ranging from 0 % in barley to 23 % in spelt.

Key words: common buckwheat, Tartary buckwheat, breeding, variety, flour, groats, antioxidants

1 UVOD

Rod *Fagopyrum* obsega veliko vrst. V prehrani se uporabljata le dve vrsti, in sicer navadna ajda (*Fagopyrum esculentum* Moench) in tatarska (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.). Pri navadni ajdi prevladujejo nedeterminantne diploidne sorte in nekaj jih je tudi tetraploidnih. Maloštevne sorte tatarske ajde so izključno diploidne in nedeterminantne. Obe vrsti poleg dobre hranilne vrednosti odlikujejo tudi sekundarni metaboliti z antioksidativnimi lastnostmi. V največjih koncentracijah se nahajajo v zunanjih delih semen v testi in tudi v luski. Sestavljeni so iz fenolnih kislin in flavonoidov v prosti obliki, v obliki estrov ali bolj

⁵⁶ Izr. prof. dr., Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: zlata.luthar@bf.uni-lj.si

kompleksni obliki (Luthar, 1992; Inglett in sod., 2012; Li in sod., 2013; Shallan in sod., 2014).

Kljub temu da je ajda lahko naravni vir antioksidantov, ki ugodno vplivajo na hranilno vrednost hrane in tudi zaradi drugih pozitivnih pridelovalnih lastnosti, se je v preteklosti pridelovanje zelo zmanjšalo oz. tatarske ajde celo opustilo. Med glavnimi dejavniki za opuščanje pridelave ajde v preteklosti sta bila uvajanje sodobnih sort pšenice in hibridov koruze, ki so tržno zanimivejši, in zaraščanje hribovskih območij, za katere je bila predvsem tatarska ajda zelo primerna. Na popolno opustitev pridelave tatarske ajde pa sta v veliki meri vplivala grenkast okus in v primerjavi z navadno ajdo večji delež lusk in otrobov, kot delež moke pri mletju. Pred 50 in več leti ni bilo toliko znanega o sestavinah v ajdi in ljudje niso bili dovolj ozaveščeni, da grenkast okus povzročajo flavonoidi, ki imajo zelo ugoden učinek na človeško zdravje.

Podobno se je v preteklosti zgodilo tudi v žlahtniteljskih programih jablane, kjer so sodobne sorte zelo hitro zamenjale staro lokalno pridelavo. Plodovi starih sort/klonov vsebujejo veliko več polifenolnih snovi kot sodobne sorte, ampak grenčični okus je bil eden od tistih, ki jih je izločil iz pridelave. Ugotovili so, da novejšje sorte, ki vsebujejo manj različnih polifenolnih snovi (načrtno pridobljena lastnost s križanjem v želji, da okus ne vsebuje grenčice), pri posameznikih pogostejše izzovejo pojav alergij. Posledično pa stare lokalne sorte, ki imajo več polifenolnih snovi, ne povzročajo alergij. Zato te sorte vedno bolj pridobivajo na pomenu kot dragocen žlahtniteljski material z visoko vsebnostjo polifenolnih snovi in kot možen vir naravnih antioksidantov (Enomoto in sod., 2006; Kreft in sod., 2012; Zapp, 2018).

Ravno zadnji omenjeni dejavnik postane razlog za ponovno povečanje pridelave ajde, tudi tatarske. Zaradi določenih proučevanj in odkritij, ki so bila prej nepoznana, ljudje postajajo čedalje bolj ozaveščeni o njeni prehranski vrednosti in pridelavi brez vnosa fitofarmaceutskih sredstev. Ne vsebuje glutena, vsebuje pa znatno količino rutina (kvercetin-3-rutinosid, od 0,01 do 6 % na suho snov). Vsebuje tudi druge polifenolne snovi, predvsem v semenih, manjše količine pa najdemo praktično v vseh delih (Vogrinčič in sod., 2010; Vombergar in sod., 2012).

Sinteza antioksidantov je v živalskih celicah veliko bolj omejena in oksidativne poškodbe so vključene v patogenezo številnih kroničnih bolezni, vključno s kardiovaskularnimi boleznimi in staranjem. Ta spoznanja so prispevala k porastu interesa za naravne antioksidante. Vzporedno s tem pa se pri potrošnikih povečuje skrb glede varnosti sintetičnih antioksidantov v živilih (Sun in Ho, 2005; Pisoschi in sod., 2009). Antioksidanti imajo pomembno vlogo tudi za rastline in ne samo za človeka. Ščitijo jih pred bakterijami, virusi, glivami in pred napadi rastlinojedih živali. Kljub temu količina antioksidantov v rastlini ne sme biti prevelika, saj ji v tem primeru lahko škodijo (Karamać in sod., 2015).

V postopku žlahtnjenja obeh sort smo posebno pozornost namenili izhodiščni ohranitvi vsebnosti skupnih antioksidantov obeh starševskih komponent. Že dolgo časa so kot aditivi v živilih v uporabi sintetični antioksidanti, čeprav so poročila o njihovi vpletenosti v kronična obolenja omejila njihovo uporabo. To je bil razlog, da je zelo porasel mednarodni interes za vire naravnih antioksidantov, predvsem rastlinskega izvora (Holaseva in sod., 2002).

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Žlahtnjenje

Sorta 'Trdinova' je navadna ajda in je križanec med staro sorto 'Siva' in domačo populacijo iz Vrhpolja, katerih izhodiščni vzorci se hranijo v Genski banki Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete, ki je bila leta 2018 preimenovana v Javno službo rastlinska genska banka Biotehniške fakultete (JSRGB-BF). Sorta 'Zlata' je tatarska ajda in je križanec med domačo populacijo iz Vrhpolja in populacijo iz Sevnice. Prav tako se obe izhodiščni populaciji hranita v JSRGB-BF. Naslednje leto po križanju v F1 generaciji se je ločeno odbiralo najbolj obetavne rastline in v naslednjih generacijah, F2 do F5, se je opravila setev rastlina - vrsta ter odstranjevalo odstopajoče, neustrezne fenotipe pred začetkom cvetenja. V naslednji dveh letih se je razmnožilo semena, ki so bila namenjena preizkušanju doma in v tujini. Žlahtnjenje obeh ajd je potekalo v izolaciji na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

2.2 Določanje skupnih antioksidantov

V proučevanje vsebnosti antioksidantov je bilo vključenih 5 slovenskih sort navadne ajde: 'Darja', 'Siva', 'Čebelica', 'Črna gorenjska' in 'Trdinova' ter avstrijska sorta 'Bamby' in 6 genotipov tatarske ajde: sorta 'Zlata' in 5 populacij z oznakami: 26, 27, 66, 96 in 104. Populacije tatarske ajde smo pridobili iz genske banke JSRGB-BF. Kot primerjalni standard smo v analizo vključili še po en genotip izbranih 8 žit: pšenico, piro, rž, ječmen, oves, proso, sirek in koruzo (preglednica 1). Omenjene vrste rastlin so bile razmnožene leta 2016 na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete in semena pobrana v polni zrelosti ter dosušena na 8 % vlage. Sorti 'Trdinova' in 'Zlata' sta bili pridelani prav tako leta 2016, in sicer na Dolenjskem v okolici Šentjerneja. Moka in kaša sta bili pridobljeni iz omenjenih pridelkov iz istega mlina.

Po 10 g semen posameznih vzorcev ajde in izbranih žit ter kašo sort 'Trdinova' in 'Zlata' smo zmleli z namiznim laboratorijskim mlinom (Waring 32BL79) ter jih do uporabe hranili v 50 ml centrifugirkah v hladilniku pri 4 °C. Moka obeh sort 'Trdinova' in 'Zlata' je bila zmleta s komercialnim mlinom in smo jo direktno vključili v analizo.

Vzorci smo ekstrahirali v treh ponovitvah, tako da smo v 12 ml steklene centrifugirke natehtali 400 mg moke in dodali 10 ml 96 % metanola. Centrifugirke smo zaprli s parafilmom in jih za 15 min postavili v ultrazvočno kopel (Iskra Pio). Začetna temperatura je bila 20 °C, po 5 minutah se je dvignila na 32 °C in do konca ekstrakcije smo vzdrževali 32 °C z dodajanjem ledu. Po ekstrakciji smo vzorce centrifugirali 10 min pri 4000 obratih/min. Supernatant, po 5 ml od vsake ponovitve, smo odpipetirali v čiste centrifugirke in tako zaustavili nadaljnjo ekstrakcijo. Ostanke vzorcev in supernatantov smo zavrgli.

Za ugotavljanje vsebnosti skupnih antioksidantov smo pripravili 1 mM založno raztopino reagenta 2,2-difenil-1-pikrilhidrazila (DPPH) [400 mg DPPH raztopljenega v 10 ml 96 % metanolu] in jo med analizo hranili v temi pri 4 °C. Pred analizo smo pripravili delovno raztopino iz 1 mM založne raztopine DPPH, tako da smo opravili redčitev v razmerju 1:10 s 96 % metanolom. V vsak valj mikrotiterske plošče smo odpipetirali 195 µl delovne raztopine DPPH in dodali 5 µl supernatanta oz. metanolnega ekstrakta vzorcev. Kot slepi vzorec smo v valj mikrotiterske plošče odpipetirali svežo pripravljeno delovno raztopino DPPH. Vzorce smo inkubirali 30 min v temi pri sobni temperaturi (približno 20 °C) in nato izmerili absorbanco s spektrofotometrom (Trcan) pri valovni dolžini 515 nm. Skupno antioksidativno

vrednost oz. aktivnost smo izrazili z deležem DPPH inhibicije oz. stopnjo razbarvanja DPPH radikala, ki je sorazmerna količini prisotnih antioksidantov v posameznem vzorcu (Brand-Williams in sod., 1995). Antioksidativna vrednost oziroma aktivnost določena z metodo DPPH se lahko izraža kot ekvivalent mnogih različnih modelnih antioksidantov. Najpogostejše se izraža kot ekvivalent Troloksa (Thaipong in sod., 2006) oziroma se izračuna odstotek razbarvanja po enačbi (1).

$$\text{DPPH vrednost (\%)} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100 \quad \dots (1)$$

A_0 - izmerjena absorbanca slepega vzorca

A_1 - izmerjena absorbanca vzorcev navadne in tatarske ajde ter izbranih poljščin

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Pridelava in predelava obeh sort

V večletnem pridelovanju se je pri navadni ajdi 'Trdinova', ki je tujeprašna žužkocvetka, izgubila izhodiščna pristnost, kot posledica nestrokovnega semenjenja in ne posvečanja pozornosti vzdrževani selekciji. Zato smo ji v zadnjih letih s postopki žlahtnjenja povrnili njene prvotne tipične lastnosti, ki so se potrdile kot zanimive za pridelovalce (nekoliko večji pridelek in odpornost na poleganje), mlevsko industrijo (večji izkoristek pri mletju in lažje luščenje v postopku pridobivanja kaše) in potrošnike (težnjo po svetlejši moki smo dosegli s svetlo sivo oz. srebrno lusko, katere večji del naj bi se po mletju, zaradi prisotnosti vlaknin, pojavil v moki; svetlejša moka omogoča tudi svetlejša pekarske izdelke in žgance).

Sorta 'Zlata' je samoprašna rastlina. Do uradnega potrjevanja se je pridelovala na manjši površini v primerjavi s sorto 'Trdinova', nekje do 2 ha. Zaradi samoprašnosti je genetsko veliko bolj stabilna in ker se v bližnji okolici ni pridelovalo druge tatarske ajde, ni prihajalo do mešanja semen ob žetvi. V teku žlahtnjenja smo ohranili in pridobili ter izboljšali nekatere prvotne lastnosti: zlatorumeno barvo moke, zmanjšali nagubanost in osipanje semen, poleganje rastlin ter dvignili pridelek na raven visokorodnih navadnih ajd 1,2 do 1,5 t/ha.

Obe sorti sta pridelani po smernicah ekološke pridelave, brez vnosa mineralnih gnojil in fitofarmaceutskih sredstev ter njuna izdelka, moka in kaša, sta dostopni kupcem po Sloveniji. Sorta 'Trdinova' se prideluje na površini 6 do 7 ha/leto. V pridelovanje so poleg lastnika mlina vključeni še zanesljivi kooperanti, ki dobijo osnovno seme za setev in odkup je zagotovljen. V primeru, da pri kooperantu ostane površina njive neposajena z osnovnim semenom, se jo doseje s travno-deteljno mešanico in za nadaljnjo setev se izberejo posevki v izolaciji. Vedno več se seje ajdo, tako da se izolirane površine iz leta v leto zmanjšujejo, tudi na območju, kjer se pridelujeta omenjeni sorti. Samoprašna tatarska ajda 'Zlata' se prideluje na površinah od 2 do 3 ha/leto in njeno vzdrževanje je enostavnejše.

Moka in kaša obeh sort sta pripravljene na slovenski tradicionalni način in ustrezna kontrola zagotavlja visoko kakovost omenjenih izdelkov. S sodobno tehnologijo in nadzorom v mlinu je zagotovljeno, da ne prihaja do mešanja z glutenskimi žiti. Preden se semena zmleje oziroma pripravljajo za luščenje, se jih spusti skozi klasifikator, katerega kamere na osnovi barve in oblike izločijo primesi. Z občasnimi laboratorijskimi analizami se izvede še dodatna kontrola na morebitno prisotnost glutena. Tako je zagotovljeno, da sta moka in kaša omenjenih sort varni za bolnike s celiakijo.

3.2 Vsebnost antioksidantov

Ugotovili smo, da imajo največjo vsebnost antioksidantov, razen sirka, vzorci tatarske ajde. Med njimi je imela populacija 27 največjo, 82,82 % antioksidativno vrednost, medtem ko so imele ostale populacije in sorta 'Zlata' nekoliko manjšo vrednost, od 81,0 do 82,82 %. Pri navadni ajdi je imela sorta 'Darja' najvišjo antioksidativno vrednost s 74,40 % in najnižjo sorta 'Čebelica' s 67,40 %. Med izbranimi žiti je imel sirek največjo, 85,20 % antioksidativno vrednost, ki je bila največja med vsemi proučevanimi vzorci. Ostala žita so imela v primerjavi z ajdo zelo majhno antioksidativno vrednost, ki je nihala od 0 % pri ječmenu, kjer ni prišlo do razbarvanja DPPH radikala oz. spektrofotometer ni zaznal prisotnosti antioksidantov, do 23,00 % pri piri (preglednica 1).

Preglednica 1: Vsebnost antioksidatov v različnih vzorcih navadne in tatarske ajde ter izbranih žitih določena z DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) metodo

Ajda in izbrana žita	% DPPH razbarvanja
Navadna ajda	
'Darja'	74,40
'Siva'	73,10
'Čebelica'	67,40
'Črna gorenjska'	67,60
'Bamby'	67,70
'Trdinova'	73,90
- moka iz mlina	54,52
- kaša	23,15
Tatarska ajda	
'Zlata'	81,72
- moka iz mlina	75,57
- kaša	73,44
Populacija 26	81,13
Populacija 27	82,82
Populacija 66	81,84
Populacija 86	81,00
Populacija 104	81,70
Izbrana žita	
Pšenica	9,80
Pira	23,00
Rž	11,60
Ječmen	0
Oves	15,00
Proso	9,80
Koruza	11,60
Sirek	85,20

V moki iz mlina sorte 'Trdinova' smo določili 54,52 % antioksidativno vrednost in v kaši 23,15 % ter v vzorcu, zmletim v laboratoriju, 73,90 %. Največjo razliko med izdelki sorte 'Trdinova', kar 50,78 %, smo dosegli med vzorcem, zmletim v laboratoriju in kašo. Pri tatarski ajdi 'Zlata' je bila v moki iz mlina izmerjena 75,57 % antioksidativna vrednost, v kaši 73,44 % in v vzorcu zmletim v laboratoriju 81,72 %. Pri tatarski ajdi smo določili veliko manjše razlike, samo 8,28 % med vzorcem, zmletim v laboratoriju in kašo. Pri tatarski ajdi je zelo mala razlika, približno 2 %, med antioksidativno vrednostjo moke iz mlina in kaše, medtem ko je pri navadni ajdi ta vrednost veliko večja, približno 31 % (preglednica 1). Pri obeh sortah smo pri laboratorijskem mletju dobili večje vrednosti v primerjavi z mletjem v mlinu, zato ker smo pustili celoten vzorec tudi z zunanjimi deli testo in lusko, nismo uporabljali sit, ki pa se uporabljajo v mlinu.

Preglednica 2: Razvrstitev vzorcev navadne in tatarske ajde ter izbranih žit v 3 skupine po vsebnosti antioksidantov

Oznaka skupine	% DPPH razbarvanja	Oznaka vzorca	Skupno
1	0 - 40	ječmen, pšenica, proso, rž, koruza, oves, pira in kaša sorte 'Trdinova'	8
2	41 - 70	moka iz mlina sorte 'Trdinova', 'Čebelica', 'Črna gorenjska' in 'Bamby'	4
3	71 - 85	'Siva', 'Trdinova', 'Darja', 'Zlata', moka in kaša iz mlina sorte 'Zlata', populacije: 86, 26, 104, 66 in 27 ter sirek	12

Ko smo dobljene antioksidativne vrednosti razvrstili v 3 skupine (preglednica 2), smo ugotovili, da se je v skupino z oznako 1 z najmanjšo vsebnostjo v razponu od 0 do 40 % razbarvanja DPPH reagenta uvrstilo 8 analiziranih vzorcev, in sicer ječmen, pšenica, proso, rž, koruza, oves, pira in kaša sorte 'Trdinova'. Razen sirka so v skupino z najmanjšo antioksidativno vrednostjo padla vsa analizirana žita. V srednjo skupino z oznako 2 v razponu od 41 do 70 % antioksidativne vrednosti so se uvrstili samo 4 vzorci navadne ajde: moka iz mlina sorte 'Trdinova', 'Čebelica', 'Črna gorenjska' in 'Bamby'. V skupino z oznako 3 z največjo oksidativno vrednostjo se je uvrstilo 12 vzorcev, med njimi 3 vzorci navadne ajde: 'Siva', 'Trdinova' in 'Darja' ter 7 vzorcev tatarske ajde: moka iz mlina in kaša sorte 'Zlata', populacije z oznako 86, 26, 104, 66 in 27, 'Zlata' ter sirek. Sirek je imel največjo antioksidativno vrednost med vsemi proučevanimi vzorci, in sicer 85,2 % (preglednica 1 in 2).

5 SKLEPI

Večletno žlahtniteljsko delo na dveh vrstah ajde se je uspešno zaključilo za dve novi sorti ajde, ki sta bili v letu 2018 vpisani v Sortno listo, kar jima omogoča pridelovanje in trženje v Sloveniji. Tatarska ajda 'Zlata' je prva sorta vpisana v omenjeno listo in tudi prva sorta v Evropi. Obe sorti sta v pridelovanju in njuna moka in kaša sta dostopni kupcem. Tatarska ajdova kaša sorte 'Zlata' je prejemnik prestižne nagrade Najbolj inovativno živilo 2018 v skupini živil brez glutena, ki jo podeljuje Inštitut za nutricionistiko v sodelovanju z Ministrstvom za zdravje in Ministrstvom za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

6 LITERATURA

- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. 1995. Use of a free radical methods to evaluate antioxidant activity. *Lebensmitt-Wissenschaft und Technologie*, 28: 25-30
- Enomoto, T, Nagasako-Akazome, Y, Kanda, T, Ikeda, M, Dake, Y. 2006. Clinical Effects of Apple Polyphenols on Persistent Allergic Rhinitis: A randomized double-blind placebo-controlled parallel arm study. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 16: 283-289
- Holasova, M., Fiedlerova, V., Smrcinova, H., Orsak, M., Lachman, J., Vavreinova, S. 2002. Buckwheat-the source of antioxidant activity in functional food. *Food Research International*, 35: 207-211
- Inglett, G.E., Chen, D., Berhow, M., Lee, S. 2011. Antioxidant activity of commercial buckwheat flours and their free and bound phenolic compositions. *Journal of Food Chemistry*, 125: 923-929
- Karamać, M., Biskup, I., Kulczyk, A. 2015. Fractionation of Buckwheat Seed Phenolics Analysis of Their Antioxidant Activity. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 4: 243-249
- Kreft, I., Vombergar, B., Germ, M., Vogrinčič, M. 2012. Tatarska ajda v kulturi prehranjevanja v Aziji in Evropi. V: *Trendi in izzivi v živilstvu, prehrani, gostinstvu in turizmu*. Proceedings of the 2th international professional conference, Ljubljana, Slovenija. November 16-17. Ljubljana, IBRA: 107-110
- Li, F.H., Yuan, Y., Yang, X.I., Tao, S., Ming, J. 2013. Phenolic Profiles and Antioxidant Activity of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench. and *Fagopyrum tartaricum* L. Gaertn.) Hulls, Brans and Flours. *Journal of Integrative Agriculture*, 12 (9): 1684-1693
- Luthar, Z. 1992. Polyphenol classification and tannin content of buckwheat seeds (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Fagopyrum* (Ljubljana), 12: 36-42
- Pisoschi, A.M., Cheregi, M.C., Danet, A.F. 2009. Total Antioxidant Capacity of Some Commercial Fruit Juices: Electrochemical and Spectrophotometrical Approaches. *Molecules*, 14: 480-493
- Shallan, M.M.A.A., Fayed, S.S.A.K., Gazzar, M.M.S. 2014. Protective Effects of Wheat Bran and Buckwheat Hull Extracts against Hypercholesterolemia in Male Rats. *International Journal of Advanced Research*, 4: 724-736
- Sortna lista poljščin, zelenjadnic, sadnih rastlin in trte za leto 2018. 2018. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS, Uprava Republike Slovenije za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin: 31 str.
- Sun, T., Ho, C.T. 2005. Antioxidant activities of buckwheat extract. *Journal of Food Chemistry*, 90: 743-749
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., Hawkins Byrne, D. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 669-675
- Vogrinčič, M., Timoracka, M., Melichacova, S., Vollmannova, A., Kreft, I. 2010. Degradation of Rutin and Polyphenols during the Preparation of Tartary Buckwheat Bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 4883-4887
- Vombergar, B., Kreft, I., Germ, M., Vogrinčič, M. 2012. Comparison of nutritional value of common and tartary buckwheat and possibilities for their use in nutrition. V: *First scientific conference with international participation*. Izola, Slovenija. Oktober 25. 167: 143-149
- Zapp, J. 2018. Spezielle Bedeutung von alten Obstsorten für Allergiker. Lecture at the 'Internationaler Streuobsttag', 9th of November, Zweiersdorf, Austria.

Spremenljivost zimskih razmer v Sloveniji

Zalika ČREPINŠEK⁵⁷, Nika KRALJ⁵⁸, Lučka KAJFEŽ BOGATAJ⁵⁹ in Tjaša POGAČAR⁴

Izvleček

V kmetijstvu so poleg razmer v rastni dobi zelo pomembne tudi zimske razmere. V zadnjih desetletjih je za Slovenijo značilen dvig zimske temperature zraka in upad zimske višine padavin, pri katerih se manjša delež snega. Ker prilagajanje kmetijstva na te spremembe poteka počasi, sta pravočasna analiza že opaženih sprememb in ocena bodočih ključni za prihodnje strategije prilagajanja. Za 5 mesecev v hladni polovici leta (01.11.-31.03.) v obdobju 1961-2017 smo analizirali minimalne dnevne temperature zraka (Tmin), letno število dni s snežno odejo in skupno višino novozapadlega snega za postaje Ljubljana-Bežigrad, Rateče, Planina pod Golico, Vojsko, Krvavec in Kredarica. Na vseh postajah so povprečne Tmin v zadnjem obdobju, glede na začetno obdobje, višje, spremembe pa znašajo od 1,2 °C za Planino do 2,6 °C za Ljubljano. Na nižje ležečih postajah (Ljubljana, Planina, Rateče in Vojsko) je po letu 1990 opazno zmanjšanje letnega števila dni s snežno odejo za 19-27 dni, skupna višina novozapadlega snega se je zmanjšala za 30-40 %. Na Krvavcu je v zadnjem obdobju letno 5 snežnih dni manj, večje pa je zmanjšanje višine novozapadlega snega (15 %). Na Kredarici je v večini let v obravnavanem obdobju neprekinjena snežna odeja, spremembe pa niso opazne niti v višini novozapadlega snega niti v številu dni s snežno odejo.

Ključne besede: zimske temperature zraka, snežna odeja, podnebne spremembe, Slovenija

Variability of winter conditions in Slovenia

Abstract

In addition to the growing season, winter conditions are also very important in agriculture. In Slovenia winter air temperature increased and in winter rainfall decreased in the last decades, with a lower proportion of snow. Since the adaptation rate of agriculture is slow, analysis of the changes already noted and the assessment of the future changes are crucial for future adaptation strategies. We analyzed the minimum daily air temperatures (Tmin), the annual number of days with snow cover and the total height of the new snowfall for stations Ljubljana-Bežigrad, Rateče, Planina pod Golico, Vojsko, Krvavec and Kredarica for 5 months (01.11.-31.03.) for the period 1961-2017. At all stations, the average Tmin in the last period is higher than in the first, the changes are from 1.2°C for Planina to 2.6°C for Ljubljana. For lower altitude stations (Ljubljana, Planina, Rateče and Vojsko) after 1990, there is a noticeable decrease in the number of days with snow cover for 19-27 days, while the total height of new snowfall has decreased by 30-40 %. At Krvavec, there are 5 snow days less per year lately, while the decrease in the height of the new snow is higher (15 %). At Kredarica, during most of the years, there is persistent snow cover; changes are not noticeable either in the height of the new snow or in the number of snow days.

Key words: winter air temperature, snow cover, climate change, Slovenia

1 UVOD

Kmetijstvo je dejavnost, ki se v veliki meri odvija na prostem in je kot tako zelo odvisno od vremenskih in podnebnih razmer. Vse izrazitejše podnebne spremembe so opazne kot segrevanje ozračja, krčijo se površine, pokrite z ledom in snegom, zmanjšuje se zaloga zamrznjene sladke vode, premikajo se rastlinski pasovi in spreminja se avtohtono rastje

⁵⁷ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si

⁵⁸ Študentka, Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko, Jadranska 19, 1000 Ljubljana

⁵⁹ Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

⁴ Doc. dr., isti naslov, e-pošta: tjasa.pogacar@bf.uni-lj.si

(IPCC, 2014). Prilagajanje kmetijstva na te spremembe poteka počasi in postopoma, zato sta pravočasna analiza že opaženih sprememb in ocena bodočih ključni za ocene tveganj in strategije prilagajanja v kmetijstvu (ARSO, 2017). Podnebne spremembe in njihove posledice so opazne tudi v Sloveniji, med drugim je značilen dvig temperature zraka na vseh območjih v Sloveniji, zmanjšuje se število hladnih dni, višina novega snega in trajanje snežne odeje (ARSO, 2010). O vplivu podnebnih sprememb na spremembe v višini snežne odeje in posledicah za tla so v zadnjih letih poročali številni avtorji (Groffman in sod., 2001; Mellander in sod., 2007; Brown in Mote, 2009). V kmetijstvu so poleg razmer v rastni dobi zelo pomembne tudi zimske razmere, v zadnjih desetletjih je za Slovenijo značilen dvig zimske temperature zraka in upad zimske višine padavin, pri čemer se manjša delež snega v zimskih padavinah. Ekstremno nizke zimske temperature lahko povzročijo škodo v kmetijstvu, npr. pri ozimnih žitih (Vico in sod., 2014), vplivajo na preživetje škodljivcev in povzročiteljev bolezni (Gornall in sod., 2010), nekatere kmetijske rastline, npr. sadno drevje, pa za normalno rast in cvetenje v naslednji rastni dobi potrebujejo določeno obdobje zimskih nizkih temperatur zraka. Snežna odeja zaradi svojih izolacijskih lastnosti zmanjšuje izpostavljenost rastlin ekstremno nizkim temperaturam. Pri temperaturi zraka pod $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ in 0,5 m debeli snežni odeji, temperatura tal ostane nad $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Trnka in sod., 2010), kar je še posebno pomembno za prezimovanje ozimnih žit (Vico in sod., 2014). Prisotnost/odsotnost snežne odeje vpliva tudi na številne druge spremenljivke kot npr. na toplotni režim tal zaradi spremenjene odbojnosti, izmenjavo CO_2 z atmosfero, mikrobiološke lastnosti tal (Tan in sod., 2013), kroženje vode v tleh (Wimmerova in sod., 2017), globino zmrzovanja tal (Li in sod., 2016) in vodno bilanco tal zaradi taljenja ledu spomladi (Kobold, 2009). Ker je let, ko sneg obleži dolgo v pomlad, pri nas vse manj, so posevki žit manj ogroženi zaradi snežne plesni (Urbančič Zemljič in Žerjav, 2009). Napovedi kažejo, da se bodo spremembe minimalnih temperatur zraka in tal ter višine snežne odeje v Sloveniji še nadaljevale (ARSO, 2018a), zato je pomembno, da poznamo sedanje stanje teh spremenljivk.

Namen našega dela je bil za 5 mesecev v hladni polovici leta (1. 11.–31.03.) v obdobju 1961–2017 analizirati minimalne dnevne temperature zraka, letno število dni s snežno odejo ter skupno višino novozapadlega snega za postaje Ljubljana Bežigrad, Rateče, Planina pod Golico, Vojsko, Krvavec in Kredarica.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Za pet mesecev v hladni polovici leta (1. november – 31. marec) v obdobju 1961–2017 smo primerjali minimalne dnevne temperature zraka ($T_{\min}$), letno število dni s snežno odejo ter skupno višino novozapadlega snega. Dan s snežno odejo je dan, ko je bilo na meteorološki postaji ob 7. uri zjutraj najmanj 1 cm snežne odeje, skupna višina novozapadlega snega pa je seštevek višin novozapadlega snega za vse dneve s sneženjem (ARSO, 2018b). Obravnavali smo naslednje postaje: Ljubljana Bežigrad ($z = 299\text{m}$), Rateče ($z = 864\text{m}$), Planina pod Golico ($z = 957\text{m}$), Vojsko ($z = 1067\text{m}$), Krvavec ($z = 1742\text{m}$) in Kredarica ($z = 2513\text{m}$), ki imajo dolgoleten kvaliteten niz podatkov. Vse postaje razen Ljubljane imajo zaradi večjih nadmorskih višin relativno dolgo trajanje snežne odeje in veliko višino snežnih padavin, zato so tu trendi izrazitejši kot na nižjih nadmorskih višinah. Podatke smo pridobili iz arhiva Agencije RS za okolje (ARSO, 2018). Obdobje smo razdelili na posamezna desetletja, za katera smo primerjali povprečne vrednosti minimalnih temperatur, predstavljene pa so tudi absolutno najnižje in najvišje minimalne temperature. Podatke o snegu smo primerjali na letni časovni skali. Na postaji Planina pod Golico so manjkajoče meritve leta 1961 ter v obdobjih 1969–1976 in 2014–2017, na postaji Krvavec pa za leta 1972, 1973, 2012, 2013 in 2016.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Minimalne temperature zraka

Povprečna vrednost T_{min} v Ljubljani (preglednica 1) je narastla z $-1,5^{\circ}\text{C}$ v obdobju 1961–70 na $1,1^{\circ}\text{C}$ v obdobju 2011–17. Vrednosti T_{min} so se gibale na intervalu med $-20,3^{\circ}\text{C}$ in 15°C , najnižja 10-letna vrednost se je povečala za okoli 7°C , opazna pa so velika nihanja med posameznimi obdobji. Povprečna vrednost T_{min} na postaji Rateče je bila najnižja v prvem desetletju ($-6,6^{\circ}\text{C}$), najvišja pa v zadnjem obdobju ($-4,1^{\circ}\text{C}$) in je bila za $1,4^{\circ}\text{C}$ višja od povprečja T_{min} za celotno preučevano obdobje. Najnižja vrednost, $-26,4^{\circ}\text{C}$, je bila izmerjena 7. januarja 1985, tega dne je bila najnižja tudi vrednost povprečne T_{min} . V istem obdobju je bila najnižja tudi najvišja vrednost T_{min} : $7,1^{\circ}\text{C}$. Na Planini nad Golico so se povprečne vrednosti T_{min} v prvih 30 letih obravnavanega obdobja zmanjševale do povprečne vrednosti $-4,4^{\circ}\text{C}$, zatem pa začele naraščati. Najnižje T_{min} so bile med -17°C in $-22,4^{\circ}\text{C}$, najvišje pa med $6,3^{\circ}\text{C}$ in $11,0^{\circ}\text{C}$. Na Vojskem so se povprečne T_{min} z najnižje vrednosti $-3,8^{\circ}\text{C}$ v prvem desetletju zvišale na $-1,9^{\circ}\text{C}$ v zadnjem obdobju. V prvem tridesetletnem obdobju so bile najnižje T_{min} med -20 in $-20,5^{\circ}\text{C}$, v obdobjih po letu 1990 pa opazimo naraščanje do najvišje vrednosti, $-17,6^{\circ}\text{C}$. Pri najvišjih vrednostih opazimo velika nihanja med zaporednimi obdobji. Za razliko od preostalih vrednosti so se najvišje T_{min} od začetka do konca obravnavanega obdobja znižale za $1,5^{\circ}\text{C}$.

Na Krvavcu je povprečna T_{min} znašala $5,4^{\circ}\text{C}$, prek različnih obdobj so povprečne vrednosti ves čas nihale, absolutno gledano so povprečne T_{min} narastle za $2,4^{\circ}\text{C}$. Najnižje T_{min} so bile v danem obdobju nižje od -20°C , najvišje T_{min} pa višje od 5°C . Najnižjo T_{min} , $-23,2^{\circ}\text{C}$, so izmerili 5. marca 1971, najnižjo vrednost najvišje T_{min} , $5,7^{\circ}\text{C}$, pa so izmerili 9. novembra 1966. Na Kredarici so se povprečne T_{min} zvišale za $2,3^{\circ}\text{C}$. Najnižje T_{min} so se gibale v intervalu med $-28,3^{\circ}\text{C}$ in $-25,0^{\circ}\text{C}$, najvišje T_{min} pa v intervalu od $4,4^{\circ}\text{C}$ in $6,6^{\circ}\text{C}$.

3.2 Snežna odeja

Obravnavani meseci (1. 11. - 31. 3.) obsegajo 151 dni na leto, oziroma 152 dni, če je leto prestopno. Na spodnjih grafih (slika 1) je prikazano letno število dni s snežno odejo in višina novozapadlega snega. Pričakovano je najmanj dni s snežno odejo v Ljubljani, največ pa na Kredarici; enako velja pri višini novozapadlega snega.

V Ljubljani je bilo v obdobju 1961–2017 na leto v povprečju 51 dni s snežno odejo. Najmanj takih dni je bilo leta 1989, ko je sneg padal le dvakrat (23. in 26. novembra), zato je bila tudi skupna višina snežne odeje to leto najnižja in je znašala le 2 cm. Povprečna letna skupna višina novozapadlega snega je merila 89,5 cm, največ skupnega novozapadlega snega pa je bilo leta 2010 (2,3 m). Pred letom 1989 je bilo v povprečju 64 dni oziroma dva meseca s snežno odejo, po letu 1989 ali v drugi polovici obravnavanega obdobja pa samo še 39 dni. V prvi polovici obdobja je znašala povprečna skupna višina novozapadlega snega 112 cm na leto, v drugi polovici pa samo še 67 cm na leto.

Na postaji Rateče je bilo v obdobju 1961–2017 v povprečju 112 dni s snežno odejo na leto oziroma več kot tri mesece so bila tla prekrita s snegom, povprečna skupna višina novozapadlega snega je znašala 2,5 m na leto. V drugi polovici obdobja se je število dni s snežno odejo in skupna višina novozapadlega snega zmanjšala. Do leta 1990 je število dni s snežno odejo znašalo 123 dni in povprečna skupna višina novozapadlega snega skoraj 3 metre. V drugi polovici obdobja pa smo imeli 101 dan s snežno odejo in 2 m povprečne skupne višine novozapadlega snega.

Preglednica 1: 10-letne najnižje, povprečne in najvišje vrednosti minimalnih dnevnihih temperatur zraka za 6 meteoroloških postaj v obdobju 1961–2017, za obdobje 2011–17 so vrednosti 7-letne

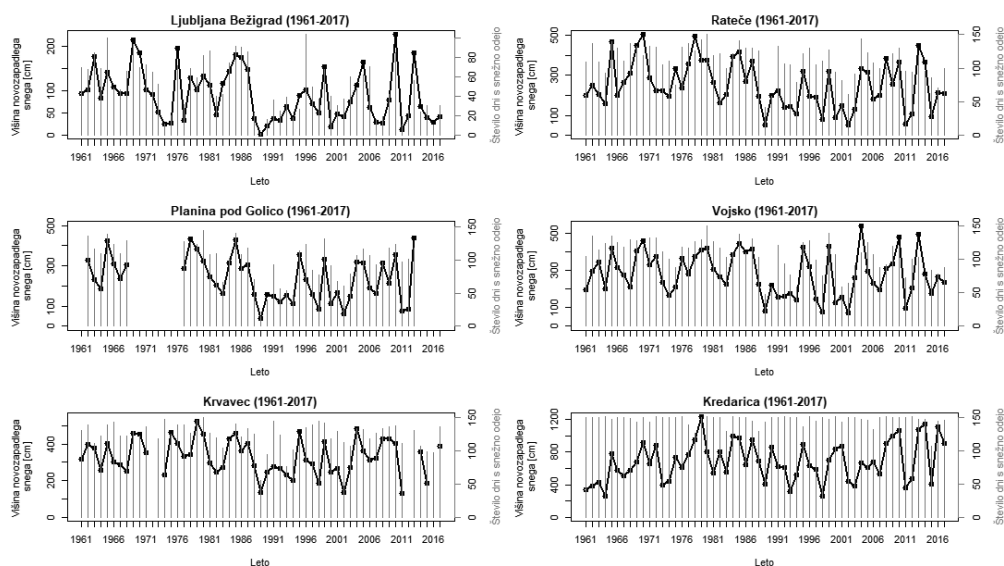
	Tmin	1961–70	1971–80	1981–90	1991–00	2001–10	2011–17
Ljubljana Bežigrad	min	-20,2	-16,0	-20,3	-14,6	-16,2	-13,3
	povprečje	-1,5	-0,5	-1,3	-0,1	0,3	1,1
	max	14,6	12,5	13,0	15,0	13,4	14,5
Rateče	min	-24,8	-22,7	-26,4	-20,8	-24,3	-19,0
	povprečje	-6,6	-5,5	-6,2	-5,0	-5,1	-4,1
	max	10,2	9,6	7,1	10,6	10,8	9,8
Planina pod Golico	min	-20,2	-19,6	-22,4	-20,5	-19,0	-17,0
	povprečje	-4,0	-3,8	-4,3	-3,2	-3,0	-2,8
	max	11,0	6,3	7,4	9,9	10,5	9,5
Vojsko	min	-20,5	-20,0	-20,5	-18,7	-17,8	-17,6
	povprečje	-3,8	-3,0	-3,3	-2,8	-3,1	-1,9
	max	10,9	9,0	9,1	8,9	11,1	9,4
Krvavec	min	-21,1	-23,2	-21,6	-22,5	-20,5	-21,8
	povprečje	-6,5	-5,5	-5,5	-5,0	-5,3	-4,1
	max	5,7	8	7,5	9,6	10,5	10,2
Kredarica	min	-28,0	-28,1	-28,3	-26,3	-25,8	-25,0
	povprečje	-10,2	-9,2	-9,3	-8,5	-9,0	-7,9
	max	4,4	6,2	5,4	6,2	6,6	6,4

Planina pod Golico je bila v povprečju 100 dni na leto prekrita s snežno odejo, povprečna skupna višina novozapadlega snega pa je znašala 2,4 m na leto. Največ, 144 dni, je bila prekrita s snežno odejo leta 1980, najmanj (14 dni) pa leta 1989. Povprečna višina novozapadlega snega je v prvi polovici obravnavanega obdobja znašala 2,8 m, v drugi polovici pa 2 m. Število dni s snežno odejo v prvi polovici obdobja znaša 111 dni, v drugi polovici pa malo manj kot 92 dni.

V obravnavanem obdobju je bilo na Vojskem v povprečju 106 dni s snežno odejo. Letna povprečna skupna višina novozapadlega snega je znašala 2,8 m. Leta 1980 je bilo največ dni s snežno odejo (150 dni), leta 1989 pa najmanj (47 dni). V obdobju 1961–1989 je bilo v povprečju 120 dni na leto s snežno odejo, skupna višina novozapadlega snega je znašala 3,2 m na leto. V obdobju 1990–2017 je bilo v povprečju 93 dni s snežno odejo, povprečna letna skupna višina novozapadlega snega pa je bila 2,5 m.

Na Krvavcu je bilo v povprečju 125 dni s snežno odejo, skupna višina novozapadlega snega pa je v povprečju na leto znašala 3,3 m. Najmanj dni s snežno odejo je bilo leta 1989 (57 dni), največ pa leta 1980 (150 dni). Skupno največ novozapadlega snega je bilo leta 1979 (5,2 m), najmanj pa leta 2011 (1,3 m). V prvi polovici obdobja je bilo v povprečju 127 dni na leto s snežno odejo, skupna povprečna višina novozapadlega snega pa 3,5 m na leto. V drugi

polovici je bilo 122 dni na leto v povprečju prekritih s snežno odejo, skupna višina novozapadlega snega pa je v povprečju na leto znašala malo več kot 3 m.



Slika 1: Višina novozapadlega snega (stolpci) in število dni s snežno odejo za 6 meteoroloških postaj v obdobju 1961–2017

Na najvišje ležeči postaji, Kredarici, je bilo v obravnavanem obdobju v povprečju 147 dni s snežno odejo, povprečna skupna višina novozapadlega snega je znašala 6,8 m. Število dni s snežno odejo je v prvi polovici obdobja znašalo 147,4 dni, v drugi polovici pa 146,8 dni. Povprečna višina novozapadlega snega je bila v prvi polovici obdobja 6,81 m, v drugi polovici pa 6,84 m. Med letoma 1961 in 2017 je bilo na tej postaji 34 let, ko so bili vsi dnevi v obravnavanih mesecih dnevi s snežno odejo. Leta 1979 je bila najvišja skupna višina novozapadlega snega (12,4 m), leta 1998 pa najnižja (2,5 m). V danem obdobju je bilo še 5 let (1984, 2010, 2013, 2014 in 2015), ko je bila letna skupna višina novozapadlega snega nad 10 m.

Spremembe minimalnih temperatur zraka, ki so jih ugotovili tudi v drugih raziskavah v Sloveniji (ARSO, 2010) in drugod po svetu (IPCC, 2014), imajo številne posledice za kmetijstvo, vplivajo npr. na spremenjen razvoj bolezni in škodljivcev (Evans et al., 2008; Gornall in sod, 2010), na temperaturo tal, dolžino rastne dobe, na nevarnost spomladanskih pozeb (ARSO, 2010; ARSO, 2018a). Na snežne padavine in snežno odejo vplivajo tako temperaturne kot padavinske razmere v hladnem delu leta. V raziskavi za obdobje 1950–2009 so za Slovenijo ugotovili značilno zmanjševanje višine novega snega na vseh postajah, ki je bilo posledica zmanjševanja višine padavin in naraščanja temperature pozimi, manj novega snega in milejše zime na vseh postajah so imele za posledico tudi krajše obdobje, ko so tla pokrita s snežno odejo (ARSO, 2010). V naši raziskavi sprememb v snežni odeji za Kredarico nismo ugotovili, proučevanje daljšega časovnega obdobja (1852–2010) pa je pokazalo, da je na Kredarici manjša povprečna višina snega v zadnjih 30 letih glede na 130-letno obdobje pred tem. Snežna odeja (trajanje in višina) kot zaščita pred nizkimi temperaturami ima velik pomen za prezimovanje kmetijskih rastlin (Vico in sod., 2014) in je hkrati pomembna

komponenta vodnega cikla (Wimmerova in sod., 2017). Ker napovedi kažejo, da se bodo že dokazani trendi minimalnih temperatur zraka in značilnosti snežne odeje nadaljevali (Mellander in sod., 2007; Brown in Mote, 2009; IPCC, 2014; ARSO, 2018a), so na tem področju potrebne nadaljnje raziskave hkrati z upoštevanjem posameznih kmetijskih rastlin in njihovih sposobnosti aklimatizacije.

4 SKLEPI

Analiza minimalnih dnevnih temperatur zraka (T_{min}), letnega števila dni s snežno odejo in skupne višine novozapadlega snega za 5 mesecev v hladni polovici leta (01.11.-31.03.) v obdobju 1961-2017 za postaje Ljubljana-Bežigrad, Rateče, Planina pod Golico, Vojsko, Krvavec in Kredarica je pokazala, da so na vseh postajah povprečne T_{min} v zadnjem obdobju glede na začetno višje, spremembe pa znašajo od 1,2 °C za Planino pod Golico do 2,6 °C za Ljubljano. Za Ljubljano lahko del tega povečanja pripišemo širitvi mesta (Komac in sod., 2016). Na nižje ležečih postajah je po letu 1990 opazno zmanjšanje letnega števila dni s snežno odejo, ki znaša na postaji Planina pod Golico 19 dni, v Ratečah 22 dni, v Ljubljani 25 dni in na Vojskem 27 dni. Skupna višina novozapadlega snega se je zmanjšala na teh postajah za 30-40 %. Na Krvavcu je v zadnjem obdobju letno 5 sneženih dni manj, večje pa je zmanjšanje višine novozapadlega snega (15 %). Na Kredarici je v večini let v obravnavanem obdobju neprekinjena snežna odeja, spremembe pa niso opazne niti v višini novozapadlega snega niti v številu dni s snežno odejo. Spremenjene zimske razmere neposredno in posredno vplivajo na številne kmetijske dejavnike. Zaradi trenda upadanja višine snežne odeje in količine novega snega so rastline bolj izpostavljene ekstremno nizkim temperaturam, kar je še posebno pomembno za prezimovanje ozimnih žit. Odsotnost snežne odeje povzroči, da pri nižjih temperaturah tla zamrznejo prej in v večjo globino, ob otoplitvah pa zgornji del tal hitreje odmrzne, kar lahko povzroča poškodbe drobnih korenin. Sneg v gorah in na višje ležečih predelih je dejansko zamrznjen vodni zbiralnik, ki spomladi ob taljenju snega prispeva pri nas velik delež vode, potrebne za rast kmetijskih rastlin. Ker napovedi kažejo, da se bodo spremembe minimalnih temperatur zraka in tal ter višine snežne odeje v Sloveniji še nadaljevale, je v bodoče potrebno še naprej spremljati trende teh spremenljivk.

5 LITERATURA

- ARSO, 2010. Spremenljivost podnebja v Sloveniji. Ministrstvo za okolje in prostor, Dolinar, M. (Ured.), 12 str.
- ARSO, 2017. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21.stoletja: Povzetek temperaturnih in padavinskih povprečij. Ministrstvo za okolje in prostor, 17 str.
- ARSO, 2018a. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21.stoletja: Povzetek dejavnikov okolja z vplivom na kmetijstvo in gozdarstvo. Ministrstvo za okolje in prostor, 31 str.
- ARSO, 2018b. Arhiv meteoroloških podatkov, izpis iz baze podatkov za obdobje 1961-2017. Dostopno na: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/>
- Brown, R.D., Mote, P.W. 2009. The response of Northern Hemisphere snow cover to a changing climate. *Journal of Climate*, 22: 2124-2145
- Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K., Wiltshire, A. 2010. Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 365: 2973-2989
- Groffman, P.M., Driscoll, C.T., Fahey, T.J., Hardy, J.P., Fitzhugh, R.D., Tierney, G.L. 2001. Colder soils in a warmer world: A snow manipulation study in a northern hardwood forest ecosystem. *Biogeochemistry*, 56: 135-150

- IPCC, 2014. Climate Change 2014, Synthesis Report. Contribution of WG I, II and III to the 5th AR of the IPCC. Core Writing Team, Pachauri, R.K., Meyer, L.A. (Ured.). IPCC, Geneva, Switzerland, 151 str.
- Kobold, M. 2009. Vpliv podnebnih sprememb na ekstremne hidrološke pojave. *Ujma*, 23: 128-135
- Komac, B., Ciglič, R., Loose, A., Pavšek, M., Čermelj, S., Oštir, K., Kokalj, Ž., Topole, M. 2016. Urban heat island in the Ljubljana city. Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario, 323-344
- Mellander, P., Lofvenius, M.O., Laudon, H. 2007. Climate change impact on snow and soil temperature in boreal Scots pine stands. *Climate Change*, 89: 179-193
- 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
- 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
- Trnka, M., Kocmankova, E., Balek, J. in sod. 2010. Simple snow cover model for agrometeorological applications, *Agricultural and Forest Meteorology*, 150: 1115-1127
- 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, <https://www.researchgate.net/publication/322505489>

Analiza pojavljanja obdobj z visokimi temperaturami zraka v Sloveniji

Tjaša POGAČAR⁶⁰, Valerij KATKIĆ⁶¹, Lučka KAJFEŽ BOGATAJ⁶² in Zalika ČREPINŠEK⁶³

Izvleček

Analize vročinskih valov za Slovenijo kažejo izrazite spremembe v njihovi dolžini, intenzivnosti, pogostnosti in časovnem razponu, število vročih dni se bo po projekcijah podnebnih sprememb povečalo. V kmetijstvu se vročinski stres kaže na različne načine, za rastline so pomembni temperaturni pragovi, nad katerimi se zmanjša fotosinteza, rast, razvoj in končni pridelek. Za Ljubljano in Portorož smo analizirali število ur s temperaturami zraka nad pragovi 26, 27, 28, 30 in 35 °C in pripadajoče temperaturne vsote v obdobju 1961–2017. Naraščanje vrednosti je za obe spremenljivki visoko statistično značilno (prag 35 °C ni bil obravnavan). Na obeh lokacijah je bilo največ ur temperaturnega presežka leta 2003, razen za prag 35 °C. Sledijo leta 2012, 2013, 2015 in 2017. V Ljubljani smo pri pragu 28 °C leta 1988 prvič presegli 200 ur, pozneje pa manj od 100 ur le trikrat (1989, 1996, 1997); v Portorožu je bil temperaturni prag 30 °C po letu 1992 velikokrat presežen v več kot 100 urah, prag 35 °C pa pred letom 1994 le enkrat, pozneje pa kar 11-krat. Statistično značilno naraščanje temperaturnih vsot jasno kaže na potrebo po nadaljnjih raziskavah po posameznih fenofazah rastlin, predvsem v interakciji s pomanjkanjem vode v tleh.

Gljučne besede: vročinski stres, zgornji temperaturni prag, temperaturna vsota, poljščine

The analysis of the occurrence of high air temperatures periods in Slovenia

Abstract

Analyses of heat waves in Slovenia showed important changes in their duration, intensity, frequency and time span; according to climate change projections, the number of hot days is going to increase. Temperature thresholds above which photosynthesis, growth, development and final yield is reduced are important to understand. The number of hours above temperature thresholds of 26, 27, 28, 30 and 35°C and representative temperature sums were analyzed for Ljubljana and Portorož in the period 1961–2017. Increasing of both variables is high statistically significant (threshold of 35°C was not included). The highest number of hours above thresholds was at both locations in the year 2003 (the exception is the threshold of 35°C), followed by the years 2012, 2013, 2015 and 2017. In Ljubljana was in the year 1988 for the threshold of 28°C for the first time the number of hours higher than 200; in the following years the number was lower than 100 hours only in three years (1989, 1996, 1997); in Portorož the threshold of 30°C was after 1992 overreached in more than 100 hours per year, the threshold of 35°C before 1994 once, and afterwards 11-times. There is a need for further research in interaction with soil moisture deficit and phenology.

Keywords: heat stress, upper temperature threshold, temperature sum, crops

1 UVOD

Globalno segrevanje se kaže poleti tudi v obliki spremenjenih lastnosti vročinskih valov. Medvladni panel za podnebne spremembe je v poročilu (IPCC, 2014) prikazal, da bo v prihodnje pogostost ekstremnih dogodkov naraščala, mednje pa sodijo tudi vročinski valovi.

⁶⁰ Dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta:

tjasa.pogacar@bf.uni-lj.si

⁶¹ Študent, Fakulteta za matematiko in fiziko, Jadranska 19, 1000 Ljubljana, e-pošta:

valerij.katkic@student.fmf.uni-lj.si

⁶² Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta:

lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

⁶³ Doc. dr., isti naslov, e-pošta: zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si

Analize vročinskih valov v Sloveniji (Pogačar in sod., 2018a) kažejo izrazite spremembe predvsem po letu 1990, ko za celinski in primorski del države velja, da nastopi vročinski val praktično vsako leto, bolj značilno večkrat letno. Začetki so se premaknili v zgodnji junij in zadnji vročinski valovi v pozni avgust ali celo september. Predvsem po letu 2000 so vročinski valovi daljši in izrazitejši, kar pomeni, da so povprečne in najvišje dnevne temperature zraka višje.

V kmetijstvu imajo visoke temperature zraka velik pomen, saj povzročajo vročinski stres rastlinam, živalim in delavcem v kmetijstvu. Ne samo, da se zaradi vročinskega stresa pri ljudeh pojavlja slabše počutje in negativni vpliv na zdravstveno stanje, neposredno je povezan z izgubo produktivnosti delovne sile (Ioannou in sod., 2017; Nybo in sod., 2017). Pri poljščinah se globalno napoveduje, da lahko naraščanje števila vremenskih ekstremov, vključno z zelo visokimi temperaturami zraka, vodi v ogromne izgube velikosti pridelkov, saj imajo visoke temperature širok spekter vplivov na rastline - tako na fiziološke in biokemične procese, ki vplivajo na rast in razvoj, kot tudi na izkoristek genetskega potenciala določenega genotipa rastlin (Bitá in Gerats, 2013). Poskusi so, na primer, že pokazali, da že kratkotrajna izpostavljenost vročinskemu stresu lahko povzroči dolgoročne učinke na strukturo rastlinskega sestoja, dinamiko rasti in razvoja, biodiverzitetu in delovanje kopenskih ekosistemov (Wang in sod., 2016). Ni pa nujno, da bo tudi v Evropi negativen vpliv vročinskega stresa prevladal nad pozitivnimi vplivi naraščanja temperature – Bitá in Gerats (2013) ocenjujeta, da bi se pridelki poljščin tu na skupni ravni lahko povečali za 10 do 30 %.

Temperaturni prag (zgornji) pomeni določeno najvišjo temperaturo zraka, nad katero so fotosinteza, rast in razvoj rastline zmanjšani ali pa se celo prenehajo. Za fotosintezo pri koruzi je optimalna temperatura med 33 in 38 °C (Crafts Brandner in Salvucci, 2002), a so za preživetje cvetnega prahu nevarne temperature nad 35 °C. Supit in sod. (2010), sicer navajajo nižje optimalne temperature za fotosintezo koruze – med 20 in 30 °C. Za polnjenje zrnja pri pšenici so optimalne temperature okoli 21 °C in najvišje 35 °C (Porter in Gawith, 1999). Optimalna temperatura za razvoj in dozorevanje plodov pri paradižniku je 26 °C (Adams in sod., 2001). Za fotosintezo pri optimalni osvetljenosti so optimalne temperature za sončnice 20 do 30 °C, za ječmen in oljno ogrščico od 10 do 30 °C, za pšenico 15 do 25 °C in za krompir 15 do 20 °C. Fotosinteza se pri krompirju zmanjša za polovico pri 29 °C in preneha pri 33 °C, pri pšenici sta ta dva pragova 30 in 35 °C, pri ječmenu in oljni ogrščici 32,5 in 35 °C in pri koruzi in sončnicah pri temperaturah, višjih od 40 °C (Supit in sod., 2010).

V Sloveniji ob naraščanju poletnih temperatur zraka vedno pogosteje izmerimo vrednosti nad 30 °C, pa tudi že nad 35 °C. Take temperature lahko nekaterim poljščinam že povzročajo vročinski stres, za druge, kot je koruza, pa so razmere ob zadostni preskrbljenosti z vodo optimalne. V prispevku smo želeli predstaviti, kako so po mesecih porazdeljene temperaturne vsote in število ur nad določenim temperaturnim pragom ter kakšne spremembe so opažene v zadnjih letih.

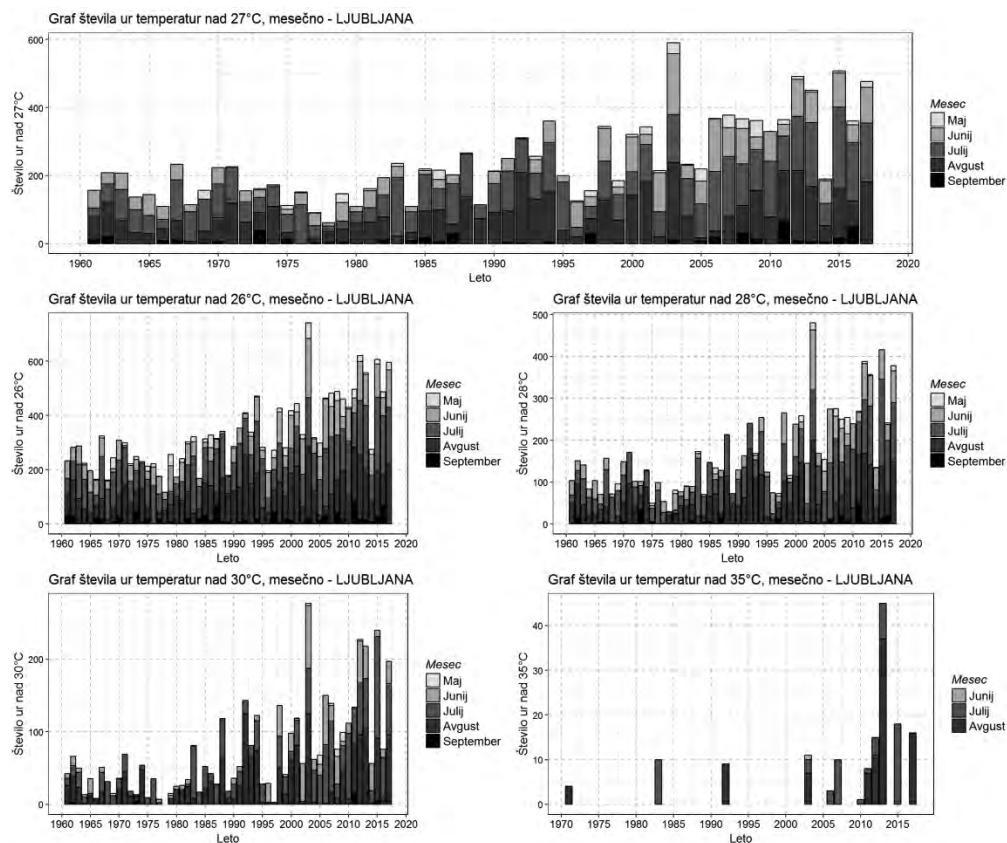
2 MATERIAL IN METODE DELA

Vročinske valove navadno obravnavamo na dnevni časovni skali, za ta prispevek pa smo si natančneje ogledali, kakšni so urni temperaturni presežki nad različnimi temperaturnimi pragovi. Podatke za dve lokaciji (Ljubljana in Portorož) smo pridobili iz arhiva Agencije RS za okolje, kjer so za tako dolgo obdobje na voljo samo za nekaj postaj, tako da ni bilo možnosti za uporabo postaje na bolj kmetijskem območju. V programu R smo analizirali urne izmerjene temperature zraka nad pragovi 26, 27, 28, 30 in 35 °C v obdobju 1961–2017 (manjkajoče leto 1992 za Portorož). Delo z urnimi podatki je precej zahtevnejše, saj

uporabimo za dolgoletna obdobja ogromno število podatkov (za toplejšo polovico leta v 57-letnem obdobju je to okoli 250 000 vrednosti). Za izračun temperaturnih vsot smo sešteli pozitivna odstopanja od temperaturnega praga za posamezno leto. Linearni časovni trend smo določili po metodi Theil-Sen, ki jo uporablja tudi Agencija RS za okolje, saj je znana po zanesljivih rezultatih za asimetrične in heteroskedastične ostanke linearne regresije, a je hkrati le malo manj zanesljiva v primerih, ko so izpolnjene vse predpostavke za uporabo metode najmanjših kvadratov. Trenda nismo računali za prag 35 °C, kjer tako pri številu ur kot pri temperaturnih vsotah v celotnem obdobju prevladujejo vrednosti 0.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

V Ljubljani (slika 1) je bilo največ ur temperaturnega presežka leta 2003, to pri najnižjem pragu, 26 °C, pomeni preko 700 ur, pri 27 °C skoraj 600 ur, pri 28 °C blizu 480 ur, pri 30 °C okoli 280 ur in pri 35 °C le 11 ur.



Slika 1: Število ur nad posameznim pragom po letih v Ljubljani v obdobju 1961–2017

Z nekoliko nižjimi vrednostmi sledijo leta 2012, 2013, 2015 in 2017, v katerih pa je bil prag 35 °C presežen dlje kot leta 2003, torej so bile večkrat dosežene zelo visoke temperature zraka. Najbolj izstopa leto 2013, ko je bilo kar 45 ur nad tem pragom. Pragova 26 in 27 °C sta praktično v vseh letih presežena že v maju in še v septembru. Pri pragu 28 °C se že kaže, da je

v zadnjih letih (po letu 2000) večkrat presežen v maju kot v preteklih letih, enako velja za prag 30 °C, ki je sicer v septembru in maju le redko presežen. Na grafu za prag 35 °C pa je lepo vidno, da tako visoke temperature zraka pretežno nastopijo v avgustu. Pred letom 2000 se je to od leta 1961 dalje zgodilo le v treh letih, po letu 2000 pa kar v devetih letih, kar jasno kaže na vpliv podnebnih sprememb na ekstremne vremenske dogodke. Segrevanje je opazno tudi pri nižjih pragovih, kjer smo recimo pri pragu 28 °C leta 1988 prvič presegli 200 ur (prej med 50 in 150 ur), pozneje pa manj od 100 ur le trikrat (1989, 1996, 1997), vsote nad 200 ur pa so postale povsem običajne. Izračunani koeficienti linearnega časovnega trenda (preglednica 1) hipotezo o povečevanju števila ur nad posameznim pragom potrjujejo z visoko statistično značilnostjo (za vse primere je $p < 0,01$). Največje je naraščanje pri pragu 26 °C (5,8 ur na leto), po vrsti sledijo koeficienti pri višjih pragovi: 4,9 ur/leto pri pragu 27 °C, 3,6 ur/leto pri pragu 28 °C in 1,8 ur/leto pri pragu 30 °C.

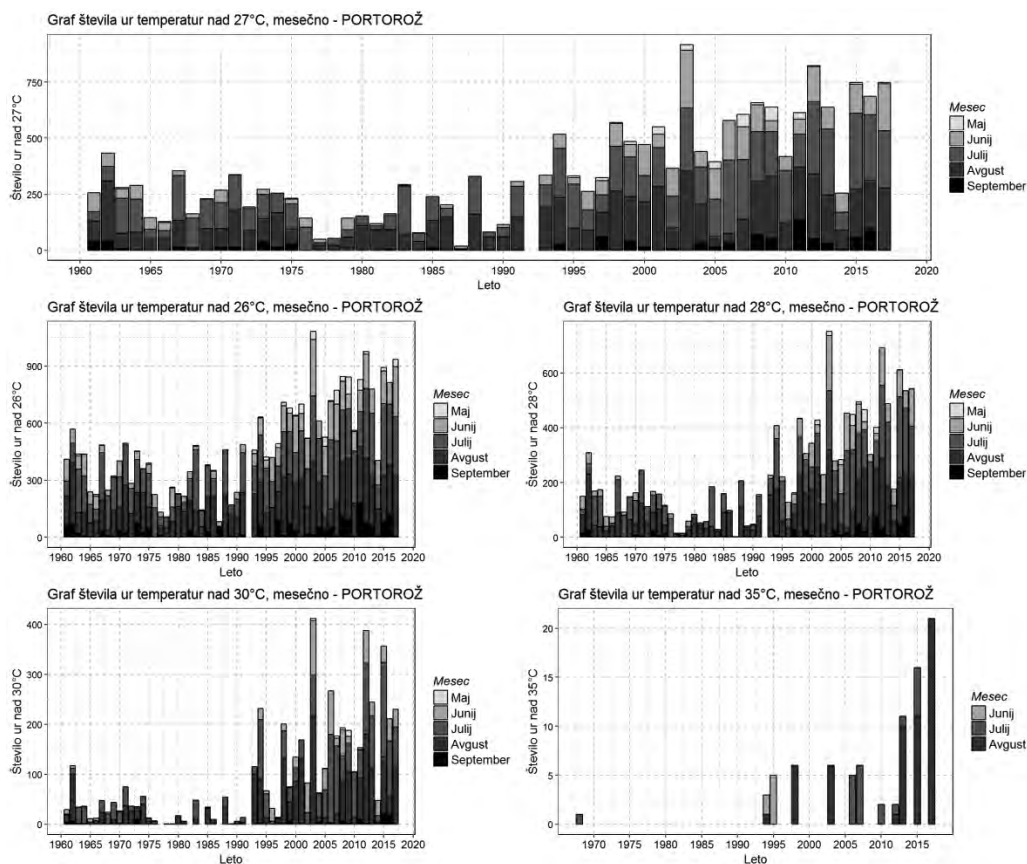
Preglednica 1: Koeficienti linearnega časovnega trenda (k) po metodi Theil-Sen za število ur in temperaturno vsoto nad posameznim pragom v Ljubljani in Portorožu v obdobju 1961–2017 ($p < 0,01$)

Lokacija	Temperaturni prag	26 °C	27 °C	28 °C	30 °C
Ljubljana	k (število ur/leto)	5,8	4,9	3,6	1,8
	k (temperaturna vsota: °C/leto)	18,2	13,1	8,6	2,8
Portorož	k (število ur/leto)	10,1	9,0	6,2	3,3
	k (temperaturna vsota: °C/leto)	33,7	22,7	14,1	4,4

Podoben je vzorec razporeditev ur s preseženimi temperaturnimi pragovi v Portorožu (slika 2), le da so temperature zraka tam v splošnem višje, zato so še posebej nižji pragovi veliko večkrat preseženi. Leta 2003 za prag 26 °C to pomeni preko 1050 ur, za prag 27 °C 830 ur, za prag 28 °C okoli 750 ur in dobrih 400 ur za prag 30 °C. Kljub na splošno višjim temperaturam kot v Ljubljani pa je bilo nad pragom 35 °C le 6 ur, torej pol manj kot v Ljubljani. Podobno sledijo leta 2012, 2015 in 2017, medtem ko leto 2013 v Portorožu po številu ur nad nižjim pragovi ne izstopa tako kot našeta leta, je pa kljub temu z 11 urami nad pragom 35 °C tretje po vrsti.

V Portorožu gre izrazito spremembo – povečanje števila ur nad posameznim pragom po letu 1992 pripisati tudi spremembi lokacije meteorološke postaje. Kljub temu pa lahko glede na trend v Ljubljani del sprememb pripišemo dvigu temperatur zraka zaradi podnebnih sprememb, analiza pa je presplošna, da bi ta del točno določili, kar tudi ni namen naše raziskave. Na tej lokaciji se temperature nad pragom 26 in 27 °C redno pojavljajo v septembru, v maju pa za razliko od Ljubljane manj, le v drugi polovici obravnavanega obdobja. Tudi tu pa velja, da so najvišje vrednosti dosežene v avgustu. Temperaturni prag 30 °C je po letu 1992 velikokrat presežen v več kot 100 urah, prag 35 °C pa pred letom 1994 le enkrat, pozneje pa kar 11-krat.

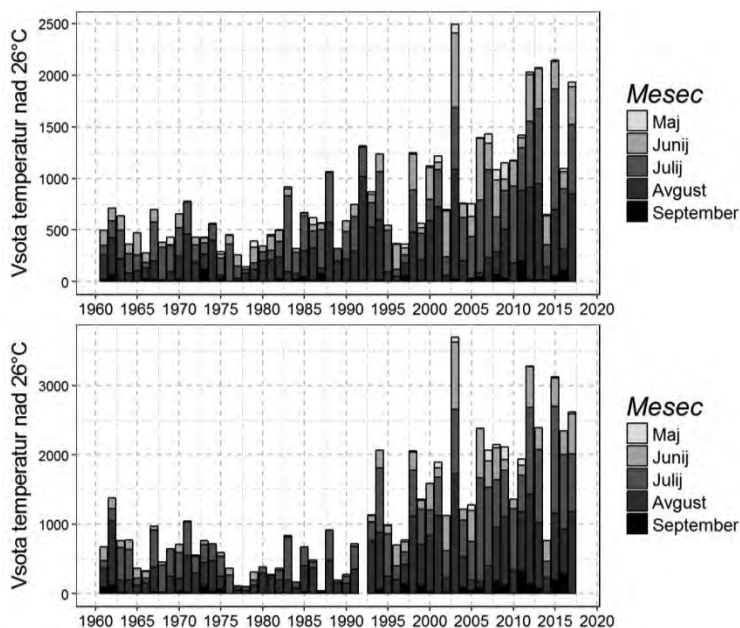
Koeficienti linearnega časovnega trenda za število ur nad posameznim pragom so v Portorožu dvakrat večji kot v Ljubljani in prav tako visoko statistično značilni. Tu je torej naraščanje števila ur nad posameznim pragom z leti precej intenzivnejše: 10,1 ur/leto za prag 26 °C, 9,0 ur/leto za 27 °C, 6,2 ur/leto za 28 °C in 3,3 ur/leto za 30 °C (preglednica 1).



Slika 2: Število ur nad posameznim pragom po letih v Portorožu v obdobju 1961–2017

Temperaturne vsote nad 26 °C so v Ljubljani (slika 3 zgoraj) v obravnavanem obdobju presegle 2000 °C leta 2003, 2012, 2013 in 2015, sledijo leta s temperaturno vsoto med 1000 in 1500 °C, ki so prav vsa nastopila od leta 1988 dalje. Vsote pod 500 °C so se pred tem letom pogosto pojavile, po njem pa le v letih 1989, 1996 in 1997. Meseca maj in september doprineseta k temperaturnim vsotam zelo malo, največji je prispevek avgusta. Naraščanje temperatur je tudi pri vsotah zelo očitno, spet ga potrjujejo visoko statistično značilni koeficienti linearnega časovnega trenda (preglednica 1), ki si sledijo od praga 26 °C (18,2 °C/leto) do praga 30 °C (2,8 °C/leto).

V Portorožu (slika 3 spodaj) je prispevek majskih visokih temperatur k temperaturnim vsotam manjši od septembrskih, tudi tu pa sta oba precej zanemarljiva v primerjavi z junijem, julijem in avgustom, v katerem so večinoma dosežene največje temperaturne vsote. V Ljubljani je bila vsota 2000 °C nad temperaturnim pragom 26 °C presežena le izjemoma, v Portorožu pa od vključno leta 1994 kar 12-krat, v letu 2003 preko 3500 °C in v letih 2012 in 2015 preko 3000 °C. Po letu 1994 je bila temperaturna vsota manjša od 1000 °C le še v letih 1997, 1998 in 2014, pred tem pa v vseh letih z izjemo leta 1962. Tudi koeficienti linearnega časovnega trenda za temperaturno vsoto nad posameznim pragom so v Portorožu skoraj dvakrat večji kot v Ljubljani in visoko statistično značilni. Vrednosti koeficientov so med 33,7 °C/leto pri pragu 26 °C in 4,4 °C/leto pri pragu 30 °C (preglednica 1).



Slika 3: Temperaturne vsote nad temperaturnim pragom 26 °C po letih v obdobju 1961–2017 v Ljubljani (zgoraj) in Portorožu (spodaj)

Več kot polovica območij na svetu, kjer se prideluje pšenica, že pozna težave z vročinskim stresom v najbolj občutljivem delu rastnega cikla (Pagani in sod., 2017). Tako v severnih predelih ZDA in osrednji Kanadi pričakujejo, da se bo v naslednjih 15 letih pojavljanje ekstremno visokih temperatur na območjih, ki so ključna za pridelavo pšenice, podvojilo. Tam se vročina in suša pogosto pojavita po cvetenju pšenice in pridelovalci lahko izgubijo do 23 % pridelka že pri 4-dnevni izpostavljenosti pšenice temperaturam nad 35°C. Pri daljšem trajanju vročine so izgube še hujše: 50% zmanjšanje pridelka se pričakuje, če so temperature 8 dni višje od 31°C (Plant impact, 2018). Modelske simulacije kažejo, da se zaradi segrevanja v Italiji in osrednji Evropi potencialni pridelek poljščin zmanjšuje bolj kot v zahodni Evropi, kar lahko razlagamo z izrazitejšim dvigom spomladanskih in poletnih temperatur zraka in z zmanjševanjem spomladanskega globalnega sončnega obseva (Supit in sod., 2010). Luo in sod. (2011) navajajo različne poskuse, ki so pokazali, kako se zaradi nastopa visokih temperatur zraka v različnih fenoloških fazah zmanjša pridelek pšenice, na splošno pa navajajo, da je pri zmanjšanju pridelka najbolj pomembna prekoračitev absolutnega temperaturnega praga in to že v kratkem časovnem obdobju.

4 SKLEPI

Analiza urnih temperatur zraka od maja do septembra 1961–2017 v Ljubljani in Portorožu je pokazala statistično značilno naraščanje tako števila ur nad izbranim temperaturnim pragom kot tudi temperaturnih vsot, ki je še bolj izrazito po letu 2000. Vrednosti koeficientov linearnega časovnega trenda so za obe spremenljivki okoli dvakrat večje za Portorož. Del sprememb moramo pripisati prestavitvi postaje v Portorožu in pozidavi okolice postaje v

Ljubljani. Razporeditev po mesecih je za obe lokaciji podobna, največ k temperaturnim vsotam in presežkom ur prispevajo visoke temperature v avgustu. Najbolj je z doseženimi visokimi temperaturami izstopalo leto 2003, v zadnjih letih pa tudi presežene vrednosti temperaturnega praga 35 °C postajajo bolj pravilo kot izjema.

Zaradi podnebnih sprememb lahko pričakujemo, da se bodo razmere še naprej odvijale v tej smeri, temperature bodo višje, vremenski ekstremi pogostejši. Ocenjevanje verjetnosti za preseganje temperaturnih pragov in možnih učinkov ekstremov na regionalnem nivoju postaja eno izmed pomembnih splošnih ocen tveganja zaradi podnebnih sprememb. Analizo bi tako bilo potrebno nadalje razviti v povezavi z nastopi različnih fenofaz poljščin. Za boljše razumevanje tveganj bo potrebno še več poljskih in laboratorijskih poskusov za določanje temperaturnih pragov, tudi v interakciji s spremenjenimi koncentracijami CO₂ in padavinskim režimom. Rastlinski modeli, ki so splošno orodje za ocenjevanje vplivov podnebnih sprememb na pridelek, namreč zaenkrat niso najbolje umerjeni za simulacijo učinkov visokih temperatur, ker le-ti niso zadovoljivo opisani.

Zahvala. Raziskava je bila delno finančno podprta s strani okvirnega programa EU za razvoj in inovacije Obzorje 2020 s pogodbo št. 668786. This project has received funding partially from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 668786.

5 LITERATURA

- Adams, S.R., Cockshull, K.E., Cave, C.R.J. 2001. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Ann Bot*, 88: 869-877
- Bitá, C.E., Gerats, T. 2013. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. *Frontiers in Plant Science*, 4: 273
- Crafts Brandner, S.J., Salvucci, M.E. 2002. Sensitivity of photosynthesis in a C-4 plant, maize, to heat stress. *Plant Physiol*, 129: 1773-1780
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp
- Ioannou, L.G., Tsoutsoubi, L., Samoutis, G., Kajfež Bogataj, L., Kenny, G.P., Nybo, L., Kjellstrom, T., Flouris, A.D. 2017. Time-motion analysis as a novel approach for evaluating the impact of environmental heat exposure on labor loss in agriculture workers. *Temperature*, 4(3): 330-340
- Luo Q. 2011. Temperature thresholds and crop production: a review. *Climatic Change*, 109: 583-598
- Nybo, L., Kjellstrom, T., Flouris, A.D., Kajfež Bogataj, L. 2017. Global heating: Attention is not enough; We need acute and appropriate actions. *Temperature*, 4 (3): 199-201
- Pagani, V., Guarneri, T., Fumagalli, D., Movedi, E., Testi, L., Klein, T., Calanca, P., Villalobos, F., Lopez Bernal, A., Niemeyer, S., Bellocchi, G., Confalonieri, R. 2017. Improving cereal yield forecasts in Europe – The impact of weather extremes. *European Journal of Agronomy*, 89: 97-106
- Peat, M.M., Sato, S., Gardner, R.G. 1998. Comparing heat stress effects on male-fertile and male-sterile tomatoes. *Plant Cell Environ*, 21: 225-231
- Plant impact. 2018. Wheat stress responses to heat shock at reproductive stage. URL: <https://www.plantimpact.com/research/copy-of-our-focus-areas/wheat-stress-response-heat>
- Pogačar, T., Kajfež Bogataj, L., Črepinšek, Z. 2018a. Obravnava vročinskih valov in primer toplotne obremenitve delavcev v kmetijstvu v času vročinskih valov 2017. *Acta agriculturae Slovenica (sprejeto v objavo)*
- Porter, J.R., Gawith, M. 1999. Temperatures and the growth and development of wheat: a review. *European Journal of Agronomy*, 10: 23-36
- Supit, I., van Diepen, C.A., de Wit, A.J.W., Kabat, P., Baruth, B., Ludwig, F. 2010. Recent changes in the climatic yield potential of various crops in Europe. *Agricultural Systems*, 103: 683-694
- Wang, D., Heckathorn, S.A., Mainali, K., Tripathi, R. 2016. Timing Effects of Heat-Stress on Plant Ecophysiological Characteristics and Growth. *Frontiers in Plant Science*, 7: 1629

Povezava med vremenskimi razmerami do konca julija in pridelkom hmelja sorte Bobek

Zalika ČREPINŠEK⁶⁴ in Barbara ČEH⁶⁵

Izvleček

Napoved pridelka hmelja konec julija je zanimiva za hmeljarje, saj je na to vezana vrsta njihovih aktivnosti, kljub temu da je le okvirna, saj je pridelek zelo odvisen tudi od razmer v avgustu oziroma v zadnjem mesecu pred obiranjem. Cilj prispevka je prikazati regresijski model povezave med pridelkom sorte Bobek in vremenskimi razmerami od aprila do konca julija glede na vremenske razmere v časovnem intervalu let 1992 do 2017, ki bi služil za zgodnjo napoved pridelka te sorte in ga doslej še nismo imeli. Z izdelanim regresijskim modelom lahko pojasnimo okrog 70 % medletne variabilnosti pridelka s temperaturnimi in padavinskimi razmerami od aprila do julija. Pozitivna korelacija obstaja med pridelkom ter aprilskimi povprečnimi temperaturami in poletnimi padavinami (junij-julij), negativna korelacija pa med pridelkom in povprečnimi temperaturami za obdobje maj-junij. Pridelek za sorto Bobek je najbolj pozitivno koreliran z aprilskimi temperaturami v prvi dekadici ter junijskimi in julijskimi padavinami, kar pomeni, da je ob vzniku hmelja na začetku aprila zaželeno relativno toplo vreme, prav tako pa pozitivno vpliva na pridelek zadostna poletna količina padavin.

Ključne besede: pridelek, napoved pridelka, hmelj sorte Bobek, *Humulus lupulus*, temperatura, padavine, regresijski model

Correlation between weather conditions by the end of July and the yield of hop cv. Bobek

Abstract

The prediction of the hop yield already in July of a certain season is appreciated among hop growers, because some of their activities are linked to this information, although it is only indicative, since the yield depends also a lot on the weather situation in August. The aim of the study was to develop a regression model for the correlation between the yield of cv. Bobek and the weather conditions from April until the end of July in the period 1992-2017, which would serve as an early forecast of the yield of this variety. With the developed model, we can explain 70% of the interannual yield variability based on average temperatures and precipitation quantity by the end of July. Positive correlation exists between the yield and April temperatures and summer precipitation (June-July), and the negative one between yield and average temperatures for the period May-June. The yield of the Bobek variety is the most positively correlated with temperatures in the first decade of April, and June and July precipitation, which means that a relatively warm weather is desired at the beginning of April, and a sufficient summer rainfall.

Key words: yield, yield forecast, hop variety Bobek, *Humulus lupulus*, temperature, precipitation, regression model

1 UVOD

Zgodnja napoved pridelka hmelja, to je konec julija v tekoči rastni sezoni, je za hmeljarje in tudi trgovce s hmeljem zelo zanimiva, kljub temu da je le okvirna, saj je končni pridelek precej odvisen tudi od vremenskih in drugih razmer do spravila (škodljivci, bolezni itd.). Na to je namreč vezana vrsta njihovih aktivnosti (načrtovanje obiranja, priprava kapacitet za sušenje, skladiščenje in prodaja). Trenutno lahko naredimo napoved pridelka za tradicionalne sorte hmelja (Aurora, Savinjski golding, Bobek, Celeia) po metodi štetja cvetov na več

⁶⁴ Doc. dr., Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si

⁶⁵ Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija, e-pošta: barbara.ceh@ihps.si

reprezentativnih lokacijah in pričakovane povprečne mase storžkov posamezne sorte. Za sorte Aurora, Savinjski golding in Celeia so izračunane tudi regresijske enačbe, ki upoštevajo vremenske razmere do konca julija v tekočem letu. Za slovenske rastne razmere je Hacin (1989) ugotovil, da kot najpomembnejši dejavnik za pridelek zgodnjih sort hmelja izstopa povprečna količina padavin v obdobju od druge deкаде junija do tretje deкаде julija; to je obdobje, ko vlage hmelju za dober pridelek ne bi smelo primanjkovati. Takrat v razvoju zgodnjih sort poteka razvoj socvetij in diferenciacija lupulinskih žlez v njih. V tej raziskavi sta bili izdelani regresijski enačbi za analizo padavin v kritičnih obdobjih rasti za obdobje 1972–1983 za sorti Aurora in Savinjski golding. Tudi sorta Bobek spada med zgodnejše sorte, vendar v to raziskavo ni bila zajeta. Glede na to, da so se vremenske razmere v zadnjem obdobju zelo spremenile (Vertačnik in Bertalanič, 2017), sta Črepinšek in Čeh (2018) izdelali regresijski enačbi za zgodnjo napoved pridelka teh dveh sort na podlagi podatkov o količini padavin in temperaturah za obdobje 1992–2015 v rastni sezoni do konca julija ter podatkov o višini pridelka. Z enako metodo je narejena regresijska enačba tudi za pozno sorto Celeia (Črepinšek in Čeh, 2016).

Glede na to, da regresijskega modela povezave med pridelkom sorte Bobek in vremenskimi razmerami do konca julija, ki bi služila za zgodnjo napoved pridelka te sorte, nimamo, je bil cilj naloge le-tega izdelati, in sicer glede na vremenske razmere za obdobje 1992–2017. Obenem smo preučili vremenske razmere v letih, ko je bil pridelek te sorte največji oziroma najmanjši.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Opis sorte Bobek

Sorta Bobek je aromatična sorta iz iste družine križanja kot sorta Aurora (Northern Brewer in slovenski moški hmelj) in je bila požlahtnjena na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. V pridelavo je bila uvedena v letu 1980. Ima prijetno hmeljno aromo in odlično grenčico, je srednje zgodnja sorta s pridelkom 1600 do 2400 kg/ha in zavzema okrog 165 ha slovenskih hmeljišč (The legend ..., 2016; Livk, 2017).

2.2 Podatki o višini pridelka hmelja in vremenskih razmerah

Podatke o pridelkih za sorto hmelja Bobek smo pridobili iz arhiva IHPS (Arhiv ..., 2018), podatki so bili na voljo za obdobje 1992–2017. Pidelki so povprečja za hmeljišča na širši lokaciji Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo (IHPS) v Žalcu. Podatki o dnevni temperaturi zraka in količini padavin so z meteorološke postaje IHPS, Žalec za obdobje 1. april–31. julij za vsako posamezno leto, upoštevali smo povprečne dekadne temperature zraka in vsoto padavin po dekadah.

2.3 Metode dela

Za analizo temperature zraka in višine padavin na velikost pridelka smo najprej izračunali opisne statistike za vse tri spremenljivke (povprečje, maksimum, minimum in variacijski razpon). Iz dnevni temperatur zraka in padavin smo izračunali dekadne vrednosti. Povezanost med velikostjo pridelka in temperaturo zraka ter padavinami smo ovrednotili s korelacijsko analizo. Kot spremenljivke smo vključili dekadne vrednosti temperature in padavin za obdobje 1992–2017 (24 spremenljivk) ter povprečja 2–5 zaporednih dekad (skupaj 76 različnih kombinacij). Povprečje 2 zaporednih dekad pomeni npr. povprečje 1. in 2. deкаде aprila, povprečje treh dekad povprečje 1. do 3. deкаде aprila, povprečje štirih dekad povprečje

od 1. deкаде aprila do 1. deкаде maja in povprečje petih dekad povprečje od 1. deкаде aprila do 2. deкаде maja, povprečja smo računali s korakom zamika po eno dekada. S Studentovim 't-testom' smo testirali statistično značilnost korelacij. Za regresijski model za napoved pridelka smo vzeli le spremenljivke s statistično značilnim korelacijskim koeficientom nad 0,5. Z metodo postopne (stepwise) multiple regresije smo za obdobje 1992-2014 izdelali model za napoved velikosti pridelka hmelja sorte Bobek (y-odvisna spremenljivka) v odvisnosti od temperature zraka in padavin (x-neodvisne spremenljivke). Podatke za obdobje treh let (2015-2017), ki niso bili vključeni v izdelavo modela, smo uporabili za validacijo modela. Analize smo naredili s programoma R (R Core Team) in Excel (Microsoft).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Temperaturne in padavinske razmere od aprila do julija v obdobju 1992-2017

Temperaturne in padavinske razmere (podatki meteorološke postaje IHPS, Žalec) v rastni dobi od aprila do julija 1992–2017 so prikazane v preglednici 1 in na sliki 1.

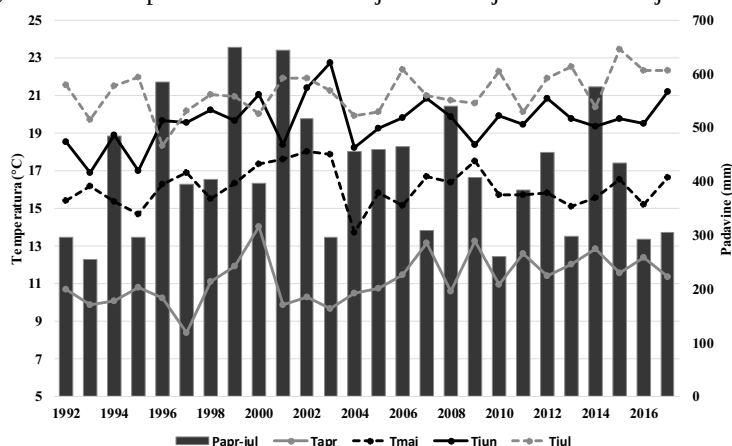
Preglednica 1: Mesečne količine padavin in povprečne temperature zraka za obdobje april-julij 1992-2017 na meteorološki postaji IHPS, Žalec (Arhiv IHPS, 2018)

	Temperatura zraka (°C)					Količina padavin (mm)				
	apr	maj	jun	jul	apr-jul	apr	maj	jun	jul	apr-jul
povprečje	11,2	16,1	19,6	21,2	17,0	82	98	124	114	418
maksimum	14,0	18,0	22,7	23,5	18,1	176	203	245	233	650
minimum	8,4	13,7	16,9	15,6	14,6	6	33	55	27	254
standardni odklon	1,3	1,0	1,3	1,6	0,8	39	45	54	58	118
variacijski razpon	5,6	4,3	5,8	7,9	3,5	170	170	190	206	396

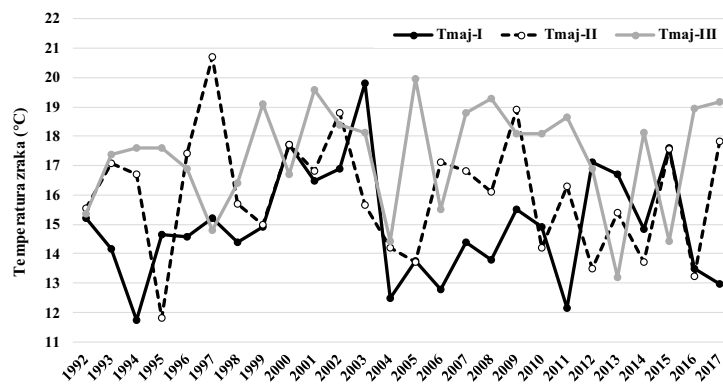
Povprečna temperatura zraka v tem obdobju je bila 17,0 °C, variacijski razpon je znašal 3,5 °C. Najtoplejše obdobje je bilo v letu 2000 (18,1 °C), najhladnejše pa 2004, ko je bila povprečna temperatura april-julij 15,6 °C. Povprečna aprilaska temperatura je znašala 11,2 °C, najtoplejši april je bil leta 2000 (14,0 °C), najhladnejši pa 1997 (8,4 °C). Velik variacijski razpon med posameznimi leti (5,7 °C) vpliva na začetne fenofaze, to je prvi vznik in rez hmelja, od časa začetnih fenofaz pa je v veliki meri odvisen nadaljnji fenološki razvoj. Povprečna majska temperatura je bila 16,1 °C, najtoplejši maj leta 2002 je imel 18 °C, najhladnejši leta 2004 pa 13,7 °C. Variacijski razpon temperature v maju je precej manjši kot aprilski in znaša 4,3 °C. Junijska povprečna temperatura je znašala 19,6 °C, najtoplejši je bil junij 2003 (22,7 °C), najhladnejši pa 1993 (16,9 °C). Od obravnavanih štirih mesecev ima junij največji variacijski razpon, ki znaša 5,9 °C. Julijska povprečna temperatura je bila 21,2 °C. Leta 2015 je bil julij ekstremno vroč, temperatura je znašala 23,5 °C, kar je največja vrednost julijske povprečne temperature v obravnavanem obdobju, leta 1993 pa je bil julij v obravnavanem obdobju najhladnejši (15,6 °C). Iz slike 1 je razvidno, da so povprečne majske temperature vedno višje od aprilskih, povprečna razlika znaša 4,9 °C. Razlika med povprečnimi junijskimi in julijskimi temperaturami je precej manjša (1,6 °C), dogaja pa se, da sta junij in julij po temperaturah zelo podobna ali pa je celo julij hladnejši od junija (leta 1996, 2000 in 2003).

Štirimesečno povprečje padavin (april–julij) v obdobju 1992–2017 je bilo 418 mm, za padavine pa je značilna velika medletna spremenljivost (slika 1). V najbolj namočenem letu 1999 je bilo v obravnavanem obdobju 650 mm dežja, v najbolj sušnem letu 1993 pa le 254 mm. Junija (124 mm) in julija (114 mm) je v primerjavi z aprilom (82 mm) in majem (98 mm)

v povprečju precej več padavin, pomemben dejavnik pa je seveda tudi evapotranspiracija, ki je vezano na temperaturne in vetrovne razmere, zato nam sama količina padavin še ne pove dovolj o tem, kolikšen del padavin rastline hmelja lahko dejansko izkoristijo.



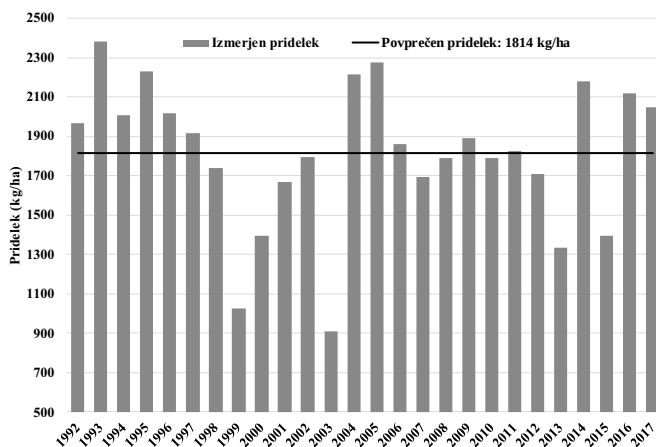
Slika 1: Povprečne mesečne temperature zraka in skupna količina padavin za obdobje april-julij 1992-2017 na IHPS, Žalec (Arhiv IHPS, 2018)



Slika 2: Dekadne temperature zraka za maj na IHPS, Žalec (Arhiv IHPS, 2018)

3.2 Pridelek hmelja sorte Bobek v letih 1992-2017

Na sliki 3 je prikazana medletna spremenljivost pridelka hmelja sorte Bobek za leta 1992-2017, ko je povprečen pridelok znašal 1814 kg/ha. Več kot 20 odstotkov večji pridelki od povprečja so bili v letih 1993 (največji pridelok v analiziranem obdobju: 2383 kg/ha), 2005, 1995, 2004 in 2014. Skupno tem letom z najboljšimi pridelki je nadpovprečna količina padavin za obdobje junij-julij in podpovprečna temperatura april-maj. Najnižji pridelok v obravnavanem obdobju je bil leta 2003 (909 kg/ha oz. 50 % povprečja). Zelo slabe letine po pridelku so bile še 1999, 2000, 2013 in 2015, ko je bil pridelok glede na povprečje zmanjšan za več kot 20 odstotkov. Na velikost pridelka seveda vpliva kombinacija temperaturnih in padavinskih razmer. V izrazito mokrih letih so pridelki hmelja manjši, kot so ugotovili v raziskavi za hmelj sorte Celeia v Savinjski dolini, ki je imel najslabše pridelke v letih 2001, 2002 in 1999 z nadpovprečno količino padavinami (Črepinšek in Čeh, 2016).



Slika 3: Medletna spremenljivost pridelka hmelja sorte Bobek v obdobju 1992–2017

Wagner (1975, cit. po Hacin, 1989) je v svoji raziskavi glede letine hmelja za območje Savinjske doline razdelil leta na rodovitna in nerodovitna, kot kriterij za razdelitev je vzel povprečno temperaturo zraka za obdobje april–avgust. Kot nerodovitna je določil leta s povprečno temperaturo za to obdobje nad 16,5 °C. Zaradi spremenjenih temperaturnih razmer v zadnjih petih desetletjih (ARSO, 2018) ti kriteriji ne držijo več (Črepinšek in Čeh, 2016), potrebne bi bile dodatne raziskave glede aklimatizacije hmeljnih rastlin na območju Savinjske doline.

3.3 Korelacijska analiza med temperaturami zraka in količino padavin ter pridelkom

S korelacijsko analizo smo izračunali stopnjo povezanosti med vremenom (temperatura zraka, količina padavin) in pridelkom. Korelacijski koeficienti r so imeli tako pozitivne (s povečanjem vremenske spremenljivke pridelek narašča) kot negativne predznake (s povečanjem vremenske spremenljivke pridelek upada). Priderek za sorto Bobek je najbolj pozitivno koreliran z aprilskimi temperaturami v prvi dekadi ter junijskimi in julijskimi padavinami, kar pomeni, da je ob vzniku hmelja na začetku aprila zaželeno toplo vreme, prav tako pa pozitivno vpliva na pridelek zadostna poletna količina padavin. Rezultati naše analize za sorto Bobek se ujemajo z rezultati korelacijske analize za sorto Celeia v Savinjski dolini (Črepinšek in Čeh, 2016), prav tako so o pozitivni korelaciji med pridelkom hmelja in poletnimi padavinami za Savinjsko dolino poročali že v drugih raziskavah (Hacin, 1989; Zmrzlak in Čeh, 2012). Za kasnejše fenofaze, ki sledijo prvemu vzniku in rezi, so korelacijski koeficienti med pridelkom in temperaturami negativni, r med velikostjo pridelka in temperaturami maj-julij znaša $-0,66$, kar pomeni, da previsoke temperature vplivajo negativno na velikost pridelka. Negativna je tudi korelacija med majskimi padavinami in pridelkom. V analizi smo uporabili dekadne vrednosti temperatur in padavin, saj lahko imamo v kratkem času velika nihanja teh spremenljivk. Iz slike 2, na kateri so prikazane dekadne vrednosti majskih temperatur zraka, je razvidna velika medletna spremenljivost. Tako je npr. leta 1994 znašala povprečna temperatura za prvo dekada maja 11,7 °C, leta 2003 pa kar 19,8 °C. Prav tako včasih relativno toplemu začetku maja sledi kasnejša ohladitev kot npr. leta 2013, ko je bila povprečna temperatura tretje dekade za 3,5 °C nižja od prve dekade, v tem letu pa je bil

tudi pridelek zelo nizek. Prevelike količine toplote v začetku maja lahko povzročijo prehitel prehod v generativno fazo, razvoj cvetov v dnevih, ko je dan prekratek, vpliva na manjše število cvetov in s tem posledično manjši pridelek (Kišgeci in sod., 1984).

3.4 Napoved pridelka z regresijskim modelom

Za obdobje 1992–2014 smo s postopno (stepwise) multiplo regresijo izdelali model za napoved velikosti pridelka hmelja sorte Bobek. Na osnovi temperaturnih in padavinskih podatkov je napoved možna konec julija. V preglednici 2 so spremenljivke modela in vrednosti regresijskih koeficientov, ki so vsi statistično značilni. Koeficient determinacije R^2 znaša 0,70, kar pomeni, da z modelom lahko pojasnimo 70 odstotkov variabilnosti pridelka z 8 neodvisnimi spremenljivkami, ki vključujejo različne kombinacije dekadnih temperatur od aprila do julija ter padavin za april ter junij in julij. Na sliki 4 so prikazani izmerjeni in modelirani pridelki za obdobje 1992–2014. Model za Bobek daje za 9 let previsoke in za 14 let prenizke pridelke. Največjo napako navzgor ima model za leto 1999, ko je napovedal za okrog 60 odstotkov previsok pridelek. V tem letu smo imeli največjo količino padavin v obravnavanem obdobju (650 mm) ob hkratno najvišji temperaturi junij–julij. V vseh ostalih letih je napaka modela manj kot 16 odstotkov.

Preglednica 2: Spremenljivke in regresijski koeficienti modela za napoved pridelka hmelja sorte Bobek, T -temperatura, P -padavine; 1, 2 in 3: zaporedne dekade v mesecu

Regresijski model za napoved pridelka	
Spremenljivka	Regresijski koeficient
a (prosti člen)	7076
Tapr1	-11,2*
Tmaj1	-60,1**
Tjun1-jun2	-28,1**
Tmaj-jul	-97,6**
Papr3	4,4'
Pjul3	2,2'
Pjun2-jun3	-0,6**
Tjun1-jul1	-94,9**

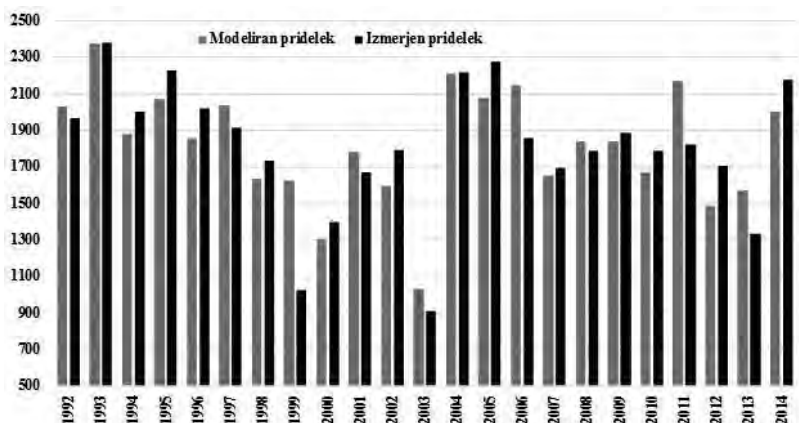
Stopnja značilnosti: ' - 0,10; * - 0,05; ** - 0,01

Enačba za napoved pridelka (Y) hmelja sorte Bobek:

$$Y = 7076 - 11,2T_{apr1} - 60,1T_{maj1} - 28,1T_{jun1-jun2} - 97,6T_{maj-jul} + 4,4P_{apr3} + 2,2P_{jul3} - 0,6P_{jun2-jun3} - 94,9T_{jun1-jul1} \quad (r=0,838; R^2=0,703)$$

Regresijski model za napoved pridelka sorte Bobek smo validirali na triletnih podatkih za temperaturo zraka in padavine za leta 2015–2017. Za 2015 je model izračunal 3 odstotke prevelik pridelek (model 1437 kg/ha, dejanski pridelek 1394 kg/ha), za 2016 in 2017 pa 8 oz. 10 odstotkov premajhen pridelek (2016: model 1958 kg/ha, dejanski pridelek 2121 kg/ha; 2017: model 1861 kg/ha, dejanski pridelek 2046 kg/ha). Z regresijskim modelom smo pojasnili večji del medletne spremenljivosti pridelka hmelja sorte Bobek s temperaturnimi in padavinskimi razmerami od aprila do julija. Del variabilnosti, ki ga model ne pojasnjuje, bi lahko zmanjšali z vključitvijo dodatnih meteoroloških spremenljivk, npr. npr. minimalnih in maksimalnih dnevnih temperatur, nočnih temperatur zraka, sevanja, vetra, zračne vlage,

parametrov rastline (preskrbljenost s hranili, zdravstveno stanje) ter agrotehničnih ukrepov (čas rezi in spravila, namakanje).



Slika 4: Izmerjeni in modelirani pridelki hmelja sorte Bobek za obdobje 1992-2014

4 SKLEP

Z regresijskima modelom za napoved pridelka hmelja sorte Bobek lahko pojasnimo okrog 70 odstotkov medletne variabilnosti pridelka s temperaturnimi in padavinskimi razmerami od aprila do julija. Pozitivna korelacija obstaja med pridelkom ter aprilskimi temperaturami in poletnimi padavinami (junij–julij), negativna korelacija pa med pridelkom in temperaturami za obdobje maj–junij. Za zmanjšanje nepojasnjene variabilnosti v modelu bi bilo potrebno upoštevati poleg dodatnih vremenskih spremenljivk še parametre rastline in agrotehnične ukrepe.

5 LITERATURA

- Arhiv Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS). 2018. Izpis iz baze vremenskih podatkov in podatkov o višini pridelka za sorto Bobek.
- Vertačnik, G., Bertalančič, R. 2017. Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961-2011. 3. Značilnosti podnebja v Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje: 197 str.
- ARSO, 2018. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja: Povzetek dejavnikov okolja z vplivom na kmetijstvo in gozdarstvo. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje: 31 str.
- Črepinšek, Z., Čeh, B. 2016. Priderek hmelja sorte Celeia glede na vremenske razmere do konca julija. Hmeljarski bilten, 23: 14–26.
- Črepinšek, Z., Čeh, B. 2018. Odvisnost pridelka hmelja sort Aurora in Savinjski golding od vremenskih razmer do konca julija. Hmeljarski bilten, 25: 5–17.
- Hacin, J. 1989. Prispevek k poznavanju vpliva dejavnikov okolja na rast in razvoj ter na pridelek in vsebnost alfa kislin pri hmelju (*Humulus lupulus* L.). Mag. delo, Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja: 112 str.
- Kišgeci, J., Mijavec, A., Ačimović, M., Spevak, P., Vučić, N. 1984. Hmeljarstvo. Novi Sad, Poljoprivredni fakultet in Inštitut za ratarstvo i povrtarstvo: 374 str.
- Livk, J. 2017. Letina hmelja v letu 2017 – nad pričakovanji. Hmeljar, 1–12, s. 42–44.
- The legend of the noble aroma, 2016. Styrian Golding, Celeia, katalog sort, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec.
- Wagner, T. 1975. Vpliv temperature in vlage na pridelek hmelja v Sloveniji. Hmeljarski bilten, 3: 81–88.
- Zmrzlak, M., Čeh, B. 2012. Agroekološke razmere za pridelavo hmelja. V: Hmelj od sadike do storžkov. Čeh B. (ur). Žalec, IHPS: 38–39.

Spremembe podnebja do konca 21. stoletja, s katerimi se bo soočalo slovensko kmetijstvo

Luka HONZAK⁶⁶, Gregor GREGORIČ⁶⁷, Andreja SUŠNIK⁶⁸ in Ana ŽUST⁶⁹

Izvleček

V okviru projekta Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja smo na podlagi modelskih simulacij podnebja v prihodnosti pripravili tudi ocene vpliva podnebnih sprememb na kmetijstvo. Na osnovi izračunane spremembe temperature zraka smo izpeljali spremembe dejavnikov okolja, ki neposredno vplivajo na kmetijstvo, in sicer spremembe temperature tal, pojava fenološke faze prvih listov, dolžine, začetka in konca rastne dobe ter spremembo pogostosti pojavljanja pozeb za dva scenarija izpusta toplogrednih plinov - RCP4.5 in RCP8.5. Ugotovili smo, da se bo v 21. stoletju temperatura tal postopoma povečevala, do pojava olistanja bo prihajalo vedno bolj zgodaj, dolžina rastne dobe se bo povečevala tako na račun zgodnejšega začetka kot kasnejšega konca. Kljub temu se spremembe pogostosti pojavljanja spomladanskih in jesenskih pozeb ne pričakuje.

Ključne besede: podnebne spremembe, kmetijstvo, temperatura tal, olistanje, dolžina rastne dobe, pozeba

Climate change till the end of the 21st century that will be faced by Slovenian agriculture

Abstract

In the context of the project »Climate Change Assessment in Slovenia by the end of the 21st century«, estimation of climate change for agriculture have been prepared on the basis of climate simulations. On the basis of the calculated change of the air temperature, changes in environmental factors that directly affect agriculture were made, namely the change in soil temperature, occurrence of the phenological phase of the first leaves, length, beginning and end of the growing season, and a change in the frequency of frost for two scenarios of greenhouse gas emissions - RCP4.5 and RCP8.5. In the 21st century the soil temperature will increase, the occurrence of leaf-out will occur earlier, the length of the growing period will increase due to the earlier beginning and the later end. However, change in the frequency of occurrence of spring and autumn frost is not expected.

Key words: climate change, agriculture, soil temperature, leaf-out, growing season length, frost

1 UVOD

Podnebne spremembe in njihove posledice so opazne tudi v Sloveniji. Med sektorji, ki so tesno povezani z vremenom in podnebjem, in se bodo na podnebne spremembe morali prilagoditi, velja posebej izpostaviti kmetijstvo. Kmetijstvo ima velik družbeni pomen, saj zagotavlja oskrbo prebivalstva z živili in preprečuje razpad kulturne krajine, gozd pa pokriva kar dve tretjini površja Slovenije in predstavlja življenjsko okolje številnim rastlinskim in živalskim vrstam, človeku pa vir hrane, surovin in energije. Prilagajanje kmetijstva na podnebne spremembe poteka počasi in postopoma, zato je zgodnja ocena bodočih sprememb podnebnih spremenljivk ključna za pravočasno pripravo ocene tveganj in razvoj strategij prilagajanja. Seznanjenost s predvidenimi podnebno pogojenimi spremembami kmetovalcem pomaga pri izboru kultur in sort ter lokacij za njihovo gojenje, hkrati pa nudi usmeritve o

⁶⁶ Univ. dipl. meteorol., BO – MO, d.o.o., Bratovševa ploščad 4, 1000 Ljubljana, e-pošta: luka@bo-mo.si

⁶⁷ Dr., Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, e-pošta: gregor.gregoric@gov.si

⁶⁸ Dr., isti naslov, e-pošta: andreja.susnik@gov.si

⁶⁹ Univ. dipl. inž. agr., isti naslov, e-pošta: ana.zust@gov.si

primernem času za njihovo sajenje ali sejanje. Na podlagi ocene tveganj se lahko pravočasno zavarujejo ter s pravnimi ukrepi zmanjšajo ali se izognejo gospodarski škodi.

Podnebje v prihodnosti bo odvisno od vsebnosti toplogrednih plinov, ki smo jih proučevali z uporabo različnih scenarijev značilnih potočkov vsebnosti toplogrednih plinov (angl. Representative Concentrations Pathways - RCP; Van Vuuren in sod., 2011), in sicer t. i. zmerno optimističnega RCP4.5, ki v drugi polovici 21. stoletja predvideva postopno zmanjševanje izpustov toplogrednih plinov in posledično naraščanje njihove vsebnosti tudi po letu 2100. Namen te raziskave je ocena vpliva podnebnih sprememb na kmetijstvo do konca 21. stoletja na podlagi predvidene spremembe štirih dejavnikov, in sicer temperature tal, pojava prvih listov spomladi, dolžine, začetka in konca rastne dobe ter pogostosti pojavljanja pozeb.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Modelske simulacije podnebja v prihodnosti so zasnovane na več-modelskih povprečjih simulacij različnih regionalnih podnebnih modelov, šestih za RCP4.5 in RCP8.5. Ker so podnebni modeli zgolj približek resničnemu stanju podnebnega sistema, sistematično odstopajo od resničnega podnebja, zato je bila v izogib napačni interpretaciji rezultatov modelov narejena njihova prilagoditev opazovanemu oz. izmerjenemu podnebj.

Pričakovane spremembe so izračunane kot odmik od referenčnega obdobja 1981–2010. Izračunali smo časovni potek spremembe ter povprečno spremembo in njeno zanesljivost za tri tridesetletna obdobja: 2011–2040 (1. obdobje), 2041–2070 (2. obdobje) in 2071–2100 (3. obdobje).

2.1 Temperatura tal

Mnogi raziskovalci ugotavljajo, da sta temperatura tal in temperatura zraka močno povezani (Zheng in sod., 1993). Podobne študije so bile narejene tudi v Sloveniji (Gams, 1989; Knez, 2007). Z vidika kmetijstva je najbolj pomembno poznavanje temperature tal v času rastne dobe, od aprila do septembra. V posebni študiji je Valher (2016) na podlagi meritev temperature tal in temperature zraka določila najustreznejši model, kjer se temperatura tal izračuna na podlagi linearnega modela iz povprečne temperature zraka dne, ko želimo tudi oceno temperature tal, in dveh predhodnih dni ter zaporednega dneva v letu, pri čemer so bili parametri modela določeni za vsako postajo posebej. Temperatura tal v 21. stoletju je bila izračunana za sedem postaj, ki so enakomerno razporejene po Sloveniji: Bilje, Celje, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto, Šmartno pri Slovenj Gradcu, in sicer za štiri različne globine tal (5, 10, 20 in 30 cm). Znotraj rastne dobe smo spremembo izračunali ločeno za prvi del rastne dobe, od aprila do junija, ter drugi del, od julija do septembra.

2.2 Spomladanski fenološki razvoj - fenološka faza prvih listov

Glavni kazalec začetka rastne dobe je olistanje rastlin. Za oceno vpliva podnebnih sprememb na fenološki razvoj rastlin smo kot indikatorske rastline uporabili bukev (*Fagus sylvatica* L.), divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) in lipo (*Tilia platyphyllos* L.). Čeprav obravnavane drevesne vrste sodijo med negojene rastline in torej pod okrilje gozdarske panoge, se kmetijske rastline na spremembe podnebja odzivajo podobno. Pri napovedovanju dneva pojava fenološke faze rastlin na podlagi meteoroloških podatkov se pogosto uporabi vsoto efektivnih temperatur zraka (GDD – angl. Growing degree day), to je vsoto povprečnih dnevnih temperatur zraka nad izbrano temperaturo praga od izbranega dneva v letu (Perry in sod., 1997; Črepinšek in Kajfež Bogataj, 2005). V posebni študiji je Oblišar (2016) na podlagi

opazovanih dni pojava fenološke faze prvih listov in podatkov o povprečni temperaturi zraka za obdobje 1971-2015 določil temperaturni prag in temperaturno vsoto, ločeno za devet postaj, ki so relativno enakomerno razporejene po Sloveniji (Bilje, Celje, Lesce, Ljubljana, Novo mesto, Portorož, Slovenske Konjice, Starše, Veliki Dolenci), pri čemer so bile na nekaterih lokacijah obravnavane le določene rastline - v Biljah in Portorožu divji kostanj, v Velikih Dolencih pa bukev in divji kostanj.

2.3 Dolžina, začetek in konec rastne dobe

Dolžino rastne dobe (GSL – angl. Growing season length), se izračuna kot število dni med začetkom rastne dobe, t. j. prvim šestdnevnim obdobjem s povprečno temperaturo nad 5 °C, in koncem rastne dobe - prvim šestdnevnim obdobjem s temperaturami pod 5 °C (Frich in sod., 2002). Na Agenciji RS za okolje se uporablja modificirana metoda (Žust, 2016), ki daje za Slovenijo bolj realne rezultate. Začetek letne rastne dobe nastopi prvi dan vsaj 6 dni dolgega časovnega obdobja s povprečno dnevno temperaturo zraka, večjo od temperature praga, po zadnjem vsaj 6 dni dolgem časovnem obdobju s povprečno dnevno temperaturo zraka, ki je manjša od temperature praga, v kolikor to obdobje v danem letu obstaja, pri čemer začetek rastne dobe nastopi najkasneje 1. julija. Konec rastne dobe nastopi prvi dan vsaj 6 dni dolgega časovnega obdobja s povprečno dnevno temperaturo zraka, ki je manjša od temperature praga, pri čemer konec rastne dobe nastopi najhitreje 1. julija in najkasneje zadnji dan leta. Izračun je bil narejen za istih devet postaj kot za pojav olistanja in za dve temperaturi praga, 5 in 10 °C.

2.4 Pozeba

Dan s pojavom pozebe se v študijah pogosto definira kot dan, ko je minimalna temperatura zraka tistega dne manjša od kritične temperature, pri čemer je v večini študij izbrana temperatura 0 °C (Anandhi in sod., 2013). Izbira kritične temperature, pri kateri pride do poškodb rastlinskega tkiva, je močno odvisna tudi od kulture in fenološke faze (Žust in Sušnik, 1996), zato smo pri izračunih izbrali dve kritični temperaturi, in sicer -2 in 0 °C. Izračunali smo število dni s spomladansko pozebo in jesensko pozebo v rastni dobi, ki smo jo za različni temperaturi praga izračunali že za oceno sprememb dolžine rastne dobe. Dan s spomladansko pozebo je dan od začetka rastne dobe do konca maja, ko je minimalna dnevna temperatura zraka manjša od kritične, dan z jesensko pozebo pa je dan od začetka septembra do konca rastne dobe, ko je minimalna temperatura manjša od kritične.

Tveganje pred spomladansko pozebo lahko izračunamo kot velikost varnostne rezerve, to je število dni med zadnjo spomladansko pozebo in začetkom rastne dobe (Vitasse in sod., 2018). V primeru zmanjšanja varnostne rezerve se tveganje poveča in obratno. Varnostno rezervo smo izračunali tako za spomladansko pozebo kot za jesensko pozebo, to je število dni med dnevom prve jesenske pozebe in koncem rastne dobe. Izračun je bil narejen za dve temperaturi praga za začetek in konec rastne dobe (5, 10 °C) in za obe izbrani kritični temperaturi zraka za istih devet lokacij kot za dolžino, začetek in konec rastne dobe.

3 REZULTATI

3.1 Temperatura tal

Podobno kot temperatura zraka se bo tudi povprečna temperatura tal predvidoma postopno povečevala tekom 21. stoletja. Po zmerno-optimističnem scenariju RCP4.5 se v prvem delu rastne dobe konec 21. stoletja pričakuje dvig temperature tal v globini 5 cm za 1,3 do 1,5 °C

na vseh lokacijah, še večje povečanje pa se pričakuje v drugem delu rastne dobe, med 2,1 in 2,2 °C. V Biljah je predviden dvig temperature tal tekom celotne rastne dobe še nekoliko višji kot na ostalih lokacijah. Pesimističen scenarij RCP8.5 pričakovano predvideva še višji dvig temperature tal v globini 5 cm, v prvem delu rastne dobe za med 3 in 3,3 °C, razen v Biljah (3,5 °C), tako kot pri RCP 4.5 pa bo povišanje temperature tal večje v drugem delu rastne sezone, in to kar za od 4,8 do 5,2 °C na večini lokacij, razen v Murski Soboti, kjer bo dvig nekoliko manjši in v Biljah, kjer bo dvig višji. Predvidene spremembe temperature tal v globini 5 cm po obdobjih so zbrane v preglednici 1.

Preglednica 1: Predvidene spremembe temperature tal v globini 5 cm za vseh sedem lokacij po tridesetletnih obdobjih

Scenarij	Obdobje	1. del rastne sezone	2. del rastne sezone
RCP 4.5	2011-2040	spremembe niso pričakovane	0,8 do 0,9 °C (Bilje 1,1 °C)
	2041-2070	1,1 do 1,2 °C (Bilje 1,4 °C)	1,5 do 1,7 °C (Bilje 1,9 °C)
	2071-2100	1,1 do 1,2 °C (Bilje 1,4 °C)	1,9 do 2,1 °C (Bilje 2,3 °C)
RCP 8.5	2011-2040	0,7 do 0,8 °C	0,8 do 0,9 °C (Bilje 1,1 °C)
	2041-2070	1,3 do 1,6 °C	1,8 do 2 °C (Bilje 2,3 °C)
	2071-2100	2,5 do 2,7 °C (Bilje 3 °C)	3,6 do 4,1 °C (Bilje 4,5 °C).

Razlike med predvidenimi spremembami v različnih globinah tal so majhne, povečanje povprečne temperature tal se rahlo manjša z globino, razlika med globinama 5 in 30 cm je največja v zadnjem obdobju, in sicer v prvem delu rastne dobe do največ 0,2 °C, v drugem pa do 0,5 °C.

Predvidene spremembe na posameznih lokacijah skupaj nudijo splošen signal spremembe, vendar so reprezentativne le za obravnavane lokacije oz. njihovo okolico. Posplošitev za celotno območje Slovenije ni povsem ustrezna, saj je temperatura tal odvisna tudi od fizikalnih lastnosti tal, kot so barva, tekstura in vlažnost, kot tudi od ekspozicije terena.

3.2 Fenološka faza prvih listov

Konec 21. stoletja bo do pojava spomladanskega olistanja dreves prihajalo vedno bolj zgodaj, kar je pričakovano glede na dvig temperature zraka. Po zmerno-optimističnem scenariju RCP4.5 bo bukev olistala od 14 do 19 dni bolj zgodaj. Pesimističen scenarij RCP8.5 na koncu 21. stoletja predvideva še zgodnejše olistanje, in sicer od 33 do 37 dni, v Lescah pa kar za 49 dni. Pri divjem kostanju so spremembe večje, do konca 21. stoletja bo po scenariju RCP4.5 olistal od 15 do 22 dni bolj zgodaj, po RCP8.5 pa na največ lokacijah 39 dni bolj zgodaj, razen v Portorožu (37 dni), Biljah (44), Ljubljani (45), Celju (47) in Lescah (49 dni). Spremembe za lipo bodo predvidoma podobne spremembam pri bukvi, po zmerno-optimističnem scenariju RCP4.5 bo do konca 21. stoletja olistanje zgodnejše od 14 do 18 dni, po scenariju RCP8.5 pa od 33 do 37 dni, v Lescah pa kar 49 dni. Predvidene spremembe časa olistanja po tridesetletnih obdobjih so zbrane v preglednici 2.

3.3 Dolžina, začetek in konec rastne dobe

Do konca 21. stoletja se bo dolžina rastne dobe podaljševala na račun zgodnejšega začetka spomladi in kasnejšega konca jeseni, kar je pričakovano glede na dvig temperature zraka, vendar bo podaljšanje odvisno od izbranega temperaturnega praga.

Preglednica 2: Predvidene spremembe v času olistanja treh drevesnih vrst na vseh devetih lokacijah po tridesetletnih obdobjih

Scenarij	Obdobje	Bukev	Divji kostanj	Lipa
RCP 4.5	2011-2040	spremembe niso pričakovane, razen Lesce 8 dni	spremembe niso pričakovane, razen Lesce 7 dni, Bilje 9	spremembe niso pričakovane
	2041-2070	8 do 12 dni (Lesce 14)	12 do 17 dni (Veliki Dolenci 8, Starše 9)	8 do 11 dni (Lesce 14)
	2071-2100	14 do 19 dni	15 do 21 dni (Veliki Dolenci 8)	14 do 19 dni
RCP 8.5	2011-2040	spremembe niso pričakovane, razen Ljubljana in Novo mesto 7 dni, Lesce 9	6 do 9 dni	6 do 9 dni (Slovenske Konjice – sprememba ni pričakovana)
	2041-2070	14 do 17 dni (Lesce 20)	17 do 22 dni	15 do 17 dni (Lesce 20)
	2071-2100	26 do 31 dni (Lesce 40)	30 do 37 dni (Lesce 40)	28 do 31 dni (Lesce 40)

Pri temperaturi praga 5 °C se bo po zmerno-optimističnem scenariju RCP4.5 dolžina rastne dobe na konca 21. stoletja na večini obravnavanih lokacij podaljšala za 19 do 26 dni, razen v Celju (14 dni), Lescah (16) ter Biljah (29 dni). Začetek se bo predvidoma premaknil za 11 do 14 dni, razen v Celju (6 dni), konec pa se bo zamaknil za 9 do 12 dni, razen v Lescah (7) in Biljah (14 dni). Po scenariju RCP8.5 se pričakovano predvideva še večje podaljšanje rastne dobe, in sicer za 48 do 60 dni, razen v Celju in Slovenskih Konjicah z nekaj dni krajšim podaljšanjem ter v Biljah s podaljšanjem za 72 dni. Začetek bo na večini lokacij nastopil 26 do 40 dni bolj zgodaj z izjemo Celja (16 dni), Slovenskih Konjic (21) ter Bilj (46) in Portoroža (53 dni), konec pa 19 do 22 dni kasneje v primerjavi z referenčnim obdobjem, razen v Portorožu (16 dni), Novem mestu (27) ter Biljah in Ljubljani (28 dni). Po tem scenariju se bo rastna doba podaljševala predvsem na račun bolj zgodnjega začetka, še posebej v Biljah in Portorožu.

Pri temperaturi praga 10 °C so spremembe pričakovane manjše. Po scenariju RCP4.5 se bo dolžina rastne dobe na konca 21. stoletja na večini obravnavanih lokacij podaljšala za 13 do 19 dni, razen v Ljubljani in v Velikih Dolencih (11 dni) ter Celju (21) in Portorožu (26 dni). K podaljšanju dolžine rastne dobe bo nekoliko manj prispeval zgodnejši začetek kot kasnejši konec, pričakuje se, da se bo začetek premaknil za 7 do 10 dni, razen v Ljubljani (4), Velikih Dolencih (5) ter Portorožu (13), konec pa za 6 do 12 dni, razen v Portorožu (15 dni). Po pesimističnem scenariju RCP8.5 se bo do konca 21. stoletja rastna doba podaljšala za 38 do 45 dni, razen v Velikih Dolencih (36 dni) in Portorožu (54). Začetek bo nastopil 19 do 25 dni bolj zgodaj, konec pa 18 do 22 dni kasneje, z izjemo Portoroža (31 dni). Po tem scenariju se rastna doba v glavnem podaljšuje na račun zgodnejšega začetka, razen v Portorožu, kjer se podaljšuje na račun kasnejšega konca rastne dobe.

Predvidene spremembe dolžine rastne dobe po obdobjih za obe temperaturi praga so prikazane v preglednici 3.

3.4 Pozeba

Do konca 21. stoletja se spremembe števila dni z minimalno temperaturo pod dvema izbranimi kritičnima vrednostma (-2 °C in 0 °C) v spomladanskem in jesenskem delu rastne

dobe kljub njenemu podaljšanju ne pričakuje. Za jesensko pozebo je izjema le Portorož, kjer se pri temperatura praga 5 °C pričakuje zmanjšanje števila dni s tveganjem pozebe v rastni dobi.

Preglednica 3: Predvidene spremembe dolžine rastne dobe na devetih lokacijah po tridesetletnih obdobjih

Scenarij	Obdobje	Temperatura praga 5 °C	Temperatura praga 10 °C
RCP 4.5	2011-2040	spremenbe niso pričakovane, razen Starše 7 dni, Ljubljana 12	spremenbe niso pričakovane
	2041-2070	11 do 16 dni (Celje, Novo mesto – sprememba ni pričakovana)	10 do 16 dni (Veliki Dolenci – sprememba ni pričakovana)
	2071-2100	17 do 23 dni (Celje 14, Bilje 26)	12 do 20 dni (Portorož 25)
RCP 8.5	2011-2040	spremenbe niso pričakovane, razen Ljubljana 10 dni, Bilje 12	8 do 11 dni (Bilje 6)
	2041-2070	25 do 30 dni (Slovenske Konjice in Celje 19, Lesce 22, Bilje 33)	16 do 23 dni (Bilje in Portorož 25)
	2071-2100	37 do 49 dni (Celje 33, Portorož 57)	31 do 38 dni (Bilje 40, Portorož 42)

Čeprav se bo začetek rastne dobe pojavljal vedno bolj zgodaj, konec pa vedno kasneje, spremembe v dolžini varnostne rezerve pred pozebo v 21. stoletju ne moremo potrditi, saj se bo zaradi dviga temperature zraka namreč tudi zadnja spomladanska zmrzal pojavljala vedno bolj zgodaj, jesenska pa kasneje. Spremembe so pričakovane na nekaj obravnavanih lokacijah le po pesimističnem scenariju RCP8.5 v zadnjem obdobju 21. stoletja. Varnostna rezerva pred spomladansko pozebo se bo pri temperaturi praga 5 °C in minimalni temperaturi, manjši od 0 °C zmanjšala v Biljah, Ljubljani in Portorožu, in sicer za 10 dni, kar pomeni, da se bo tveganje za spomladansko pozebo povečalo. Varnostna rezerva pred jesensko pozebo se bo pri isti temperaturi praga in isti minimalni temperaturi povečala v Portorožu, in sicer za 6 dni, kar pomeni, da se bo tveganje za jesensko pozebo zmanjšalo.

4 SKLEPI

V prvem delu rastne dobe bodo kmetijska tla bolj zgodaj primerno ogreta za setev, v drugem delu rastne dobe pa bo porast temperature tal še večji, kar bo vplivalo tudi na rast in razvoj rastlin, saj so od temperature tal odvisne mnoge življenjske funkcije rastlin. Zagotovo pa ob povečani temperaturi tal lahko pričakujemo tudi močno izsušena tla. Segrevanje tal bo med drugim vplivalo tudi na kvaliteto tal, ki jo strokovni viri opišejo z »zdravstvenim stanjem tal«. Pomemben del strategije prilagajanja na spremembe bo ustrezna raba in tehnologija obdelave tal, ki bo temeljila na povečanju vsebnosti organskih snovi v tleh. Pomembni bodo tudi globina setve, izbira kultivarjev, raba pokrovnih rastlin in predvsem namakanje. Projekcije olistanja bukve, lipe in divjega kostanja v prihodnosti so pokazale, da bo olistanja v 21. stoletju prišlo še prej kot danes. Po pesimističnem scenariju naj bi te drevesne vrste olistale dober mesec dni prej kot danes, kar sproža vprašanja o preživetju teh drevesnih vrst v tem geografskem prostoru. Predvidena drastična sprememba spomladanskega fenološkega razvoja daje slutiti, da bo moteno konkurenčno ravnovesje tudi med drevesnimi vrstami, še posebno bodo ogroženi sezonski habitati in posledično tudi biodiverzitet tega geografskega prostora. Zaradi sprememb v fenološkem razvoju pa lahko pričakujemo še številne druge posledice, med drugim bodo ogrožene tudi prehranjevalne verige in življenjski prostor nekaterih žuželk opraševalk. Številnejše bodo tudi generacije termofilnih insektov.

Rastna doba se bo do konca 21. stoletja še podaljšala, k čemur bo doprinesel tako njen zgodnejši začetek kakor tudi kasnejši konec. Sprememba v dolžini rastne dobe bo lahko imela tako pozitivne kakor tudi negativne učinke na okolje oziroma na pridelek. Med pozitivne lahko štejeemo večji izbor kmetijskih rastlin, ki bodo lahko uspevale tudi na območjih, kjer jih danes še ne gojimo, in tudi uvajanje številnih novih toplotno zahtevnejših kmetijskih rastlin. V luči prilagoditvenih ukrepov se bo morala spremeniti tehnologija pridelave, kar pa bo poleg pozitivnih strani prineslo tudi številne negativne. Širile se bodo rastlinske bolezni, ki jih še ne poznamo, soočati se bomo morali tudi z invazivnimi rastlinskimi vrstami, zlasti pleveli. Projekcije tveganja pozeh z upoštevanjem varnostne rezerve do konca 21. stoletja so pokazale, da se ne pričakuje sprememb. Pričakujemo lahko zgodnejši začetek rastne dobe spomladi, tudi zadnjič spomladi zabeležena kritična temperatura bo zgodnejša, ne glede na to pa ostaja to področje v prihodnosti precej negotovo. Fenološki odziv rastline je poleg temperature zraka pogojen še s številnimi drugimi dejavniki, denimo s potrebnim hladnim obdobjem ob katerem poteka vernalizacija, z dolžino svetlega dne, z genetskimi in drugimi dejavniki, zaradi česar fenološki razvoj v spremenjenih toplotnih razmerah lahko poteka drugače, običajno hitreje, in ne vedno sinhrono s temperaturo zraka.

5 LITERATURA

- Anandhi A., Perumal S., Gowda P. H., Knapp M., Hutchinson S., Harrington J., Murray M., Kirkham M.B., Rice C.W. 2013. Long-term spatial and temporal trends in frost indices in Kansas, USA. *Climatic Change*, 120: 169-181, doi: 10.1007/s10584-013-0794-4
- Črepinšek Z., Kajfež Bogataj L. 2005. Modeliranje fenološkega razvoja pri rastlinah. *Acta agriculturae Slovenica*, 85(2): 263–281
- Frich P., Alexander L. V., Della-Marta P., Gleason B., Haylock M., Tank A. M. G. K., Peterson T. 2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research*, 19(3): 193-212, doi: 10.3354/cr019193
- Gams I. 1989. Zemeljske temperature v Sloveniji in njihovo odstopanje od zračnih. *Acta geographica*, 29: 5-36
- Knez M. 2007. Analiza temperature tal v Ljubljani. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko: 86 str.
- Oblišar G. 2016. Priprava ocene vpliva podnebnih sprememb na fenološki razvoj negojenih in gojenih rastlin. Končno poročilo. Ljubljana, Agencija RS za okolje: 31 str.
- Perry K. B., Wu Y., Sanders D.C., Garrett J. T., Decoteau D. R., Nagata R. T., Dufault R. J., Batal K. D., Granberry D. M., Mcclaurin W. J. 1997. Heat units to predict tomato harvest in the southwest USA. *Agricultural and Forest Meteorology*, 84(3-4): 249-254, doi: 10.1016/S0168-1923(96)02361-1
- Valher A. 2016. Priprava ocene vpliva podnebnih sprememb na temperaturo tal in vodno bilanco. Končno poročilo. Ljubljana, Agencija RS za okolje: 72 str.
- van Vuuren D.P., Edmonds J., Kainuma M., Riahi K., Thomson A., Hibbard K., Hurtt G.C., Kram T., Krey V., Lamarque J.-F., Masui T., Meinshausen M., Nakicenovic N., Smith S.J., Rose S.K. 2011: The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*, 109(1): 5, doi: 10.1007/s10584-011-0148-z
- Vitasse Y., Schneider L., Rixen C., Christen D., Rebetez M. 2018. Increase in the risk of exposure of forest and fruit trees to spring frosts at higher elevations in Switzerland over the last four decades. *Agricultural and Forest Meteorology*, 248: 60-69, doi: 10.1016/j.agrformet.2017.09.005
- Zheng D., Hunt E. R. Jr, Running S. W. 1993. A daily soil temperature model based on air temperature and precipitation for continental applications. *Climate research*, 2: 183-191, doi: 10.3354/cr002183
- Žust A. 2016. Dolžina letne rastne dobe. Ljubljana, Agencija RS za okolje. http://kazalci.arso.gov.si/kos2/?data=indicator&ind_id=747&lang_id=302 (november 2018)
- Žust A., Sušnik A. 1996. Spomladanska pozeba. *Ujma*, 10: 59-63

Uporaba prečiščene odpadne vode za namakanje

Vesna ZUPANC⁷⁰ in Marina PINTAR⁷¹

Izvleček

Zaradi vse večjega pritiska na vodne vire narašča zanimanje za alternativne vire vode za namakanje v urbanem okolju in v kmetijstvu tudi pri nas. Medtem ko je bilo namakanje v kmetijstvu v Sloveniji v preteklosti obravnavano kot dopolnilni tehnološki ukrep, praksa kaže, da intenzivna in konkurenčna pridelava brez namakanja ni več mogoča. Uporaba prečiščenih odpadnih voda je privlačna alternativa za zadostitev vedno večjih potreb po namakanju v kmetijskem sektorju, tudi v Sloveniji. Z namakanjem s prečiščeno odpadno vodo se v tla lahko vnese snovi, ki vplivajo na bilanco hranil, kakovost tal in pridelkov, lahko se poveča razpršen vnos novodobnih onesnažil v okolje. Za dodatno zmanjšanje obremenitve ekosistemov je mogoča uporaba dodatnih prečiščevanj na območju čistilnih naprav, kot so npr. rastlinske čistilne naprave in alge tehnologije, ki vsebnosti nezaželenih snovi dodatno znižajo na nivo, ki je sprejemljiv za ekosistem.

Ključne besede: namakanje, prečiščena odpadna voda, alternativni vodni viri

Use of treated waste water for irrigation

Abstract

Due to the increasing pressure on water resources, interest for alternative water sources for irrigation in urban and agricultural areas is growing. Whereas previously, irrigation in Slovenia was a supplement measure in agricultural production, experiences in past decades show that intensive, competitive agricultural production is not feasible without irrigation. Use of treated waste water is attractive alternative for meeting the increasing water demand for irrigation. Through application of treated waste water, input of substances in soil influences nutrient balance, quality of the soil and produce non-point contribution of new pollutants, such as pharmaceutical residues, is possible. For additional decrease of pressure on the ecosystem, use of additional purification system, such as constructed wetlands and algae technologies, on the premises of clearing facilities is possible, which decrease the content of unwanted substances to level, acceptable for ecosystems.

Key words: irrigation, treated waste water, alternative water sources

1 UVOD

Pogostost in dolžina sušnih obdobji ter pomanjkanje vode so pripomogli k pobudi za racionalnejšo in učinkovitejše upravljanje vodnih virov v Evropi (EC, 2017). Poleg varčevanja s sladko, pitno vodo so potrebni alternativni viri vode, iz katerih je voda, zaradi rabe v industriji in komunalnih storitvah za urbane potrebe, praviloma spremenjena in slabše kakovosti kot sladka, pitna voda. Raba odpadne ali prečiščene odpadne vode za namakanje v kmetijstvu je v svetu (Ayers in Westcot, 1994) ter v južni Evropi, predvsem v Sredozemlju (Pedrero in sod., 2010), že dolgo uveljavljena. Uporaba prečiščenih odpadnih voda je privlačna alternativa za zadostitev vedno večjih potreb po namakanju v kmetijskem sektorju, tudi v Sloveniji.

Dolgotrajno namakanje s prečiščeno odpadno vodo spremljajo številni okoljski vplivi in agronomski izzivi (Pedrero in sod., 2010). Ključni so parametri kakovosti prečiščene odpadne vode, ki se uporablja za namakanje in njihove kombinacije, kot so vsebnosti patogenih organizmov, slanost, vsebnost suspendiranih snovi, toksičnost nekaterih ionov, elementi v

⁷⁰ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si

⁷¹ Prof. dr., isti naslov, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

sledovih, vsebnost hranil (Ayers in Westcot, 1994, WHO, 2006), ostanki farmacevtskih snovi ter hormonov (Dodgen in sod., 2015). Vse naštetu ima lahko negativne posledice v ekosistemu, za rast rastlin in za ljudi (Toze, 2005). Tako lahko npr. vsebnost soli, predvsem natrija (Na⁺), povzroča zasoljevanje in sodifikacijo kmetijskih tal, kar znižuje njihov pridelovalni potencial in v skrajnem primeru zahteva njihovo rekultivacijo (Beltran, 1999). Delovanje nekaterih zgoraj naštetih parametrov je dobro raziskano in poznano.

V novejšem času se pojavlja vse več nekonvencionalnih onesnažil, kot so ostanki farmacevtskih sredstev in organskih onesnažil, ki jih zaznavajo tudi v podzemnih vodah (Jamnik in sod., 2009, Prestor in sod., 2017). Za trajnostno rabo prečiščene vode za namakanje je potrebno dodano raziskati in upoštevati (Hamilton in sod., 2007): (i) akumulacijo biodostopnih oblik težkih kovin v tleh, (ii) obnašanje organskih onesnažil v tleh, (iii) prenos soli in vpliv na kakovost voda v vodonosnikih in manjših povodij, (iv) tveganje zaradi patogenih organizmov, (v) možnosti mikrobiološkega onesnaženja, (vi) prenos onesnažil iz tal v rastline, (vii) vpliv na zdravje zaradi kronične izpostavljenosti onesnaževalom in (viii) strategijo za predstavitev tega vira vode v strokovni in širši javnosti. Namen članka je predstaviti pozitivne in negativne spremembe, do katerih zaradi namakanja s prečiščeno odpadno vodo pride v tleh.

2 PREDNOSTI NAMAKANJA S PREČIŠČENO ODPADNO VODO

Poznamo več tipov odpadnih voda glede na vir: prečiščene odpadne vode iz čistilnih naprav (lahko komunalne, industrijske ali kombinirane) in odcedne vode iz deponij ter kompostarn, ki so različne kakovosti. Za pravilno in uspešno uporabo prečiščene odpadne vode je potrebno poznati tip tal in kmetijsko kulturo, ki jo želimo namakati.

Z uporabo prečiščenih odpadnih voda za namakanje se lahko izboljša založenost tal s hranili (Urbano in sod., 2017) in z organsko snovjo, kar lahko izboljša mikrobiološko aktivnost v tleh, poveča se poroznost in izboljšajo se vodno zadrževalne sposobnosti tal (Toze, 2005). Sicer lahko organska snov v odpadni vodi povzroči vodoodbojnost, kar je lahko negativni učinek (Tarchitzky in sod., 2007), ki ga obravnavamo kasneje v tem besedilu. Z namakanjem s prečiščeno odpadno vodo se poleg količine organske snovi v tleh poveča vnos dodatnih hranil, predvsem dušika (N) in fosforja (P) (Toze, 2005), kar je potrebno upoštevati v bilanci hranil (Ayers in Westcot, 1994). V humidnem podnebju lahko preko hranil, dodanih s prečiščeno odpadno vodo, povečamo rastlinsko biomaso (Laughton in sod., 1990).

Največja prednost uporabe prečiščene odpadne vode za namakanje v kmetijstvu je zmanjšanje odvzema sladke vode iz vodonosnikov ali površinskih voda v času suše, ko je pritisk na vire sladke vode največji in je raba le-te za namakanje v kmetijstvu zelo omejena ali prepovedana. Možnost uporabe prečiščene odpadne vode je v takih okoliščinah dobrodošel, alternativni – edini – vodni vir za namakanje.

3 IZZIVI PRI NAMAKANJU S PREČIŠČENO ODPADNO VODO

Uporaba prečiščene odpadne vode za namakanje ima lahko negativne posledice v ekosistemu, za rast rastlin in za ljudi (Toze, 2005). Največje posledice so zaradi neposrednega nanosa prečiščene odpadne vode v tla lahko prav v tem delu ekosistema. Kakšen je obseg negativnih posledic na lastnosti tal, je odvisno od stopnje obremenitve z onesnažili (preglednica 1). Prečiščene odpadne vode še vedno lahko vsebujejo takšne količine oziroma koncentracije soli in drugih snovi, da lahko pustijo posledice v okolju ter tleh.

Neugodno razmerje vsebnosti v vodi raztopljenih kationov (Ca, Mg in Na, kar opišemo s parametrom izmenljiv natrij – SAR, preglednica 1) in previsoke vsebnosti anionov (sulfat, klorid, nitrat) povzročajo zasoljevanje tal. Slednje je zelo pomemben degradacijski učinek, zaradi katerega lahko pride do razpada strukturnih agregatov tal in s tem do poslabšanja ali popolnega uničenja strukture tal. To vpliva na hidravlične lastnosti tal – predvsem na infiltracijsko sposobnost tal in sposobnost prevajanja toka vode, ki se zmanjšata (Beltran, 1999, Gharaibeh in sod., 2016). Manj občutljiva na spremembe, zaradi namakanja s prečiščeno odpadno vodo, so peščena tla v primerjavi s tlemi težjih teksturnih razredov (Bardhan in sod., 2016, Leuther in sod., 2019). Težave ne nastopijo zgolj zaradi razpada strukturnih agregatov - zaradi suspendiranih organskih in trdnih snovi se zamašijo mikro, mezo in makro pore (Gharaibeh in sod., 2016). Pri namakanju tal peščeno ilovnate teksture (Gonçalves in sod., 2007) se je ob namakanju s prečiščeno odpadno vodo zmanjšala nenasičena hidravlična prevodnost.

Za nadzor nad stopnjo degradacije je potrebno paziti predvsem na razmerje med izmenljivim natrijem (SAR) v tleh in slanostjo vode, opisane z elektroprevodnostjo (Preglednica 1), saj ima stopnja obremenitve velike negativne posledice na tla. Monitoring kakovosti odpadnih voda ne pokriva vseh parametrov, ki bi jih za oceno vpliva namakanja z odpadno vodo na kakovost tal potrebovali (Ayers in Westcot, 1994, preglednica 1).

Soli v vodi lahko zmanjšajo dostopnost vode za rastline (Urbano in sod., 2017), poleg tega se kot dobro topne izpirajo v spodnje plasti tal ter onesnažujejo podzemne vode. Povečane vsebnosti težkih kovin (predvsem v industrijski odpadni vodi) lahko ob uporabi za namakanje povzročijo akumulacijo teh elementov v rastlinskih tkivih.

Kot nakazano v prejšnjem poglavju, lahko organske snovi v vodi za namakanje povzročijo učinek vodoodbojnosti (Tarchitzky in sod., 2007, Zupanc in Justin, 2010). Stopnja vodoodbojnosti je močno pogojena s kakovostjo prečiščene odpadne vode (Nadav in sod., 2013).

Nekonvencionalna onesnaževala. V najnovejših študijah so v prečiščeni odpadni vodi identificirana tudi druga onesnaževala, kot so mikroplastika, mikro organske spojine, kofein in ostanki farmacevtskih sredstev (Gerba in sod., 2017, Pan in sod., 2017, Madikizela in sod., 2018), ki niso del monitoringa kakovosti voda na iztoku iz čistilnih naprav. Izpust prečiščene odpadne vode v površinske in podzemne vode iz deponij, izpustov iz bolnišnic ter tudi preko namakanja s prečiščeno odpadno vodo (Grossberger in sod., 2014) je prispeval k vsesplošni navzočnosti farmacevtskih sestavin v vodnih ekosistemih (Herzman, 2015), tudi v sladki, pitni vodi. Trdovratne farmacevtske sestavine, ki se ne razgradijo, se akumulirajo v zgornjem, rodovitnem sloju tal (Grossberger in sod., 2014). Konzervativne farmacevtske sestavine, ki se ne vežejo in ne razgradijo, se v globino premikajo tako kot npr. nitratna oblika dušika.

Mehanizem prenosa farmacevtskih sestavin, ki so prisotne v prečiščeni odpadni vodi je kompleksen. Na zadrževanje oziroma absorpcijo ter toksičnost posameznih sestavin vplivajo tako lastnosti tal kot lastnosti ioniziranih organskih onesnaževal. Na usodo onesnaževal vplivajo koncentracija in tip organske snovi v tleh, prisotnost in tip glinenih delcev in fizikalne ter kemijske lastnosti organske snovi v tleh in v prečiščeni odpadni vodi (Chefetz in sod., 2008, Lees in sod., 2016), zračnost tal, količina vode v tleh ter temperatura tal (Lees in sod., 2016).

Velika težava pri raziskavah vpliva novodobnih onesnaževal na lastnosti tal je odsotnost standardnih analiz določevanja (npr. določevanje količine mikroplastike v tleh). V primeru stalne izpostavljenosti onesnaževalom pride do prenosa aktivnih farmacevtskih onesnaževal v rastline tudi ob nizkih koncentracijah onesnaževal v tleh (Wu in sod., 2013). Na prenos

onesnaževal v rastline vpliva transpiracija rastlin (Dodgen, 2015), saj se pod aridnimi in vročimi pogoji poveča prenos aktivnih farmacevtskih ostankov.

Preglednica 1: Parametri kakovosti odpadnih voda ter omejitve pri namakanju (povzeto po Ayers in Westcot, 1994)

		Brez omejitev	Srednje	Večje omejitve
Slanost				
Elektroprevodnost (EC_{vode})	dS/m	$\leq 0,7$	0,7–3,0	$\geq 3,0$
Suspendirane trdne snovi	mg/l	450	450–2000	2000
Prevodnost (vpliv na infiltracijo vode v tla, upoštevati EC_{vode} in SAR)				
SAR = 0–3		$EC_{vode} \geq 0,7$	EC_{vode} 0,7–0,2	$EC_{vode} \leq 0,2$
SAR = 3–6		$EC_{vode} \geq 1,2$	EC_{vode} 1,2–0,3	$EC_{vode} \leq 0,3$
SAR = 6–12		$EC_{vode} \geq 1,9$	EC_{vode} 1,9–0,5	$EC_{vode} \leq 0,5$
SAR = 12–20		$EC_{vode} \geq 2,9$	EC_{vode} 2,9–1,3	$EC_{vode} \leq 1,3$
SAR = 20–40		$EC_{vode} \geq 5,0$	EC_{vode} 5,0–2,9	$EC_{vode} \leq 2,9$
Specifična toksičnost ionov				
Natrij (Na)				
Površinsko namakanje	mg/l	≤ 3	3–9	≥ 9
Razpršilci	mg/l	≤ 70	> 70	
Klor (Cl)				
Površinsko namakanje	mg/l	≤ 140	140–350	≥ 350
Razpršilci	mg/l	≤ 100	> 100	
Bor (B)				
Površinsko namakanje	mg/l	$\leq 0,7$	0,7–3	≥ 3
Drugo				
Dušik (celokupni N)	mg/l	≤ 5	5–30	≥ 30
Bikarbonati	mg/l	≤ 90	90–500	≥ 500
pH			6,5–8,4	

Sprejemljivost za uporabnike. Čistilne naprave in industrijske čistilne naprave so v Sloveniji prostorsko ugodno razpršene, kar bi omogočilo uporabo prečiščene odpadne vode na celotnem območju Slovenije (Per, 2009). Pomemben je tudi vidik sprejemljivosti tega alternativnega vira vode za namakanje v lokalni skupnosti v okolici posamezne čistilne naprave za uporabnike – kmetijske pridelovalce – kot tudi za potrošnike pridelkov. V raziskavi o sprejemljivosti uporabe prečiščene odpadne vode na območju čistilne naprave Zarica v okolici Kranja se je izkazalo, da imajo lastniki kmetijskih gospodarstev s kmetijskimi zemljišči v okolici čistilne naprave, ki bi bili potencialni odjemalci prečiščene odpadne vode, veliko pomislekov glede uporabe (Kos, 2016). Dostopnost sveže, pitne vode za lastno uporabo (npr. v vodovodu brez omejitev tudi v sušnem obdobju) ter razvoj družbe (npr. v državah

tretjega sveta je raba prečiščene odpadne vode pogosto edini vodni vir) vplivata na dojemanje javnosti prečiščene odpadne vode kot sprejemljivega vira vode (Hamilton in sod., 2007). Bolj kot je potrošnik neposredno ogrožen zaradi negativnih posledic namakanja s prečiščeno odpadno vodo, manjša je dojemljivost za uporabo prečiščene odpadne vode za namakanje (Hamilton in sod., 2007). Javnost je manj naklonjena rabi prečiščene odpadne vode za pitje, nekoliko bolj namakanju kmetijskih pridelkov. Namakanje urbanih površin in golf igrišč je po mnenju javnosti bolj sprejemljivo. Tako bi bilo zanimivo preveriti mnenje lokalne skupnosti o tovrstnem dodatnem vodnem viru na območjih, ki so s sušo bolj prizadeta (npr. Obalno kraška regija, Prekmurje).

Dodatno bi zaupanje za rabo tega vodnega vira izboljšal ustrezen nadzor nad kakovostjo prečiščene odpadne vode. Za potrebe uporabe prečiščene odpadne vode za namakanje je potrebno izboljšati monitoring kakovosti prečiščenih vode iz komunalnih in industrijskih čistilnih naprav, in sicer razširiti nabor merjenih parametrov kot tudi povečati pogostost jemanja vzorcev, ne le enkrat letno temveč večkrat v rastni dobi. Monitoring vode na čistilnih napravah v Sloveniji se izvaja periodično (Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda Uradni list RS, št. 94/2014, 98/2015).

4 DODATNO IZBOLJŠANJE KAKOVOSTI PREČIŠČENIH ODPADNIH VODA

Sonaravna in učinkovita rešitev za dodatno izboljšanje kakovosti prečiščenih odpadnih voda in s tem zmanjšanje vnosa neželenih snovi v okolje so zelene tehnologije ali tehnologije za ponovno uporabo naravnih virov. Mednje štejemo rastlinske čistilne naprave (RČN), ki so grajena, t. i. inženirska močvirja, namenjena obdelavi različnih vrst odpadnih voda (Bulc in Šajn Slak 2009, Krivograd Klemenčič in Griessler Bulc, 2014) ter, ob ustreznih zasaditvi glede na kakovost vode, zagotavljajo učinkovito in zanesljivo obdelavo na preprost, robusten in ekonomičen način (Bulc in Šajn Slak, 2003). Kakovost iztoka vode iz RČN je moč prilagoditi glede na namen rabe iztoka, če gre za namakanje v kmetijstvu (npr. glede na potrebe pridelkov za fertgacijo) ali urbanih območji, tudi za industrijske namene.

5 SKLEPI

Največja prednost uporabe prečiščene odpadne vode za namakanje v kmetijstvu je zmanjšanje pritiska na vire sladke, pitne vode v času največjega odzema ter možnost aplikacije za namakanje v kmetijstvu, ko voda za namakanje ni dostopna.

Prečiščene odpadne vode lahko vsebujejo takšne količine organskih snovi, hranil oziroma koncentracije soli in drugih onesnaževal, da so posledice v okolju tako pozitivne kot negativne. Za varno rabo tega vira mora biti kakovost vode dobro poznana, saj lahko vpliva na kakovost tal in pridelke ter posledično tudi uporabnika. Namakanje s prečiščeno odpadno vodo je rešitev za območja ob komunalnih in industrijskih čistilnih napravah, kjer so pridelovalci in potrošniki pripravljeni na alternativne rešitve.

Poleg poznavanja posledic zaradi konvencionalnih onesnažil (npr. raztopljene soli), se pojavljajo novodobna onesnažila. Zato je priporočeno dodatno varovalo v obliki dopolnilnih prečiščevanj na območju čistilnih naprav – t.i. zelene tehnologije (rastlinske čistilne naprave, alga tehnologija), ki vsebnosti nezaželenih snovi znižajo na nivo, ki nima negativnih učinkov v sistemu rastlina – tla – voda.

Zahvala. Delo je nastalo v sklopu ARRS Raziskovalnega projekta J2-8162 Zapiranje snovnih poti pri čiščenju komunalnih odpadnih voda z zelenimi tehnologijami.

6 LITERATURA

- Ayers, R.S., Westcot, D.W. 1994. Water quality for agriculture, FAO irrigation and drainage paper 29 Rev. 1, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.
- Bardhan, G., Russo, D., Goldstein, D., Levy, G.J. 2016. Changes in the hydraulic properties of a clay soil under long-term irrigation with treated wastewater. *Geoderma*, 264: 1-9
- Beltran, J.M. 1999. Irrigation with saline water: benefits and environmental impact. *Agricultural Water Management*, 40: 183 – 194
- Bulc, T., Vrhovšek, D., Kukanja, V. 1997. The use of constructed wetland for landfill leachate treatment. *Water Science and Technology*, 35: 301-306
- Bulc, T., Sajn Slak, A. 2003. Performance of constructed wetland for highway runoff treatment, *Water Science and Technology*, 48 (2): 315-322
- Bulc, T.G., Slak, A.S. 2009. Ecoremediations - a new concept in multifunctional ecosystem technologies for environmental protection. *Desalination*, 246 (1-3): 2-10
- Chefetz, B. Mualem, T. Ben-Ari J. 2008. Sorption and mobility of pharmaceutical compounds in soil irrigated with reclaimed wastewater. *Chemosphere*, 73: 1335-1343
- Dodgen, L.K. Ueda, A. Wu, X., Parker, D.R., Gan, J. 2015. Effect of transpiration on plant accumulation and translocation of PPCP/EDCs. *Environmental Pollution*. 198: 144-153
- Environment, European Commission (EC). 2017. Wastewater reuse, Environment, European Commission: <http://ec.europa.eu/environment/water/reuse.htm>
- Gerba, C.P., Betancourt, W.Q., Kitajima, M. 2017. How much reduction of virus is needed for recycled water: A continuous changing need for assessment? *Water Research*, 108: 25-31
- Gharaibeh, M.A., Ghezzehei, T.A., Albalasmeh, A.A., Alghzawi, M.Z. 2016. Alteration of physical and chemical characteristics of clayey soils by irrigation with treated waste water. *Geoderma*, 276: 33-40
- Gonçalves, R.A.B., Folegatti, M.V., Gloaguen, T.V., Libardi, P.L., Montes, C.R., Lucas, Y., Dias, C.T.S., Melfi, A.J. 2007. Hydraulic conductivity of a soil irrigated with treated sewage effluent. *Geoderma*, 139 (1-2): 241-248. doi: 10.1016/j.geoderma.2007.01.021
- Grossberger, A., Hadar, Y., Borch, T. 2014. Biodegradability of pharmaceutical compounds in agricultural soils irrigated with treated wastewater. *Environmental Pollution*, 185: 168-177
- Hamilton, A.J., Stagnitti, F., Xiong, X., Kreidl, S.L., Benke, K.K., Maher, P. 2007. Wastewater irrigation: The state of play *Vadose Zone Journal*, 6 (4), 823-840. doi: 10.2136/vzj2007.0026
- Herzmann, H. 2015. Pharmaceuticals in groundwater. A literature review. *Dissertations in Geology at Lund University, Bachelor's thesis*, no. 426
- Jamnik, B., Auersperger, P., Urbanc, J., Lah, K., Prestor, J. 2009. Ostanki zdravil kot pokazatelj antropogenih vplivov na podzemno vodo Ljubljanskega polja in Ljubljanskega barja. *Geologija* 52(2): 241-248, doi:10.5474/geologija.2009.024
- Krivograd Klemenčič, A., Griessler Bulc, T. 2014, The use of vertical constructed wetland and ultrasound in aquaponic systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 22 (2): 1420-1430
- Kos., Š. 2016. Možnosti uporabe vode iz čistilne naprave Zarica za namakanje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo: 23 str. Diplomaska naloga
- Laughton, P.J., Papadopol, C.S., Jaciw, P. 1990. Zero discharge through innovative application of intensive silviculture to effluent disposal from a small Canadian wastewater treatment plant. *Water Science and Technology*, 22(3-4): 217-224
- Lees, K., Fitzsimons, M., Snape, J., Tappin, A., Comber, S. 2016. Pharmaceuticals in soils of lower income countries: Physico-chemical fate and risks from wastewater irrigation. *Environment International*, 94: 712-723
- Leuther, F., Schlüter, S., Wallach, R., Vogel, H.J. 2019. Structure and hydraulic properties in soils under long-term irrigation with treated wastewater. *Geoderma*, 333: 90–98
- Madikizela, L.M., Ncube, S., Chimuka, L. 2018. Uptake of pharmaceuticals by plants grown under hydroponic conditions and natural occurring plant species: A review *Science of the Total Environment*, 636: 477-486

- Nadav, I., Tarchitzky, J., Chen, Y. 2013. Induction of soil water repellency following irrigation with treated wastewater: Effects of irrigation water quality and soil texture. *Irrigation Science* 31: 385-394
- Pedrero, F., Kalavrouziotis, I., Alarcon, J.J., Kukoulakis, P., Asano T. 2010. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture – Review of some practices in Spain and Greece. *Agricultural Water Management*, 97: 1233-1241
- Pan, M., Chu, L.M. 2017. Fate of antibiotics in soil and their uptake by edible crops. *Science of the Total Environment*, 599-600: 500-512
- Per M. 2009. Voda iz čistilnih naprav kot alternativni vir vode za namakanje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo: 26 str. Diplomaska naloga
- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda. Uradni list Republike Slovenije, 94 (2014), 98(2015)
- Prestor, J., Jamnik, B., Pestotnik, S., Meglič, P., Cerar, S., Janža, M., Auersperger, P., Bračič Železnik B. (2017). Upravljanje onesnaženj podzemne vode na ravni funkcionalnega mestnega območja. *Vodni dnevi 2017, Portorož*, 7 str.
- Tarchitzky, J., Lerner, O., Shani, U., Arye, G., Lowengart-Aycicegi, A., Brener, A., Chen, Y. 2007. Water distribution pattern in treated wastewater irrigated soils: Hydrophobicity effect. *European Journal of Soil Science*, 58(3): 573-588
- Toze, S. 2005. Reuse of effluent water – benefits and risks. New directions for a diverse planet". *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress*, 26 Sep – 1 Oct 2004, Brisbane, Australia.
- Urbano, V.R., Mendonça, T.G., Bastos, R.G., Souza, C. 2017. Effects of treated wastewater irrigation on soil properties and lettuce yield. *Agricultural Water Management*, 181: 108-115
- World Health Organisation (WHO). 2006. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greewater. Vol. II: Wastewater use in agriculture. Geneva.
- Wu, X., Ernst, F., Conkle, J.L., Gan, J. 2013. Comparative uptake and translocation of pharmaceutical and personal care products (PPCPs) by common vegetables. *Environment International*, 60: 15-22
- Zupanc, V., Justin, Z.M. 2010. Changes in soil characteristics during landfill leachate irrigation of *Populus deltoides*. *Waste Management*, 30(11): 2130-2136

Izkušnje namakanja krompirja glede na modelno napoved

Tomaž POJE⁷², Peter DOLNIČAR⁷³, Vesna ZUPANC⁷⁴ in Marina PINTAR⁷⁵

Izvleček

Deficitno namakanje je primeren pristop za povečevanje učinkovitosti rabe vode, še zlasti pri kulturah, ki imajo visoke potrebe po vodi. V prispevku smo ovrednotili optimalno in deficitno namakanje krompirja glede na modelno napoved Agencije RS za okolje (ARSO) za krompir (razpršilci in kapljično namakanje). Zasnova poskusa je bil naključni blok s petimi obravnavami in štirimi ponovitvami. Leto 2018 je bilo za pridelovanje krompirja zelo zahtevno zaradi vremenskih razmer oziroma pogostih padavin. Rezultati poskusa so pokazali, da je največji skupni in tržni pridelek brez počenih gomoljev dosežen pri nenamakanem obravnavanju. Prototip modelne napovedi ARSO za namakanje krompirja je dobrodošla podpora za odločitve pri namakanju. Dobrodošla dopolnitev bi bilo upoštevanje lokalnih vremenskih podatkov oziroma podatkov kontinuiranih meritev količine vode v tleh s senzorji, če so na voljo.

Glavne besede: krompir, namakanje, modelna napoved

Experience of potato irrigation according to model forecast

Abstract

Deficit irrigation is suitable for improving water use efficiency, especially for the culture which has high water demand. We evaluated optimal and deficit irrigation of potatoes based on irrigation forecast by Slovenian Environment Agency (SEA) (for sprinklers and drip irrigation). Experiment was set as random block with five treatments and four repetitions. Year 2018 was very demanding for potato production due to frequent precipitation. Results showed the highest total and marketable yield for not irrigated treatment. Irrigation forecast of SEA is a welcome support for irrigation scheduling, which needs to be tested. Potential improvement could be possibility of including local weather conditions and/or soil water measurements, if available.

Keywords: potato, irrigation, model forecast

1 UVOD

Podatki o namakanju krompirja v Sloveniji so zelo omejeni. Pridelava je najpogostejša v območjih z alpskimi in subalpskimi podnebnimi značilnostmi, ki so vsaj v preteklosti omogočala zadovoljivo oskrbo krompirjevih nasadov zgolj s padavinami (brez namakanja). Edini podrobnejši podatki o namakanju krompirja v Sloveniji se nanašajo na leto 2009, ko je bil krompir gojen na 4.175 ha. Pridelava je dosegla 103.425 ton ob pridelku 24,8 t/ha. Le 1,8 % oz. 80 ha površin krompirja se je v tem letu namakalo (SURSTAT, 2009). Prevladovala je uporaba razpršilcev (54 ha), sledilo je kapljično namakanje (5 ha). Čeprav za ostala leta ni na voljo podrobnejših podatkov o načinu namakanja krompirja, raziskava Cvejić in sod. (2013) potrjuje, da so razpršilci najpogostejše uporabljana tehnologija v namakanju krompirja v Sloveniji, kar je v skladu s prevladujočim načinom namakanja krompirja v drugih delih sveta (Quiroz in sod., 2012). Povprečna poraba vode pri namakanju z razpršilci je bila 1.665 m³/ha, pri kapljičnem namakanju pa 2.119 m³/ha. Povprečna raba vode za namakanje krompirja je

⁷² Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: tomaz.poje@kis.si

⁷³ Dr., isti naslov, e-pošta: peter.dolnicar@kis.si

⁷⁴ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si

⁷⁵ Prof. dr., isti naslov, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

znašala 2.119 m³/ha. Za krompir naj bi bilo najoptimalnejše kapljično namakanje, saj tako preprečimo omočenost listov in s tem razvoj in širjenje glivičnih bolezni.

Prilagajanje na podnebne spremembe bo zahtevalo pametnejšo rabo vode v kmetijstvu. Deficitno namakanje je bilo predlagano kot primeren pristop za povečevanje učinkovitosti rabe vode, še zlasti pri kulturah, ki imajo visoke potrebe po vodi (Ginaakis in sod., 2016, FAO, 2000). Vendar se je ta pristop izkazal za problematičnega, če ga izvajamo na kulturah, ki so občutljive na primanjkljaj vode v tleh. Med te prištevamo tudi krompir (*Solanum tuberosum* L.) (Sood in Sign, 2003; Liao in sod., 2016). Jensen in sod. (2010) pri proučevanju deficitnega namakanja pri pridelavi krompirja ugotavlja možnost prihranka 20 do % vode ob tem pa je pridelek krompirja statistično značilno manjši od pridelave, kjer se izvaja polno namakanje. Fabeiro in sod. (2000) so proučevali kontrolirano deficitno namakanje krompirja v semiaridnem področju Španije. Ugotovili so, da je pridelek krompirja zelo odvisen od količine vode porabljene za namakanje. Demmel in sod. (2014) je v razmerah Bavarske proučeval 12 variant kapljičnega namakanja. Na peščenih tleh je ugotvil povečanje pridelka zaradi namakanja, na težjih tleh pa je bil povečan pridelek krompirja zaradi namakanja ugotovljen le v zelo sušnih letih.

Agencija RS za okolje (ARSO) že od leta 1994 uporablja za sledenje vodne bilance kmetijskih rastlin vodnobilančni model IRRFIB. Model omogoča izračun obroka namakanja pri določeni kmetijski rastlini ob uporabi vhodnih podatkov uporabnikov (tla, fenologija, način namakanja). Model v napoved namakanja vključuje tudi vremensko prognozo. To pomeni, da ob napovedi večjih padavinskih dogodkov lahko namakanje izpustimo. S tem reguliramo dodajanje vode in ne dodajamo prevelikih ali premajhnih količin vode (Sušnik in sod., 2017). Namen dela je bilo ovrednotiti optimalno in deficitno namakanje krompirja glede na modelno napoved za krompir.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poljski poskus smo izvedli na površinah Infrastrukturnega centra Jابلje Kmetijskega inštituta Slovenije v Jابلjah na meljasto ilovnatih tleh (GERK 5650277). Na osnovi treh odvzetih vzorcev tal so bile določene krivulje vodnozadrževalnih lastnosti tal (preglednica 1).

Preglednica 1: Lastnosti tal na lokaciji poskusa v Jابلjah (izmerjeno 12.10.2007)

Horizont	Globina (cm)	Glina (%)	Grobi melj (%)	Fini melj (%)	Pesek (%)	Poro-znost (%)	Abs.kap.za vodo g/100cm ³	Navid.sp. teža g/100cm ³	Prava sp.teža g/100cm ³	Poljska kapacite-ta (%)	Točka venenja (%)
Ap	0 - 30	22,0	16,4	25	36,6	29,18	33,66	1,57	2,22	36,5	25,2
A2	30 - 65	24,4	15,4	24,6	35,6	25,57	34,78	1,67	2,20		
AB	65 - 91	23,2	16,0	21,0	39,8	24,29	34,39	1,71	2,25		
Gr	91 - 118	22,7	13,1	17,1	47,1	25,39	35,13	1,72	2,30		

Zasnova poskusa je bil naključni blok s petimi obravnavami in štirimi ponovitvami. Dolžina posamezne poskusne parcele je bila 2,5 m, širina pa 2 vrsti, kar pri medvrstni razdalji 0,75 m znaša 1,5 m. Površina posamezne parcele je torej znašala 3,75 m². Ob straneh posameznih poskusnih parcel so bile 3 vrste zaščite, v vzdolžni smeri pa so bile parcele med seboj oddaljene 2,5 m. Velikost celotnega poskusa je bila 55 x 12 m oz. 660 m². Obravnavanja so bila: NN – nenamakano, N – namakanje z mikrorazpršilci, DN – deficitarno namakanje z mikrorazpršilci, KN – kapljično namakanje, KDN – kapljično deficitarno namakanje. Lego

poskusne parcele s posameznim obravnavanjem smo znotraj posamezne ponovitve (bloka) določili naključno.

Za namakanje smo uporabili vodo iz javnega vodovodnega sistema. Zaradi visokega tlaka vode (6 barov) smo na priključku namestili tlačni regulator, s katerim smo znižali tlak na 3 bare. Nato smo vodo vodili po cevi 3/4" v dolžini 50 m do razdelilne omare, ki se je nahajala na sredini poskusne parcele. Za vsako obravnavanje – način namakanja smo v razdelilni omari pripravili odcep z ventilom, števcem porabe vode (Maddalena CD SD PLUS 1/2"), časovnim krmilnikom (Claber 8412 Aquauno Video-2 Plus) in tlačnim regulatorjem (Claber 91040 Pressure reducer, pout 1 bar) ter filtrom (Claber 91031 Navojni filter za 1/2" cevi). Ventil je omogočal odpiranje in zapiranje dotoka vode za posamezno obravnavanje. Števec porabe vode je prikazoval kumulativno porabo vode za posamezno obravnavanje. Zapisovali smo odčitke števca pred dnevnim namakanjem in po koncu. Tako je bilo potrebno za dnevno porabo od končnega odčitka odšteti začetni odčitek. Časovni krmilnik je omogočal nastavitve začetka namakanja in čas trajanja namakanja. Krmilnik omogoča nastavitve različnih režimov odpiranja in zapiranja pretoka vode za vsak posamezni dan v tednu. Na podlagi potrebne dnevne količine namakanja smo iz podatkov o pretoku vode v posameznem obravnavanju izračunali potreben čas namakanja in tega vnesli v krmilnik. Tlačni regulator je zagotavljal za vsako vejo namakanja (obravnavanje) konstanten tlak 1 bar in s tem konstanten pretok vode preko razpršilcev ali kapljačev.

V poskusu smo uporabili mikrorazpršilce podjetja Claber, tip 91256 360° Micro Sprinkler. Razpršilci so bili nameščeni na koncih cevi 1/4", te pa pritrjene na vertikalne nosilce. Višina razpršilca od tal je bila 80 cm. Izmerjen dejanski premer kroga namakanja pri tlaku 1 bar je bil 3 m, kar smo upoštevali pri izračunu trajanja namakanja za potrebno količino vode. Za kapljično namakanje smo uporabili cev z vgrajenimi labirintnimi kapljači na razdalji 33 cm CLABER ART.90353. Nazivni pretok preko posameznega kapljača je 1,2 l/h pri tlaku 1 bar. Cev smo namestili na obeh obravnavanih vrstah po vrhu grebena ob rastlinah.

Pri izračunu trajanja namakanja smo upoštevali zahtevano količino vode za posamezno obravnavanje. Namakalni obrok smo dodali v enkratnem odmerku zjutraj ob 7. uri. Za postopek deficitarnega namakanja smo upoštevali 70 % količine namakanja glede na polno količino namakanja, ki naj bi pokrila izgube vode s predvideno evapotranspiracijo.

Namakali smo glede na modelno napoved ARSO za posamezen dan in način namakanja – razpršilci in kapljično namakanje (oziroma obročno in kapljično namakanje).

Na petnajstih poskusnih parcelah smo izvajali kontinuirane meritve količine vode v tleh. Skupaj je bilo vstavljenih 30 TDR sond, 15 oddajnikov, 1 sprejemnik. Sonde so bile vgrajene na globini tal 15 cm. Rezultati meritev količine vode v tleh niso bili upoštevani v modelni napovedi ARSA za namakanje krompirja.

V letu 2018 smo sadili sorto krompirja KIS Savinja. To je srednje zgodna sorta, ki v polni zrelosti da zelo velik pridelek. Njeni gomolji so okroglo ovalni, debeli in jih je okoli 12 na grm. Ima srednje plitva očesa, krem belo meso in svetlo kožico. Razvije velik grm s temnejšimi listi, številni cvetovi pa so beli. Pri jedilni kakovosti je ugotovljena odlična kakovost kuhanega krompirja, primeren tudi za pečenje. Sorta je odporna proti virusu Y in odporna proti krompirjevi plesni na listih. Čeprav se je prav v letu 2018 pokazalo, da je plesen prešla odpornost in smo kljub zaščiti v nasadu ugotovili močno prisotnost krompirjeve plesni. Gomolje smo sadili v gostoti 44 500 gomoljev/ha, kar znese pri medvrstni razdalji 0,75 m razdaljo v vrsti 0,3 m. Kaliber posajenega semena je bil 45–55 mm kvadratne mreže.

Za analizo pridelka smo pobrali vse gomolje po parcelah posameznih obravnavanj. Pri vsakem obravnavanju v vseh ponovitvah smo iz obeh vrst pobrali skupno po 18 grmov in jih shranili v označene vreče. Določili smo težo in število gomoljev po izbranih velikostnih

razredih (>65 mm, 55-65 mm, 45-55 mm, 25-45 mm, <25 mm). Gomolje smo sortirali na kvadratni mreži. To pomeni, da so bili npr. v razred 45-65 mm uvrščeni gomolji, ki so šli skozi kvadratno odprtino mreže velikosti 65 mm (so bili v dveh oseh širine do 65 mm, po dolžini pa so lahko bili daljši), ne pa skozi mrežo 45 mm. Po izkopu smo ocenjevali tudi kakovost gomoljev. Ugotovili smo močno prisotnost pokanja gomoljev na površini, kar je lahko posledica kombinacije občutljivosti sorte in vremenskih razmer (veliko padavin). Tržni pridelek smo določili tako, da smo upoštevali le teže gomoljev debeline nad 45 mm, odšteli pa smo tudi vse počene gomolje.

Določevali smo tudi vsebnost suhe snovi v gomoljih. Metoda temelji na izračunu teže izpodrinjene tekočine na osnovi tehtanja vzorca krompirja nad vodo in v vodi. Za določitev smo uporabili posebno avtomatsko tehtnico firme MEKU, ki po tehtanju z ustreznim algoritmom izračuna vsebnost škroba in suhe snovi v gomoljih krompirja. Gomolji morajo biti pred tehtanjem oprani in osušeni, temperatura vode pa okoli 20 °C. Tehtali smo vzorec teže okoli 5 kg, in sicer gomolje debeline 45-65 mm (ni nujno, da so vsi vzorci popolnoma enake teže, saj je delovno območje tehtnice do 7 kg).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

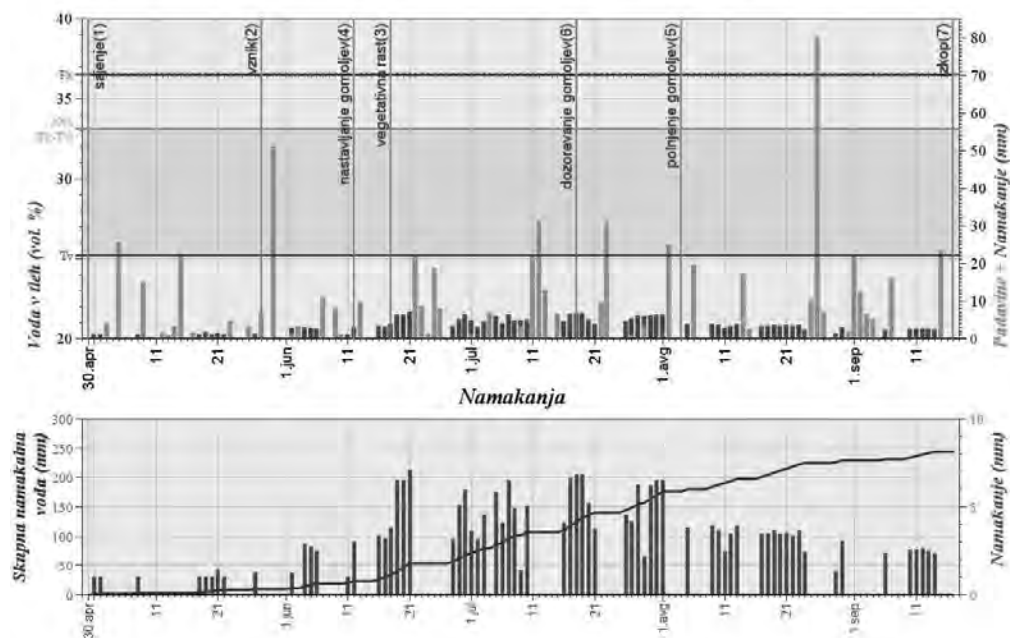
Na spletni strani <http://meteo.arso.gov.si> so vsak dan okrog 11. ure izračunali modelno napoved za namakanje krompirja na poskusu v Jablah. Modelna napoved je bila izračunana za namakanje s količino (obročno namakanje), za kapljično namakanje, izračunana pa je bila še varianta brez namakanja. Dejansko gre tukaj za vodno bilanco za lokacijo poskusa z napovedjo potrebnega namakanja ali prikazom primanjkljaja vode za obravnavanje, kjer se nič ne namaka (slika 1). Pri modelni napovedi namakanja za krompir so vključeni podatki meteorološke postaje, podatki o fenofazah krompirja in podatki o lastnostih tal. Kot vir podatkov za pretekle padavine in prihodnjo vremensko napoved so v modelno napoved vključili podatke iz meteorološke postaje Letališče Jožeta Pučnika na Brniku (lon=14.4784, lat=46.2114). ARSO je namreč v izračunu modelne napovedi vezan le na podatke iz svojih meteoroloških postaj. V sistem ne more vključiti drugih meteoroloških postaj. V Jablah imamo sicer v neposredni bližini poskusne parcele z namakanjem tudi meteorološko postajo, vključeno v agrometeorološko mrežo MKGP, Uprave RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin. ARSO podatkov iz te postaje ne more upoštevati v modelni napovedi namakanja za krompir. Fenofaze krompirja smo vnašali v spletno aplikacijo v ustrezni »GoogleObrazci« (<https://docs.google.com/>). Za krompir je bilo potrebno vnesti naslednje fenofaze po skali BBCH: sajenje (BBCH 00), vznik (BBCH 10), vegetativna rast (BBCH 39), nastavljanje gomoljev (BBCH 40), polnjenje gomoljev (BBCH 49), dozorevanje gomoljev (BBCH 90), izkop (BBCH 99).

Modelno napoved namakanja nam je dnevno posredoval ARSO v obliki vodnih bilanc z namakanji in prognozo. Napoved namakanja je grafično prikazovala potek vodne bilance krompirja od začetka rastnega obdobja ter tabelaričen prikaz, kolika naj bo količina dodane vode za naslednjih pet dni za dve vrsti namakanja (kapljično in obročno). Osvežena modelna napoved je bila dostopna okrog 11. ure dopoldne. Glede na to napoved smo namakali priporočene količine naslednje jutro ob 7. uri. Pri deficitnem namakanju smo upoštevali 70 % priporočene normalne količine vode za namakanje. Namakali smo zjutraj zaradi večje učinkovitosti namakanja (manjše izhlapevanje) in zaradi krajše izpostavljenosti krompirja razmeram ugodnim za širitev bolezni (krompirjeve plesni).

Na sliki 2 prikazujemo količino padavin izmerjeno na meteorološki postaji Letališče Jožeta Pučnika na Brniku, ki je bila tudi upoštevana v modelni napovedi namakanja. Od sajenja do

izkopa krompirja je bilo 679,8 mm padavin. Kar kaže na težke pridelovalne razmere za krompir, saj je bil dež zelo pogost. V obravnavanem obdobju od sajenja do izkopa krompirja je bilo 79 dni brez padavin (56 %) in 62 dni s padavinami (44 %). Pri dnevih s padavinami je bilo 42 dni s padavinami do 10 mm na dan in 20 dni s padavinami večjimi od 10 mm.

Vodna bilanca 30.04. - 17.09.2018, Jablje 2018 (TriN)



Slika 1: Vodna bilanca za kapljično namakanje krompirja v Jablah na osnovi modelne napovedi, vir: ARSO - <http://meteo.arso.gov.si>

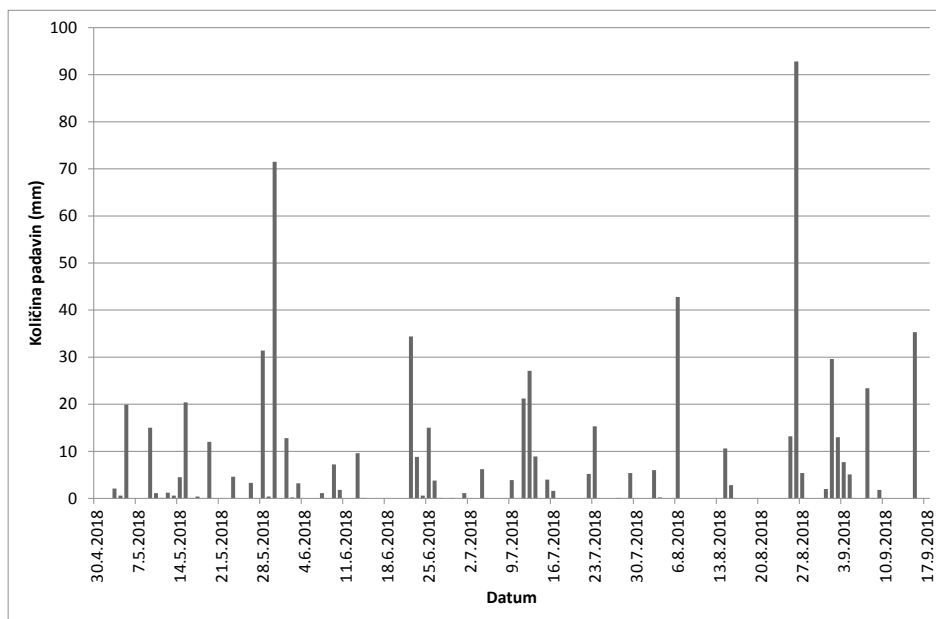
Namakanje krompirja smo izvajali glede na modelno napoved. V preglednici 2 prikazujemo količino vode, ki smo jo porabili za namakanje različnih obravnavanj. Namakali smo od 2. 6. 2018 do 9. 8. 2018. Kapljično smo namakali 36-krat (36 dni), obročno oziroma količinsko pa 6-krat (6 dni). V obdobju, ko smo izvajali namakanje, je bilo po podatkih meteorološke postaje Letališče Jožeta Pučnika na Brniku, 60 dni brez padavin in 42 dni s padavinami.

Preglednica 2: Skupne količine dodane vode za namakanje krompirja pri različnih obravnavanjih

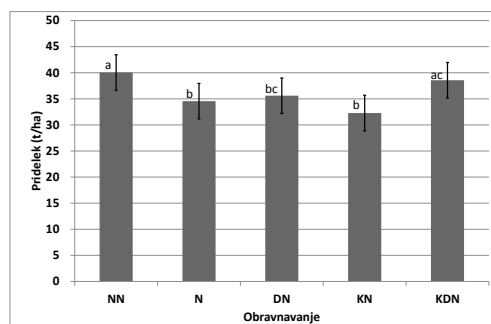
Obravnavanje	N	DN	KN	DKN
Skupna količina namakanja (l/m ²)	71,81	46,00	115,48	82,64

Na slikah 3 in 5 prikazujemo pridelek krompirja. Na sliki 3 je povprečen pridelek vsega krompirja po obravnavanjih. Največji pridelek je bil ugotovljen pri kontroli – nenamakanem (NN). Po količini pridelka nato sledita obravnavanji, kjer smo izvajali deficitno namakanje (DN in KDN). Ta trend je še izrazitejši, če pogledamo tržni pridelek brez počenih gomoljev. Rezultati kažejo, da je bilo v letu 2018 v večini poskusnega obdobja dovolj vlage v tleh za

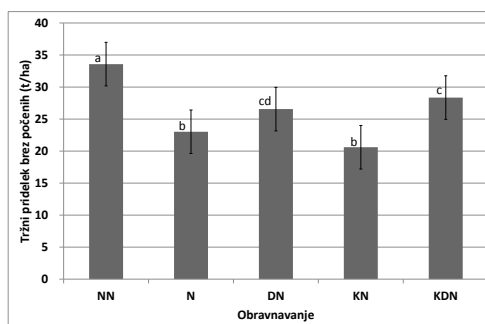
optimalno rast rastlin krompirja in so dodane količine vode za namakanje že negativno vplivale na rast in razvoj ter na pridelek. To je še bolj izrazito pri tržnem pridelku, kjer smo odšteli tudi počene gomolje.



Slika 2: Količina padavin, izmerjena na meteorološki postaji Letališče J. Pučnika na Brniku



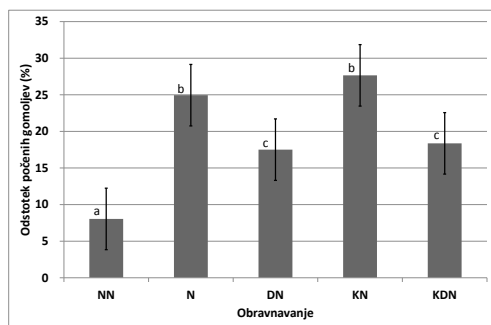
Slika 3: Pridelek krompirja (t/ha) z int. zaupanja za srednjo vrednost ($\alpha=0,05$) na lokaciji Jablje.



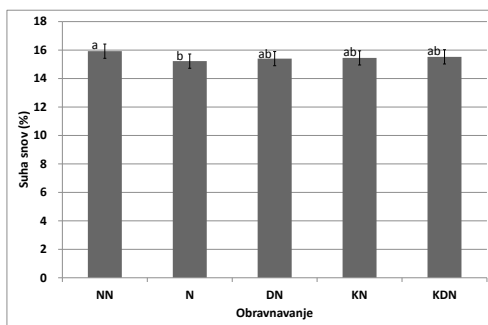
Slika 4: Tržni pridelek brez počenih gomoljev (t/ha) z int. zaupanja za srednjo vrednost ($\alpha=0,05$) na lokaciji Jablje.

Sliki 5 in 6 prikazujeta kakovost pridelka. Počeni gomolji (razpoke) krompirja so odziv rastline na »vodni stres«, navadno to pomeni preveč vode oz. neenakomerno razporeditev vode. Razpoke gomoljev štejemo med napake gomoljev. Pokanje lahko nastane zaradi dveh razlogov: ob sušnem stresu se kožica utrdi, nato pa ob dovolj vlage, ko gomolji pričnejo zelo hitro rasti, počijo; drugi razlog pa je preprosto tako hitra rast gomoljev, da temu kožica ne more

več slediti in počti. Najmanjši delež počenih gomoljev je bilo pri nenamakanem obravnavanju (NN). Signifikantno večji delež počenih gomoljev sta imeli obravnavanji z deficitnim namakanjem (DN in KDN), še večji delež pa obravnavanji z normalno količini namakane vode (N in KN). Zaradi zasnove poskusa, ko smo bili vezani na oddaljeno meteorološko postajo na Brniku, je v praksi prišlo ravno do tega, da je bilo v posameznem obdobju ob močnih lokalnih padavinah na poskusni lokaciji skupno na voljo preveč vode, kljub temu, da smo do neke mere ob napovedi modela upoštevali tudi dejanske vodne razmere na poskusu. Na to kažejo tudi podatki o vsebnosti suhe snovi v gomoljih (slika 6). Največ suhe snovi je imel prav krompir iz nenamakanega obravnavanja (NN), najmanj pa iz namakanega krompirja (N).



Slika 5: Odstotek počenih gomoljev (%) z int. zaupanja za srednjo vrednost ($\alpha=0,05$) na lokaciji Jablje.



Slika 6: Poprečni delež suhe snovi v gomoljih z int. zaupanja ($\alpha=0,05$) pri različnih načinih namakanja krompirja na lokaciji Jablje.

4 SKLEPI

Leto 2018 je bilo za pridelovanje krompirja zelo zahtevno zaradi vremenskih razmer oziroma pogostih padavin. V poskusu s sorto KIS Savinja smo imeli štiri vrste namakanja. Količina namakanja pa je bila določena z modelno napovedjo ARSO na osnovi vodne bilance. V vodni bilanci za Jable so upoštevane lastnosti tal v Jablah, fenofaze krompirja in vremenski podatki iz meteorološke postaje Brnik. Rezultati poskusa so pokazali, da je največji skupni in tržni pridelek brez počenih gomoljev dosežen pri nenamakanem obravnavanju. Pri nenamakanem obravnavanju je bil tudi najmanjši delež počenih gomoljev in največji delež suhe snovi. Pri namakanih obravnavanjih sta se bolje izkazali obravnavanji z deficitnim načinom namakanja. Vse to kaže na dovolj vode (včasih celo preveč) med poskusom. Prototip modelne napovedi ARSO za namakanje krompirja je dobrodošla podpora za odločitve pri namakanju, vendar se mora še preverjati in dopolniti, da bomo dosegli optimalne rezultate z namakanjem v sušnih obdobjih. Predvsem bi model moral upoštevati lokalne vremenske podatke. Modelna napoved bi morala upoštevati tudi podatke kontinuiranih meritev količine vode v tleh s senzorji za vlago, kar je danes osnova za odločitve namakanja pri sodobnih namakalnih sistemih.

Zahvala. Delo je nastalo v okviru Ciljnega raziskovalnega projekta V4-1609 Natančnost napovedovanja namakanja (2016-2018), ki ga sofinancirata Agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

5 LITERATURA

- Cvejić, R., Tratnik, M. & Pintar, M. 2013. Raba velikih namakalnih sistemov ter potrebe po celostnih posodobitvah. Mišičev vodarski dan 2013. p. 9.
- Demmel, M., Kupke, S., Brandhuber, R., Blumental, B., Marx, M., Kellermann, A., Mueller, M. 2014. Drip irrigation for potatoes in rain fed agriculture - evaluation of drip tape/drip line positions and irrigation control strategies. Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014. <http://www.geyseco.es/geystiona/adjs/comunicaciones/304/C01740001.pdf>
- Fabeiro, C., Martín De Santa Olalla, F., De Juan, J.A. 2001. Yield and size of deficit irrigated potatoes. *Agricultural Water Management*.48, 3: 255-266.
- Giannakis., et al. 2016. Water pricing and irrigation across Europe: opportunities and constraints for adopting irrigation scheduling decision support systems. *Water Science and Technology: Water Supply*, 2016. 16(1): p. 245-252.
- Jensen, R.C., et al. 2010. Andersen Deficit irrigation based on drought tolerance and root signalling in potatoes and tomatoes. *Agricultural Water Management*, ISSN: 0378-3774, Vol: 98, Issue: 3, Page: 403-413
- Quiroz, R., Chujoy, E. & Mares, V., 2012. Crop yield response to water. *FAO Irrigation and drainage paper 66*. P. Steduto et al., eds., Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available at: <http://www.fao.org/docrep/016/i2800e/i2800e.pdf>.
- SURS, 2009. Potato production in Slovenia.
- Sušnik, A., Gregorič, G., Kozjek, K. 2017. Prototip operativne napovedi namakanja. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2017 : zbornik simpozija, Laško, 2017 = New challenges in agronomy 2017 : proceedings of symposium*. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2017, str. 265-271

Pilotni sistem za podporo odločanju v namakanju (SPON)

Luka HONZAK⁷⁶, Rozalija CVEJIC⁷⁷, Špela ŽELEZNIKAR⁷⁸ in Marina PINTAR⁷⁹

Izvelek

V okviru projekta LIFE ViVaCCAdapt z naslovom Prilagajanje na vplive podnebnih sprememb v Vipavski dolini (LIFE15 CCA/SI/000070) vzpostavljamo pilotni sistem za podporo odločanju v namakanju (SPON) z namenom učinkovitejše rabe vode za namakanje. V projektu sodeluje 35 kmetijskih gospodarstev iz Vipavske doline. SPON temelji na izračunu vodne bilance z modelom Agencije Republike Slovenije za okolje IRRFIB in poda priporočeni čas in obrok namakanja, pri čemer upošteva informacije o vodnozadrževalnih lastnostih tal, trenutno količino vode v tleh, potrebo rastline po vodi glede na razvojno fazo in vremensko napoved. Pridelovalci bodo s testno uporabo sistema začeli v letu 2019. V prispevku podrobneje opišemo SPON in njegovo delovanje.

Ključne besede: sistem za podporo odločanju, napoved namakanja, vodna bilanca, IRRFIB

Pilot decision support system for irrigation

Abstract

In the framework of the LIFE ViVaCCAdapt project entitled Adapting to the effects of climate change in the Vipava Valley (LIFE15 CCA/SI/000070), we are establishing a pilot decision support system for irrigation (SPON) with the aim of more efficient water use for irrigation. The project involves 35 farms from the Vipava Valley. SPON is based on the calculation of the water balance with the model of the Slovenian Environment Agency IRRFIB and gives the recommended time and irrigation amount, taking into account the soil water retention curve, soil moisture, plant water requirements and weather forecast. Farmers will begin with the test use of SPON in 2019. This paper describes SPON and its operation.

Key words: decision support system, irrigation forecast, water balance, IRRFIB

1 UVOD

V Sloveniji imamo nekajdesetletne izkušnje z namakanjem, ki ga zaradi le občasnega pojavljanja suš, manj zaostrenih tržnih razmer in okoljskih zahtev uvajamo precej nesistematično in s premajhno podporo kmetijske stroke. Posledica tega je pomanjkanje znanja in informacij o strokovno pravilnem namakanju med uporabniki namakalnih sistemov. Zaradi tega uporabniki namakalnih sistemov pogosto namakajo po občutku in na podlagi preteklih izkušenj (Cvejić in sod., 2013).

Tako so količine vode, dodane v enem obroku, pogosto prevelike in presežejo vodnozadrževalne lastnosti tal, kar vodi v vodne izgube. Po drugi strani pridelovalci v rastni dobi pogosto začno namakati prepozno (Zupanc in sod., 2016). Prekomerno namakanje vodi tudi v okoljske probleme, saj se pri takšnem namakanju hranila pospešeno izpirajo iz talnega profila, prav tako ostanki sredstev za varstvo rastlin, ki jih morajo kmetje uporabiti pogosteje zaradi povečanega pojava rastlinskih bolezni ob prekomernem namakanju.

⁷⁶ Univ. dipl. meteorol., BO – MO, d.o.o., Bratovševa ploščad 4, 1000 Ljubljana in Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: luka@bo-mo.si

⁷⁷ Dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: rozalija.cvejic@bf.uni-lj.si

⁷⁸ Mag. inž. agr., isti naslov, e-pošta: spela.zeleznikar@bf.uni-lj.si

⁷⁹ Prof. dr., isti naslov, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

Enako slabo za okolje je tudi pojavljanje suše oz. opuščanje namakanja, saj v tem primeru hranila v tleh ostajajo neporabljena oz. se ostanki sredstev za varstvo rastlin v suhih tleh slabše razgrajujejo in oboje večje padavine izperejo v podzemno vodo.

Ena od rešitev so sistemi za napoved namakanja - v Sloveniji dva taka že obstajata. Šibka točka sistema v Savinjski dolini je, da meritve količine vode v tleh izvajajo z gravimetrično metodo, ki daje rezultate z dnevnim zamikom in zahteva veliko ročnega dela. Poleg tega ne vključuje vremenske napovedi, s čimer se lahko močno racionalizira porabo vode. Napoved namakanja z vodnobilančnim modelom IRRFIB, ki ga operativno poganjajo na Agenciji Republike Slovenije (ARSO), in ga uporabljajo nekatere kmetijsko svetovalne službe, temelji le na modelirani vodni bilanci in ne vključuje meritev količine vode v tleh.

Razvoj sistema za podporo odločanju v namakanju (SPON), ki odpravlja pomanjkljivosti obstoječih rešitev, poteka v okviru prvega slovenskega LIFE projekta s področja prilagajanja podnebnih spremembam, LIFE ViVaCCAdapt z naslovom Prilagajanje na vplive podnebnih sprememb v Vipavski dolini (<http://www.life-vivaccadapt.si/>), ki se je začel 1. 7. 2016 in bo potekal do 30. 6. 2021.

2 MODELIRANJE VODNE BILANCE V TLEH

Na vodno bilanco zgornjega sloja tal v globini korenin vplivajo evapotranspiracija, površinski odtok in globoko pronicanje na eni strani ter padavine, kapilarni dvig ter namakanje na drugi, pri čemer sta v večini primerov glavna elementa padavine in evapotranspiracija. Meritve evapotranspiracije so zaradi številnih dejavnikov, ki vplivajo na ta proces, težavne in nenatančne, zato se pogosto uporabljajo empirične zveze za njen izračun. Potencialno evapotranspiracijo (ET_c) izračunamo kot produkt koeficienta rastline (k_c) in referenčne evapotranspiracije (ET_0), pri čemer je koeficient rastline odvisen od rastline in fenofaze, v kateri se nahaja, referenčna evapotranspiracija pa je definirana kot evapotranspiracija z referenčne površine, ki jo pokriva travna ruša, visoka 12 cm (Allen in sod., 1998). Standardna metoda za izračun referenčne evapotranspiracije je Penman-Monteithova metoda, ki temelji na energijski bilanci (Allen in sod., 1998).

Vodnozadrževalne lastnosti tal opišemo z dvema točkama: poljska kapaciteta (PK) je največja količina vode, ki jo tla lahko zadržijo, točka venenja (TV) pa je količina vode v tleh, pri kateri rastline trajno uvenejo (Pintar, 2006). Navadno sta podani kot masni ali volumski delež tal. Pomnoženi z globino tal, ki jo obravnavamo, podata količino vode v obravnavani globini tal. Rastline imajo različno sposobnost črpanja vode in so različno odporne na sušo. Do določene količine vode v tleh, ki ji pravimo kritična točka (KT), rastlina relativno lahko črpa vodo iz tal, pod to količino je rastlina v sušnem stresu. Kritična točka je odvisna od vrste rastline in sorte. KT izračunamo na podlagi faktorja p , ki označuje delež razpoložljive vode (RV), to je razlika med PK in TV, ki je rastlinam lahko dostopna.

Časovni potek vodne bilance v tleh simuliramo z vodnobilančnimi modeli. Večina vodnobilančnih modelov za izračun uporablja glavna elementa (padavine in evapotranspiracijo), ostale pa zanemari. Vodnobilančni modeli se uporabljajo na različnih časovnih skalah (urnih, dnevnih, mesečnih in letnih), za potrebe namakanja večinoma na dnevni časovni skali. Večina modelov predpostavi, da so tla v celotni globini korenin homogena in jih modelira kot eno plast.

Prvi mesečni vodnobilančni modeli so bili razviti v ZDA v 40. letih 20. stoletja za potrebe hidrologije. V kmetijstvu so se prvi vodnobilančni modeli začeli uporabljati v 80. letih 20. stoletja v Avstraliji, na Nizozemskem in v ZDA. Danes obstaja mnogo vodnobilančnih modelov, od bolj preprostih kot npr. AQUACROP, CROPWAT, SIMPEL, do bolj

kompleksnih, ki vsebujejo večje število parametrov, kot sta npr. SWAP in WINISAREG. Večina modelov izračunava vodno bilanco po metodologiji Organizacije ZN za hrano in kmetijstvo FAO (Allen in sod. 1998).

V Sloveniji se je uporaba vodnobilančnih modelov v kmetijstvu začela z letom 1994, ko so na Oddelku za agrometeorologijo Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) razvili operativno orodje za sledenje vodne bilance kmetijskih rastlin – vodnobilančni model IRRFIB. IRRFIB je bil uporabljen za sledenje vodne bilance nenamakanih rastlin ter ugotavljanje količinskega primanjkljaja vode za kmetijske rastline oziroma sušnega stresa (Sušnik in Valher, 2012; 2013; 2014), kot orodje za analize porabe vode pri kmetijskih rastlinah, medletne variabilnosti pridelka in potreb rastlin po namakanju na različnih tleh ter za številne agrohidrološke razmere (Pintar, 2009; Sušnik in sod., 2006), in v študijah vpliva podnebnih sprememb in variabilnosti suš ter vodnega primanjkljaja (Valher, 2016).

Študije z vodnobilančnimi modeli v Sloveniji med drugim zajemajo tudi ugotavljanje sušnih razmer v Sloveniji z modelom SIMPEL (Ipavec, 2007), analizo vodnega primanjkljaja ter dejanske evapotranspiracije v Evropi z modelom swbEWA (Kurnik, 2014) ter primerjavo modelov IRRFIB in WINISAREG (Valher, 2016).

2.1 IRRFIB

Vodnobilančni model IRRFIB izračuna obrok namakanja za določeno kulturo ob uporabi vhodnih podatkov o tleh, fenologiji in načinu namakanja ter petdnevne napovedi potencialne evapotranspiracije in količine padavin.

IRRFIB je v osnovi mišljen za neprekinjeno delovanje čez celotno rastno sezono, pri čemer na začetku predpostavimo, da je količina vode v tleh enaka PK. Vnaprej je potrebno podati datume nastopa posameznih fenofaz, ki se jih prilagodi in popravi v času dejanskega nastopa fenofaze. Dodatno se lahko simulacija popravlja tudi z meritvami količine vode v tleh.

Vodna bilanca (VB) na i -ti dan se izračuna kot

$$VB(i) [\text{mm}] = VB(i-1) [\text{mm}] + \text{padavine}(i) [\text{mm}] - ET_c(i) [\text{mm}] + V_v(N) [\text{mm}],$$

pri čemer je $V_v(N)$ zaloga vode iz preteklih dni, če je zaradi večje količine padavin nastal presežek vode nad vrednostjo pri PK.

Pri izračunu se upoštevajo še naslednji pogoji: (i) v kolikor je VB večja kot količina vode pri PK na določeni globini, se jo nastavi na PK in presežek shrani v V_v , (ii) v kolikor je VB nižja od količine vode pri TV na določeni globini, se jo nastavi na TV, (iii) v kolikor je VB manjša od količine vode pri KT na določeni globini (rastlina je v sušnem stresu), se ET_c zmanjša za polovico.

Koeficient rastline k_c in globino korenin za posamezen dan IRRFIB izračuna iz datuma nastopa trenutne fenofaze in predvidenega nastopa naslednje z linearno shemo.

IRRFIB lahko izračuna količino vode, potrebne za namakanje, na podlagi različnih kriterijev (t. i. namakalnih strategij), in sicer: (i) namakanje do PK (ko VB pade pod KT, namaka vsak dan z maksimalno količino, dokler ne doseže PK), (ii) namakanje z obrokom (ko VB pade pod KT, namoči z maksimalno količino) in (iii) kapljično namakanje (namoči s količino, ki pokrije dnevno izgubo, t. j. ET_c -padavine).

Podrobnejši opis modela je dostopen v Sušnik (2014) in Valher (2016).

3 SISTEM ZA PODPORO ODLOČANJU V NAMAKANJU (SPON)

SPON temelji na vodnobilančnem modelu IRRFIB, ki je v osnovi namenjen za kontinuiran zagon za celotno rastno sezono, zato so bile potrebne določene prilagoditve. Z namenom, da čim manj posegamo v izvorno kodo modela so bile dodatne funkcionalnosti (minimalni obrok namakanja, učinkovitost namakanja na podlagi tehnologije namakanja itd.) razvite izven modela. V IRRFIB smo implementirali le dve dodatni strategiji namakanja, in sicer (i) namakanje do PK in (ii) namakanje do 85% RV, torej do točke, kjer je $TV + 0,85 \cdot RV$ oz. $TV + 0,85 \cdot (PK - TV)$.

Fenofaze ter pripadajoče koeficiente rastline k_c in globine korenin ob nastopu posamezne fenofaze smo privzeli po Pintar (2006), kjer je definiranih 5 razvojnih faz, in sicer: (1) setev, sajenje (do vznika oz. prijema sadik), (2) ozelenitev, razvoj prvih pravih listov, (3) začetek intenzivne rasti in razvoja posevka, (4) začetek zavijanja glav, debeljenje korenov, razvoja plodov in (5) prehod v tehnološko zrelost, postopno spravilo pridelka.

Za izračun vodne bilance za določen dan potrebujemo vedeti čas nastopa trenutne fenofaze in čas nastopa naslednje fenofaze. Zato smo na podlagi Pintar (2006) določili začetek prve fenofaze ter dolžino trajanja posameznih fenofaz.

SPON je sestavljen iz podatkovne baze in štirih modulov. V podatkovni bazi so shranjeni podatki o:

- uporabnikih oz. poljih, in sicer: lokacija, kultura, podatki o tleh (PK in TV), tehnologija namakanja (kapljično, mikrorazpršilci - sadje, mikrorazpršilci - vrtnine, razpršilci), najmanjši in največji obrok, ali uporabljajo zastirko, v kolikor je narejena kalibracija merilnika količine vode v tleh parametri kalibracijske krivulje, strategija namakanja, začetek trenutne fenofaze,
- kulturah, in sicer: koeficienti rastline in efektivna globina korenin za vsako fenološko fazo, faktor p , trajanje posamezne fenofaze,
- vremenske napovedi, meritve vode v tleh in napovedi namakanja.

Modul »Meritve vode v tleh« pridobi podatke o meritvah vode v tleh (v primeru projekta LIFE ViVaCCAdapt s TDR sondo s strežnika ponudnika), izračuna kalibrirane vrednosti, v kolikor je kalibracija podana, in jih shrani v podatkovno bazo.

Modul »Vremenska napoved« prenese napoved dnevne ET_0 in padavin, ki jih ARSO pripravi za 15 regij (<http://www.meteo.si/met/sl/agromet/forecast/>) ter napovedi shrani v podatkovno bazo.

Modul »Program za izračun potreb po namakanju« temelji na modelu IRRFIB. Modul pripravi vhodne datoteke za IRRFIB, ga požene in na podlagi rezultatov modela, izračuna priporočilo za namakanje in ga vpiše v podatkovno bazo. Izračuni se začenejo vsak dan tekom rastne sezone po 9. uri zjutraj. Ko so na voljo rezultati, se uporabnikom SPON pošlje elektronsko sporočilo s priporočilom za namakanje. Primer je prikazan na sliki 1. Elektronsko sporočilo je sestavljeno iz treh delov:

- priporočila za namakanje, kjer so v tabelarični obliki podane napovedi ET_c , padavin ter priporočena količina vode za namakanje za 5 dni,
- grafa meritev količine vode v tleh za preteklih 5 dni, ki se nahaja v priponki elektronskega sporočila; na grafu so označene tudi značilne točke tal (PK, KT, TV),
- fenologije, in sicer trenutne fenofaze z datumom njenega nastopa, naslednje fenofaze s predvidenim datumom začetka ter povezave do spletnega vmesnika, kjer je mogoče spremeniti trenutno fenološko fazo.

[SPON] Priporočilo za namakanje z dne 02.06.2017

spon@life-vivaccadapt.si <spon@life-vivaccadapt.si>

Za:

Priporočilo za namakanje

Datum izdanega poročila: 02.06.2017

Datum	Padavine (mm)	Evapotranspiracija (mm)	Količina vode za namakanje (L/m ²)	Količina vode za namakanje (m ³ /ha)
02.06.2017	0.00	2.76	20.00	200
03.06.2017	0.00	3.94	20.00	200
04.06.2017	4.10	3.92	8.20	82
05.06.2017	9.80	2.92	0.00	0
06.06.2017	0.00	3.97	0.00	0

Graf meritev količine vode v tleh

Graf meritev za preteklih 5 dni se nahaja v priponki. Za ogled meritev za pretekli mesec uporabite spletni vmesnik.

Fenologija**Trenutna fenofaza**

Opis: ozelenitev, razvoj prvih pravih listov

Datum začetka: 04.05.2017

Naslednja fenofaza

Opis: začetek intenzivne rasti in razvoja posevka

Predviden datum začetka: 13.06.2017

Sprememba fenofaze

Za spremembo fenofaze uporabite spletni vmesnik.

© 2018 - BO-MO d.o.o., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, ARSO Vreme

SPON je bil razvit v okviru projekta LIFE ViVaCCAdapt (LIFE15 CCA/SI/000070). Več informacij o projektu je na voljo na spletni strani projekta.

Avtorji SPON ne prevzemajo nikakršne odgovornosti za točnost informacij in morebitno škodo, ki bi nastala zaradi odločitev sprejetih na podlagi pridobljenega priporočila za namakanje.

Slika1: Primer elektronskega sporočila sistema SPON s priporočilom za namakanje.

Modul spletni vmesnik je razdeljen na štiri področja, in sicer:

- priporočilo za namakanje, kjer so, tako kot v elektronskem sporočilu, v tabelarični obliki podane napovedi ET_C, padavin ter priporočena količina vode za namakanje,
- graf meritev količine vode v tleh za prejšnji teden oz. mesec; na grafu so označene tudi značilne točke tal,
- sprememba fenofaze, kjer lahko uporabni vidi datum nastopa trenutne fenofaze in predvidenim datum začetka naslednje ter popravi trenutno fenofaze,

- uporabniške nastavitve, kjer lahko uporabnik pregleda nastavitve o kulturi, lokaciji, podatkih o tleh (PK, KT, TV), zastirki, tehnologiji namakanja, minimalnem in maksimalnem obroku namakanja, strategiji namakanja itd.

Vmesnik je oblikovan na t. i. odzivni način, tako da je mogoča uporaba na vseh vrstah naprav (računalnik, tablica, telefon).

4 SKLEPI

SPON izračuna priporočeni čas in obrok namakanja za 5 dni vnaprej, pri čemer upošteva informacije o vodnozadrževalnih lastnostih tal, trenutne meritve količine vode v tleh, potrebe rastline po vodi glede na fenofazo in vremensko napoved.

SPON je bil pripravljen v okviru projekta LIFE ViVaCCAdapt in je trenutno omejen za uporabo na območju Vipavske doline, kjer bo 35 kmetovalcev začelo z njegovo uporabo v letu 2019. Osnova za uporabo na celotnem območju Slovenije je že pripravljena, v podatkovno bazo je potrebno le vnesti začetek prve fenofaze ter dolžino fenofaz po različnih regijah, za kar se lahko uporabi podatke iz Pintar (2003, 2006).

SPON je pripravljen tako, da posega v izvirno kodo vodnobilančnega modela IRRFIB le minimalno, kar omogoča uporabo SPON tudi v primeru nadgradnje modela IRRFIB.

Pomanjkljivost trenutnega SPON je vezanost na enega proizvajalca merilne oz. telekomunikacijske opreme. Za uporabo na nacionalnem nivoju in delovanju SPON na eni od državnih institucij je potrebno določiti standard, po katerem bi lahko SPON zajemal podatke o količini vode v tleh od kateregakoli proizvajalca merilne opreme.

V SPON so možne dodatne izboljšave, kot so modul za modeliranje rasti rastlin, izračun časa namakanja na podlagi informacij o tehničnih lastnosti namakalne opreme, implementacija dodatnih strategij v model IRRFIB, kot je npr. deficitno namakanje. SPON bi v vsakdanje aktivnosti pridelovalca, ki so povezane z vodenjem namakanja na kmetiji, bolje vključili z razvojem SPON aplikacije za pametni telefon.

Velik izziv pri vpeljavi SPON je tudi merilna oprema: od tega, kakšni merilniki vode v tleh so sploh primerni za uporabo v SPON, ali je potrebno merilnike dodatno kalibrirati, kam jih namestiti, da so meritve čim bolj reprezentativne za celotno njivo oz. sadovnjak, do tega, kdo bo opremo strokovno vgradil in preverjal, ali deluje pravilno.

Zahvala. Pripravo prispevka je omogočil projekt LIFE ViVaCCAdapt Prilagajanje na vplive podnebnih sprememb v Vipavski dolini (LIFE15 CCA/SI/000070), ki je sofinanciran s strani Evropske komisije (60 %) in Ministrstva za okolje in prostor Republike Slovenije (20 %). Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO) se zahvaljujemo za pravico do uporabe modela IRRFIB.

5 LITERATURA

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Food and Agriculture Organization: 300 str.
- Cvejić, R., Tratnik, M., Pintar, M. 2013. Raba velikih namakalnih sistemov ter potrebe po celostnih posodobitvah. V: Mišičev vodarski dan 2013. Maribor, Vodnogospodarski biro Maribor: 149-157
- Ipavec (Pogačar) T. 2007. Možni vplivi podnebnih sprememb na vodno bilanco tal v Sloveniji. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko: 63 str.
- Kurnik, B. 2014. Analiza vpliva podnebja na vodni primanjkljaj v kmetijskih tleh v Evropi. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko: 129 str.

- Pintar, M. 2003. Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v severovzhodni Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano
- Pintar, M. 2006. Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v zahodni, osrednji in južni Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano
- Pintar, M. 2009. Končno poročilo za pilotno študijo o oceni porabljene količine vode za namakanje površin. Pilotna študija. Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije
- Sušnik, A., Matajc, I., Kodrič, I. 2006. Agrometeorological support of fruit production: application in SW Slovenia. *Meteorological Applications*, 13(S1): 81-86, doi: 10.1017/S1350482706002581
- Sušnik, A., Valher, A. 2012. Spomladanska suša in drugi vremenski vplivi na kmetijske rastline leta 2011. *Ujma*, 26: 55-69
- Sušnik, A., Valher A. 2013. Vremensko pogojene težave v kmetijstvu v letu 2012. *Ujma*, 27: 62-70
- Sušnik, A., Valher A. 2014. Od mokre pomladi do sušnega poletja 2013. *Ujma*, 28: 75-84
- Sušnik, A. 2014. Zasnove kazalcev spremljanja suše na kmetijskih površinah. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 256 str.
- Valher, A. 2016. Primerjava modelov za računanje vodne bilance tal. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko: 81 str.
- Zupanc, V., Miklavčič Bučar, M., Podgornik, M., Valenčič, V., Pintar, M., Butinar, B. 2016. Water conditions in an olive orchard in south east Slovenia. V: Book of abstracts. International Olive Symposium. Split, Institute for Adriatic Crops

Analiza trajno varovanih kmetijskih zemljišč na območjih namakalnih sistemov

Marjeta ZAGOŽEN⁸⁰ in Matjaž GLAVAN⁸¹

Izvleček

Zaradi urbanizacije, pozidave in industrije izgubljam o ogromne površine kakovostnih kmetijskih zemljišč. Varovanje kmetijskih zemljišč je nujno za ohranjanje kakovostnih kmetijskih zemljišč in ohranjanje potenciala za pridelavo hrane. Eden izmed pomembnih kriterijev za določitev potencialnih območij trajno varovanih kmetijskih zemljišč (TVKZ) so delujoči namakalni sistemi, ki so še posebej pomembni, ker povečajo osnovni pridelovalen potencial kmetijskih zemljišč oziroma boniteto tal in hkrati omogočajo večjo pridelavo in kakovost pridelka. Pomembnost takšnih območij je prikazana s točkovnim kriterijem, ki ga določa Pravilnik za določitev predloga TVKZ, kjer je osnovni kriterij za razvrščanje pogoj, da je boniteta tal večja od 35 bonitetnih točk.. Največ območij z delujočimi namakalnimi sistemi se nahaja na strateško izjemno pomembnih območjih za kmetijstvo in pridelavo hrane, tj. na območjih kjer je osnovna boniteta tal večja od 35 bonitetnih točk. Večina območij z delujočimi namakalnimi sistemi se nahaja na območjih z visokim številom bonitetnih točk. Ta območja prav tako dosegajo visoko število točk glede na točkovni kriterij za določanje posameznih območij trajno varovanih kmetijskih zemljišč in sicer od 4 do 19 točk.

Ključne besede: trajno varovana kmetijska zemljišča, TVKZ, namakalni sistemi, varovanje, strateško izjemno pomembna območja

Analysis of permanently protected agricultural land in the areas of irrigation

Abstract

Due to urbanization, sealing and industry, we are losing huge areas of quality agricultural land. The protection of agricultural land is necessary for maintaining the quality of agricultural land and for maintaining the production potential of food. One of the important criteria for determining the potential areas of permanently protected agricultural land (PPAL) are irrigation systems, which are especially important because they increase the basic production potential of agricultural land respectively the credit rating so they enable higher production and increasing quality of the crop. The importance of such areas is shown by using the grading criterion, which is defined by the Rules for specification of the proposal pertaining to the (PPAL) where is basic criteria the credit rating above 35. Most areas with irrigation systems are located on strategically important areas for agriculture and food production this is on the areas with credit ratings above 35. Most areas with irrigation systems are located on areas with high credit ratings. These areas have also high amount of points due to grading criterion for determination of permanently protected agricultural lands which is from 4 to 19 points.

Key words: Permanently protected agricultural land, PPAL, irrigation systems, protection, strategically very important areas

1 UVOD

Po zakonu o kmetijskih zemljiščih (ZKZ-UPB2, 2011; v nadaljevanju ZKZ) so potencialna območja trajno varovanih kmetijskih zemljišč (TVKZ) tista območja, ki so namenjena za pridelavo hrane in kmetijstvo. Po podatkih iz leta 2016 je v Sloveniji 494.614 ha kmetijskih zemljišč (SURs, 2017).

⁸⁰ Mag. inž. agr. Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Slovenija, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: marjeta.zagozen@ihps.si

⁸¹ Doc. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: matjaz.glavan@bf.uni-lj.si

Izguba najkakovostnejših kmetijskih zemljišč je v porastu predvsem zaradi, pozidave kmetijskih zemljišč, industrije, gradnje stanovanjskih objektov, urbanizacije in neustreznega varstva kmetijskih zemljišč (Pintar in sod., 2015). Na podlagi uredbe bi ta območja bila sestavni del prostorskih aktov lokalnih skupnostih. Prav zaradi te določitve bo prej potrebno določiti predloge območij TVKZ (MKGP, 2017).

Določanje TVKZ je opisano v Pravilniku o podrobnejših pogojih za določitev predloga območij TVKZ ter o podrobnejši vsebini strokovnih podlag s področja kmetijstva (2017), kjer je predstavljen kriterij po katerem se TVKZ določajo. Kriterij med drugimi upošteva tudi namakalne sisteme, kot enega izmed dejavnikov.

Politika rabe kmetijskih zemljišč je pomembna predvsem zaradi pomena dodeljevanja, ohranjanja in izkoriščanja kmetijskih zemljišč, v skladu z vladnimi cilji in načrti (National ..., 2016). Politika rabe kmetijskih zemljišč se lahko razlikuje od države do države oz. celo po posameznih pokrajinah znotraj države zaradi različnih političnih, zgodovinskih, ekonomskih in geografskih ozadij. Cilji varovanja kmetijskih zemljišč pa so večinoma enaki v vseh državah (Pristavec Đogič in sod., 2015).

Namakanje kmetijskih zemljišč je pomembna zemljiška operacija, ki omogoča večji pridelek v kmetijstvu, predvsem v sušnem obdobju, kar posledično pomeni tudi večji prihodek, omogoča stabilnejšo pridelavo in da večjo dodano vrednost rastlinskim kulturam, medtem ko z osuševalnimi sistemi zagotavljamo kakovost kmetijskih zemljišč zaradi spremenjenega vodnega režima tal. Poleg teh dveh operacij so pomembne tudi komasacije s katerimi združujemo razdrobljena zemljišča, vendar pa ni nujno, da bomo vedno združili samo kakovostna zemljišča (Pintar in sod., 2015). V okviru Programa razvoja podeželja (PRP), kjer gradnjo namakalnih sistemov financira Evropska unija v okviru skupne kmetijske politike (SKP) se je tako od leta 2013 površina velikih namakalnih sistemov povečala za 25 % (Cvejič in sod., 2015). V Sloveniji je po podatkih iz leta 2016 6.448 ha površin, ki bi jih lahko namakali z namakalnimi sistemi (Program ... 2017).

Na podlagi raziskave je bila opravljena tudi analiza kakovosti TVKZ na območjih z namakalnimi sistemi. Območja so bila točkovana po modelu primernosti za določitev posameznih območij TVKZ, kot je to določeno s pravilnikom. Z nalogo smo preverjali ali se posamezna območja z namakalnimi sistemi nahajajo na strateško pomembnih območjih, ali so takšna območja ocenjena z visokim številom bonitetnih točk, ter kakšno število točk po točkovnem kriteriju dosegajo takšna območja.

2 MATERIALI IN METODE

Raziskovalno delo je potekalo v programu ArcMap 10.3, ki je del programa Esri ArcGIS. Območje raziskovanja je bilo določeno na celotno območje Republike Slovenije. Da smo lahko ovrednotili zemljišča po kriteriju pravilnika za določitev predloga območij TVKZ smo morali izdelati osnovno karto, na podlagi katere so bile v nadaljevanju narejene analize.

Za obdelavo podatkov in izris osnovne karte smo potrebovali naslednje sloje: boniteto tal (GURS, 2017), nagib (GURS, 2017), komasacije (MKGP, 2017), delujoči namakalni in delujoči osuševalni sistemi MKGP, 2017), dejanska raba oz. trajni nasadi (MKGP, 2017) ter lokalne značilnosti (Kulturna ..., 2017).

V Sloveniji imamo po podatkih iz leta 2016 479.589 ha kmetijskih zemljišč v uporabi (KZU), skupna površina namakalnih sistemov v Sloveniji pa je 4157,06 ha. Na sliki 1 je prikazano območje delujočih namakalnih sistemov v Republiki Sloveniji. Večina namakalnih sistemov je bila zgrajena v osemdesetih in devetdesetih letih prejšnjega stoletja. Največ se jih nahaja v okolici Ptuja in v Spodnji Savinjski dolini (Program ..., 2017).



Slika 1: Območja z delujočimi osuševalnimi sistemi na območju Republike Slovenije (MKGP, 2017)

Za analizo naših podatkov smo potrebovali tudi tipe strateških območij, ki so jih opredelili v Strokovni podlagi za pripravo uredbe za določitev območij za kmetijstvo in pridelavo hrane, ki so strateškega pomena za Republiko Slovenijo (Pintar in sod., 2015). Ob upoštevanju 3.b člena ZKZ so Slovenijo tako razdelili v 4 kategorije glede na strateško pomembnost in sicer:

1. izjemno pomembna območja za kmetijstvo in pridelavo hrane,
2. zelo pomembna območja za pridelavo hrane in ohranjanje kulturne krajine,
3. pomembna območja za kmetijstvo in pridelavo hrane in ohranjanje kulturne krajine,
4. ostala območja.

Za vrednotenje posameznih območij TVKZ smo upoštevali kriterij za določanje predloga območij TVKZ (Pravilnik ..., 2017).

Na koncu smo izrisali karto, na kateri smo prikazali izbrano območje s skupnimi točkami za določitev TVKZ, ter prikazali posamezne karte s posameznimi pogoji in točkovnim kriterijem (slika 2).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Večina območij z delujočimi namakalnimi sistemi se nahaja na strateško izjemno pomembnih območjih za kmetijstvo in pridelavo hrane (6.226, 97 ha oz. 92,77 %), sledijo zelo pomembna območja (454,81 ha oz. 6,78 %), pomembna območja (9,92 ha oz. 0,14 %) in ostala območja (20,52 ha oz. 0,31 %).

Varovanje kmetijskih zemljišč bi moralo glede na opredelitev strateških območij potekati na vseh območjih, ki smo jih določili kot pomembna območja za določitev TVKZ. Gre za območja, ki se nahajajo na večinoma ravni in rahlo valovitih območjih ter se nahajajo na večjem strnjenem obsegu zemljišč. Območja so zaradi svoje lege ob rekah zelo rodovitna.

Ravno na takšnih območjih bi bilo potrebno zaostriti širjenje infrastrukture, pozidave in širjenja urbanizacije (Pintar in sod., 2015). Zaščita takšnih območij pa je v veliki meri odvisna od interesa države in pristojnosti različnih organov. Potrebna bo večja zavednost za trajnostni razvoj okolja, prav tako pa bo potrebno najti kompromis s tistimi, ki upravljajo z okoljem, da se ohranijo zemljišča za preživetje človeštva (Pristavec Đogič in sod., 2015).

Zemljišča v Sloveniji so z bonitetnimi točkami točkovana v razponu od 7 do 95 točk. Po kriteriju za določitev predloga območij TVKZ pa najbolj ocenjena zemljišča iz naslova bonitetnih točk dobijo največ 8 točk. Ugotovili smo, da je večina območij, kjer se nahajajo delujočimi namakalnimi sistemi tudi iz naslova bonitete zemljišč najvišje točkovana, in sicer z 8 točkami. Takšna območja predstavljajo 63,13 % od vseh območij z delujočimi namakalnimi sistemi. V preglednici 1 so prikazana območja z delujočimi namakalnimi sistemi glede na točkovni kriterij bonitetnih točk za določitev predloga območij TVKZ.

Preglednica 2: *Površine (ha) in deleži (%) posameznih območij z delujočimi namakalnimi sistemi glede na točkovni kriterij bonitetnih točk iz kriterija za določitev posameznih območij TVKZ*

Točkovni kriterij za bonitetne točke (BT)	Namakalni sistemi	
	ha	%
1	236,34	3,52
3	1.041,36	15,52
6	1.196,73	17,83
8	4.237,50	63,13

Boniteta zemljišča glede na točkovni kriterij za določitev posameznih območij TVKZ k končni oceni doprinese največ točk oziroma predstavlja osnovni dejavnik razvrstitve kmetijskih zemljišč, kjer je meja za uvrstitev v kategorijo pomembnih kmetijskih zemljišč postavljena pri 35 bonitetnih točkah. Boniteta zemljišč nam da pomembno informacijo o proizvodni sposobnosti kmetijskih zemljišč. Poda nam oceno o rodovitnosti tal, na podlagi reliefa, klime, lastnosti tal in drugih posebnih vplivov, ki pomembno vplivajo na rodovitnost tal (Košir in Šmajdek 2013). Višjo kot ima posamezno zemljišče boniteto tal, bolj kakovostno je zemljišče. Glede na postavljene kriterije lahko sklepamo, da boniteta zemljišč največ prispeva k končnemu številu skupnih možnih točk posameznih območij primernih za določitev TVKZ glede na dane pogoje.

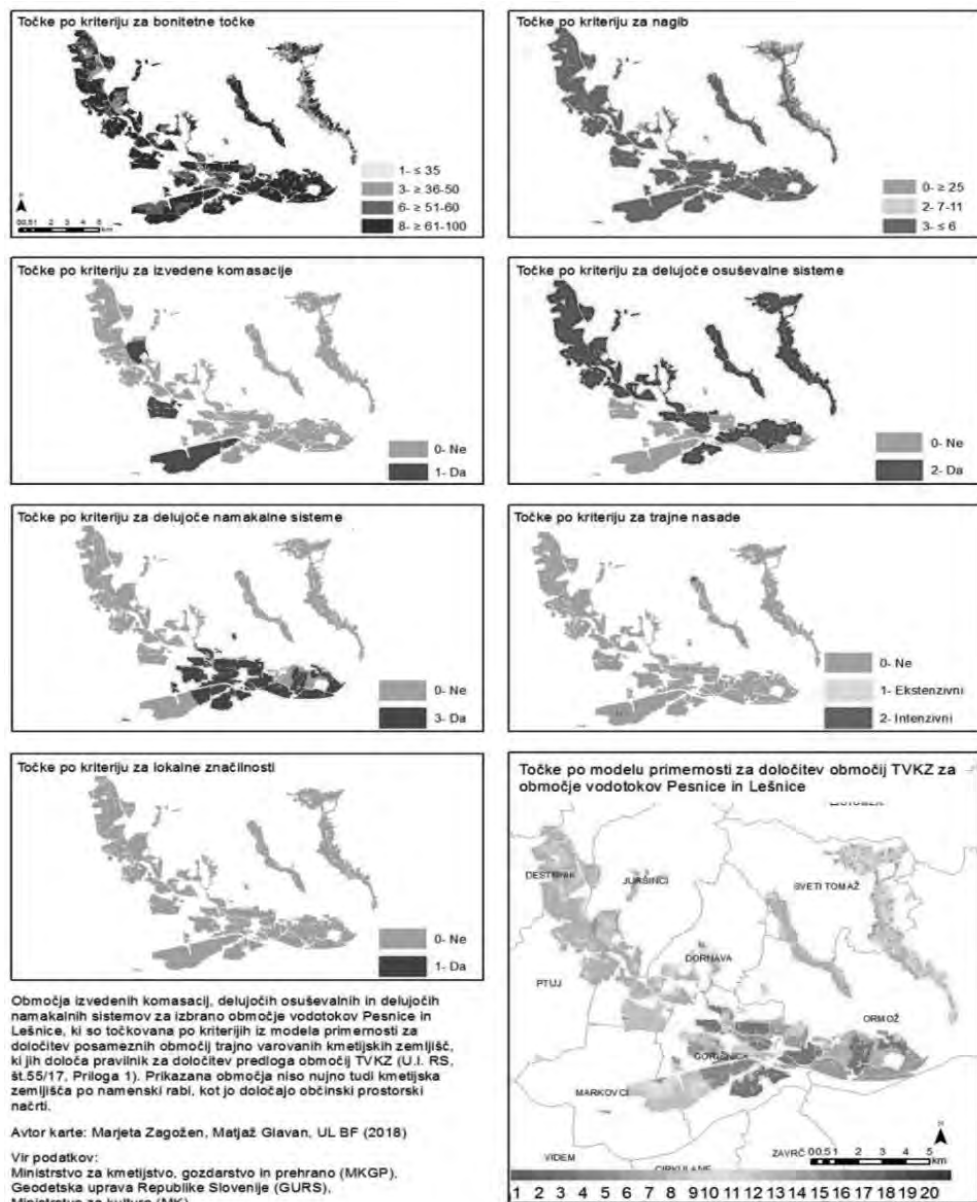
Območja z delujočimi namakalnimi sistemi glede na kriterij za določitev posameznih območij TVKZ dosegajo glede na točkovni kriterij za določitev posameznih območij TVKZ od 4 do 19 točk od skupno 20 točk. Največji delež območij z delujočimi namakalnimi sistemi pa se nahaja na območjih, ki so glede na kriterij točkovana s 14 točkami, kar znaša 2.925 ha oz. 43,57 % od vseh območij z delujočimi namakalnimi sistemi (preglednica 2). Izračunali smo tudi tehtano povprečje glede na velikost površine, katero za celotno območja z delujočimi namakalnimi sistemi znaša 13 točk.

Na takšno razporeditev točk vplivajo dodeljene točke območjem, kjer se nahajajo namakalni sistemi, saj so le ti točkovani s 3 točkami, tako ne morejo dobiti manj kot 3 točke oz. manj kot 4 saj dobijo območja z delujočimi namakalnimi sistemi vsaj še eno točko iz naslova bonitete zemljišč.

Preglednica 3: Skupne površine (ha) in deleži (%) območij z delujočimi namakalnimi sistemi glede na število točk po točkovnem kriteriju

Število točk po točkovnem kriteriju	Namakalni sistemi	
	ha	%
2	0,00	0,00
3	0,00	0,00
4	20,70	0,31
5	3,01	0,04
6	60,54	0,90
7	179,29	2,67
8	82,45	1,23
9	660,74	9,84
10	54,41	0,81
11	318,63	4,75
12	721,88	10,76
13	131,77	1,96
14	2.924,71	43,57
15	289,06	4,31
16	1.029,46	15,34
17	149,32	2,22
18	84,27	1,26
19	1,67	0,02
Skupna površina	6.712	100

Na sliki 2 je prikazano območje vodotokov Pesnice in Lešnice v podravski statistični regiji s točkovnim kriterijem, ki smo ga izbrali kot reprezentativni primer modela primernosti za določitev posameznih območij TVKZ. Prikazana so le območja, ki imajo izvedene komasacije, narejene delujoče namakalne sisteme in delujoče osuševalne sisteme. Poleg glavne karte so na istem območju prikazani tudi posamezni pogoji, ki so določeni s kriterijem za določitev posameznih območij TVKZ. Območja so večinoma točkovana z med 10 in 20 točkami. Območja z vidika bonitete zemljišč po kriteriju dosegajo večinoma najvišje število točk, kar pomeni, da se na tem območju nahajajo zemljišča, ki so točkovana z bonitetnimi točkami med 51 in 100. Na izbranem območju so je nagib večinoma manjši od 6 %, na nekaj zemljiščih so bile izvedene komasacije, narejeni so osuševalni in namakalni sistemi, nekaj je intenzivnih in ekstenzivnih trajnih nasadov, lokalnih značilnosti pa na tem območju nismo našli.



Slika 2: Prikaz območij vodotokov Pesnice in Lešnice glede na izbrane kriterije in prikaz točk po modelu primernosti, ki so prikazana za območja z izvedenimi komasacijami, delujočimi osuševalnimi sistemi in namakalnimi sistemi

4 SKLEPI

Z varovanjem kmetijskih zemljišč se omogočena povečana pridelava hrane ob ustreznih agrotehničnih ukrepih, saj se s tem ohranja kakovostna zemljišča. Območja, kjer so narejeni namakalni sistemi, so še posebej pomembna z vidika stabilne pridelave, večje količine in kakovosti pridelka. Z analizo smo ugotovili, da se večina območij z delujočimi namakalnimi sistemi nahaja na strateško izjemno pomembnih območjih za kmetijstvo in pridelavo hrane. Na območjih, kjer se namakalni sistemi nahajajo, so zemljišča boljše točkovana tudi iz naslova bonitete zemljišč, prav tako so glede na kriterij za določitev posameznih območij TVKZ točkovna z visokim številom točk, in sicer od 4 do 19 točk. Z analizo smo prispevali k pomembnosti območij, na katerih se nahajajo namakalni sistemi, in jih uvrstili med potencialno trajno varovana kmetijska zemljišča, ter naredili korak naprej v smeri zavarovanja najboljših kmetijskih zemljišč za zagotavljanje večje samooskrbe ter ohranjanja kmetijske krajine.

5 LITERATURA

- Cvejić, R., Tratnik, M., Meljo, J., Bizjak, A., Prešeren, T., Kompare, K., Steinman, F., Mezga, K., Urbanc, J., Pintar, M. 2012. Trajno varovana kmetijska zemljišča in bližina vodnih virov, primernih za namakanje. *Geodetski vestnik*, 56/2: 308–324
- GURS. 2017. Portal prostor.
<http://www.e-prostor.gov.si/brezplacni-podatki/> (18. okt. 2017)
- Košir, J., Šmajdek, A. 2013. Bonitiranje zemljišč. Ljubljana, Geodetska uprava Republike Slovenije.
http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2708/PPT_iz_delavnice/Bonitiranje_zemljisc1.pdf (21. feb. 2018)
- Kulturna dediščina, 2017. Ljubljana, Ministrstvo za kulturo, Direktorat za kulturno dediščino, Informacijsko-dokumentacijski center za dediščino (izpis iz baze podatkov, 20. dec. 2017)
- MKGP. 2017. Portal.
<http://rkg.gov.si/GERK/> (18. okt. 2017)
- MKGP. 2017. Varstvo kmetijskih zemljišč pred spreminjanjem namenske rabe.
http://www.mkgp.gov.si/si/delovna_podrocja/kmetijstvo/kmetijska_zemljisca/varstvo_kmetijskih_zemljisc_pred_spreminjanjem_namsenske_rabe/ (11. okt. 2017)
- National land use policy. 2016. Mjanmar: 46 str.
<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/mya152783.pdf> (16. nov. 2017)
- Pintar, M., Mlakar, A., Grčman, H., Glavan, M., Zupan, M. 2015. Strokovna podlaga za pripravo uredbe, ki bo določala območja za kmetijstvo in pridelavo hrane, ki so strateškega pomena za Republiko Slovenijo. Naročnik: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. 86 str.
- Pravilnik o pogojih in kriterijih za določitev predloga območij trajno varovanih kmetijskih zemljišč ter o vsebini strokovnih podlag s področja kmetijstva. 2017. Ur. l. RS, št. 71/11
- Pristavec Đogić M., Blažič J., Zobavnik I. 2015. Prostorsko načrtovanje kmetijskih zemljišč. Primerjalni pregled. Raziskovalno-dokumentacijski sektor: 27 str.
- Program upravljanja namakalnih sistemov za leto 2017. 2017. Ljubljana, Sklad kmetijskih zemljišč RS: 35 str.
- SURS 2017. Statistični urad RS. Podatkovna baza SI-STAT.
<http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/Saveshow.asp> (11. okt. 2017)
- Zakon o kmetijskih zemljiščih. 2017. (Ur. l. RS, št. 27/17)

Analiza izgub zrnja pri žetvi zrnatih poljščin z različnimi žetveniki

Rajko BERNIK⁸² in Filip VUČAJNK⁸³

Izvleček

V letih 2008, 2013 in 2015 so bili izvedeni poljski poskusi, v katerih smo želeli ugotoviti izgube zrnja, ki nastanejo pri žetvi z različnimi žetveniki. Leta 2008 smo žetev ozimnega ječmena, krmnega graha in ozimne pšenice izvedli na Sorškem polju z žetvenikom Claas Dominator 86. V letu 2013 smo v okolici Grosuplja z žetvenikom Claas Dominator 88 SL določili izgube zrnja pri žetvi ozimnega ječmena, ozimne pšenice in koruze. V Križevcih smo v letu 2015 ugotavljali izgube zrnja pri nizki, srednji in visoki rezi rži z žetvenikom Deutz Fahr Topliner 4080 HTS. Istega leta smo v Ljubljani določili izgube zrnja pri žetvi ozimne pšenice in ovsu z žetvenikom Deutz Fahr Ectron. V vseh poskusih so bile izgube na pretresalih in čistilnem delu pod dopustno mejo 1,1 %. Pri žetvi krmnega graha v letu 2008 so bile največje izgube zaradi izpadlih strokov in zrn na tleh (4,8 %) ter so presegle dopustno mejo 1,0 %. Pri povečanju višine rezi pri žetvi rži v letu 2015 v Križevcih se je povečal odstotek izgub zaradi zdrobljenih zrn. V Ljubljani so v istem letu izgube zrnja pri žetvi ozimne pšenice presegle dopustno mejo zaradi visokega odstotka zdrobljenih zrn.

Ključne besede: izgube zrnja, žetveniki

Analysis of grain losses of arable land crops at harvest with different combine harvester

Abstract

In 2008, 2013 and 2015 field trials were carried out, in which we wanted to establish grain losses during harvest with different combine harvesters. In the year 2008 the harvest of winter barley, fodder peas and winter wheat was performed in the area of Sorško polje using combine harvester Claas Dominator 86. In the surrounding area of Grosuplje in the year 2013 we determined grain losses during harvest with combine harvester Claas Dominator 88 SL in winter barley, winter wheat and maize. In Križevci in the year 2015 we determined grain losses at low, middle and high cutting height when harvesting rye with combine harvester Deutz Fahr Topliner 4080 HTS. The same year we established grain losses in Ljubljana when harvesting winter wheat and oats using Deutz Fahr Ectron combine harvester. Grain losses on straw walkers and cleaning unit were under permissible limit of 1.1% on all trials. When harvesting fodder peas in the year 2008 the largest grain losses appeared due to dropped pods and seeds on the ground (4.8%) and they exceeded the permissible limit of 1.0%. By the increase of cutting height at rye harvest in Križevci in 2015 the percentage of grain losses due to broken grain increased. In Ljubljana in the same year grain losses, when harvesting winter wheat and oats, exceeded permissible limit because of high percentage of broken grain.

Key words: grain losses, combine harvester

1 UVOD

Izgube zrnja, ki nastanejo na žetveniku pri žetvi, so neposredne ali kvantitativne in posredne ali kvalitativne. Med neposredne izgube prištevamo izgube na kosilnem delu, mlatilnem bobnu, zgornjem in spodnjem situ ter izgube na pretresalih in čistilnem delu. Posredne izgube pa nastanejo zaradi mehanskih poškodb zrnja. Izpadlo zrnje, zlomljeni klasi, poležane rastline spadajo med izgube na kosilnem delu. Neomlačeni klasi v slami in plevah pa predstavljajo izgube na mlatilnem bobnu. K posrednim izgubam prištevamo še mikro in makro poškodbe zrnja. K mikro poškodbam prištevamo poškodbe kalčka in endosperma (Brkić in sod., 2002).

⁸² Dr., Biotehniška fakulteta, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: rajko.bernik@bf.uni-lj.si

⁸³ Dr., isti naslov, e-pošta: filip.vucajn@bf.uni-lj.si

Izgube zrn so neizogiben del procesa delovanja žetvenika, saj nanje vplivajo različni dejavniki. Današnji žetveniki imajo naprave, ki zaznajo izgube (Bernik, 2008). Zato je izgube najlažje nadzorovati s pomočjo štetja trkov zrn v fiksnem intervalu na podlagi piezoelektričnega učinka (Zhenwei in sod., 2017). Izgube zrn so ključni parameter za kvaliteto žetvenika in so odvisne od vremena, trajanja žetve, biometričnih lastnosti, zrelosti zrn, elementov žetvenika, procesnih parametrov mlatilnega dela, čistilnega dela ter pretresal (Smolinsky in Žebrauskas, 2016).

Tolerantne izgube zrnja pri žetvi pšenice so na kosilnem delu 1,5 %, na pretresalih 0,5 %, na sitih 0,3 % ter na bobnu 0,05 % (pregl. 1). Skupne tolerantne izgube zrnja pri žetvi pšenice so do 2,35 % (Brkić in sod., 2002).

Preglednica 1: Tolerantne izgube zrnja pri žetvi (Brkić in sod., 2002)

Vrsta posevka	Izgube zrnja v %				
	Kosilni del	Pretresala	Sita	Mlatilni boben	Skupne izgube
Pšenica	1,5	0,5	0,3	0,05	2,35
Koruza	1,5	1,0	0,2	0,10	2,80
Soja	2,3	0,4	0,2	0,10	3,00
Sončnica	2,3	0,4	0,2	0,10	3,00

V raziskavi smo želeli ugotoviti izgube zrnja pri žetvi z različnimi žetveniki v ozimni pšenici, ozimnem ječmenu, ovsu, rži, krmnem grahu in koruzi. Poskusi so bili opravljeni v obdobju od leta 2013 do 2015 na različnih lokacijah po Sloveniji.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Izgube zrnja smo merili na več lokacijah po Sloveniji z različnimi žetveniki in na različnih poljščinah (pregl. 2).

Preglednica 2: Poskusi po letih, lokacijah, poljščinah in žetvenikih

Leto	Lokacija	Poljščina	Žetvenik
2008	Sorško polje	Ozimni ječmen, ozimna pšenica, krmni grah	Claas Dominator 86
2013	Grosuplje	Ozimni ječmen, ozimna pšenica, koruza	Claas Dominator 88 SL
2015	Križevci	Rž	Deutz Fahr Topliner 4080 HTS
2015	Ljubljana	Ozimna pšenica, oves	Deutz Fahr Ectron

Leta 2008 smo poskuse izvedli na Sorškem polju z žetvenikom Claas Dominator 86, z imensko močjo 102 kW (pregl. 3). Merili smo izgube zrnja na ozimnem ječmenu, ozimni pšenici in krmnem grahu. Pred prehodom žetvenika smo prešteli izpadle klase oz. stroke na tleh na površini 1 m² (1 x 1 m). Poleg tega smo na površini 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) prešteli izpadla zrna na tleh. Izgube na pretresalih in čistilnem delu smo določili z merilnimi posodami Feiffer. Po žetvi smo vzeli vzorec 100 zrn in prešteli zdrobljena zrna. Tako smo dobili odstotek zdrobljenih zrn. Iz zgrabka slame smo vzeli 50 klasov in prešteli zrna v klasih. Poskus smo naredili v treh ponovitvah. Vse izgube zrnja smo pretvorili v odstotke po Feifferjevi (2003).

Preglednica 3: Nastavitve žetvenika Claas Dominator 86 pri žetvi v letu 2008

Tehnični podatki	Ozimni ječmen	Ozimna pšenica	Krmni grah
Vrtilna frekvenca mlatilnega bobna (min^{-1})	950-1050	1000	750-800
Vrtilna frekvenca puhala (min^{-1})	850	900	750-800
Hitrost žetve (km/h)	4,1-5,1	4-6	3,5-4,5
Zgornje sito	7 (od 10)	2 (od 10)	4 (od 10)
Spodnje sito	2 (od 10)	6 (od 10)	8 (od 10)

V letu 2013 smo v okolici Grosuplja merili izgube zrnja pri žetvi ozimnega ječmena, ozimne pšenice in koruze z žetvenikom Claas Dominator 88 SL z imensko močjo 115 kW. Izgube na pretresalih in čistilnem delu žetvenika smo določili s pomočjo merilnih posod Feiffer. Gre za posode z dimenzijami 1000 x 250 mm, kamor po prehodu kombajna pada tako zrnje, kot pleve in slama. Izpadla zrna postavimo v posebna okenca. Eno napolnjeno okence pomeni 0,5 % izgub zrnja na pretresalih in čistilnem delu. Poskus smo izvedli v dveh ponovitvah. Pri žetvi ozimnega ječmena je bila hitrost žetve med 5 in 6 km/h, vrtilna frekvenca mlatilnega bobna je znašala 1200 min^{-1} . Vozna hitrost pri žetvi ozimne pšenice je znašala 5 km/h in vrtilna frekvenca mlatilnega bobna 900 min^{-1} . Žetev koruze je potekala pri hitrosti 6 km/h in frekvenci mlatilnega bobna 560 min^{-1} .

V Križevcih smo v letu 2015 določali izgube zrnja pri žetvi rži z žetvenikom Deutz Fahr Topliner 4080 HTS z imensko močjo 206 kW (pregl. 4). Žetev smo izvedli na treh različnih višinah rezi od površine tal, in sicer 10 cm (nizka rez), 50 cm (srednja rez) in 80 cm (rez pod klasom). Določili smo število izpadlih klasov na tleh pred žetvijo na površini 1 m^2 , število izpadlih zrn na tleh na površini 0,25 m^2 , izgube na pretresalih in čistilnem delu ter zdrobljena zrna. Poskus smo izvedli v treh ponovitvah.

Preglednica 4: Nastavitve žetvenika Deutz Fahr Topliner 4080 HTS pri žetvi rži v Križevcih v letu 2015

Tehnični podatki	Rž
Vrtilna frekvenca mlatilnega bobna (min^{-1})	1000
Vrtilna frekvenca puhala (min^{-1})	600-800
Hitrost žetve (km/h)	4,0
Zgornje sito (mm)	13
Spodnje sito (mm)	9

V Ljubljani smo v letu 2015 na Biotehniški fakulteti določali izgube zrnja pri žetvi ozimne pšenice in ovsa z žetvenikom Deutz Fahr Topliner, imenske moči 125 kW (pregl. 5). Iz zalogovnika smo vzeli vzorec 100 zrn in prešteli zdrobljena zrna. Poleg tega smo z merilno posodo Feiffer določili izgube na pretresalih in čistilnem delu. Iz zgrabka smo po žetvi vzeli 50 klasov in prešteli neomlačena zrna v klasih. Pred prehodom žetvenika smo na površini 1 m^2 (1 x 1 m) prešteli klase na tleh. Ravno tako smo na površini 0,25 m^2 (0,5 x 0,5 m) prešteli izpadla zrna iz klasov na tleh. Vse izmerjene izgube smo pretvorili v odstotke izgub po Feifferju (2003). Poskus smo ponovili trikrat.

Iz dobljenih podatkov smo izračunali povprečja in standardne napake.

Preglednica 5: Nastavitev žetvenika Deutz Fahr Topliner pri žetvi v Ljubljani v letu 2015

Tehnični podatki	Ozimna pšenica	Oves
Vrtilna frekvenca mlatilnega bobna (min^{-1})	1150	900
Mlatilna košara spredaj (mm)	12	19
Mlatilna košara zadaj (mm)	8	12
Hitrost žetve (km/h)	4,6	4,4
Zgornje sito (mm)	12	8
Spodnje sito (mm)	11	11

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Pri žetvi ozimnega ječmena v letu 2008 na Sorškem polju z žetvenikom Claas Dominator 86 so bile izgube zaradi izpadlih klasov in zrn na tleh minimalne (pregl. 6). Tudi izgube na pretresalih in čistilnem delu so bile v dopustnih mejah. Skupne izgube so bile 1,1 %. Pri žetvi krmnega graha so bile skupne izgube visoke, saj so dosegle 5,1 %. To se je zgodilo zaradi visokih izgub zaradi izpadlih strokov (3,8 %) na tleh in tudi izpadlih zrn na tleh (0,9 %) pred samo žetvijo, kar predstavlja veliko težavo pri žetvi krmnega graha. Tu igra pomembno vlogo tudi termin žetve, saj s tem lahko vplivamo na zmanjšanje izgub. Poleg tega je pomembno, da žetev krmnega graha izvedemo zjutraj, saj jutranja rosa omogoči, da strok ne počí pred vstopom v žetvenik. V tem poskusu je krmni grah zaradi večje količine padavin pred žetvijo polegel, zato so stroki padli na tla in so se povečale izgube. Pri žetvi ozimne pšenice so znašale skupne izgube 0,7 %, kar pomeni, da je bil žetvenik nastavljen dobro. Poleg tega je bil tudi termin žetve optimalen, saj ni bilo zlomljenih klasov na tleh in izpadlih zrn.

Preglednica 6: Izgube zrnja v letu 2008 na Sorškem polju pri žetvi ozimnega ječmena, ozimne pšenice in krmnega graha z žetvenikom Claas Dominator 86

Izgube	Ozimni ječmen	Krmni grah	Ozimna pšenica
Izpadli klasi oz. stroki na tleh (%)	$0,1 \pm 0,1$	$3,9 \pm 0,2$	$0,0 \pm 0,0$
Izpadla zrna na tleh (%)	$0,0 \pm 0,0$	$0,9 \pm 0,3$	$0,0 \pm 0,0$
Izgube na pretresalih in čistilnem delu (%)	$0,8 \pm 0,3$	$0,0 \pm 0,0$	$0,4 \pm 0,1$
Zdrobljena zrna (%)	$0,2 \pm 0,2$	$0,4 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,0$
Neizluščena zrna iz 50 klasov v zgrabku (%)	$0,0 \pm 0,0$	$0,0 \pm 0,0$	$0,0 \pm 0,0$
Skupaj izgube (%)	$1,1 \pm 0,4$	$5,2 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,1$

Iz preglednice 7 vidimo, da so bile izgube zrnja na pretresalih in čistilnem delu pri žetvi ozimnega ječmena, ozimne pšenice in koruze z žetvenikom Claas Dominator 88 SL v letu 2013 v okolici Grosuplja pod 1 %, kar po Feifferju (2003) pomeni, da so bile izgube v dopustnih mejah.

Preglednica 7: Izgube zrnja v letu 2013 v okolici Grosuplja pri žetvi ozimnega ječmena, ozimne pšenice in koruze z žetvenikom Claas Dominator 88 SL

Izgube	Ozimni ječmen	Ozimna pšenica	Koruzna
Izgube na pretresalih in čistilnem delu (%)	0,8 ± 0,1	0,6 ± 0,1	0,5 ± 0,1

V letu 2015 smo v Križevcih izvedli žetev rži z žetvenikom Deutz Fahr Topliner HTS (pregl. 8). Pred žetvijo je bilo pri vseh treh načinih rezi 0,5 % izgub zaradi izpadlih klasov na tleh. Izgube na pretresalih in čistilnem delu so znašale od 0,2 do 0,4 %. Očitno je bilo, da so se s povečanjem višine rezi povečale izgube zaradi zdrobljenih zrn od 1,3 % pri nizki rezi na 3,0 % pri visoki rezi. Tako so skupne izgube pri nizki rezi znašale 2,0 %, medtem ko pri visoki rezi 3,9 %, kar pomeni po Brkiću in sod. (2002) ter Feifferju (2003) previsoke izgube zrnja. Feiffer (2003) navaja, da izgube zaradi zdrobljenih zrn ne smejo preseči 1,1 %. Predvidevamo, da je s povečanjem višine rezi prišlo do večjih izgub zaradi zlomljenih zrn zaradi tega, ker se je masni pretok skozi mlatilni del zmanjšal pri srednji in visoki rezi v primerjavi z nizko rezjo. Če je odstotek zdrobljenih zrn previsok je po navedbah Feifferja (2003) potrebno znižati frekvenco mlatilnega bobna za 25-50 vrtljajev na minuto. Poleg tega je potrebno razmik med mlatilnim bobnom in mlatilno košaro povečati za 1 do 2 mm. Spodnje sito je potrebno bolj odpreti, da je manj povratnega dotoka žitne mase na mlatilni bobnen. Prav tako je potrebno nekoliko povečati vozno hitrost. Če bi vse omenjeno storili, bi znižali izgube zrnja.

Preglednica 8: Izgube zrnja v letu 2015 v Križevcih pri žetvi rži z žetvenikom Deutz Fahr Topliner HTS

Izgube	Nizka rez (10 cm od tal)	Srednja rez (50 cm od tal)	Visoka rez (80 cm od tal)
Izpadli klasi na tleh (%)	0,5 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,5 ± 0,0
Izgube na pretresalih in čistilnem delu (%)	0,2 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,4 ± 0,0
Zdrobljena zrna (%)	1,3 ± 0,1	2,0 ± 0,1	3,0 ± 0,2
Skupaj izgube (%)	2,0 ± 0,1	2,9 ± 0,2	3,9 ± 0,2

Pri žetvi ozimne pšenice v letu 2015 v Ljubljani z žetvenikom Deutz Fahr Ectron je bilo 0,3 % izgub zaradi izpadlih klasov na tleh in 1,4 % izgub zaradi izpadlih zrn na tleh, kar je preveč (pregl. 9). Po navedbah Feifferja (2003) naj bi bilo največ 0,27 % izgub zaradi izpadlih zrn na tleh. To kaže, da je bil termin žetve prepozen in so zrna že izpadla na tla. Izgube na pretresalih in čistilnem delu ter izgube zaradi neizluščenih zrn iz 50 klasov v zgrabku so bile minimalne, medtem ko so izgube zaradi zdrobljenih zrn dosegle 3,3 %, kar je precej več od dovoljenih 0,6 %. Očitno bi bilo potrebno spremeniti nastavitve žetvenika, tako kot je to opisano zgoraj pri žetvi rži. Zaradi tega so tudi skupne izgube znašale 5,1 %, kar je precej več kot 2,35 %, kot jih navajajo Brkić in sod. (2002). Pri žetvi ovsa so skupne izgube znašale 2,2 %. Izpadlih latov in zrn na tleh praktično ni bilo, medtem ko so izgube na pretresalih in čistilnem delu znašale 0,5 %, izgube zaradi zdrobljenih zrn pa 0,4 %. Pojavil se je višji odstotek neizluščenih zrn iz 50 latov v zgrabku (1,3 %), kar je več od dovoljenih 0,34 % po Feifferju (2003). Isti avtor navaja, da je v tem primeru potrebno povečati frekvenco mlatilnega bobna za 25 vrtljajev na minuto in razmik med mlatilnim bobnom ter košaro zmanjšati za 1 mm.

Preglednica 9: Izgube zrnja v letu 2015 v Ljubljani pri žetvi ozimne pšenice in ovsa z žetvenikom Deutz Fahr Ectron

Izgube	Ozimni pšenica	Oves
Izpadli klasi oz. lati na tleh (%)	$0,3 \pm 0,1$	$0,0 \pm 0,0$
Izpadla zrna na tleh (%)	$1,4 \pm 0,7$	$0,0 \pm 0,0$
Izgube na pretresalih in čistilnem delu (%)	$0,1 \pm 0,0$	$0,5 \pm 0,1$
Zdrobljena zrna (%)	$3,3 \pm 0,7$	$0,4 \pm 0,3$
Neizluščena zrna iz 50 klasov oz. latov v zgrabku (%)	$0,0 \pm 0,0$	$1,3 \pm 0,6$
Skupaj izgube (%)	$5,1 \pm 0,7$	$2,2 \pm 0,6$

4 SKLEPI

Na podlagi poskusov glede izgub zrnja pri žetvi različnih kultur z različnimi žetveniki v letih 2008, 2013 in 2015 smo prišli do naslednjih sklepov.

S pravilnimi nastavitvami žetvenika in optimalnim terminom žetve je mogoče pri žetvi ozimne pšenice, ozimnega ječmena, rži in koruze ne glede na tip žetvenika doseči skupne izgube zrnja v dopustnih mejah.

Če nastavitve žetvenika niso pravilne, lahko skupne izgube zrnja presežejo dovoljene vrednosti.

Pri žetvi rži na sredini višine rastline in tik pod klasom je potrebno spremeniti nastavitve žetvenika v primerjavi z običajno nizko višino žetve, sicer se povečajo izgube zaradi zdrobljenih zrn, ki presegajo dovoljene vrednosti.

Pri žetvi krmnega graha največje izgube predstavljajo izpadli stroki ter izpadla zrna na tleh. Te izgube lahko zmanjšamo z izbiro pravega termina žetve v jutranjem času.

5 LITERATURA

- Bernik, R. 2008. Tehnika v kmetijstvu. Spravilo in konzerviranje voluminozne krme in žit. Ljubljana, Narodna in univerzitetna knjižnica: 131 str.
- Brkić, D., Vujčić, M., Šumanovac, L. 2002. Strojari za žetvu in berbu zrnatih plodina, 1. izdaja. Osijek, Poljoprivredni fakultet v Osijeku: 238 str.
- Feiffer, A. 2003. Mähdrusch bei Ernte- Erschwernissen. Sondershausen, Fachverlag Feiffer: 57 str.
- Smolinsky, S., Žebrauskas, G., 2016. Method for rapid determination of grain loss during the combine harvester operation. Agricultural Engineering, 48:1–5
- Zhenwei, L., Yaoming, L., Lizhang, X., Zhan, Z., Zhong, T. 2017. Optimum design of fan array structure for the grain loss sensor to upgrade its resolution for harvesting rice in a combine harvester. Biosystems Engineering, 157, 5: 24–34

Nove tehnične zahteve za traktorje

Tomaž POJE⁸⁴

Izveček

Prvega januarja 2018 je stopila v veljavo Uredba (EU) št. 167/2013 o odobritvi in tržnem nadzoru kmetijskih in gozdarskih vozil. Uredba določa upravne in tehnične zahteve za homologacijo novih kmetijskih in gozdarskih vozil, kar je osnova za registracijo kupljenega traktorja. Okoljske zahteve glede emisij onesnaževal uvajajo stopnjo V za dizelske motorje. Proizvajalci traktorjev in zastopniki izkoriščajo fleksibilno shemo, ki omogoča še nekaj časa prodajo traktorjev z nižjimi stopnjami emisij. Večjo varnost uporabnika in drugih udeležencev v prometu zagotavljajo zahteve za zavorne sisteme. Z vsemi tehničnimi zahtevami je traktor sicer dražji, vendar do okolja in uporabnika prijaznejši.

Ključne besede: traktor, skladnost, tehnične zahteve, homologacija, Slovenija

New technical requirements for tractors

Abstract

From 1st of January 2018 Regulation (EU) No. 167/2013 about approval and market surveillance of agricultural and forestry vehicles takes effect. This Regulation lays down the administrative and technical requirements for the approval of new agricultural and forestry vehicles, which is the basis for the registration of a purchased tractor. Environmental performance requirements about pollutant emissions define stage V emission limits for diesel engines. Tractor manufacturers and distributors take advantage of a flexible scheme, that still for some time, allows selling tractors with lower emissions levels. The new requirements for brake systems increase safety of the driver and other road users. Although the tractor is more expensive with all technical requirements, it is more environmentally and user friendly.

Key words: tractor, conformity, technical requirements, type approval, Slovenia

1 UVOD

Traktor je osnovna energetska pogonska enota v kmetijstvu. Po drugi strani pa spada tudi med vozila. Za ta velja, da imajo predpisana preverjanja, ki omogočajo, da se dajejo v promet le vozila, ki ustrezajo veljavnim predpisom. To preverjanje se imenuje ugotavljanje skladnosti vozil ali homologacija vozil. Slovenske zahteve na tem področju so del evropskega sistema preverjanja vozil. Glavni cilj zakonodaje Evropske skupnosti o odobritvi vozil je zagotoviti, da nova vozila, sestavni deli in samostojne tehnične enote, ki so dani na trg, zagotavljajo visoko raven varnosti in varstva okolja. Pri traktorjih homologacija predpisuje zahteve za funkcionalno varnost traktorjev, zahteve za varnost pri delu in zahteve za okoljsko učinkovitost.

2 KROVNA UREDBA O ODOBRTVI IN TRŽNEM NADZORU KMETIJSKIH IN GOZDARSKIH VOZIL

Evropski parlament in svet sta februarja 2013 sprejela Uredbo (EU) št. 167/2013 o odobritvi in tržnem nadzoru kmetijskih in gozdarskih vozil. Ta uredba določa upravne in tehnične zahteve za homologacijo novih kmetijskih in gozdarskih vozil. 1. januarja 2018 je bil skrajni datum, do katerega so se zahteve iz uredbe vpeljale tudi v prakso (Uredba (EU) št. 167/2013 Evropskega parlamenta..., 2013).

⁸⁴ Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: tomaz.poje@kis.si

Na ravni Unije je tako vzpostavljen celovit sistem homologacije za traktorje, njihove priklopnike in zamenljivo vlečeno opremo. S tem se spodbuja notranji trg. Zaradi uporabe novega ureditvenega sistema, ki ga vzpostavlja ta uredba, so razveljavili številne predhodne direktive, ki so urejale homologacijo traktorjev od leta 1974 naprej.

Uredba (EU) št. 167/2013 se uporablja za kolesne in gosenične traktorje (kategoriji T in C), priklopnike (kategorija R) in zamenljivo vlečeno opremo (kategorija S). Uredba vsebuje 62 zahtev. Za vsako so ločeno napisani zakonski dokumenti (Uredba (EU) št. 167/2013 Evropskega parlamenta..., 2013).

3 OKOLJSKA UČINKOVITOST KMETIJSKIH IN GOZDARSKIH VOZIL

Traktorji morajo biti izdelani tako, da je njihov vpliv na okolje čim manjši. Zlasti so pomembne zahteve glede emisij onesnaževal in ravni hrupa zunaj vozila. Mejne vrednosti, preskusni postopki in zahteve za emisije onesnaževal za stopnje emisij od I do IV za dizelske motorje so bile navedene v Direktivi 97/68/ES, ki je imela kar 312 strani (Direktiva evropskega parlamenta in sveta 97/68/ES..., 1997). To direktivo je dopolnilo še 5 direktiv, ena izmed njih je uvedla tudi standarde za emisije za male bencinske motorje, ki se uporabljajo izven cestišča. Vse te direktive je nadomestila Uredba EU 2016/1628, ki je uvedla V stopnjo emisij (Uredba (EU) 2016/1628 Evropskega parlamenta..., 2016). Sledile so ji še delegirane uredbe in izvedbena uredba, ki se neposredno (direktno) uporabljajo tudi v Sloveniji.

Zakonodaja določa maksimalne vrednosti emisij ogljikovega monoksida, emisij ogljikovodikov dušikovih oksidov ter emisij delcev v izpušnih plinih traktorjev, razdeljenih v različne kategorije po moči. V preglednicah 1 in 2 navajamo mejne vrednosti za stopnjo IV in stopnjo V. Stopnja V uvaja nov dodaten parameter - število trdnih delcev (PN) z namenom, da se zagotovi uravnavanje emisij izredno majhnih delcev trdnih onesnaževal (velikosti 0,1 μm in manj).

Preglednica 1: Stopnja IV in mejne vrednosti za emisije izpušnih plinov

Kategorija: Neto moč (P) (kW)	Ogljikov monoksid (CO) (g/kWh)	Ogljikovodiki (HC) (g/kWh)	Dušikovi oksidi (NO _x) (g/kWh)	Delci (PM) (g/kWh)
Q: $130 \leq P < 560$	3,5	0,19	0,4	0,025
R: $56 \leq P < 130$	5,0	0,19	0,4	0,025

EU zakonodaja govori tudi o dveh vrstah datuma uvajanja stopnje V za posamezno kategorijo moči. Datum, naveden v tabeli, pomeni da morajo po tem datumu vsi novi motorju ustrezati zahtevam stopnje V. Za zadostitev teh zahtev morajo biti motorji opremljeni z ustreznimi filtrirnimi sistemi (SCR sistemi, DOC in DPF filtri), kar je zahtevna naloga za konstruktorje traktorjev z močjo manjšo od 56 kW in ozkokolotečnih traktorjev.

V skladu s tako imenovanim »prožnim sistemom« lahko proizvajalec traktorjev zaprosi za dovoljenje svojega dobavitelja motorjev za izdelavo določenega števila motorjev, ki niso v skladu s trenutnimi mejnimi vrednostmi emisij. To število motorjev oziroma traktorjev je številčno omejeno (npr. kategorija 19 – 37 kW max 200 motorjev), oziroma ne sme presegati 20 % proizvajalčeve letne prodaje traktorjev z motorjem v tej kategoriji moči traktorjev v določeni evropski državi. Prav tako proizvajalci lahko zaprosijo za dovoljenje za prodajo

traktorjev z nižjo stopnjo emisij še za 24 mesecev za traktorje iz zaključka serije (modeli traktorjev, ki jih bodo prenehali izdelovati).

Preglednica 2: Stopnja V in mejne vrednosti za emisije izpušnih plinov glede na moč motorja

Neto moč (P)	Leto	CO	HC	NO _x	PM	PN
kW	Uveljavitve	g/kWh				#/kWh
$P < 8$	1.1.2019	8,00	7,50		0,40	-
$8 \leq P < 19$	1.1.2019	6,60	7,50		0,40	-
$19 \leq P < 37$	1.1.2019	5,00	4,70		0,015	1×10^{12}
$37 \leq P < 56$	1.1.2019	5,00	4,70		0,015	1×10^{12}
$56 \leq P < 130$	1.1.2020	5,00	0,19	0,40	0,015	1×10^{12}
$130 \leq P \leq 560$	1.1.2019	3,50	0,19	0,40	0,015	1×10^{12}
$P > 560$	1.1.2019	3,50	0,19	3,50	0,045	-

4 TEHNIČNE ZAHTEVE ZA ZAVORNI SISTEM

Tehnične zahteve za zavorne sisteme na kmetijskih in gozdarskih vozilih so opredeljene v Delegirani uredbi komisije (EU) 2015/68 z dne 15. oktobra 2014 (nazadnje spremenjena z Uredbo (EU) št. 2016/1788) o dopolnitvi Uredbe (EU) št. 167/2013 Evropskega parlamenta in Sveta glede zahtev za zavorne sisteme vozil za homologacijo kmetijskih in gozdarskih vozil (Delegirana uredba komisije (EU) 2015/68....., 2015). Med ta vozila sodijo traktorji in »vlečena vozila« kamor sodijo priklopniki (prikolice) in zamenljiva vlečena oprema (vlečeni traktorski priključki).

Kompleksnost in nivo varnosti zavornih sistemov na kmetijskih vozilih sta dosegla velik tehnični napredek, ki je primerljiv s tistimi za ostala cestna vozila. Za traktorje, ki vozijo s hitrostjo manj kot 30 km/h, homologacija zahteva, da je pojemek pri zaviranju $3,55 \text{ m/s}^2$, oziroma 5 m/s^2 , če vozijo s hitrostjo večjo od 30 km/h. Na traktorjih, ki vozijo s hitrostjo večjo od 30 km/h, morajo biti zavore na vseh štirih kolesih. Sila za pritiskanje pedala zavore mora biti manjša in mora ustrezati avtomobilskemu nivoju. Proizvajalci traktorjev ne smejo vgrajevati enovodnih hidravličnih zavor v nove tipe traktorjev po 31. decembru 2019 in v nova traktorje navedenih kategorij po 31. decembru 2020.

Homologacijske zahteve veljajo tudi za vlečena kmetijska vozila (priklopnike – prikolice vlečene traktorske priključke). Pri novih priklopnikih za traktorje mora biti od po evropskih zahtevah od leta 2016 dvo vodni zavorni sistem s samodejnim regulatorjem zavorne sile (ALB sistemom) glede na obremenitev osi. To velja tako za pnevmatske kot hidravlične zavorne sisteme. Eno vodne zračne zavore so z Uredbo (EU) 2015/68 prepovedane za vgradnjo. Od 1. januarja 2020 se tipska homologacija za vlečena vozila zavrne, če so nameščene eno vodne hidravlične zavore. Od 1. januarja 2021 se tipska homologacija za vlečna vozila zavrne oz. je prepovedana prodaja traktorjev, če so nameščene le eno vodne hidravlične zavore. Traktorji pa se še vedno lahko opremijo z eno vodnim hidravličnim zavornim sistemom, če so hkrati nameščene tudi dvo vodne zračne zavore. To omogoča še vedno uporabo oz. priključitev starejših tipov priklopnikov z eno vodnimi hidravličnimi zavoram. V posameznih evropskih državah uvajajo v nacionalni pravni red zahtevo o prepovedi vgradnje eno vodnih hidravličnih zavor. V Sloveniji veljajo konec leta 2018 tako evropske kot nacionalne zahteve glede zavornih sistemov. Predvidoma v prvi polovici leta 2019 pa se bo tudi slovenska nacionalna zakonodaja uskladila z evropskimi zahtevami. Varnostni nivo hidravličnih zavor za vlečena

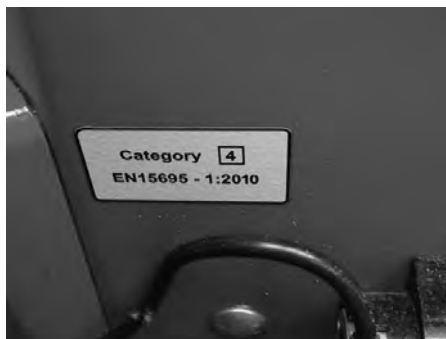
vozila se je povečal, saj mora imeti dvovodni sistem avtomatsko zaviranje s 13,5 % zavornim učinkom, če cev poči (zlomi) ali pa pride do nenadnega odklopa priklopnega vozila od vlečnega vozila. Minimalni zavorni učinek na priklopnih vozilih, ki imajo maksimalno hitrost vožnje 30 km/h ali manj, je 30 %, pri priklopnih vozilih z maksimalno hitrostjo, večjo od 30 km/h, pa 50 %.

Ti zahtevani zavorni sistemi zagotavljajo večjo varnost uporabnikom, hkrati pa tudi podražijo traktor ali priklopno vozilo.

Zaradi lažjega krmiljenja vozila (da se omogoči diferencialno zaviranje izven cestišča) je lahko delovni zavorni sistem traktorja sestavljen iz dveh neodvisnih zavornih tokokrogov, od katerih je vsak povezan z eno ločeno desno ali levo stopalko zavore (deljene stopalke zavore). Če je aktivirana funkcija diferencialnega zaviranja, hitrost vožnje ne sme preseči 40 km/h, pri hitrostih nad 40 km/h, se mora funkcija diferencialnega zaviranja onemogočiti.



Slika 1: Na traktorju mora biti montiran dvo vodni zračni zavorni sistem



Slika 2: Na kabini mora biti označena kategorija zaščite pred nevarnimi snovmi

Vlečeno vozilo mora biti opremljeno s samodejnim regulatorjem zavorne sile glede na obremenitev osi (ALB sistemom). ABS sistem ali »protiblokirni zavorni sistem« pomeni del delovnega zavornega sistema, ki med zaviranjem samodejno uravnava stopnjo zdrsa v smeri vrtenja kolesa na enem ali več kolesih vozila. ABS sistem se sedaj že zahteva za traktorje, ki vozijo s hitrostjo večjo od 60 km/h. Pojavljajo se tudi »elektronsko krmiljeni zavorni sistemi« ali »EBS sistemi«, ki pomenijo zavorni sistem, pri katerem se krmiljenje sproži in obdeluje v obliki električnega signala v prenosu krmiljenja in izhodnih električnih signalov za naprave, ki ustvarjajo aktivne sile iz shranjene ali ustvarjene energije.

5 DRUGE TEHNIČNE ZAHTEVE

V Uredbi (EU) št. 167/2013 o odobritvi in tržnem nadzoru kmetijskih in gozdarskih vozil je 62 večjih skupnih zahtev. Za vsako izmed teh zahtev so sprejeli še delegirane in izvedbene akte, ki so v neposredni veljavi tudi v Sloveniji. Za traktorje, ki imajo manj kot 56 kW nazivne moči, je teh novih zahtev bistveno več kot pri traktorjih večje moči, kjer so že prej uporabljali te tehnične rešitve. Te rešitve so bile pred uvedbo novih homologacijskih zahtev pogosto opcijska oprema, sedaj pa jih morajo imeti vsi traktorji (Delegirana uredba komisije (EU) št. 1322/2014....., 2014).

Veliko je zahtev, ki so povezane z večjo varnostjo voznika – traktorista (Delegirana uredba komisije (EU) 2015/208..., 2015). Vgrajena morajo biti varovala ob zapustitvi voznika iz traktorja ali ob parkiranju traktorja. Pod sedežem voznika mora biti nameščen senzor, ki vključi zvočno in svetlobno opozorilo, če traktorist zapusti sedež in ne potegne ročne zavore. Tudi vključena priključna gred traktorja se mora zaustaviti, če traktorist zapusti sedež (zvočno– svetlobno opozorilo in izklop priključne gredi v 7 sekundah).

Pri vstopanju v kabino traktorja morajo biti oprijemala (ročaji za roke) nameščena povsod tam, kjer bi se nekdo želel prijeti. Do sedaj je bila dovolj montaža ročajev zgolj na smiselnih (pretehtanih) mestih.

Na blatniku mora biti tudi komanda za zaustavitev vrtenja priključne gredi. Sicer pa mora po novem traktor, ki vozi s hitrostjo večjo od 30 km/h, imeti obvezen prikazovalnik vozne hitrosti. Sila na stopalkah (pedalnih) mora biti primerljiva z avtomobilskim komfortom. Materiali v notranjosti traktorja (okoli sedeža, voznika) morajo biti „negorljivi“ oziroma prehod ognja ne sme biti hitrejši od 150 mm/min. Vsi deli, ki so na dosegu rok in se lahko segrevajo, morajo biti ustrezno pokriti (prekriti). Vsi robovi, ki niso zaobljeni, morajo biti zaščiteni npr. z gumijasto oblogo.



Slika 3: Na zunaj se hitro opazi stikalo za izklop elektrike (akumulatorja).



Slika 4: Ena bolj kritiziranih zahtev je bilo odpiranje pokrova motorja z orodjem.

Vgrajen mora biti standardiziran priklop za preverjanje elektronike (kar bo omogočilo vpogled v nastavitve motorja tudi na tehničnih pregledih – problem čipiranih traktorjev). Proizvajalci traktorjev morajo dovoliti vpogled tudi informacije o vseh popravilih in vzdrževanju traktorja (RMI zahteva). vsem zainteresiranim (npr. neodvisnim serviserjem). Kabina mora imeti navedeno, kakšno zaščito zagotavlja pred nevarnimi snovmi. Na sedež za voznika in na sedežu za sopotnika mora biti obvezno vgrajen homologiran varnostni pas. Na sedežu za sopotnika mora biti dovolj veliko sedalo in naslonjalo. Vsi traktorji, tudi tisti z varnostnim lokom morajo biti opremljeni z dvema ogledaloma. Vzvrtno ogledalo mora omogočati ustrezno vidno polje, kar omogočajo dodatna širokokotna ogledala. Ta omogočajo pogled v siceršnji mrtvi kot ob zadnjih kolesih traktorja. Pokrov motorja se mora na vseh traktorjih odpirati s pomočjo orodja. Na vseh traktorjih je potrebno stikalo za izklop elektrike (akumulatorja), kar je bilo pred tem dodatna oprema predvsem na večjih traktorjih. Stikalo je

lahko v bližini akumulatorja, lahko pa je nameščeno tudi v kabini traktorja. Ko ugasnemo traktor in aktiviramo stikalo za izklop elektrike, je pri nekaterih traktorjih električna napetost v sistemu na voljo še nekaj sekund (ali nekaj deset sekund), da čistilni sistem za izpušne pline opravi svoje delo. Zavaljo vseh teh zahtev so (bodo) traktorji tudi dražji.

6 RAZPRAVA

Velikokrat pravimo, da zakonodaja omejuje razvoj. Vendar homologacijske zahteve za traktorje zagotavljajo določen tehnični nivo opremljenosti traktorja oziroma, da se vgrajujejo sodobni tehnični sklopi.

Proizvajalci traktorjev so se ob uveljavljanju novih zahtev srečali s številnimi problemi. Združenje evropskih proizvajalcev kmetijske tehnike je pogosto tudi lobiralo ob sprejemanju ali za spremembe homologacijske zakonodaje. Veliko težav imajo zlasti proizvajalci manjših traktorjev in ozkokolotečnih traktorjev. Zlasti pri teh je velika težava tudi umestitev čistilnih sistemov za izpušne pline. Na tržišču tudi še ni bilo motorjev z manjšo močjo, ki bi ustrezali zahtevam glede emisij. Zaradi vgradnje čistejših motorjev manjši traktorji postajajo tudi dražji.

Zagotavljanje zahtevnejše stopnje emisij, ki so do okolja bolj prijazne, nekateri proizvajalci traktorjev radi reklamirajo. Drugi so o svojih tehničnih rešitvah bolj tiho. Tretji poiščejo kakšne »luknje« v zakonodaji. Nekateri proizvajalci traktorjev (ali pa zastopniki) so nekatere svoje modele traktorjev tudi deklarirali z manjšo močjo (npr. 36 kW namesto običajnih 55 kW), in so jih nato legalno prodajali z manj zahtevno stopnjo emisij, ki velja za traktorje do 36 kW.

V Nemčiji so konec leta 2017 ugotavljali porast registriranih traktorjev tudi na račun tistih traktorjev, ki so se jim homologacijska dovoljenja (stopnja emisij) iztekala. Precej traktorjev je bilo leta 2017 registriranih le za nekaj dni, zato da so se nato smeli kasneje še naprej prodajati (Goeggerle 2018). Tudi v Sloveniji smo zaznali podoben pojav pri nekaterih ponudnikih traktorjev. Pri javno dostopnih podatkih za novo registrirane traktorje v Sloveniji je podana tudi stopnja emisij. Analiza podatkov od januarja do avgusta 2018 je pokazala, da za 6,66 % traktorjev tega podatka ni. Stopnjo IIIA ima 33,48 % novih traktorjev, stopnjo IIIB pa 38,25 % traktorjev. Stopnjo IV ima 21,60 % traktorjev. Stopnje V še nismo zasledili med traktorji, registriranimi v obravnavanem obdobju (Poje 2018).

7 SKLEPI

Slovenija je kot članica Evropske skupnosti prevzela tudi homologacijsko zakonodajo za kmetijska in gozdarska vozila. Z novo krovno direktivo za ugotavljanje skladnosti kmetijskih in gozdarskih vozil, sprejeto 2013, in drugimi podzakonskim akti se je (bo) bistveno povečala raven tehnične opremljenosti zlasti manjših traktorjev, za katere pred tem niso veljale takšne tehnične zahteve. Proizvajalci traktorjev z nazivno močjo manjšo od 56 kW imajo več dela pri uskladitvi zahtev iz homologacije, postaja ta segment traktorjev tudi dražji. Je pa res, da ti traktorji manj vplivajo na okolje, povečajo pa varnost voznika.

8 LITERATURA

Delegirana uredba komisije (EU) 2015/68 z dne 15. oktobra 2014 o dopolnitvi Uredbe (EU) št.

167/2013 Evropskega parlamenta in Sveta glede zahtev za zavorne sisteme vozil za homologacijo kmetijskih in gozdarskih vozil. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R0068&from=CS> (7.11.2018)

- Delegirana uredba komisije (EU) št. 1322/2014 z dne 19. septembra 2014 o dopolnitvi in spremembi Uredbe (EU) št. 167/2013 Evropskega parlamenta in Sveta v zvezi z zahtevami za konstrukcijo vozil ter splošnimi zahtevami za odobritev kmetijskih in gozdarskih vozil <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1322&from=EN> (7.11.2018)
- Delegirana uredba komisije (EU) 2015/208 z dne 8. decembra 2014 o dopolnitvi Uredbe (EU) št. 167/2013 Evropskega parlamenta in Sveta v zvezi z zahtevami za funkcionalno varnost vozil za homologacijo kmetijskih in gozdarskih vozil. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R0208&from=EN> (7.11.2018)
- Direktiva evropskega parlamenta in sveta 97/68/ES z dne 16. decembra 1997 o približevanju zakonodaje držav članic o ukrepih proti plinastim in trdnim onesnaževalom iz motorjev z notranjim zgorevanjem, namenjenih za vgradnjo v necestno mobilno mehanizacijo. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1997/68/2007-01-01/slv/pdf> (7.11.2018)
- Goeggerle, T. 2018. Traktor – Boom. Zulassungen. Agrarheute Pflanze + Technik, Deutscher Landwirtschaftsverlag, 3, str. 78 - 81
- Poje, T. 2018. Report on the number of newly registered tractors in Slovenia from January to August 2018. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije, 6 str.
- Uredba (EU) 2016/1628 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 14. septembra 2016 o zahtevah v zvezi z mejnimi vrednostmi emisij plinastih in trdnih onesnaževal in homologacijo za motorje z notranjim izgorevanjem za necestno mobilno mehanizacijo, o spremembi uredb (EU) št. 1024/2012 in (EU) št. 167/2013 ter o spremembi in razveljavitvi Direktive 97/68/ES. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX%3A32016R1628> (7.11.2018)
- Uredba (EU) št. 167/2013 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 5. februarja 2013 o odobritvi in tržnem nadzoru kmetijskih in gozdarskih vozil. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0167&from=EN> (7.11.2018)

Vsebnost Cd, Pb in Zn v dveh sortah navadne konoplje (Tisza, Futura 75), gojene v okolici Celja in v Zgornji Mežiški dolini

Marko FLAJŠMAN⁸⁵, Darja KOCJAN AČKO⁸⁶, Helena GRČMAN⁸⁷ in Marko ZUPAN⁸⁸

Izvleček

V Celjski kotlini in v Zgornji Mežiški dolini smo izvedli poljske oz. vrtno poskuse z navadno konopljo (sorti Tisza in Futura 75), ki je rastla v različno onesnaženih tleh s potencialno toksičnimi kovinami. Proučevali smo privzem kadmija, svineca in cinka v različna tkiva konoplje in izračunali fitoremediacijski potencial (FP). Ugotovili smo, da kovine v tleh ne vplivajo negativno na rast rastlin. Največ kadmija in svineca smo izmerili v socvetjih in koreninah, največ cinka pa v socvetjih in semenih. V poljskih poskusih v Celju je imela Futura 75 najvišji FP za kadmij (1,66 g/ha), svinec (5,29 g/ha) in cink (170,87 g/ha). V Zgornji Mežiški dolini je bil FP odvisen od gradienta kovin v tleh. Najvišja dosežena vrednost FP za privzem kadmija je bila 3,7 g/ha pri sorti Futura 75, 135,0 g/ha za privzem svineca pri sorti Tisza in 362,5 g/ha za privzem cinka pri sorti Tisza. Navadna konoplja se je pokazala kot nizko učinkovita za uporabo v remediacijske namene na obeh poskusnih lokacijah. Poleg tega so bile presežene mejne vrednosti kovin v užitnih delih rastline, zaradi česar takšne konoplje ne bi smeli uporabljati v prehrani.

Ključne besede: navadna konoplja, fitoremediacija, kadmij, svinec, cink

The content of Cd, Pb and Zn in two hemp varieties (Tisza, Futura 75) which were cultivated in the vicinity of Celje and the Upper Mežica valley

Abstract

In the Celje valley and in the Upper Mežica valley, field and garden experiments were conducted using two hemp cultivars (Tisza and Futura 75). Hemp plants grew in soils, which was differently contaminated with potentially toxic metals. We studied the absorption of cadmium, lead and zinc into different plant's tissues and calculated phytoremediation potential (FP). We observed that contaminated soil did not have phytotoxic effect on plants growth. The highest content of cadmium and lead were determined in inflorescences and roots, while the highest concentration of zinc was observed zinc in inflorescences and seeds. In field experiments in Celje, Futura 75 had the highest FP for cadmium (1.66 g/ha), lead (5.29 g/ha) and zinc (170.87 g/ha). In the Upper Mežica valley, the FP was dependent on the gradient of the TK in the soil. The highest FP values for cadmium (cultivar Futura 75), lead (cultivar Tisza) and zinc (cultivar Tisza) were 3.7 g/ha, 135.0 g/ha and 362.5 g/ha, respectively. Hemp proved to has low phytoremediation effectiveness at the two mentioned locations. In addition, the contents of potentially toxic metals in edible parts of the hemp plants exceeded limit values, which makes it unsuitable to be used for nutritional purposes.

Key words: hemp, phytoremediation, cadmium, lead, zinc

1 UVOD

Fitoremediacija je proces, pri katerem za čiščenje onesnaženih tal, vode in usedlin uporabljamo rastline. S to metodo je mogoče iz tal odstraniti tudi potencialno toksične (težke) kovine (Felix, 1997). Hiperakumulatorji so rastline, ki lahko iz tal absorbirajo velike količine kovin. Običajno so hiperakumulatorji enoletna zelišča in pleveli z malo nadzemne biomase in

⁸⁵ Dr., asistent, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marko.flajsman@bf.uni-lj.si

⁸⁶ Doc., dr., isti naslov, e-pošta: darja.kocjan.acko@bf.uni-lj.si

⁸⁷ Prof., dr., isti naslov, e-pošta: helena.grcman@bf.uni-lj.si

⁸⁸ Doc., dr., isti naslov, e-pošta: marko.zupan@bf.uni-lj.si

z veliko koncentracijo privzetih kovin v tkivih. Vseeno pa je za učinkovito fitoremediacijo nujno, da uporabljena rastlinska vrsta naredi čim več nadzemne biomase (Khan in sod., 2000). Navadna konoplja (*Cannabis sativa* L.) je vsestransko uporabna rastlina. Med drugim je bila uporabljena tudi za namene fitoremediacije v številnih študijah (povzeto v Ahmad in sod., 2016), saj proizvede veliko biomase, ima globoke korenine in kratek življenjski cikel. Navadna konoplja je sposobna privzeti in akumulirati svinec (Pb), nikelj (Ni), kadmij (Cd), cink (Zn) in krom (Cr). Čeprav konoplja ni hiperakumulator, lahko v svoja tkiva privzema različne količine kovin iz tal (Linger in sod., 2002; Citterio in sod., 2005). Zaradi tega dejstva bi bila lahko uporaba konoplje, ki bi rastla na onesnaženih tleh in bi vsebovala večje količine kovin, za prehranske namene sporna in zdravju škodljiva. Vseeno pa bi bilo mogoče kontaminirana konopljin tkiva koristno uporabiti v energijske namene, na primer iz olja bi lahko pridobili biodizel (Casas in Pons, 2005), iz stebelnih vlaken bi lahko izdelali tehnične tekstilije (motvoz, platno, biokompozite, bioplastiko in druge neprehranske izdelke), srediko ali pezdur (notranji del stebela brez vlaken) za gradbeni material, kot so vlaknene plošče in konopljin beton ali za proizvodnjo toplotnih izolatorjev (Salentijn in sod., 2015). Vlakna in srediko je mogoče uporabiti tudi za kombiniran material, kjer bi bila kontaminirana vlakna vgrajena v polimere in ne bi mogla prosto izhajati (Linger in sod., 2002).

Nekatera območja Slovenije so močno onesnažena s potencialno toksičnimi kovinami zaradi industrijskih dejavnosti v preteklosti. Dve bolj onesnaženi območji v Sloveniji sta Celjska kotlina in Mežiška dolina. Celje in okolica Celja je zaradi taljenja cinkove rude kontaminirana s cinkom in kadmijem, zaradi različnih virov pa tudi s svincem. Koncentracija Cd v tleh na več kot 4000 ha presega opozorilno vrednost (2 mg/kg), v več kot 50 ha pa se Cd nahaja v kritični vrednosti (12 mg/kg), kar je raziskano in opisano v več študijah (Lobnik in sod., 1994; Leštan in sod., 2003). Tudi Zgornja Mežiška dolina je kontaminirana s Pb, Zn in Cd, razlog pa je več kot 500 let trajajoče rudarjenje in taljenje svinčene rude na tem območju. Na več kot 24 km² vsebnost Pb v tleh presega kritično vrednost (Leštan in Grčman, 2001, Finžgar in sod., 2014). Celje z okolico in Zgornja Mežiška dolina sta dva primera onesnaženosti tal s kovinami v Sloveniji, kjer so potrebne praktične in učinkovite rešitve za čiščenje tal. Namen naše raziskave je bil preizkusiti dovednost navadne konoplje za privzem kovin iz onesnaženih tal v Celjski in Zgornji Mežiški dolini. Z meritvami koncentracije kovin v različnih tkivih navadne konoplje smo želeli ugotoviti, v katerih se akumulira največ Cd, Zn in Pb ter kakšen je njen fitoremediacijski potencial.

2 MATERIALI IN METODE DELA

2.1 Izvedba poljskih poskusov v Celjski kotlini in meritve TK

V Celjski kotlini smo imeli poskuse na treh različno onesnaženih lokacijah (preglednica 1). Vsebnost kovin v zemlji smo določili z metodo fluorescenčne rentgenske spektrometrije (XRF). V poskusu smo uporabili dve sorti, in sicer dvodomno madžarsko sorto Tisza in enodomno francosko sorto Futura 75. Velikost osnovne parcele je bila 3 x 6 m, uporabljena setvena količina 300 semen/m². Z vsako sorto smo na vsaki lokaciji posejali štiri ponovitve. Sejali smo 12. maja 2017 s sejalnico za strnjeno setev Wintersteiger na medvrstno razdaljo 12,5 cm. Med rastno dobo posevka nismo dognjevali, plevelov nismo zatirali. Žetev smo izvedli ročno 11. in 13. oktobra 2017. Pri tem smo na 4 m² ovrednotili pridelke stebel, korenin in semena. Privzem potencialno toksičnih kovin smo določali v koreninah, stebelu (ločeno povrhnjica in stržen, ločeno tudi po spolu), socvetjih in semenu. Suh rastlinski material smo zmelali z rotacijskim mlinom Retsch ZM100. Vzorce tkiv smo poslali v Kanado v laboratorij

»Bureau Veritas Commodities Canada Ltd.«, kjer so potekale meritve potencialno toksičnih kovin. Vsebnost kovin v tleh smo določili s fluorescenčnim rentgenskim spektrofotometrom Olympus Delta 50. Fitoremediacijski potencial smo izračunali kot produkt med pridelkom posameznega tkiva konoplje in koncentracijo kovine v tem tkivu.

Preglednica 1: Lokacije poskusov v Celjski kotlini in onesnaženost tal s kadmijem, svincem in cinkom

Lokacija	Koncentracija TK v zemlji (mg/kg)			Območje onesnaženosti
	Cd	Pb	Zn	
Bukovžlak	6,8	106	696	Kritično onesnaženo
Babno	< 4,5	88	239	Srednje onesnaženo
Medlog	< 4,5	47	184	Neonesnaženo (kontrola)

2.2 Izvedba vrtnih poskusov v Zgornje Mežiški dolini in meritve TK

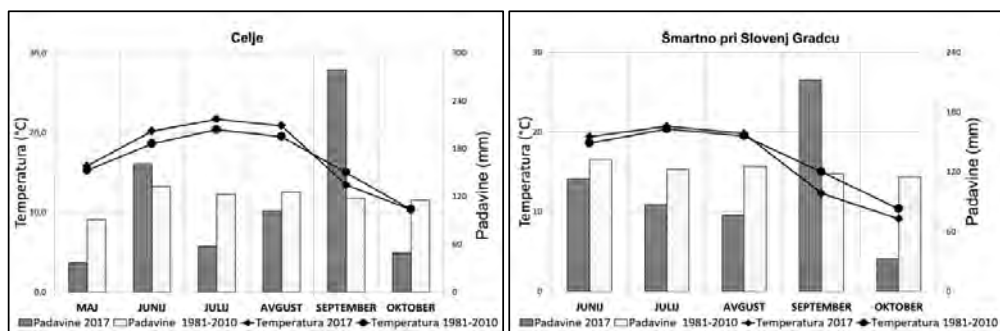
Lokacije poskusov v Zgornji Mežiški dolini so navedene v preglednici 2. Lokacije so bile vrtovi, kjer prebivalci običajno pridelujejo vrtnine za lastno uporabo. V poskusih smo uporabili dve sorti (Tisza in Futura 75), ki smo ju ročno posejali na površino velikosti 2 x 2 m, brez ponovitev, na medvrstno razdaljo 12,5 cm. Gostota setve je bila 300 rastlin/m², sejali smo 1. in 6. junija 2017. Med rastno dobo posevka nismo dognojevali, plevelov nismo zatirali. Žetev smo izvedli ročno 18. oktobra 2017. Vzorčili smo na enem m² in stehali pridelke stebel, korenin in semena. Privzem kovin smo določali v koreninah, stebelu (ločeno povrhnjica in stržen, ločeno tudi po spolu), socvetjih in listih, toda ne za vse lokacije v vseh tkivih. Priprava vzorcev in analize so potekale na enak način, kot je opisano pri poskusih v Celju. Vsebnost kovin v zemlji je bila določena z metodo induktivne razklopljene plazme (ICP_MS) po razklopu vzorca z zlatotopko v laboratoriju »Bureau Veritas Commodities Canada Ltd.«.

Preglednica 2: Lokacije poskusov v Zgornji Mežiški dolini in onesnaženost tal s kadmijem, svincem in cinkom

Lokacija	Koncentracija kovin v zemlji (mg/kg)			Območje onesnaženosti
	Cd	Pb	Zn	
Šentanel, Prevalje	1,5	87	310	Neonesnaženo (kontrola)
Senčna vas, Mežica	4,2	460	739	Malo onesnaženo
Šolska pot, Mežica	5,4	576	863	Srednje onesnaženo
Ludranski vrh, Črna	4,5	682	341	Srednje onesnaženo
Mušenik, Črna	10,1	1448	858	Kritično onesnaženo
Polena, Mežica	12,1	1770	1606	Kritično onesnaženo

2.3 Vremenske razmere v Celjski kotlini in Zgornji Mežiški dolini

Vremenske razmere za obe lokaciji so prikazane na sliki 1. Ker v Zgornji Mežiški dolini meritev temperatur in padavin ARSO ne izvaja, smo uporabili podatke za najbližjo lokacijo, ki je Šmartno pri Slovenj Gradcu.



Slika 1: Primerjava povprečnih mesečnih temperatur in povprečnih mesečnih padavin v rastni dobi konoplje (maj – oktober) za leto 2017 z dolgoletnim obdobjem (1985 - 2015) za lokaciji Celje in Šmartno pri Slovenj Gradcu

Na lokaciji Celje so bile v rastni dobi konoplje temperature leta 2017 višje od dolgoletnega povprečja, z izjemo septembra, ko je bila temperatura za 1,6 stopinje nižja. Padavin je bilo manj od dolgoletnega povprečja v maju (36,7 mm), ko je padlo najmanj padavin, v juliju, avgustu in oktobru. Junij in september sta imela nadpovprečno količino padavin, odstopa predvsem september, ko je padlo skoraj 2,4 krat več padavin kot v dolgoletnem obdobju. Na lokaciji Šmartno pri Slovenj Gradcu so bile padavine v letu 2017 pod dolgoletnim povprečjem, razen septembra, ko je padlo 1,8-krat več padavin. Tega meseca je bila temperatura tudi nižja, v ostalih mesecih pa je bil temperatura približno enaka kot v dolgoletnem obdobju.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Privzem kovin v tkiva konoplje v Celjski kotlini

Rezultati so prikazani v preglednicah 3 in 4. Okrajšave pomenijo: Fk – Futura 75 korenine; Fstr – Futura 75 steblo stržen; Fpov – Futura 75 steblo povrhnjica; Fsoc – Futura 75 socvetja; Fl – Futura 75 listi; Tk – Tisza korenine; TstrŽ – Tisza steblo stržen ženske rastline; TstrM – Tisza steblo stržen moške rastline; TpovŽ – Tisza steblo povrhnjica ženske rastline; TpovM – Tisza steblo povrhnjica moške rastline; Tsoc – Tisza socvetja; Tl – Tisza listi.

Preglednica 3: Privzem kovin v tkiva konoplje v mg/kg suhe snovi, sorta Futura 75

	Bukovžlak				Babno				Medlog			
	Cd	Pb	Zn	*Prid	Cd	Pb	Zn	*Prid	Cd	Pb	Zn	*Prid
Fk	0,92	1,41	21,27	250	0,22	1,08	11,57	208	0,28	0,84	11,73	632,5
Fstr	0,34	0,45	4,87	1671	0,09	0,36	3,80	1117	0,12	0,32	3,93	5960,4
Fpov	0,51	0,66	11,03	531	0,15	0,65	8,37	355	0,17	0,21	7,23	1892,6
Fsoc	1,66	10,64	151,90	216	0,20	3,27	76,93	90	0,20	1,08	83,77	710,6
Fs	0,81	5,40	111,30	285	0,09	0,81	83,27	121	0,08	0,16	99,83	669,0
Skupaj				2953	Skupaj				Skupaj			

*Prid = pridelek, podan v kg suhe snovi na ha

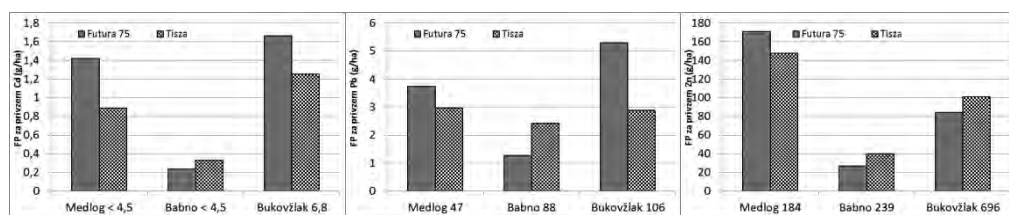
Največ Cd in Pb se je v povprečju akumuliralo v socvetjih in koreninah konoplje, največ Zn pa v socvetjih in semenih. V tkivih sorte Futura 75 smo določili večje vsebnosti kovin kot v

sorti Tisza. Na lokaciji Babno, kjer je bil pridelek najmanjši, smo izračunali tudi najmanjši fitoremediacijski potencial za vse tri kovine. Najvišji privzem kadmija smo določili v Bukovžlaku, kjer je sorta Futura 75 privzela 1,66 g Cd na ha, Tisza pa 1,25 g Cd na ha. Največ Pb je privzela sorta Futura 75 v Bukovžlaku (5,29 g/ha) in v Medlogu (3,73 g/ha), sorta Tisza je na teh dveh lokacijah privzela skoraj enako količino (okoli 2,9 g Pb/ha). Največji privzem Zn sta imeli obe sorti na lokaciji Medlog (slika 2).

Preglednica 4: Privzem kovin v tkiva konoplje v mg/kg suhe snovi, sorta Tisza

	Bukovžlak				Babno				Medlog			
	Cd	Pb	Zn	*Prid	Cd	Pb	Zn	*Prid	Cd	Pb	Zn	*Prid
Tk	0,73	1,53	19,47	285	0,27	1,28	14,03	120	0,21	0,74	11,97	299
TstrŽ	0,21	0,39	4,30	1364	0,08	0,35	3,83	1006	0,07	0,29	4,37	3524
TstrM	0,22	0,34	6,03	703	0,10	0,29	5,30	677	0,10	0,23	4,53	2203
TpovŽ	0,21	0,30	5,87	410	0,13	0,38	7,87	302	0,10	0,18	7,20	1059
TpovM	0,45	0,70	22,07	261	0,17	0,50	16,13	252	0,15	0,21	12,10	819
Tsoc	0,52	2,33	89,60	440	0,28	6,27	74,13	164	0,12	0,99	80,43	656
Ts	0,42	0,82	89,53	420	0,13	3,23	88,17	134	0,07	0,31	83,20	579
	Skupaj				Skupaj				Skupaj			
	3882				2654				9139			

*Prid = pridelek, podan v kg suhe snovi na ha



Slika 2: Fitoremediacijski potencial (g/ha) obeh sort za lokacije Medlog, Babno in Bukovžlak. Grafikon levo: FP za privzem Cd; grafikon na sredini: FP za privzem Pb; grafikon desno: FP za privzem Zn

3.2 Privzem kovin v tkiva konoplje v Zgornji Mežiški dolini

Preglednica 5: Privzem kovin v tkiva konoplje v mg/kg suhe snovi, sorta Futura 75, za lokacije Šentanel, Senčna vas, Šolska pot, Polena, Mušenik in Ludranski vrh

Šentanel, Prevalje					Senčna vas, Mežica					Šolska pot, Mežica				
	Cd	Pb	Zn	*Prid	Cd	Pb	Zn	*Prid	Cd	Pb	Zn	*Prid ¹		
Fk	0,11	1,94	12,8	210	0,24	8,15	16,8	490	0,24	7,90	14,0	/		
Fstr	0,03	0,60	3,8	1659	0,10	1,49	3,1	4510	0,09	2,86	4,5	/		
Fpov	0,04	0,45	6,3	527	0,11	1,39	7,5	143,2	0,11	1,19	6,6	/		
Fsoc	0,13	4,11	63,8	215	0,46	46,34	117,0	517	0,17	10,34	70,0	/		
Fl	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Skupaj				2611	Skupaj				6949	Skupaj				/
Polena, Mežica					Mušenik, Črna					Ludranski vrh, Črna				
	Cd	Pb	Zn	*Prid	Cd	Pb	Zn	*Prid	Cd	Pb	Zn	*Prid		
Fk	0,69	22,97	33,4	858	1,41	33,40	28,9	58	0,20	6,40	7,7	275		
Fstr	0,23	4,40	5,9	7619	0,52	16,41	8,5	662	0,09	3,21	3,4	2945		
Fpov	0,23	1,51	10,5	2419	0,93	25,93	25,8	21	0,10	2,03	7,8	935		
Fsoc	0,36	27,04	100,3	2355	4,46	532,7	348,3	126	0,78	89,85	80,5	147		
Fl	0,16	27,51	90,9	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Skupaj				13251	Skupaj				1056	Skupaj				4302

*Prid = pridelek, podan v kg suhe snovi na ha; ¹na lokaciji Šolska pot pridelka nismo vrednotili

Preglednica 6: Privzem kovin v tkiva konoplje v mg/kg suhe snovi, sorta Tisza, za lokacije Šentanel, Senčna vas, Šolska pot, Polena, Mušenik in Ludranski vrh

Šentanel, Prevalje					Senčna vas, Mežica				Šolska pot, Mežica					
	Cd	Pb	Zn	*Prid	Cd	Pb	Zn	*Prid	Cd	Pb	Zn	*Prid ¹		
Tk	0,13	2,69	13,6	80	0,26	7,14	17,6	540	0,25	7,76	13,9	/		
TstrŽ	0,06	1,01	6,7	1521	0,04	1,59	3,4	2656	0,12	3,46	5,9	/		
TstrM	0,06	0,73	4,6	444	0,06	1,21	3,4	1729	0,09	1,39	3,6	/		
TpovŽ	0,09	1,03	13,0	457	0,10	1,69	8,9	798	0,14	1,55	7,1	/		
TpovM	0,13	0,87	16,3	165	0,12	3,59	11,6	641	0,13	1,77	8,2	/		
Tsoc	0,14	4,83	70,2	98	0,25	18,82	71,9	526	0,18	9,96	71,0	/		
TI	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Skupaj				2765	Skupaj				6890	Skupaj				/
Polena, Mežica					Mušenik, Črna				Ludranski vrh, Črna					
	Cd	Pb	Zn	*Prid	Cd	Pb	Zn	*Prid	Cd	Pb	Zn	*Prid		
Tk	0,36	18,25	28,00	1010	1,18	36,86	33,2	53	0,32	11,4	10,1	200		
TstrŽ	0,09	3,67	4,3	4271	0,28	11,05	6,6	470	0,08	5,50	4,0	923		
TstrM	0,10	3,09	3,8	1032	0,40	14,28	8,9	252	0,12	5,42	4,5	588		
TpovŽ	0,12	2,47	8,6	1283	0,65	20,27	24,1	141	0,21	5,49	11,0	277		
TpovM	0,15	3,96	9,7	383	0,99	50,55	31,4	93	0,21	4,44	14,9	218		
Tsoc	0,29	30,73	118,1	2516	3,08	424,25	285,9	275	1,24	144,4	141,0	26		
TI	0,36	18,25	28,00	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Skupaj				10495	Skupaj				1284	Skupaj				2232

največ kadmija in svinca akumuliralo v socvetjih in koreninah, največ cinka pa v socvetjih in semenih. Kljub dobremu privzemu kovin iz tal, je praktična izvedba fitoremediacije z industrijsko konopljo na kratek rok neučinkovita metoda remediacije (čiščenja) tal tako v Celjski kotlini kot Zgornji Mežiški dolini. Za zmanjšanje koncentracije Cd za 1 ppm v zgornjih 30 cm zemlje bi potrebovali obdobje več tisoč let, za zmanjšanje Pb za 1 ppm več 10 do več 100 let, za zmanjšanje Zn za 1 ppm pa več 10 let. Kljub simboličnemu učinku fitoremediacije pa ni nezanemarljiv podatek, da je gojenje industrijske konoplje dobra alternativa za onesnažena kmetijska tla, saj se lahko izkoristi pridelovalni potencial tal, pri čemer se prekine prenos potencialno toksičnih kovin v prehranjevalno verigo ljudi in živali.

Zahvala. Raziskava je bila opravljena v okviru Msc naloge in VSŠ naloge študija Agronomije na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Avtorji se zahvaljujemo diplomantkama Karmen Zorko in Amandi Hadžič. Zahvaljujemo se tudi Slovenski znanstveni fundaciji in Svetovnemu laboratoriju (The World Federation of Scientists) za enoletno štipendijo številka »SZF-dr. M. Flajšman 01/2017«, ki jo je v akademskem letu 2017/2018 prejemal prvi avtor tega prispevka. Del raziskav je bil financiran s strani ARRS raziskovalnih programov P4-0077 in P4-0085.

5 LITERATURA

- Ahmad, R., Tehsin, Z., Malik, S. T., Asad, S.A., Shahzad, M., Bilal, 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
- Casas, X.A., Rieradevall i Pons, J. 2005. Environmental analysis of the energy use of hemp–analysis of the comparative life cycle: diesel oil vs. hemp–diesel. *International journal of agricultural resources, governance and ecology*, 4(2): 133-139
- Citterio, S., Prato, N., Fumagalli, P., Aina, R., Massa, N., Santagostino, A., ... Berta, G. 2005. The arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* induces growth and metal accumulation changes in *Cannabis sativa* L. *Chemosphere*, 59(1): 21-29
- Felix, H. 1997. Field Trials for in Situ Decontamination of Heavy Metal Polluted Soils using Crops of Metal-Accumulating Plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 160(4): 525-529
- Finžgar, N., Jež, E., Voglar, D., Leštan, D. 2014. Spatial distribution of metal contamination before and after remediation in the Meza Valley, Slovenia. *Geoderma*, 217: 135-143
- Khan, A.G., Kuek, C., Chaudhry, T.M., Khoo, C.S., Hayes, W.J. 2000. Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. *Chemosphere*, 41(1): 197-207
- Leštan, D., Grčman, H. 2001. Speciation of lead, zinc and cadmium in contaminated soils from Mezica valley. *Kmetijstvo (Agronomija)*.
- Leštan, D., Grčman, H., Zupan, M., Bačac, N. 2003. Relationship of soil properties to fractionation of Pb and Zn in soil and their uptake into *Plantago lanceolata*. *Soil and Sediment contamination*, 12(4): 507-522
- Linger, P., Müssig, J., Fischer, H., Kobert, J. 2002. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) growing on heavy metal contaminated soil: fibre quality and phytoremediation potential. *Industrial Crops and Products*, 16(1): 33-42
- Lobnik, F., Zupan, M., Hudnik, V., Vidic, N.J. 1994. A soil and plant pollution case study in an industrial area in Slovenia. *Environmental Geochemistry and Health (United Kingdom)*.
- Salentijn, E.M., Zhang, Q., Amaducci, S., Yang, M., Trindade, L.M. 2015. New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding. *Industrial Crops and Products*, 68: 32-41

Vsebnosti niklja v zelenjavi in zeliščih pridelanih na območju slovenske Istre z večjo naravno koncentracijo Ni v tleh

Helena GRČMAN⁸⁹, Irma MARENČE BARBIČ⁹⁰, Stanislava KIRINČIČ⁹¹ in Marko ZUPAN⁹²

Izvleček

Ugotavljali smo prehajanje niklja (Ni) iz tal, ki so naravno obogatena z Ni (13 vzorcev, slovenska Istra), v zelenjavo (53 vzorcev). Koncentracije Ni v zelenjavi pridelani v slovenski Istri smo primerjali z zelenjavo pridelano na območju Celja, kjer tla niso naravno ali antropogeno obogatena z Ni, ter s povprečnimi koncentracijami v zelenjavi z evropskega trga (EFSA, 2015). Ocenili smo izpostavljenost splošne populacije Ni zaradi uživanja zelenjave pridelane v slovenski Istri. Ugotovili smo, da Ni prehaja v užitne dele rastlin. Koncentracije Ni so bile v razponu od 45,5 (kumare) do 636,3 µg/kg sveže snovi (sv.sn.) (listi peteršilja). Po koncentracijah Ni izstopajo listi peteršilj, česen, fižol in paprika. Primerjava zelenjave pridelane v slovenski Istri, Celju in Evropi je pokazala, da so koncentracije Ni v zelenjavi iz slovenske Istre štirikrat večje kot v Celju, vendar manjše kot je evropsko povprečje. Ocenjena dolgotrajna prehranska izpostavljenost splošne populacije Ni zaradi uživanja zelenjave pridelane v slovenski Istri, ki vključuje tudi gomoljnice, stročnice, zelišča in gobe, je 0,335 µg/kg telesne mase/dan. Ocenjen vnos Ni zaradi uživanja povprečne zelenjave z evropskega trga je 0,611 µg/kg telesne mase /dan. Zaradi uživanja zelenjave pridelane v slovenski Istri ne vnašamo v telo več Ni, kot bi ga z uživanjem povprečne zelenjave z evropskega trga, kar je potrebno upoštevati pri postavitvi standardov kakovosti za Ni za kmetijska tla.

Ključne besede: nikelj, tla, flišne kamnine, zelenjava, dolgotrajna prehranska izpostavljenost

Nickel content in vegetables and herbs produced in Slovenian Istria with geogenic higher nickel content in soil

Abstract

We examined the transfer of nickel (Ni) from naturally enriched soils (13 soil samples from Slovenian Istria) into vegetables (53 samples). We compared the concentrations of Ni in vegetables grown in Slovenian Istria with vegetables produced in the Celje area, where the soils are not naturally or anthropogenic enriched with Ni, and with European vegetables (EFSA, 2015) and assessed long-term exposure of the general population to nickel. We found that nickel accumulate in edible parts of plants. Concentrations varied from 45.5 (cucumbers) to 636.3 µg /kg fresh weight (parsley leaves). Parsley leaves, garlic, beans and peppers accumulated nickel at most. The average concentrations of Ni in vegetables from Slovenian Istria was four times higher than in Celje, but lower compared to average European vegetables. Long-term exposure of the general population to nickel with all groups of vegetables, including potato, herb, legumes and mushrooms, is 0.335 and 0.611 µg/kg body weight per day in the case of Istrian and European vegetables, respectively. Vegetables produced in Slovenian Istria do not contribute higher daily intake of Ni as it is with European vegetables, which should be considered when placing soil quality standards for Ni in agricultural soils.

Key words: nickel, soil vegetables, flysch, chronic dietary exposure

⁸⁹ Dr., Biotehniška fakulteta UL, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: helena.grcman@bf.uni-lj.si;

⁹⁰ Dipl. inž. agr (uni), Vikrče 40a, 1211 Ljubljana Šmartno, e-pošta: irma.marence@gmail.com;

⁹¹ Dr., Nacionalni inštitut za varovanje zdravja, Trubarjeva 2, 1000 Ljubljana e-pošta: stanka.kirincic@nijz.si;

⁹² Dr., Biotehniška fakulteta UL, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marko.zupan@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Iz podatkov državnega monitoringa, ki poteka v okviru projektov Raziskave onesnaženosti tal Slovenije (Zupan in sod., 2008), vemo, da se v tleh na nekaterih kamninskih osnovah naravno pojavljajo večje koncentracije kovin, za katere nimamo zakonodajnih mejnih vrednosti za živila. Tak primer je nikelj (Ni), ki se pojavlja v nekaterih flišnih in lapornatih kamninah v koncentracijah, ki so večje od mejnih in celo opozorilnih vrednosti glede na Uredbo o mejnih (50 mg/kg), opozorilnih (70 mg/kg) in kritičnih (210 mg/kg) imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur.l.RS 68/96). Najbolj obsežno območje flišnih kamnin v Sloveniji je na Primorskem, kar se posledično odraža na povečanih koncentracijah Ni v obalno kraški regiji. Srednja vrednost Ni v tleh (mediana za obdelovalni sloj tal 0-20 cm) je za obalno kraško regijo 79 mg/kg, medtem ko je za Slovenijo 32,5 mg/kg in v Evropi 15 mg/kg. Kot kažejo izsledki projekta GEMAS, so večje vrednosti kovin v tleh Južne Evrope v primerjavi s severno Evropo predvsem posledica kamninske osnove. V prispevku bomo predstavili koncentracije Ni v tleh in užitnih delih zelenjave pridelane v slovenski Istri. Ker zakonodajnih mejnih vrednosti na nacionalnem in evropskem nivoju za Ni v živilih nimamo, smo za namen vrednotenja standardov kakovosti tal okvirno ocenili dolgotrajno prehransko izpostavljenost splošne populacije Ni zaradi uživanja zelenjave pridelane v slovenski Istri.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Izvedli smo vzorčenje tal in zelenjave na 13 parcelah na območju Dragonje, Seče in Ankarana (slovenska Istra), kjer smo pričakovali povečane geogene vsebnosti niklja v tleh. Skupno smo odvzeli 53 rastlinskih vzorcev. Vzorce tal in rastlin smo pripravili za nadaljnjo analizo (sušenje, mletje, liofiliziranje) v laboratoriju Centra za pedologijo in varstvo okolja na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani, kjer smo izvedli tudi analize pedoloških parametrov. pH vrednost talne raztopine smo izmerili elektrometrično v suspenziji tal z 0,01 mol/L CaCl_2 po standardu SIST ISO 10390. Organska snov je bila določena z mokro oksidacijo in titracijo po metodi Walkley-Black (SIST ISO 14235). Rastlinam dostopna kalij in fosfor sta bila določena po ekstrakciji tal z amonlaktatno ekstrakcijo (AL). Tekstura (delež peska, melja in gline) je bila izmerjena s sedimentacijsko pipetno metodo po SIST ISO 11277 standardu z upoštevanjem ameriške klasifikacije za velikost delcev. Koncentracije Ni v talnih in rastlinskih vzorcih so bile izmerjene na inštitutu za ekološke raziskave Eurofins ERICO v Velenju. Za talne vzorce je bil uporabljen razkroj z zlatotopko (SIST ISO 11466), za rastlinske vzorce razkroj z dušikovo kislino, meritve koncentracije so bile izvedene na aparatu ICP MS (SIST EN ISO 17294-2).

Oceno dolgotrajne prehranske izpostavljenosti splošne populacije Ni zaradi uživanja zelenjave smo izračunali kot vsoto zmnožkov slovenske letne porabe posamezne vrste zelenjave (SURs, 2015) in povprečne koncentracije Ni v užitem delu posamezne vrste zelenjave. Pri zelenjavi z vsebnostjo Ni pod mejo zaznavnosti (0,2 mg/kg suhe snovi (s. s.)) smo za izračun povprečja upoštevali koncentracijo pri meji zaznavnosti, in tako izračunali tako imenovano zgornjo mejo povprečja (ang. Upper Bound, EFSA, 2015), ki vodi v konzervativno (pesimistično) oceno izpostavljenosti. Za zelenjavo, za katero nismo imeli izmerjenega podatka o koncentraciji Ni (ker v času vzorčenja ni bila na voljo pri pridelovalcih), smo izračunali agregirano povprečje izmerjenih koncentracij v pripadajoči skupini zelenjave (čebulnice, stročnice, gomoljnice, korenovke, križnice, zelišča, stebelna zelenjava, listnata zelenjava in plodovke). Za letne količine zaužite zelenjave v Sloveniji smo uporabili podatke Statističnega urada Republike Slovenije za leto 2015 o količinah porabljenih živil in pijač na člana gospodinjstva (SURs,

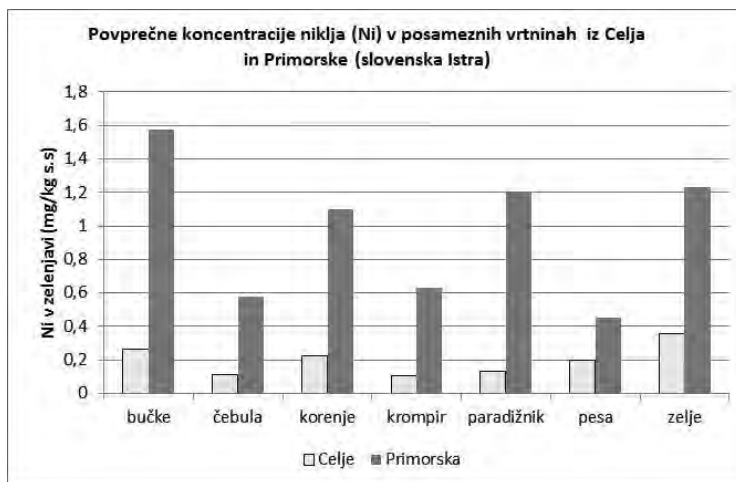
2015). Za liste peteršilja in žajblja ni bilo podatka o slovenski porabi, zato smo v primeru peteršilja vzeli povprečno avstrijsko porabo (EFSA, 2018), za žajbelj pa oceno evropske farmacevtske stroke (Assesment report on *Salvia officinalis* L....., 2016). Izpostavljenost splošne populacije Ni je izražena v $\mu\text{g/kg}$ telesne mase na dan ($\mu\text{g/kg t.m/dan}$), pri čemer je bila upoštevana povprečna telesna masa splošne populacije 60 kg (EFSA, 2015).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Koncentracije Ni v vzorčenih tleh na območju slovenske Istre so bile v razponu od 59,6 do 88,5 mg/kg (povprečje 71,6 mg/kg). Vsebnosti organske snovi so bile od 1,5 do 6,7 % (povprečno 2,7 %), vsebnosti rastlinam dostopnega fosforja od 1,3 do 70 mg/100 g tal (povprečno 17,4 mg/100 g tal) in kalija od 13,8 do 120,5 mg/100 g tal (povprečno 30,6 mg/100 g tal). V tleh je prevladoval melj (povprečno 54 %). Delež peska je bil majhen (povprečno 17 %). Tla na flišu so karbonatna, zato je bila pH vrednost zelo visoka (povprečno 7,6).

Koncentracije Ni v zelenjavi so prikazane v preglednici 1. Podani so razponi in povprečne koncentracije v mg/kg suhe snovi ter preračunana vrednost v $\mu\text{g/kg}$ sv. sn., z upoštevanjem povprečne vsebnosti vode v posamezni zelenjavi (FSANZ, 2013).

Povprečne koncentracije Ni so v razponu od 45,5 $\mu\text{g/kg}$ sv.sn. (kumare) do 636,3 $\mu\text{g/kg}$ sv.sn. (peteršilj-list). Po koncentracijah Ni izstopajo peteršilj, česen (240 $\mu\text{g/kg}$ sv.sn.), fižol (254,7 $\mu\text{g/kg}$ sv.sn.) in paprika (234,5 $\mu\text{g/kg}$ sv.sn.).



Slika 1: Povprečne koncentracije Ni (mg/kg s.s.) v izbrani zelenjavi pridelani v Celju in na Primorskem (slovenska Istra). Podatki za Celje so bili pridobljeni v okviru doktorske raziskave Zupan (2016).

V nadaljevanju smo primerjali koncentracije Ni v izbrani zelenjavi pridelani v slovenski Istri z zelenjavo pridelano v Celju, kjer so povprečne koncentracije Ni v tleh 24 mg/kg (slika 1) ter ocenili dolgotrajno prehransko izpostavljenost splošne populacije Ni zaradi uživanja zelenjave iz slovenske Istre in zelenjave z evropskega trga po skupinah zelenjave (preglednica 2). Pri oceni izpostavljenosti smo v obeh primerih upoštevali podatke o količinah porabljene

zelenjave za Slovenijo (SURs, 2015), kar pomeni, da smo ocenili slovensko prehransko izpostavljenost za primera, da uživamo primorsko zelenjavo in povprečno zelenjavo z evropskega trga.

Preglednica 1: Povprečne koncentracije niklja (Ni) v zelenjavi pridelani v Slovenski Istri izmerjene v suhih vzorcih ter preračunane na svežo maso glede na povprečno vsebnost vode v užitnem delu.

Zelenjava	Št. vzorcev	Ni povp. (min-max) (mg/kg s.s.)	Povprečna vsebnost vode (%)*	Ni (µg/kg sv.sn)
čebulnice				
čebula	5	0,58 (0,4-0,8)	89,4	61,5
česen	2	0,60 (0,6-0,6)	59,9	240,6
stročnice				
fižol	3	2,83 (2,0-3,3)	91	254,7
gomoljnice				
krompir	3	0,63 (0,4-1,0)	77,9	139,2
korenovke				
korenje	2	1,1 (1,1-1,1)	89,7	113,3
rdeča pesa	4	0,45 (0,4-0,5)	88,3	52,7
križnice				
zelje	3	1,23 (0,9-1,5)	90,8	113,2
zelišča				
žajbelj - list	1	1,0	88,3	117,0
peteršilj - list	3	3,03 (2,1-3,5)	79	636,3
stebelna zelenjava				
rabarbara	1	1,0	92,9	71,0
zelena	4	1,33 (1,2-1,7)	94,8	69,2
listnata zelenjava				
blitva	1	0,8	93,2	54,4
solata in radič	3	1,87 (1,4-2,7)	94,15	109,4
plodovke				
bučke	4	1,58 (1,0-3,1)	92,8	113,8
jajčevci	4	1,00 (0,4-2,2)	92,8	72,0
kumare	3	1,23 (0,8-1,7)	96,3	45,5
paprika	3	3,50 (1,2-5,0)	93,3	234,5
paradižnik	4	1,20 (0,8-2,1)	93,8	74,4

* FSANZ, 2013. 2013. AUSNUT 2011-13 food nutrient database.

Ugotovili smo, da se rastline odzivajo na koncentracije Ni v tleh. Povprečne koncentracije Ni v zelenjavi iz slovenske Istre so večje kot v Celju, vendar manjše kot v povprečni zelenjavi z evropskega trga.

Ocena dolgotrajne prehranske izpostavljenosti splošne populacije Ni zaradi uživanja zelenjave, pridelane v slovenski Istri, ki vključuje tudi gomoljnice, stročnice, zelišča in gobe, je 0,335 µg/kg t.m/dan. Slednja je za 45 % manjša, kot če bi pri enaki porabi uživali povprečno zelenjavo z evropskega trga; vnos Ni zaradi uživanja zelenjave z evropskega trga je ocenjen na 0,611 µg/kg t.m/dan. Ocenjena dolgotrajna izpostavljenost splošne populacije Ni

zaradi uživanja zelenjave brez gomoljnic, stročnic in zelišč iz slovenske Istre je 0,241 µg/kg t.m/dan, kar je za 5,8 % manj, kot če bi uživali istovrstno povprečno zelenjavo z evropskega trga; ocenjen vnos zaradi uživanja zelenjave z evropskega trga je 0,255 µg/kg t.m/dan. Ocenjena dolgotrajna izpostavljenost splošne populacije Ni zaradi uživanja stročnic pridelanih v slovenski Istri je za 7 % manjša, kot če bi uživali povprečne stročnice z evropskega trga. Edina skupina živil, kjer je izračun izpostavljenosti splošne populacije Ni pokazal večje vrednosti za slovensko Istro v primerjavi z evropskimi podatki, so zelišča. Izračunani dnevni vnos zaradi uživanja zelišč, pridelanih v slovenski Istri, je 0,009 µg/kg t.m/dan, zaradi uživanja povprečnih zelišč z evropskega trga pa 0,005 µg/kg t.m/dan. Pri tem poudarjamo, da izračun za zelišča temelji samo na dveh vrstah zelišč, to sta žajbelj in peteršilj, ki se med seboj močno razlikujeta po koncentracijah niklja; listi peteršilja vsebuje bistveno večje vsebnosti Ni kot listi žajblja, za ostala zelišča nimamo podatkov. Evropsko povprečje vsebnosti Ni je podano samo za celo skupino zelišč (EFSA, 2015). Predstavljeni izračuni ocene dolgotrajne izpostavljenosti splošne populacije Ni zaradi uživanja zelenjave pridelane v slovenski Istri vsebujejo negotovosti, ki izhajajo iz (1) malega števila vzorcev zelenjave in zelišč, (2) agregiranega povprečja za vrste zelenjave, za katere niso obstajali podatki o koncentracijah Ni, in (3) iz omejitev podatkov o količinah zaužitih živil. Slednji so bili pridobljeni z anketo o porabi gospodinjstev (SURs, 2015), ki ne vključuje porabe živil v institucionalnih obratih prehrane.

Preglednica 2: Ocena dolgotrajne prehranske izpostavljenosti splošne populacije niklju zaradi uživanja v Sloveniji pridelane zelenjave

Skupina zelenjave	Izpostavljenost splošne populacije Ni zaradi uživanja zelenjave, pridelane v slovenski Istri (µg/kg t.m/dan)	Izpostavljenost splošne populacije Ni zaradi uživanja povprečne zelenjave z evropskega trga (µg/kg t.m/dan)
čebulnice	0,025	0,058
stročnice	0,072	0,077
gomoljnice	0,014	0,274
korenovke	0,025	0,036
križnice	0,039	0,029
zelišča	0,0085	0,0047
gobe	0,004	0,003
stebelna zelenjava	0,001	0,002
listnata zelenjava	0,044	0,049
plodovke	0,096	0,066
drugi vzorci zelenjave	0,005	0,006
zelenjava za juho	0,001	0,006
vsota	0,335	0,611

Poraba zelenjave v gospodinjstvih, vključno s krompirjem, zelišči in gobami (78 kg v letu 2015) predstavlja v Sloveniji 32 % porabe vseh živil (SURs, 2015). Po oceni izpostavljenosti Ni v Evropi (EFSA, 2015) zelenjava in zelenjavni izdelki predstavljajo pri odraslih 9,6 % delež skupnega prehranskega vnosa Ni (mediana). Izračun izpostavljenosti splošne populacije Ni zaradi uživanja povprečne zelenjave z evropskega trga ob upoštevanju slovenske porabe pokaže, da zelenjava z evropskega trga predstavlja 10,2 % dnevnega prehranskega vnosa Ni,

kar je primerljivo s prej navedeno izpostavljenostjo Ni zaradi uživanja zelenjave, ki velja za evropsko populacijo (EFSA, 2015). Največji delež k skupni prehranski izpostavljenosti Ni predstavljajo žita in žitni izdelki (21,2 %), sledijo brezalkoholne pijače z 11,1 % (EFSA, 2015). Iz slednjega sklepamo, da bi lahko z omejevanjem brezalkoholnih pijač zmanjšali vnos Ni v telo. Povprečna dolgotrajna prehranska izpostavljenost Ni evropske populacije po različnih starostnih skupinah znaša od 2,0 do 13,1 $\mu\text{g/kg t.m/dan}$. Najbolj izpostavljeni so otroci, mladostniki in vegetarijanci. Povprečen dnevni vnos vseh starostnih skupin je 5,4 $\mu\text{g/kg t.m/dan}$ (EFSA, 2015).

4 SKLEPI

Na osnovi izvedene raziskave lahko sklepamo, da naravne geogene vrednosti Ni v tleh slovenske Istre vplivajo na povečane vsebnosti Ni v zelenjavi (primerjava z zelenjavo iz Celja), vendar so njihove koncentracije manjše oziroma primerljive s povprečnimi koncentracijami zelenjave z evropskega trga. Zelenjava in zelišča pridelana v slovenski Istri ne povečujejo dnevnega vnosa Ni v telo v primerjavi s povprečno zelenjavo in zelišči z evropskega trga, kar je potrebno upoštevati pri postavitvi standardov kakovosti za Ni za kmetijska tla. Trenutna raziskava kaže, da je v primeru tal, nastalih na flišnih kamninah slovenske Istre, 90 mg/kg varna koncentracija za Ni v vrtnih in njivskih tleh. Večina kmetijskih tal na flišu slovenske Istre do globine ornice (0-20 cm) ne presega te koncentracije. Za zanesljivejšo oceno bi bilo potrebno opraviti večje število analiz vrtnin, vključiti druga živila, ki v tej študiji niso bila vključena (sadje, žita, meso, ipd.) ter ovrednotiti vnos s pitno vodo in zrakom.

5 LITERATURA

- EFSA. 2015. Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of nickel in food and drinking water. European Food Safety Authority, Journal, 13 (2), 202 str. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4002> (okt. 2018)
- EFSA. 2018. The EFSA Comprehensive European Food Consumption Database (Chronic food consumption statistics - all subjects (g/kg bw per day). European Food Safety Authority. <https://data.europa.eu/euodp/data/dataset/the-efsa-comprehensive-european-food-consumption-database/resource/384f0bce-5d5c-4cf9-8d5e-9f7e97560c94> (okt. 2018)
- FSANZ. 2013. 2013. AUSNUT 2011-13 food nutrient database. Food Standards Australia New Zealand <http://www.foodstandards.gov.au/science/monitoringnutrients/ausnut/ausnutdatafiles/Pages/foodnutrient.aspx> (sep. 2018)
- HMPC. 2016. Assessment report on *Salvia officinalis* L., folium and *Salvia officinalis* L., aetheroleum. Committee on Herbal Medicinal Products, European medicines agency, 2017, 42 str. http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/Herbal_-_HMPC_assessment_report/2017/07/WC500231352.pdf (okt. 2018)
- SURS. 2015. Podatki o povprečni porabi hrane in pijače na člana gospodinjstva v Sloveniji pridobljeni z anketiranjem. Statistični urad Republike Slovenije (izpis iz baze podatkov; oktober 2018)
- Uredba Komisije (ES) št. 629/2008 z dne 2. Junija 2008 o spremembi Uredbe Komisije (ES) št. 1881/2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih. 2008. Uradni list Evropske unije, 4, L 173/6
- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. 1996. Ur.l. R, št. 68/96
- Zupan M. 2016. Statistično modeliranje vsebnosti izbranih kovin v vrtninah glede na lastnosti tal na območju Celja. Doktorska disertacija, Biotehniška fakulteta v Ljubljani, 2016, 108 str.

Ekološki odtis pridelave paradižnika v različnih sistemih pridelave in načinih ogrevanja

Denis STAJNKO⁹³

Izvleček

Brez intenzivne pridelave paradižnika (*Solanum lycopersicum* L.) v rastlinjakih celoletna oskrba potrošnikov s svežimi plodovi ni možna, vendar je privedla do oblike pridelovanja, ki močno vpliva na okolje, zato je zelo pomembno vrednotenje ekološkega odtisa in ocena možnosti za njegovo zmanjšanje. Gojenje paradižnika v rastlinjaku poleg vseh drugih vložkov zahteva veliko dodatnega ogrevanja, kar bistveno vpliva na ekološke odtise in izpuste CO₂. V slovenskih pridelovalnih razmerah (severovzhodna Slovenija) smo proučevali ekološki odtis in možnosti zmanjšanja ekološkega odtisa ogrevanja z uporabo alternativnih ogrevalnih sistemov, pri čemer smo uporabili programsko orodje SPionWeb®. Ugotovljeno je bilo, da bi bila lahko uporaba alternativnega ogrevanja z geotermalno energijo in lesnimi sekanci razumna alternativa za zmanjšanje ekološkega odtisa ogrevanja. Z zamenjavo kurilnega olja (ELO) z lesnimi sekanci se pri ogrevanju PE plastenjakov ekološki odtis zmanjša za 61,88 %, medtem ko zamenjava zemeljskega plina s toploto iz geotermalne energije zmanjša odtis ogrevanja pri predelavi v steklenjakih celo za 96,57 %.

Glavne besede: paradižnik, ekološki odtis, SPionWeb

Ecological footprint of tomato production in different production systems and methods of heating

Abstract

Without the intensive greenhouse production, the all year supply of fresh tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is not possible. However, such kind of production has led to activities that have a significant impact on the environment, therefore it is very important to evaluate the ecological impact and assess the possibilities for its reduction. In addition to all other inputs, tomato greenhouse production requires a lot of additional heating, which significantly affects ecological footprints and CO₂ emissions. By using the SPionWeb® software tool, we estimated the ecological footprint of tomato production and the possibility of reducing ecological footprint by introducing alternative heating systems in north-eastern Slovenia. It has been found that the use of alternative heating with geothermal energy and wood chips would be a reasonable alternative to reducing the environmental footprint of heating. With the replacement of light heating oil with wood chips, when heated PE tunnels the ecological footprint was reduced by 61.88% and when the geothermal energy instead of natural gas was used to heat the glasshouses, the footprint was reduced by as much as 96.57% instead of heating with natural gas.

Key words: tomato, ecological footprint, SPionWeb

1 UVOD

V zadnjih desetletjih je vse večje povpraševanje po svežem izven sezonskem paradižniku (*Solanum lycopersicum* L.) vzbudilo mnoge kmete, da v Evropi povečujejo proizvodnjo, kar pa vodi tudi k povečanemu izpustu toplogrednih plinov pri tej pridelavi. Paradižnik se namreč s sodobnimi tehnologijami lahko goji v rastlinjaku praktično celo leto, vendar je za njegovo optimalno rast potrebna dnevna temperatura zraka med 22 °C in 25 °C, temperatura v območju korenin pa ne sme biti manjša od 18 °C (Dickerson, 2011). Zaradi tega je količina vložene energije v pridelavi paradižnika zelo pomemben del končnega produkta in posledično

⁹³ Red. prof. dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Katedra za biosistemsko inženirstvo, Pivola 10, SI-2311 Hoče, e-pošta: denis.stajnko@um.si

povzroča velik vpliv na okolje, ne samo z vidika porabe naravnih virov, temveč tudi z vidika izpustov toplogrednih plinov (Heijungs et al., 1992).

Eden izmed postopkov za ocenjevanje ekološkega odtisa v kmetijstvu je indeks trajnosti procesa (SPI), ki sta ga razvila Krotscheck & Narodslawsky (1996) in temelji na predpostavki, da je v trajnostnem gospodarstvu končni vir energije zgolj sončno sevanje. Zemeljska (globalna) površina je ključni medij za pretvorbo sončnega sevanja v druge vrste energije (kemično, toplotno, kinetično), ki so potrebne za primarno proizvodnjo kmetijskih pridelkov in kasneje tudi izdelke in storitve. Ker je površina Zemlje omejen vir, je primerna mera za oceno ekološke vzdržnosti. Več prostora kot ga potrebuje določen proces, manjša je njegova okoljska vzdržnost. Podobno kot pri računanju LCA (Life-cycle assessment) tudi SPI zajema tudi procese razgradnje končnih produktov, vključno z vsemi nastalimi emisijami. Poleg ekološkega odtisa je GWP (potencial globalnega segrevanja) še dodatna mera za ocenjevanje vpliva pridelovalnih procesov na okolje. Vsota izpustov CO₂ v življenjskem ciklu proizvoda in ostalih toplogrednih plinov daje skupni GWP, izmerjen v kg ekvivalenta CO₂ (Kettl, 2015).

V naslednjih poglavjih bomo predstavili ekološke odtise, izpuste CO₂ in potenciala globalnega segrevanja različnih sistemov ogrevanja pri pridelavi svežega paradižnika, ki se danes najpogosteje uporabljajo v severovzhodni Sloveniji in predlagali izboljšave za povečanje trajnosti pridelave paradižnika. Poseben poudarek bo namenjen uvajanju obnovljive energije v proizvodnjo paradižnika in njenih vplivov na zmanjšanje ekološkega odtisa in izpuste CO₂.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Podatki za to študijo so bili pridobljeni iz intervjujev s proizvajalci paradižnika, ki se nahajajo v severovzhodni Sloveniji, zato se mora bralec zavedati, da je lokacija pridelave paradižnika močno povezana z regionalnimi klimatskimi razmerami, kar je posledično vplivalo na ocenjene odtise in izpuste CO₂.

2.1 Orodje SPIONWeb®

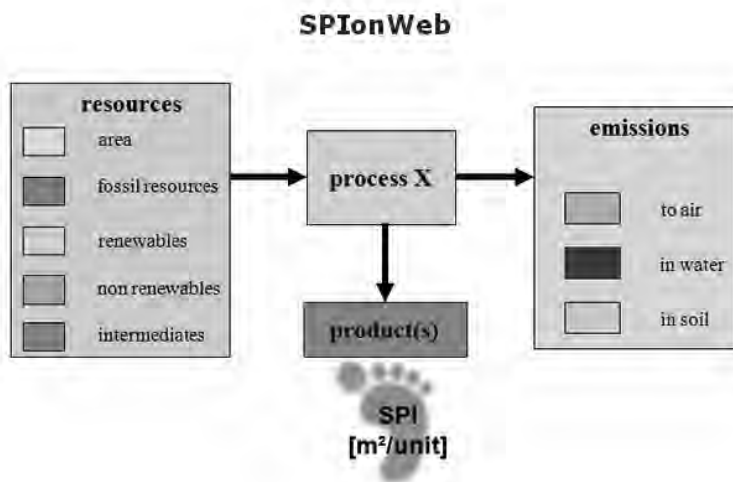
Za oceno ekološkega odtisa smo uporabili posodobljeno verzijo za izračun SPI, imenovano SPIONWeb®, pri kateri lahko vnašamo vhodne podatke na tri decimalke natančno. Poleg že uveljavljenega izražanja ekološkega odtisa na m² letne površine Zemlje za vsako pridelano gospodarsko enoto (m² a/kg), novejša različica programa omogoča možnost izražanja odtisa na enoto pridelka (kg, mg, l), prav tako sta dodana tudi stolpca za prikaz vseh izpustov CO₂ (kg) in toplogrednega potenciala GWP (kg). Programska oprema za izračun okoljskega odtisa upošteva vse procese, polizdelke, Transporte, ki so vključeni posredno in neposredno v končni izdelke oziroma pridelek. Aplikacija je brezplačno dosegljiva na naslovu <http://spionweb.tugraz.at/>. Na sliki 1 je prikazano pet glavnih skupin naravnih virov, ki vstopajo v proizvodne procese, iz katerih nastajajo proizvodi (pridelki) in tri vrste emisij, ki so vezane tudi na celotni življenjski cikel in razgradnjo proizvodov.

2.2 Kratek opis pridelovalnih sistemov paradižnika

V študijo smo vključili hidroponski način pridelave v steklenjakih, gojenje na tleh v plastenjakih in pridelavo na prostem, pri čemer smo vsak pridelovalni sistem razdelili na naslednje podsisteme: objekt, obdelava tal, saditev, zatiranje bolezni, škodljivcev in plevelov, uporaba gnojil ter dodatno ogrevanje. Porabo materialov in uporabo strojev smo preračunali

na 10.000 m² neto površine in 1 kg svežega paradižnika, pri čemer smo upoštevali življenjsko dobo steklenjaka 20 let in njegovih temeljev 30 let. Nosilna konstrukcija plastenjaka tunela traja 15 let, pokrivne LDPE folije se zamenja vsakih sedem let, polipropilenske vrvi za vzgojo rastlin, bela LDPE 0.05 mm (rastlinjak) in črna LDPE 0,05 mm se nadomeščajo vsakoletno. Življenjska doba namakalnih HDPE cevi je 3 leta na prostem in 7 let v pokriti proizvodnji. (Berk in sod., 2010).

Proizvodnja v rastlinjakih uporablja sodobno tehniko, ki je popolnoma avtomatizirana, zato je poraba električne energije velika.



Slika 1: Shema računanja ekološkega odtisa po metodi SPI (Kettl, 2015)

Preglednica 1: Količina pridelkov v odvisnosti od pridelovalnega sistema

Pridelovalni sistem	Pridelek (kg/ha)	Dolžina rastne dobe (meseci)	Trajanje obiranja (meseci)	Dolžina ogrevanja (meseci)
Steklenjak – hidroponska pridelava	247.500	11	9	7
PE plastenjak – pridelava v tleh	137.500	8	6	4

2.3 Ogrevalni sistemi

V slovenski kmetijski praksi paradižnik v PE plastenjakih večinoma dodatno ogrevajo z ekstra lahkih kurilnim oljem (ELO), pri čemer zadošča kotel moči 150 kW za 4000 m² površine. Topel zrak se porazdeli s pomočjo ventilatorjev po PE usmerjevalnih ceveh, ki omogoča bolj enakomerno porazdelitev toplote v spodnji del rastlinjaka. Življenjska doba kotla na zemeljski plin z ustreznim vzdrževanjem znaša 15 let in sistem cevi 7 let (Vindiš in sod. 2012). Za toplovodni razvodni sistem, površine 4000 m² se uporablja kotel s 350 kW.

Da bi ocenili vpliv zmanjšanja ekološkega odtisa ogrevalnega sistema z obnovljivimi viri, smo proučevali dva scenarija; i) pri gojenju v PE tunelu se kotel na ELO nadomesti sistemom na lesne sekance, ii) v steklenjaku se plinski kotel zamenja s toplotnim izmenjevalcem, ki

pridobiva toploto za ogrevanje iz 1,5 km globoke geotermalne vrtine s temperaturo vode 65°C in pretokom 27 l/s.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Pridelki

Kot je razvidno iz preglednice 1, se letni pridelki paradižnika razlikujejo med različnimi pridelovalnimi sistemi in so največji v steklenjakih in najmanjši pri pridelavi na prostem proizvodnji na prostem. Glavni razlog za to razliko je vnos dodatne toplotne energije in hranil, kar omogoča optimalno rast glede na temperaturo in prehrano paradižnika in s tem 11-mesečno rastno sezono ter 9-mesečno žetveno sezono. Vpliv višje temperature na pridelek je še posebej velik, če ga primerjamo s pridelavo na prostem.

3.2 Ocena ekološkega odtisa pri pridelavi paradižnika

Najprej je treba poudariti, da je lokacija pridelave paradižnika močno povezana z lokalnimi klimatskimi dejavniki, saj le-ti vpliva na potrebo po dodatnem ogrevanju. Ocena skupnega ekološkega odtisa vključuje vse dejavnike, ki so potrebni za postavitev objekta, vzdrževanje in razgradnjo na eni strani ter vse parametre povezane z vzgojo paradižnika (seme, substrat, hranila, zaščitna sredstva, oporni elementi, embalaža, skladiščenje...) na drugi strani. Skupni ekološki odtis ogrevanja so odvisni od različnega vpliva sončnega sevanja in zadrževanja dolgovalovnega sevanja v plastenjakih in steklenjakih ter količin dodatne vložene energije. Poleg tega je potrebno upoštevati načine pridobivanja in transporta določenega energenta ter vse naprave za spreminjanje kemične energije v toplotno energijo.

Preglednica 2 prikazuje razlike v skupnem ekološkem odtisu med konvencionalnimi in alternativnimi sistemi ogrevanja, ki se uporabljajo v steklenjaku, plastenjaku in pridelavi na odprtem. Največji skupni ekološki odtis (218,462 m²a/kg) je bil ocenjen pri pridelavi paradižnika v steklenjakih, ogrevanih z zemeljskim plinom. V tem sistemu je tudi največji ocenjeni odtis ogrevanja (156,90 m² a / kg). Glavni razlog je v količini 0,258 m³ zemeljskega plina, ki je potreben za ogrevanje pri pridelavi 1 kg svežega paradižnika, saj je potrebno ohranjanje temperature med 22 in 25°C tekom celotne rastne dobe 11 mesecev. Najmanjši ekološki odtis ogrevanja (0,75 m²a/kg), preračunan na 1 kg paradižnika, je bil ocenjen pri uporabi geotermalnega ogrevalnega sistema.

Ogrevanje PE plastenjaka z ELO ima značilno manjši vpliv na okolje (3,498 m²a/kg) kot pridelava v steklenjaku, saj so relativni vložki materialnih sredstev na enoto pridelka kljub krajši rastni dobi in manjšem pridelku, manjši. Pokazalo se je tudi, da je ekološki odtis zelo odvisen od vrste energenta, zato ogrevanje z ELO povzroča 3,498 m²a/kg, kar je še vedno več kot znaša ekološki odtis pri ogrevanju z lesnimi sekanci (1.334 m²a/kg).

3.3 Izpusti CO₂ pri pridelavi paradižnika zaradi ogrevanja

Količina izpustov CO₂ zaradi ogrevanja, izražena v ekvivalentih CO₂ (CO_{2eq}), je zelo odvisna od dolžine ogrevalne sezone, potreb po dodatni energiji in vrsti energenta (preglednica 2). Pri hidroponski pridelavi 1 kg paradižnika v steklenjakih se porabi v povprečju največ dodatne energije (9.800 kJ) zaradi daljšega časa ogrevanja, pri čemer se pri ogrevanju z geotermalno energijo v ozračje sprost bistveno manj CO₂ (0,036 kg CO_{2eq}) kot pri ogrevanju z zemeljskim plinom (1,051 kg CO_{2eq}). Zaradi krajšega časa ogrevanja so izpusti CO₂ po enoti pridelka v PE

plastenjaku značilno manjši kot pri vzgoji v steklenjakih, pri čemer se pri ogrevanju z ELO (0,0150 kg CO_{2eq}) sprosti 3x več CO₂ kot pri ogrevanju na lesne sekance (0,0050 kg CO_{2eq}). Zaradi skoraj dvotretjinskega zmanjšanja izpustov je uporaba lesnih sekancev še posebej zanimiva in privlačna za uporabo tudi v ekološki pridelavi vrtnin.

Preglednica 2: Ekološki odtis pridelave 1 kg paradižnika, ki ga povzroča ogrevanje v različnih proizvodnih sistemih

Pridelovalni sistem	Skupni odtis (m ² a /kg)	Odtis ogrevanja (m ² a /kg)	Delež odtisa ogrevanja (%)	Skupni izpust CO ₂ za 1 kg pridelka (CO _{2eq} /kg)	Izpust CO ₂ zaradi ogrevanja za 1 kg pridelka (CO _{2eq} /kg)	Delež izpustov CO ₂ zaradi ogrevanja (%)
Steklenjak – geotermalna energija	63,362	0,754	1,19	0,236	0,0360	15,25
Steklenjak – zemeljski	218,462	156,90	71,82	1,287	1,051	81,67
PE plastenjak –ELO	40,580	3,498	8,62	0,083	0,015	18,05
PE plastenjak –peleti	39,450	1,334	3,38	0,141	0,005	3,54
Integrirana pridelava na prostem	38,812	-	-	-	0,134	-

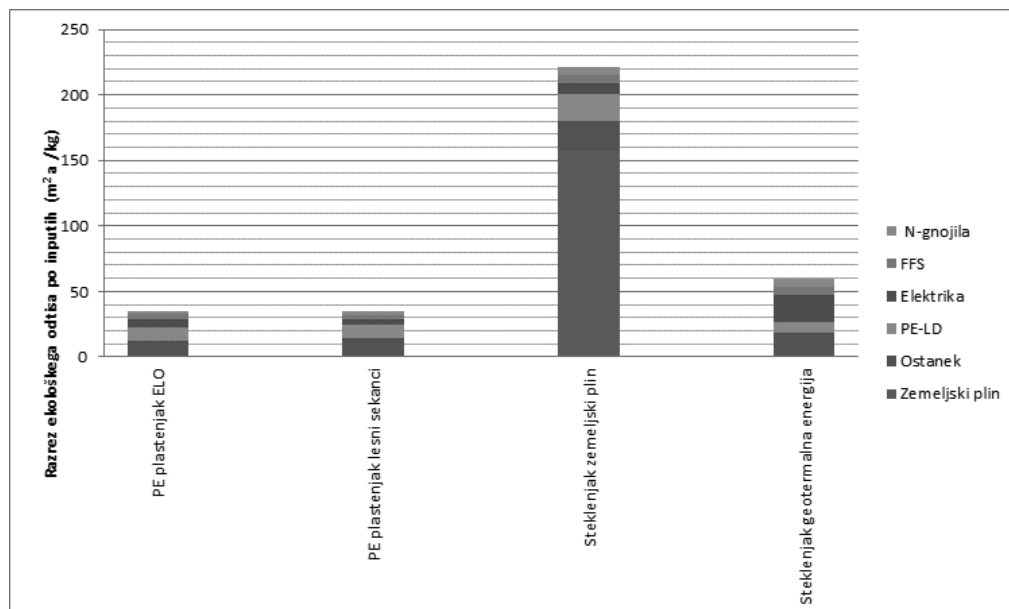
3.4 Razčlenitev ekološkega odtisa po vhodnih surovinah

Na sliki 2 je prikazana razdelitev ekološkega odtisa posameznih načinov pridelave paradižnika glede na najbolj pomembna uporabljena materialna sredstva. Med njimi najbolj izstopajo proizvodnja in uporaba N-gnojil, pesticidov (ciprodinil, fludioksonil), električne energije, polietilena (PE-LD) in ELO. Kategorija 'ostanek' vključuje vsoto množice materialnih sredstev, ki posamezno ne presegajo 1 % skupnega ekološkega odtisa. Kot je razvidno iz tabele 2, uporaba fosilnih energentov – zemeljskega plina za ogrevanje steklenjaka najbolj povečuje ekološki odtis, saj znaša 156,90 m²a/kg in tako skupaj presega vse ostale vplive. Nasprotno pri pridelavi paradižnika v PE plastenjakih uporabe ELO ogrevanja ni zaznati med največjimi vplivi, saj je potreba po dodatni toplotni energiji manjša in kurilna sezona krajša.

Po drugi strani uporaba alternativnih virov energije (geotermalna energija) ni zaznana med najpomembnejšimi vplivi pri pridelavi v steklenjakih, saj je za njegovo uporabo potrebna bistveno manjša površina Zemlje kot za uporabo kurilnega olja ali zemeljskega plina. Drugi razlog za majhen ekološki odtis predstavlja dolga življenjska doba ogrevalnega sistema in zelo majhen relativni delež tega ekološkega odtisa na kilogram paradižnika. Na skupni ekološki odtis pomembno vpliva tudi uporaba polietilena nizke gostote (PE-LD), saj je osnovni material pokravnih in pohodnih folij, namakalnih cevi in ostalega drobnega inventarja, potrebnega za pridelave paradižnika v zaprtih prostorih (kljukice, embalaža, vrečke...). Ekološki odtis PE-LD je razmeroma velik v skupnem ekološkem odtisu tudi zaradi njegove kratke življenjske dobe, ki znaša od 1 leta (pohodne odbojne folije, folije za stekleno volno) do 7 let (dvojna prekrivna folija), kar povzroča velik vpliv na okolje. Tretji največji ekološki odtis predstavlja proizvodnja in uporaba N-gnojil v sistemu fertigacije, pri čemer ima največji vpliv na okolje okoljski odtis energije, potrebne za Haber-Boschov postopek fiksacije dušika iz zraka v amonijak. Drugi pomemben razlog je v veliki količini dušika, ki se uporablja pri hidroponski pridelavi paradižnika. Sodobna pridelava paradižnika v

rastlinjakih temelji na uporabi elektronskih in električnih komponent, ki nadzirajo nemoteno delovanje sistema 24 ur na dan, zato ekološki odtis proizvodnje in prenosa električne energije pomembno prispeva k skupnemu ekološkemu odtisu in je primerljiv z uporabo PE-LD.

Slika 2: Razčlenitev ekološkega odtisa ($\text{m}^2 \text{a} / \text{kg}$) pridelave paradižnika po vhodnih surovinah in električni energiji za različne proizvodne sisteme



4 SKLEPI

Paradižnik je ena najpomembnejših zelenjadnic v Evropi, ki jo lahko potrošnik kupi praktično vse leto, vendar sodi med toplotno zahtevno sezonsko zelenjavo, ki potrebuje višje temperature v celotni rastni dobi. Ker se danes največ paradižnika goji v zavarovanih prostorih v območjih zmernega pasu, je potrebno dodatno ogrevanje, zato so pričakovani vplivi na okolje in izpusti CO_2 večji kot pri pridelavi zelenjadnic na prostem. Vendar lahko nižje zunanje temperature v osrednji Evropi nadomestimo tudi z uporabo lokalnih alternativnih obnovljivih virov energije, ki pomembno vplivajo na zmanjšanje izpustov CO_2 . Na ta način ohranjamo lokalno pridelavo in pomembno zmanjšujemo odtise, nastale zaradi čezcelinskih transportov (npr. iz Španije v Slovenijo).

Zamenjava fosilnih goriv (zemeljskega plina) z geotermalno energijo lahko na področjih, kjer je dostopna, pomembno zmanjša skupni ekološki odtis pri pridelavi v steklenjakih na samo $63,362 \text{ m}^2 \text{a} / \text{kg}$ in količino skupnih izpustov na $0,236 \text{ kg CO}_2$ za 1 kg paradižnika.

Tudi pri manj intenzivni pridelavi paradižnika v PE plastenjakih se lahko ekološki odtis ogrevanja na ELO ($3,498 \text{ m}^2 \text{a} / \text{kg}$) zmanjša z uvedbo manjših ogrevalnih sistemov na lesne sekance ($1,334 \text{ m}^2 \text{a} / \text{kg}$). Na ta način bi se lahko lokalno proizvedena lesna biomasa učinkovito uporabila za pridelavo toploljubne zelenjave in tako prispevala k zmanjšanju ekološkega odtisa tudi zaradi skrajšanja transportnih poti.

Zahvala. Predstavljeni rezultati so sestavni del projekta CRP V4-1062 z naslovom "Proučevanje vpliva alternativnih načinov obdelave tal na izboljšanje rodovitnosti tal in povečevanje humusa v tleh ter zmanjšanje izpustov CO₂ v ozračje", ki ga financirata ARRS in MKGP Republike Slovenije.

5 LITERATURA

- Berk, P.; Rakun, J.; Vindiš, P.; Stajanko, D. & Lakota, M. (2010). Temperature loop structure with fuzzy and classical controllers. DAAAM International scientific book 2010, B. Katalinić (Ed.), pp. 117-128., Vienna International Publishing, ISSN 1726-9687, Vienna.
- Cooper, J.M.; Butler, G. & Leifert, C. (2011). Life cycle analysis of greenhouse gas emissions from organic and conventional food production systems, with and without bio-energy options. NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, ISSN: 1573-5214, 58: pp. 185-192.
- Dickerson, G. W. (2011). Greenhouse vegetable production. New Mexico State University Extension, 556, http://aces.nmsu.edu/pubs/_circulars/circ556.html [Accessed: 2015-09-29]
- Heijungs, H., Guinée, J.B., Huppes, G., Lankreijer, R.M., Udo de Haes, H.A., Wegener Sleeswijk, A., Ansems, A.M.M., Eggels, P.G., van Duin, R. & de Goede, H.P. (1992). Environmental life cycle assessment of products: guide and backgrounds (Part 1). Centre of Environmental Sciences, Leiden.
- Kettl, K.H. (2015). Advanced Sustainable Process Index calculation software, Manual and software structure, Version 1.1. http://spionweb.tugraz.at/SPionWeb_Stepbystep_eng.pdf [Accessed on: 2015-09-28].
- Krotscheck, C. & Narodoslawsky, M. (1996). The Sustainable Process Index - a new dimension in ecological evaluation. Ecol Eng 6, ISSN: 0925-8574, pp. 241-258.
- Narodoslawsky, M., Krotscheck, C., 2000: Integrated ecological optimization of processes with the sustainable process index. Waste Management 20: 599-603
- SPionExcel, 2012. (http://fussabdrucksrechner.at/bauern_rechner/agri_start.php), prevzeto 5. 4. 2012
- Stajanko, D., Lakota, M., Vučajnk, F., Bernik, R., 2009. The effect of different tillage systems on fuel saving and reduction of CO₂ emission in production of silage corn in Eastern Slovenia. Pol. J. Environ. Stud., 18, no. 4., 709-714.
- Stajanko, D., Vindiš, P., 2013. Ekološki odtis in poraba goriva v konvencionalnih in alternativnih sistemih pridelovanja = Ecological footprint and fuel consumption under conventional and alternative farming systems. V: ČEH, Barbara (ur.), DOLNIČAR, Peter (ur.), MIHELIČ, Rok (ur.). Novi izzivi v agronomiji 2013 : zbornik simpozija, Zreče, [24. in 25. januar] 2013, Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, str. 253-259.

Vpliv gnojenja različnih sort čebule (*Allium cepa* L. var. *cepa*) na fizikalno-kemijske parametre

Lovro SINKOVIČ⁹⁴, Mojca ŠKOF⁹⁵ in Kristina UGRINOVIČ⁹⁶

Izvleček

Poskus smo na poskusnem polju Kmetijskega inštituta Slovenije (KIS) izvedli z namenom, da bi preučili vpliv različnih odmerkov dušika (N) na fizikalno-kemijske lastnosti čebulic petih sort čebule. V poskus smo vključili tri avtohtone ('Ptujška rdeča', 'Tera', 'Belokranjka') in dve hibridni sorti čebule ('Talon', 'Tamara'). Med rastjo smo pri različnih načinih dognojevanja dodali N v obliki amonijevega nitrata: 0 kg N/ha (brez dognojevanja z N), 3-krat po 54 kg N/ha (skupno 162 kg/ha N) in 3-krat po 108 kg N/ha (skupno 324 kg N/ha). Fizikalne parametre smo merili na 6 posameznih čebulicah iz vsakega od 15 obravnavanj. Določili smo število luskolistov, stehali maso čebulic, izmerili njihovo višino in širino ter določili trdoto. V nadaljevanju smo določili topno suho snov in vsebnost skupnih sladkorjev. Oba faktorja, tj. sorta in gnojenje z N med rastjo čebule, sta značilno vplivala na maso, višino in širino čebulic. Pri hibridnih sortah je število luskolistov značilno višje kot pri avtohtonih, z višjim odmerkom N pa se njihovo število zmanjšuje. Trdota čebulic se je pri gnojenju z visokimi odmerki N, pri vseh sortah značilno zmanjšala. Hibridne sorte imajo nižjo topno suho snov kot avtohtone sorte. Značilna korelacija je bila določena med: suha snov-število luskolistov, masa-širina čebulice, masa čebulice-število luskolistov in masa čebulice-suha snov.

Gljučne besede: čebula, *Allium cepa* L., fizikalni parametri, trdota, skupni sladkorji, topna suha snov.

Fertilization influenced physico-chemical parameters of different onion cultivars (*Allium cepa* L.)

Abstract

Experiment with three fertilization regimes in the experimental field of the Agricultural Institute of Slovenia (KIS) was carried out with the aim of examining the effect of fertilization with different rates of nitrogen (N) on the physical-chemical parameters of bulbs of five onion varieties. Three autochthonous ('Ptujška rdeča', 'Tera', 'Belokranjka') and two hybrid onion varieties ('Talon', 'Tamara') were tested. During the growth N was applied in the form of ammonium nitrate: 0 kg N/ha (no fertilization with N), 3-times 54 kg N/ha (total 162 kg/ha N) and 3-times 108 kg N/ha (total 324 kg/ha N). Physical parameters were measured on individual bulbs from each of 15 treatments. The number of fleshy scale leaves, bulbs weight, height, width and firmness were determined. In addition, the total soluble solids and the total sugars were analysed. Both factors, i.e. variety and fertilization with N during onion growth, significantly affected the weight, height and width of the bulbs. In hybrid varieties, the number of fleshy scale leaves is significantly higher, and their number decreases with a higher rate of N. In all varieties, the firmness of bulbs decreased significantly when high rates of N were applied. Hybrid varieties have lower total soluble solids than autochthonous varieties. Significant correlations were found between dry matter-number of fleshy scale leaves, bulb weight-width, bulb weight-number of fleshy scale leaves and bulb weight-dry matter.

Key words: onion, *Allium cepa*, physical parameters, firmness, total sugars, total soluble solids.

1 UVOD

Čebula (*Allium cepa* L. var. *cepa*) spada med najpomembnejše vrtnine in hkrati med tiste rastline, ki jih ljudje pridelujejo ter uporabljajo v prehrani že tisočletja (Jurgiel-Malecka in sod., 2015; Kumar in sod., 2007; Mallor Giménez in sod., 2011). V Sloveniji je zelo

⁹⁴ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: lovro.sinkovic@kis.si

⁹⁵ Univ. dipl. inž. agr., isti naslov, e-pošta: mojca.skof@kis.si

⁹⁶ Dr., isti naslov, e-pošta: kristina.ugrinovic@kis.si

razširjena, saj jo pridelujemo skoraj v vsakem vrtu, vedno več pa tudi v tržni pridelavi. V letu 2017 smo čebulo pridelovali na 444 ha površin in se tako po dolgih letih upadanja pridelave spet približali površinam, ki so bile zasajene z njo v 90. letih prejšnjega stoletja. Na teh površinah smo pridelali 9.709 ton čebule, od tega 6.613 ton na 252 ha v tržni pridelavi, medtem ko je ostalo predstavljala tradicionalna vrtničarska proizvodnja (SI-STAT, 2018). Te količine so glede na pretekla leta spodbudne, vendar še zdaleč ne pokrijejo potreb trga po čebuli v Sloveniji. V letu 2013 je delež samooskrbe s čebulo znašal manj kot 30 %, zato je delež uvoza med svežo zelenjavo še vedno visok. Povprečni pridelek je še vedno precej odvisen od rastne sezone, vremenskih razmer in tehnologije pridelave ter pri čebuli znaša 20–30 t/ha.

V Sloveniji imamo v pridelovanju čebule dolgoletno tradicijo, na kar kažejo stare avtohtone sorte in populacije s Ptujkega polja, Bele krajine in Dolenjske. Čebulo 'Ptujsko rdečo' pod zaščiteno geografsko označbo (ZGO) z imenom »Ptujski luk« od leta 2011 na tradicionalen način iz čebulčka pridelujejo na ravninskem delu Ptujkega polja, ki se razteza med reko Dravo, reko Pesnico, mestoma Ptuj in Ormož ter obronki Slovenskih goric. Je prva slovenska zelenjadnica s certifikatom ZGO. Čebula 'Tera' izvira z istega področja kot 'Ptujška rdeča' in se od le-te loči po temno rdeči barvi zunanjih luskolistov in rdečkasti barvi mesa. V Gribljah v Beli krajini so podolgovato čebulo v preteklosti imenovali Gribeljska, konec 70. let prejšnjega stoletja pa so iz nje odbrali sorto 'Belokranjka'. Glede na podnebne razmere in prehranske značilnosti različnih regij se je v Sloveniji skozi desetletja oblikovalo večje število avtohtonih sort in populacij čebule. V Slovenski sortni listi so v letu 2018 vpisane štiri avtohtone sorte čebule: 'Belokranjka', 'Ptujška rdeča', 'Tera' in 'Ivica rdeča' – vrtničarska sorta (Sortna lista [...], 2018). V tržni pridelavi so avtohtone sorte, predvsem zaradi nižjih pridelkov, zastopane v manjši meri, še najbolj razširjena je 'Ptujška rdeča'.

Čebulo pridelujemo zaradi čebulice, ki jo sestavljajo sočni (mesnati) notranji in suhi zunanji luskolisti. Luskolisti predstavljajo rezervno zalogo hrane, ki se v drugem letu rasti lahko porabi za rast listov in cvetnih stebel. Zunanji luskolisti so lahko bolj ali manj ožiljeni in različno obarvani, kar je sortna lastnost. Vegetativna faza razvoja čebule obsega rast listov in čebulice, pri kateri ta doseže svojo največjo maso. Na kakovost čebule, ki je pomembna za sprejemljivost potrošnikov, vplivajo številni dejavniki, kot so tehnologija pridelave, vremenske razmere v času rasti, ravnanje s pridelkom med in po pobiranju ter skladiščne razmere (Petropoulos in sod., 2016; Lee, 2010). Poleg omenjenega na kakovost čebule vplivajo tudi fizikalni parametri, mehanske lastnosti in kemijska sestava čebulic (Mallor Giménez in sod., 2011; Sinclair in sod., 1995; Bahnasawy in sod., 2004). V Tehnoloških navodilih za integrirano pridelavo zelenjave za leto 2018 je pri čebuli za pričakovan pridelek 50 t/ha priporočeno gnojenje z 170 kg dušika (N)/ha. Ob zasnovi posevka dodamo do 50 kg N/ha, preostalo količino pa z dognojevanjem v enem ali dveh obrokih (Tehnološka [...], 2018).

V naši raziskavi smo želeli preveriti, ali gnojenje z različnimi odmerki N vpliva na nekatere s kakovostjo čebule povezane fizikalne parametre (tj. masa, višina in širina čebulice, razmerje višina/širina, število luskolistov, trdota čebulic) in kemijske lastnosti (tj. topna suha snov, skupni sladkorji).

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poskus, v katerem smo primerjali vpliv gnojenja s tremi odmerki N na petih sortah čebule je potekal v letu 2017 na poskusnem polju Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah pri Mengšu. Tla na poskusnem polju so globoka, težka in blago alkalna (pH 7,4) ter s K₂O dobro (razred C) in s P₂O₅ prekomerno založena (razred D). Vsebnost organske snovi v tleh je 3,5 %.

Poskus je bil zasnovan kot split-plot (glavni faktor dognojevanje z N v treh odmerkih in podfaktor sorta – pet sort; skupaj 15 obravnavanj) v petih ponovitvah.

V poskus so bile vključene tri avtohtone ('Ptujška rdeča', 'Tera', 'Belokranjka' – Semenarna Ljubljana) in dve hibridni sorti čebule ('Talon', 'Tamara' – Agrocasol Plus), ki sta v Sloveniji pri tržnih pridelovalcih med najbolj razširjenimi. 'Ptujška rdeča' oblikuje srednje velike ploščate čebule dobro ovite z rožnato-rjavimi ovojnimi luskolisti z belim mesom. 'Tera' oblikuje srednje velike ploščate čebule s temno-rdečimi ovojnimi luskolisti. Meso je belo s temno-rdečim epidermom. 'Belokranjka' ima značilno, za čebulo manj pogosto, podolgovato obliko z izbočenim čebulnim krožcem in rumenkasto-rjave ovojne luskoliste z belim mesom. 'Talon' je srednje zgodnja debela hibridna sorta čebule z visokim pridelkom, primerna za skladiščenje. 'Tamara' je hibridna sorta s srednje visokim pridelkom, primerna za dolgo skladiščenje. Obe oblikujeta velike, okrogle čebule z rjavimi luskolisti in belim mesom (Ugrinović in sod., 2001).

Primerjali smo tri odmerke dognojevanja z N med rastjo, tj. skupno dognojevanje z 0, 162 in 324 kg N/ha. Sadike smo vzgojili v polistirenskih gojitvenih ploščah (160 celic) v ogrevanem plastenjaku. Setev za vzgojo sadik smo opravili sredi februarja (15. 2. 2017), presajanje na prosto v začetku aprila (5. 4. 2017) in pobiranje pridelka v avgustu (14. 8. 2017). Sadike smo sadili v tri-vrstne pasove na razdalji 30 cm × 10 cm, z velikostjo osnovne parcele 4,5 m² in gostoto posevka 200.000 rastlin/ha. Ob jesenskem oranju smo pognojili z 20 t/ha govejega hlevskega gnoja, spomladi pred presajanjem smo dodali še 28 kg/ha N, 80 kg/ha P₂O₅ in 240 kg/ha K₂O. Med rastjo smo pri različnih načinih dognojevanja dodali N v obliki amonijevega nitrata: 0 kg N/ha (brez dognojevanja z N), 3-krat po 54 kg N/ha (skupno 162 kg/ha N) in 3-krat po 108 kg N/ha (skupno 324 kg N/ha). Z N smo dognojevali 3, 6 in 9 tednov po presajanju. Oskrba poskusov je potekala v skladu z uveljavljeno agrotehniko in je vključevala predvsem redno okopavanje ter pletje, namakanje in varstvo pred tobakovim resarjem (*Thrips tabaci*) ter čebulno plesnijo (*Peronospora destructor*).

Po pobiranju pridelka smo čebulice vsake poskusne parcelice razvrstili v tri kategorije tržnega pridelka (drobne – lažje od 50 g, srednje – težke od 50 do 100 g in velike – nad 100 g) in netržni pridelek ter jih stehtali. Prebrane čebule smo skladiščili v suhem in temnem prostoru do izvedbe nadaljnjih meritev ter kemijskih analiz.

Vse meritve fizikalnih parametrov in kemijske analize smo v začetku novembra (9. 11. 2017) opravili na velikih čebulicah tržnega pridelka, saj je bilo teh pri vseh obravnavanjih največ, tj. več kot 95 % od pobranega pridelka. Za meritve fizikalnih parametrov smo pri vsakem obravnavanju iz treh od petih ponovitev (I., III. in V.) izbrali po dve povprečni čebulici, tj. skupaj šest čebulic. Pri vsaki smo z laboratorijsko tehtnico stehtali maso (g), z merilom izmerili višino (cm) ter širino (cm), prešteli število mesnatih luskolistov, iz njih iztisnili sok in z digitalnim refraktometrom (Atago Palette PR-100) pomerili topno suho snov (°Brix). Indeks oblike čebulice smo izračunali kot razmerje višina/širina (Bahnasawy in sod., 2004). Za merjenje trdote smo pri vsakem obravnavanju na enak način odbrali vzorec šestih čebulic, jim odstranili suhe zunanje luskoliste in z elektronskim penetrometrom (model PTS 01 TRC – HBM; premer bata 11,2 mm in globina penetracije 8 mm) pri vsaki 4-krat izmerili trdoto (štiri penetracije med seboj oddaljene za 90° na najširšem obodu). Rezultati za trdoto so izraženi v kg/cm². Za določitev skupnih sladkorjev smo združene vzorce šestih čebulic (na katerih smo merili fizikalne parametre) vsakega obravnavanja predhodno liofilizirali in homogenizirali z laboratorijskim krogličnim mlinom (Retsch MM400). Skupne sladkorje smo določili po Luff-Schoorl-ovi metodi (Uredba komisije ES št. 152/2009 z dne 27.01.2009 o določitvi metod vzorčenja in analitskih metod za uradni nadzor krme) s katero se reducirajoče in celokupne

sladkorje v vzorcu določi po inverziji in izrazi kot delež glukoze. Rezultati so izraženi v g glukoze/kg suhe snovi (SS).

Zbrane rezultate smo statistično ovrednotili s pomočjo programa Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Centurion, 2009). Statistično značilnost razlik med obravnavanji smo določili z analizo variance (ANOVA) za dvofaktorski poskus, značilnost razlik med povprečji posameznih obravnavanj oz. nivojev posameznih faktorjev pa z Duncan-ovim testom. Vsa testiranja smo opravili pri 95% zaupanju ($P < 0,05$). Korelacije med fizikalno-kemijskimi parametri smo v programu R-commander določili s Pearson-ovim korelacijskim testom.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

V preglednici 1 so prikazani rezultati merjenja fizikalnih parametrov čebulic 15 različnih obravnavanj: pet sort čebule pridelanih v poskusu z različnimi odmerki dodanega N (0, 3-krat 54 oz. 108 kg N/ha). Masa čebulice je odvisna od obeh faktorjev, tj. sorte in gnojenja z N. Obe hibridni sorti 'Tamara' (313,89 g) in 'Talon' (268,56 g) imata značilno večjo maso čebulic, kot avtohtone sorte 'Belokranjka' (201,11 g), 'Ptujška rdeča' (182,00 g) in 'Tera' (165,44 g). Višina čebulice je odvisna predvsem od sorte. Med sortami je višina čebulice značilno največja pri sorti 'Belokranjka' (10,11 cm) najmanjša pri sorti 'Ptujška rdeča' (5,00 cm). Širino čebulice je značilno največja pri sorti 'Tamara' (8,60 cm) in najmanjša pri sorti 'Belokranjka' (6,77 cm). Pri parametrih masa, višina in širina čebulice se pri faktorju gnojenje z N pri višjem odmerku le-ti povečajo pri vseh sortah, razen pri sorti 'Belokranjka', vendar razlike niso povsod značilne. Prav tako ni značilna interakcija med sorto in gnojenjem z N. Kaže, da se masa čebulice povečuje predvsem na račun debeljenja čebulice in ne enakomerne rasti tako v višino kot v širino.

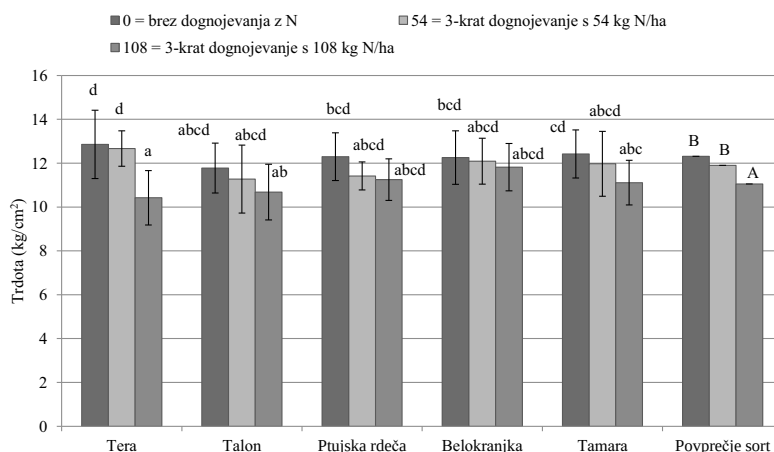
Preglednica 1: Fizikalni parametri čebulic petih različnih sort čebule pridelanih v poskusu z različnimi odmerki N (0, 3-krat 54 oz. 108 kg N/ha).

Sorta	Gnojenje z N (kg/ha)	Masa čebulice (g)	Višina čebulice (cm)	Širina čebulice (cm)	Razmerje višina/širina	Število luskolistov
'Tera'	0	153,67 ±27,78 a	4,73 ±0,45 a	7,80 ±0,47 def	0,61 ±0,06	8,33 ±1,63 bcdef
	162	153,67 ±42,87 a	4,99 ±0,45 a	7,61 ±0,92 cde	0,66 ±0,06	7,83 ±1,47 abcd
	324	189,00 ±39,75 a	5,44 ±0,44 a	8,20 ±0,61 efg	0,66 ±0,05	7,33 ±1,51 abc
PovprečjesORTA		165,44 A	5,05 A	7,87 B	0,64	7,83 A
'Talon'	0	202,00 ±72,19 a	7,06 ±0,92 b	7,32 ±0,74 bcd	0,96 ±0,05	9,00 ±0,63 def
	162	288,33 ±68,82 b	7,73 ±0,72 bc	8,42 ±0,80 fg	0,92 ±0,13	9,33 ±0,52 ef
	324	315,33 ±26,49 b	8,13 ±0,29 c	8,61 ±0,33 g	0,95 ±0,05	9,50 ±0,55 ef
PovprečjesORTA		268,56 C	7,64 B	8,12 B	0,94	9,28 B
'Ptujška rdeča'	0	157,67 ±20,45 a	4,96 ±0,31 a	7,78 ±0,37 def	0,64 ±0,05	8,67 ±0,82 cdef
	162	180,00 ±22,13 a	4,95 ±0,35 a	8,18 ±0,36 efg	0,61 ±0,05	7,17 ±0,98 ab
	324	208,33 ±47,59 a	5,09 ±0,35 a	8,70 ±0,72 g	0,59 ±0,04	6,67 ±0,82 a
PovprečjesORTA		182,00 AB	5,00 A	8,22 B	0,61	7,50 A
'Belokranjka'	0	212,67 ±58,63 a	10,22 ±1,09 d	6,82 ±0,87 ab	1,52 ±0,23	8,50 ±1,05 bcdef
	162	208,33 ±25,41 a	10,00 ±1,19 d	6,99 ±0,24 abc	1,43 ±0,15	8,17 ±0,75 bcde
	324	182,33 ±46,07 a	10,10 ±1,57 d	6,51 ±0,60 a	1,55 ±0,22	6,83 ±1,47 a
PovprečjesORTA		201,11 B	10,11 C	6,77 A	1,50	7,83 A
'Tamara'	0	325,33 ±21,53 b	8,17 ±0,67 c	8,67 ±0,20 g	0,94 ±0,09	9,67 ±0,82 e
	162	282,67 ±19,75 b	7,74 ±0,23 bc	8,42 ±0,33 fg	0,92 ±0,04	9,33 ±0,82 ef
	324	333,67 ±80,95 b	8,25 ±0,76 c	8,72 ±0,55 g	0,95 ±0,06	9,50 ±0,84 ef
PovprečjesORTA		313,89 D	8,05 B	8,60 C	0,94	9,50 B
Povprečje	0	210,27 A	7,03	7,68 A	0,93	8,83 B
	162	222,60 AB	7,08	7,92 AB	0,91	8,37 AB
	324	245,73 B	7,40	8,15 B	0,94	7,97 A

N, dušik. Podatki prikazujejo srednje vrednosti ±standardni odklon ($n = 6$). Srednje vrednosti z različnimi malimi črkami (a,b,c,d,e,f,g) v stolpcih so statistično značilne ($P < 0,05$; razlike med obravnavanji); srednje vrednosti z različnimi velikimi črkami (A,B,C,D) v stolpcih pri povprečjih faktorjev so statistično značilne ($P < 0,05$; razlike med sortami in gnojenjem z N).

Število luskolistov je prav tako odvisno od obeh faktorjev, saj imata obe hibridni sorti 'Tamara' (9,50) in 'Talon' (9,28) značilno več luskolistov, z višjim odmerkom N pa se število luskolistov značilno zmanjšuje. Razmerje višina/širina čebulice določa indeks oblike čebulice. Oblika čebulice je ovalna, če je indeks oblike $> 1,5$, in sferična, če je indeks oblike $< 1,5$. Med vsemi sortami vključenimi v poskus ima le sorta 'Belokranjka' ovalno obliko čebulic, vse ostale sorte pa sferično. Količina dodanega N je vplivala na vse fizikalne parametre čebulic, vendar so razlike značilne le za maso čebulice, širino čebulice in število luskolistov.

Na slikah 1, 2 in 3 so prikazani rezultati merjenja trdote, vsebnosti topne suhe snovi ter skupnih sladkorjev v različnih sortah čebule pridelanih v poskusu z različnimi odmerki N. Interakcija med sorto in gnojenjem z N pri analiziranih parametrih ni bila značilna. Pri vseh sortah čebule se trdota čebulic značilno zmanjša pri gnojenju z visokimi odmerki N (slika 1). Največjo povprečno trdoto čebulic med sortami (rezultati niso prikazani) je imela 'Belokranjka' (12,05 kg/cm²), sledijo sorte 'Tera' (11,98 kg/cm²), 'Tamara' (11,84 kg/cm²), 'Ptujška rdeča' (11,65 kg/cm²) in 'Talon' (11,25 kg/cm²). Med različnimi odmerki gnojenja z N so značilno največjo povprečno trdoto dosegale čebulice pridelane brez dodanega N (12,32 kg/cm²), sledi gnojenje s 162 kg N/ha (11,88 kg/cm²) in gnojenje s 324 kg N/ha (11,06 kg/cm²).

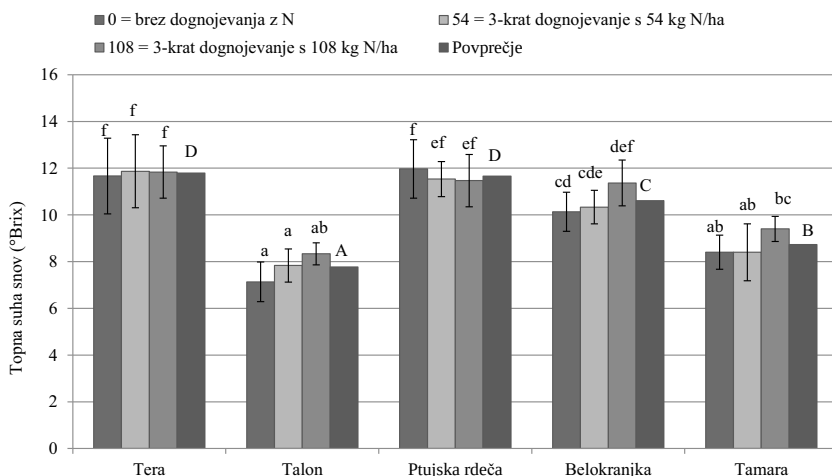


Slika 1: Trdota različnih sort čebule pridelanih v poskusu z različnimi odmerki N ($n = 6$). Srednje vrednosti z različnimi malimi črkami (a,b,c,d) so statistično značilne ($P < 0,05$; razlike med obravnavanji); različne velike črke (A,B) so statistično značilne ($P < 0,05$; razlike med gnojenjem z N).

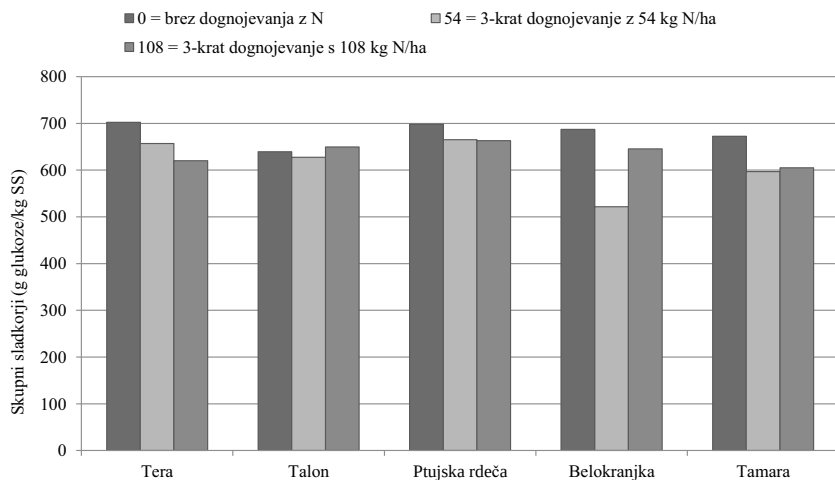
Povprečna vsebnosti topne suhe snovi (povprečje vseh treh nivojev gnojenja z N) glede na faktor sorta je najvišja pri sorti 'Tera' (11,79 °Brix), sledijo 'Ptujška rdeča' (11,66 °Brix), 'Belokranjka' (10,61 °Brix), 'Tamara' (8,73 °Brix) in 'Talon' (7,77 °Brix). Avtohtone sorte čebule imajo značilno višjo topno suho snov. Predhodne študije opravljene na genskih virih čebule poročajo o nižjih povprečnih vrednostih za parametra trdota in topna suha snov (Mallor Giménez in sod., 2011; Petropoulos in sod., 2016). Povprečna vsebnost skupnih sladkorjev ne glede na gnojenje z N je bila najvišja pri sortah 'Ptujška rdeča' in 'Tera' (> 650 g/kg SS) ter najnižja pri sorti 'Belokranjka'.

Pearsonov korelacijski test je bil izveden za ovrednotenje korelacij med vsemi preiskovanimi fizikalno-kemijskimi parametri. Najvišja korelacija je bila med suho snovjo in številom luskolistov, in sicer $-0,755$ ($P < 0,01^{**}$). Visoka korelacija je bila določena tudi med maso in

širino čebulice 0,693 ($P < 0,001^{**}$), maso čebulice in številom luskolistov 0,674 ($P < 0,01^{**}$) ter maso čebulice in suho snovjo -0,599 ($P < 0,05^{*}$).



Slika 2: Topna suha snov različnih sort čebule pridelanih v poskusu z različnimi odmerki N ($n = 6$). Srednje vrednosti z različnimi malimi črkami (a,b,c,d,e,f) so statistično značilne ($P < 0,05$; razlike med obravnavanji); različne velike črke (A,B,C,D) so statistično značilne ($P < 0,05$; razlike med sortami).



Slika 3: Vsebnost skupnih sladkorjev (g glukoze/kg SS) v čebulicah različnih sort čebule pridelanih v poskusu z različnimi odmerki dušika.

4 SKLEPI

Na podlagi pridobljenih rezultatov lahko povzamemo naslednje sklepe:

- Masa čebulice je odvisna tako od sorte kot od gnojenja z N, obe hibridni sorti imata značilno večjo maso kot avtohtone sorte, masa čebulice raste z večjim odmerkom N;
- Višina čebulice je odvisna predvsem od sorte;

- Na širino čebulice vpliva tako sorta kot gnojenje z N – masa se povečuje predvsem na račun debeljenja čebulice in ne enakomerne rasti tako v višino kot v širino, na kar kaže tudi korelacija med maso in širino čebulice;
- Na podlagi indeksa oblike ima sorta 'Belokranjka' ovalno obliko čebulic, sorte 'Ptujška rdeča', 'Tera', 'Talon' in 'Tamara' pa imajo sferično obliko čebulic;
- Število luskolistov je odvisno tako od sorte kot od gnojenja – oba hibrida imata značilno več luskolistov, z večjim odmerkom N se število luskolistov zmanjšuje, razen pri sorti 'Talon';
- Na trdoto čebulic značilno vpliva gnojenje z N, saj se le-ta značilno zmanjša z večjim odmerkom N;
- Na topno suho snov vpliva predvsem sorta – oba hibrida imata nižjo kot avtohtone sorte, med katerimi ima najvišjo 'Tera';
- Značilna korelacija je bila določena med parametri: suha snov in število luskolistov, masa in širina čebulice, masa čebulice in število luskolistov ter masa čebulice in suha snov.

Zahvala. Raziskava je bila delno sofinancirana v okviru Ciljno raziskovalnega projekta V4-1618 z naslovom "Ogroženost lokalnih sort zaradi genske erozije in njihova vrednost za pridelavo in uporabo" (pogodba št. 2330-16-000188) in delno v okviru strokovne naloge Posebno preizkušanje sort za opisno sortno listo (pogodba št. 2330-17-000111).

5 LITERATURA

- Bahnasawy, A.H., El-Haddad, Z.A., El-Ansary, M.Y., Sorour, H.M. 2004. Physical and mechanical properties of some Egyptian onion cultivars. *Journal of Food Engineering*, 62 3: 255–261
- Jurgiel-Malecka, G., Gibczynska, M., Nawrocka-Pezik, M.. 2015. Comparison of chemical composition of selected cultivars of white, yellow and red onions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21, 4: 736–41
- Kumar, S., Imtiyaz, M., Kumar, A. 2007. Effect of differential soil moisture and nutrient regimes on postharvest attributes of onion (*Allium cepa* L.). *Scientia Horticulturae*, 112, 2: 121–129
- Lee, J. 2010. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. *Scientia Horticulturae*, 124, 3: 299–305
- Mallor Giménez, C., Carravedo Fantova, M., Estopañán Muñoz, G., Mallor Giménez, F. 2011. Characterization of genetic resources of onion (*Allium cepa* L.) from the Spanish secondary centre of diversity. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9, 1: 144–155
- Petropoulos, S.A., Ntatsi, G., Fernandes, Â., Barros, L., Barreira, J.C.M., Ferreira, I.C. Antoniadis V. 2016. Long-term storage effect on chemical composition, nutritional value and quality of Greek onion landrace "Vatikiotiko". *Food chemistry*, 201: 168–176
- Sinclair, P.J., Blakeney, A.B., Barlow, E.W.R. 1995. Relationships between bulb dry matter content, soluble solids concentration and non-structural carbohydrate composition in the onion (*Allium cepa*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 69, 2: 203–209
- SI-STAT. 2018. SURS. Pridelava zelenjadnic (ha, t, t/ha), Slovenija, leto 2017
https://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=1502403S&ti=&path=../Database/Okolje/15_km_etijstvo_ribistvo/04_rastlinska_pridelava/01_15024_pridelki_povrsina/&lang=2 (november 2018)
- Sortna lista poljščin, zelenjadnic, sadnih rastlin in trte. 2018. Uprava za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin (UVHVVR)
http://www.uvhvvr.gov.si/zakonodaja_in_dokumenti/rastlinski_semenski_material/ostali_dokument_i/sortna_lista_rs/ (november 2018)
- Tehnološka navodila za integrirano pridelavo zelenjave. 2018. Republika Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP)
http://www.mkgp.gov.si/delovna_podrocja/kmetijstvo/integrirana_pridelava/tehnoloska_navodila/
- Ugrinović, K., Škof, M., Bergant, B. 2001. Sortna lista čebulnic. *Sodobno kmetijstvo*, 34, 5: 208–210

Rezultati uporabe *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* pri dveh sortah visokega fižola za stročje

Kristina UGRINOVIC⁹⁷, Mojca ŠKOF⁹⁸ in Breda VIČAR⁹⁹

Izvilleček

Obseg tržne pridelave visokega fižola za stročje (*Phaseolus vulgaris* L. spp. *vulgaris* var. *vulgaris*) v Sloveniji je razmeroma majhen in se v zadnjih letih giblje med 20 in 30 ha, medtem ko skupne površine (tržne in netržne) znašajo med 230 in 470 ha. Pridelava praviloma poteka brez uporabe simbiotskih pripravkov za inokulacijo z dušik fiksirajočimi bakterijami, čeprav je to v svetu že desetletja razmeroma razširjena praksa. Zanimalo nas je, če lahko z uporabo komercialnega simbiotskega pripravka NS-Nitrugin, ki vsebuje mešanico aktivnih sojev *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, povečamo pridelek strokov in njihovo kakovost. Poljski poskusi z dvema sortama 'Golden Gate' in 'Limka' so dve leti potekali na prostem v severovzhodni Sloveniji in v neogrevanem tunelu v osrednji Sloveniji. Tako na velikost pridelka kot na vsebnost posameznih skupin hranilnih snovi je vplivala predvsem sorta, medtem ko pozitivnega vpliva uporabe pripravka NS-Nitrugin na pridelek in na kakovost pridelka (vsebnost suhe snovi, surovih beljakovin, surovih vlaknin, surovih maščob in surovega pepela) strokov ni bilo.

Ključne besede: *Phaseolus vulgaris* L., simbiotski pripravki, inokulacija, pridelek, kakovost

The results of application of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* to two climbing French beans varieties

Abstract

The marketable production of climbing French beans (*Phaseolus vulgaris* L. spp. *vulgaris* var. *vulgaris*) in Slovenia is relatively small, and ranges between 20 and 30 ha in the recent years, while the total production (marketable and non-marketable) occupies between 230 and 470 ha. The application of symbiotic inoculants containing nitrogen fixing bacteria is not practiced, although this has been a relatively widespread practice in the world for decades. We wanted to find out whether the yield and quality of pods could be improved with the use of a commercial symbiotic inoculant NS-Nitrugin, containing a mixture of active strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*. Field experiments with two varieties 'Golden Gate' and 'Limka' were conducted outdoors in the northeast Slovenia and in an unheated tunnel in central Slovenia for two years. Both, the yield and the content of individual groups of feed stuffs were primarily influenced by varieties, while the use of NS-Nitrugin did not positively effect nor the yield nor the quality (content of dry matter, crude proteins, crude fibre, crude fat and crude ash) of the pods.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., symbiotic inoculants, inoculation, yield, quality

1 UVOD

Navadni fižol za stročje (*Phaseolus vulgaris* L. spp. *vulgaris* var. *vulgaris*) pridelujemo zaradi uporabe mladih strokov. V Sloveniji so se površine s fižolom za stročje pri tržnih pridelovalcih v zadnjih letih, verjetno tudi zaradi subvencij, povečale in sicer od manj kot 20 ha v letu 2000 naokoli 68 ha v letu 2013 in se nekoliko zmanjšale (53 ha) v letu 2016. Po letu 2010 se površine z visokim fižolom za stročje pri tržnih pridelovalcih gibljejo med 20 in 30 ha, vse površine (tržni in netržni pridelovalci) pa med 230 in 470 ha (SURS, 2018).

⁹⁷ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: kristina.ugrinovic@kis.si

⁹⁸ Univ. dipl. inž. agr., isti naslov, e-pošta: mojca.skof@kis.si

⁹⁹ Univ. dipl. inž. agr., KGZS KGZ-Murska Sobota, Ulica Štefana Kovača 40, 9000 Murska Sobota, e-pošta: breda.vicar@gov.si

Znano je, da stročnice, torej tudi fižol, lahko dušik, ki ga potrebujejo za svojo rast, pridobijo iz zraka, če vzpostavijo simbiozo s talnimi bakterijami, ki fiksirajo dušik (N). To pomeni manjšo uporabo mineralnih gnojil pri pridelavi. V simbiozi s fižolom lahko N_2 iz zraka uspešno veže več vrst bakterij, to so *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, *R. tropici*, *R. mongolense*, *R. gallicum* in *R. etli*. Izmed naštetih je v večini evropskih tal naravno najštevilnejše zastopana *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* (Nutman, 1976). Za preživetje simbiotskih bakterij v tleh in za uspešno vzpostavitev simbioze med bakterijami in koreninami metuljnic morajo biti zagotovljene ustrezne razmere, in sicer primerna temperatura (najprimernejša temperatura tal je med 25 in 30 °C) in pH tal (najprimernejša reakcija tal je med 5,5 in 6,7) ter zadostna vsebnost nekaterih makro (Ca, P) in mikro (Mo, Fe, Co) elementov. Na razvoj simbioze negativno vplivajo predvsem nizke temperature ter visok, še posebej pa nizek pH tal. (Marschner, 1995; Černe, 1997; Piha in Munnus, 1987; Zahran, 1999). Na nodulacijo in fiksacijo N_2 vpliva tudi založenost tal z N – številne študije ugotavljajo, da visoka vsebnost N v tleh negativno vpliva tako na nodulacijo kot na fiksacijo N_2 vendar pa različne študije navajajo različne količine dodanega N oz. različne koncentracije N v tleh pri čemer je pomembno tudi, da so različni genotipi tako gostiteljske rastline kot simbiotske bakterije različno občutljivi za nitrat in amonij v tleh (Zahran, 1999).

Že več kot 100 let pri pridelavi metuljnic uporabljajo tudi pripravke za inokulacijo z bakterijami, ki vežejo zračni dušik. Te pripravke imenujemo tudi simbiotski pripravki. Predvsem v tleh, v katerih vrstno specifične bakterije, ki vežejo zračni dušik, niso prisotne (Martinez-Romero, 2003) oziroma je njihovo število majhno ali pa je aktivnost v tleh prisotnih sojev slaba (Jarak in sod., 2006), inokulacija pozitivno vpliva na rast rastlin in pridelek.

V Sloveniji pri pridelavi fižola uporaba simbiotskih pripravkov ni razširjena. Zato nas je zanimalo, če lahko pri visokem fižolu za stročje z inokulacijo semena s simbiotskim pripravkom, ki vsebuje *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, povečamo pridelek strokov in kakovost pridelka (vsebnost suhe snovi, surovih beljakovin, surovih vlaknin, surovih maščob in surovega pepela) na tleh, kjer fižol ni rasel že več kot 10 let.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Zasnova poskusov

Poskusi z visokim fižolom za stročje so potekali v letih 2016 in 2017 v neogrevanem zaščitenem prostoru (tunelu) na poskusnem polju Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah pri Trzinu v osrednji Sloveniji na globokih težkih blago alkalnih (pH 7,3) tleh, ki so K_2O čezmerno (razred D) in s P_2O_5 ekstremno (razred E) preskrbljena in na prostem v Ivancih v SV Sloveniji na rjavih prodnatih kislih (pH 4,6) tleh, ki so K_2O čezmerno (razred D) in s P_2O_5 dobro (razred C) založena. Na obeh poskusnih površinah fižol ni rasel že več kot 10 let.

V poskuse sta bili vključeni 2 sorti visokega fižola za stročje semenarske hiše Holland Select, in sicer sorta 'Golden Gate' s ploščatimi rumenimi stroki in 'Limka' s ploščatimi zelenimi stroki. Glede na informacije semenarske hiše obe sorti zgodaj nastavita stroke.

Primerjali smo gojenje obeh sort fižola brez (kontrola) in z uporabo simbiotskega pripravka NS-Nitragin. NS-Nitragin je pripravek podjetja NS Seme iz Srbije in je namenjen za inokulacijo semena fižola. Pripravek vsebuje sterilno šoto 55- do 60-odstotne vlažnosti, ki služi kot nosilni medij in mešanico različnih aktivnih sojev *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* ($2,0 - 3,0 \times 10^9$ CFU g^{-1} nosilnega medija).

Poskusi so bili zasnovani kot dvofaktorski poskusi (faktorja sorta in tretiranje s pripravkom NS-Nitragin) v štirih (Jablje) oz. petih (Ivanci) ponovitvah z naključno razporeditvijo obravnavanj znotraj ponovitev. Posamezne parcele so bile v Jabljah velikosti 3,6 m² (1,5 m x 2,4 m) in so obsegale skupaj po 12 setvenih mest v eni vrsti, v Ivancih pa 4,2 m² (1,5 m x 2,8 m) in so obsegale skupaj po 14 setvenih mest v eni vrsti. Med setvenimi mesti je bila razdalja 20 cm. Na vsako setveno mesto smo posejali po 3 do 4 semena. Vsa vrednotenja na obeh lokacijah v obeh letih so bila opravljena le na srednjih 10 setvenih mestih vsake parcele – obračunska parcella je bila velika 3 m² (1,5 m x 2 m). Po vzniku smo rastline razredčili tako, da je na posamezni obračunski parceli ostalo po 24 rastlin in je bila končna gostota 80.000 rastlin/ha. V Ivancih smo v letu 2016 morali rastline zato, ker so del vzniklih rastlin izpulile vrane, razredčiti tako, da je na obračunski parceli ostalo po 21 rastlin, končna gostota pa je bila 70.000 rastlin/ha.

2.2 Inokulacija semena

Tretiranje semena s pripravkom NS-Nitragin smo opravili po navodilih proizvajalca. Do uporabe smo preparat hranili v hladilniku. Tik pred setvijo smo 500 semenom dodali 0,6 g pripravka in 0,6 ml vode. V prozorni PVC vrečki smo vse skupaj dobro premešali, da se je preparat enakomerno razporedil po semenih in nato vrečko s semenom položili v temno papirnato vrečko za zaščito pred svetlobo v času setve.

2.3 Vzgoja in oskrba rastlin

Na obeh lokacijah v obeh letih smo fižol gojili na gredicah prekritih s črno PE folijo, pod katero je bila nameščena cev za namakanje. Za oporo smo postavili mrežo. Osnovno gnojenje smo opravili pred setvijo, in sicer v obeh letih v Jabljah z 20 kg/ha N, 150 kg/ha K₂O in 21 kg/ha SO₃ in v Ivancih, kjer smo tla pred tem tudi apnili, s 30 kg/ha N, 60 kg/ha P₂O₅ in 120 kg/ha K₂O. Sejali smo ročno in takoj po setvi seme prekrili z zemljo. V tunelu v Jabljah smo sejali 15. 4. 2016 in 21. 4. 2017, v Ivancih na prostem pa 21. 4. 2016 in 4. 5. 2017. Zaradi nizkih temperatur v dneh od 25. do 30. 4. 2016 smo v Ivancih posevek zaščitili z agrokopreno, tako da fižol ni bil prizadet. Naslednje leto smo se odločili za poznejšo setev. Takoj po vzniku so v Ivancih v letu 2016 del klic izpulile ali polomile vrane, zato smo posevek zaščitili z mrežo, naslednje leto smo zaščitno mrežo namestili že ob setvi. Po vzniku, ko so rastline imele prvi pravi list, smo posevek razredčili na ciljno gostoto. Oskrba poskusov je vključevala redno usmerjanje rastlin k opori in namakanje. V obeh letih smo v Jabljah opravili varstvo proti črni fižolovi uši (*Aphis fabae*) in navadni pršici (*Tetranychus urticae*). V Ivancih je 14. 7. 2016, kmalu po tem, ko smo opravili prva pobiranja, poskus poškodovala toča, zato smo posevek poškopili z bakrenim pripravkom (Cuprablau). V obeh letih je bila na tej lokaciji potrebna zaščita proti bakteriozam – uporabili smo Cuprablau in foliarno gnojilo Labicuper. V letu 2017 je v Ivancih suh veter povzročal poškodbe na listih in strokih.

2.4 Vrednotenje pridelka

Pobirali smo mlade, tehnološko zrele stroke, praviloma na 5 do 7 dni. V Jabljah smo v letu 2016 prvo obiranje opravili 2. 7., zadnje pa 2. 8., skupaj smo pobirali 6-krat, v letu 2017 smo prvo obiranje opravili 20. 6. in zadnje 14. 8., skupaj smo pobirali 13-krat. V Ivancih smo v letu 2016 prvo pobiranje opravili 7. 7., zadnje pa 5. 9., skupaj smo pobirali 6-krat, zaradi toče v obdobju od 21. 7. do 25. 8. pridelka nismo pobirali, saj so si rastline šele ob koncu avgusta

toliko opomogle, da smo lahko pobrali še nekaj strokov. V letu 2017 smo na tej lokaciji prvič pobirali 3. 7. in zadnjič 5. 9., skupaj smo pobirali 9-krat.

Ob vsakem pobiranju smo pridelek sortirali na tržni pridelek prvega razreda (lepo razviti nepoškodovani stroki brez deformacij) in drugega razreda (stroki z manjšimi poškodbami ali deformacijami) ter na netržni pridelek (drobni, prezreli, poškodovani ...).

2.5 Prehranska vrednost strokov

Za ugotovitev vsebnosti posameznih skupin hranilnih snovi v strokih smo v letu 2017 na obeh lokacijah ob enem od pobiranj (4. pobiranje 3. 7. v Jabljah in 3. pobiranje 12. 7. v Ivancih) vzorčili stroke iz 3 ponovitev. Do priprave vzorcev (2 dni po vzorčenju v Jabljah in 1 dan po vzorčenju v Ivancih) smo vzorce shranili v hladilnik. Vsebnost posameznih skupin hranilnih snovi smo ugotovili z Weendsko analizo: suho snov (SS) s sušenjem pri 103 °C, surove beljakovine (SB) po Kjeldahlu, surove maščobe (SM) z ekstrakcijo z etrom v Soxhletovem aparatu, surove vlaknine (SV) s kuhanjem v H₂S in KOH ter računsko določitvijo po sežigu v kislinah in bazah netopne snovi ter surovi pepel (SP) s sežigom pri 550 °C.

2.6 Statistična obdelava podatkov

Zbrane rezultate smo za vsako leto in za vsako lokacijo posebej statistično vrednotili s programa Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Centurion, 2009). Statistično značilnost razlik med posameznimi obravnavami smo ugotovili z analizo variance (ANOVA) za naključne skupine, oz. med posameznimi nivoji faktorjev z analizo variance (ANOVA) za večfaktorski poskus. Značilnost razlik med povprečji obravnavanj oz. nivoji faktorjev smo določili z LSD testom. Vsa testiranja smo opravili pri 95-odstotnem zaupanju ($p < 0,05$).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Količina in dinamika pridelka

V obeh letih smo v skladu s pričakovanji v tunelu v Jabljah stroke začeli pobirati prej kot na prostem v Ivancih. V letu 2016 je bilo to približno en teden prej (2. 7. v Jabljah in 7. 7. v Ivancih), v letu 2017 pa 2 tedna prej (20. 6. v Jabljah in 3. 7. v Ivancih).

Preglednica 1: Povprečni pridelki strokov po nivojih obeh faktorjev (sorta, brez ali s tretiranjem semena z NS-Nitragin=Rlp) v tunelu v Jabljah v letih 2016 in 2017

Faktor	Pridelek (t/ha)					
	2016			2017		
	1. pobiranje	tržni	skupni	1. pobiranje	tržni	skupni
Sorta						
'Golden Gate'	27,08 a	39,60	40,22	6,11 a	32,19 b	33,78 b
'Limka'	22,58 b	38,94	40,72	3,35 b	42,10 a	43,43 a
LSD _{sorta} (0,05)	4,40	n.s.	n.s.	2,07	4,30	4,30
Tretiranje						
Brez	23,13	36,33	37,39	4,98	39,95 a	41,71 a
Rlp	26,26	42,21	43,05	4,48	34,34 b	35,50 b
LSD _{tretiranje} (0,05)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	4,30	4,30

*Statistično značilno različne vrednosti po posameznih letih in kategorijah pridelka ($p \leq 0,05$) so označene z različnimi črkami.

Med sortama so se razlike pokazale v tunelu v Jabljah, ko je bil ob prvem pobiranju pridelek sorte 'Golden Gate' v obeh letih statistično značilno večji kot pri sorti 'Limka', medtem ko je bil pridelek vseh pobiranj skupaj (tako tržni kot skupni) v letu 2017 pri 'Golden Gate' manjši kot pri 'Limka'. V letu 2016 med zbirnimi pridelki obeh sort ni bilo razlik (preglednica 1). V Ivancih na prostem ob prvem pobiranju kot tudi v celotnem obdobju pobiranja tako pri tržnem kot pri skupnem pridelku med sortama v nobenem od obeh let ni bilo razlik (preglednica 2).

Preglednica 2: Povprečni pridelki strokov po nivojih obeh faktorjev (sorta, brez ali s tretiranjem semena z NS-Nitragin=Rlp) na prostem v Ivancih v letih 2016 in 2017

Faktor	Pridelek (t/ha)					
	2016			2017		
	1. pobiranje	tržni	skupni	1. pobiranje	Tržni	skupni
Sorta						
'Golden Gate'	9,49	25,93	26,77	2,91	19,87	21,42
'Limka'	9,07	25,92	26,73	2,84	19,98	20,83
LSDsorta (0,05)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Tretiranje						
brez	8,76	27,27	28,21	2,87	19,94	21,27
Rlp	9,83	24,59	25,29	2,88	19,90	20,98
LSDtretiranje (0,05)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Preglednica 3: Vsebnost suhe snovi (SS), surovih beljakovin (SB), surovih vlaknin (SV), surovih maščob (SM) in surovega pepela (SP) v strokih ob pobiranju 03.07.2017 po nivojih obeh faktorjev (sorta, brez ali s tretiranjem semena z NS-Nitragin=Rlp) v tunelu v Jabljah

Faktor	SS (g/kg)	SB (g/kg SS)	SV (g/kg SS)	SM (g/kg SS)	SP (g/kg SS)
Sorta					
'Golden Gate'	84 a	212	110 b	627 b	74 b
'Limka'	108 b	205	93 a	416 a	64 a
LSDsorta (0,05)	18	n.s.	7	133	3
Tretiranje					
brez	95	208	103	521	69
Rlp	97	209	100	522	69
LSDtretiranje (0,05)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

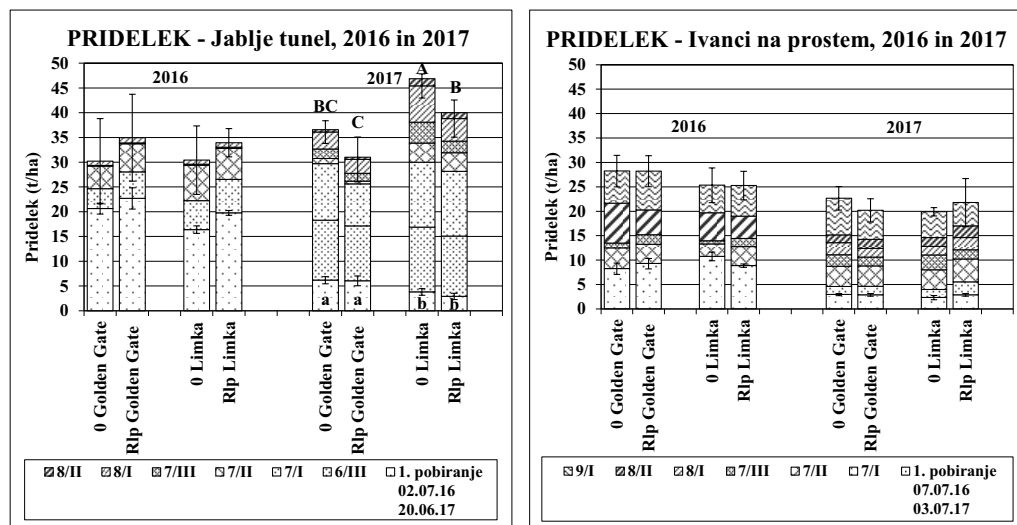
*Statistično značilno različne vrednosti ($p \leq 0,05$) po stolpcih so označene z različnimi črkami.

Preglednica 4: Vsebnost suhe snovi (SS), surovih beljakovin (SB), surovih vlaknin (SV), surovih maščob (SM) in surovega pepela (SP) v strokih ob pobiranju 12.07.2017 po nivojih obeh faktorjev (sorta, brez ali s tretiranjem semena z NS-Nitragin=Rlp) na prostem v Ivancih

Faktor	SS (g/kg)	SB (g/kg SS)	SV (g/kg SS)	SM (g/kg SS)	SP (g/kg SS)
Sorta					
'Golden Gate'	117 a	169 b	107	380 b	64 b
'Limka'	142 b	155 a	109	301 a	58 a
LSDsorta (0,05)	17	7	n.s.	67	n.s.
Tretiranje					
brez	128	163	111	367	62
Rlp	132	162	105	314	60
LSDtretiranje (0,05)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

*Statistično značilno različne vrednosti ($p \leq 0,05$) po stolpcih so označene z različnimi črkami.

Primerjava tretiranja semena s pripravkom NS-Nitragin s kontrolo (netretirano seme) kaže, da so bili v tunelu v Jabljah v letu 2016 pridelki, tako ob prvem pobiranju kot zbirni tržni in skupni pridelok, pri obravnavanjih, ki so vključevala tretiranja semena s pripravkom NS-Nitragin, nekoliko večji, a ne statistično značilno večji kot pri obravnavanjih, pri katerih seme ni bilo tretirano. V letu 2017 so bili rezultati obratni; pri tretiranju semena z NS-Nitragin so bili zbirni pridelki statistično značilno manjši kot pri netretiranem semenu (preglednica 1). V Ivancih razlik med netretiranim semenom in semenom tretiranim s pripravkom NS-Nitragin ni bilo v nobenem od obeh let (preglednica 2). GDRC (2016) navaja, da v primerih, ko so v tleh prisotne velike populacije ustreznih simbiotskih bakterij, inokulacija nima učinka na pridelek. Glede na to, da na obeh poskusnih površinah fižol ni rasel že več kot 10 let, to najbrž ni bil razlog, da se inokulacija semena z NS-Nitragin ni pokazala kot učinkovita. V Ivacih bi bil razlog za neučinkovitost inokulacije semena z NS-Nitragin lahko nizek pH tal za katerega je znano, da negativno vpliva na razvoj simbioze (npr. Zahran, 1999). Podrobnejša analiza podatkov po posameznih obravnavanjih kaže, da so bile razlike med pridelki posameznih kombinacij sorte in tretiranja semena statistično značilne le v poskusu v tunelu v Jabljah leta 2017, ko je bil ob prvem pobiranju pridelek pri sorti 'Golden Gate' ne glede na tretiranje semena z NS-Nitragin večji kot pri tretiranem in netretiranem semenu sorte 'Limka', zbirni skupni pridelek pa je bil značilno največji pri netretiranem semenu sorte 'Limka', in najmanjši pri tretiranem semenu sorte 'Golden Gate' (slika 1).



Slika 1: 0=brez tretiranja semena s pripravkom NS-Nitragin, Rlp=tretiranje semena s pripravkom NS-Nitragin; Skupni pridelek strokov pri posameznih obravnavanjih ob prvem pobiranju in po dekadah v tunelu v Jabljah in na prostem v Ivancih v letih 2016 in 2017; statistično značilno različne vrednosti po posameznih poskusih ($p \leq 0,05$) pri prvem pobiranju so označene z malimi črkami, pri skupnem pridelku vseh pobiranj pa z velikimi črkami.

3.2 Prehranska vrednost strokov

Vsebnost suhe snovi in posameznih skupin hranilnih snovi v strokih v letu 2017 je bila na obeh lokacijah v območju, ki ga navajajo tudi drugi avtorji; Kocjan Ačko in Ačko (2016) navajata, da zeleni stoki vsebujejo okoli 90 % vode, 6,6 % ogljikovih hidratov, 1,8 %

beljakovin, 0,2 % maščob in 0,7 % pepela. V naših poskusih je bila vsebnosti suhe snovi v strokih med 8 in 11 %, vsebnost surovih beljakovin v svežih strokih od 1,6 do 2,4 %, vsebnost surovih vlaknin v svežih strokih od 0,8 do 1,6 %, vsebnost surovih maščob v svežih strokih od 0,4 do 0,6 % in vsebnost surovega pepela v svežih strokih 0,6 do 0,9 %. Vsebnosti vseh analiziranih snovi so bile odvisne predvsem od sorte, medtem ko tretiranje s pripravkom NS-Nitragin nanje ni vplivalo. Sorta 'Limka' je imela na obeh lokacijah značilno več suhe snovi (SS) kot sorta 'Golden Gate'. Vsebnost surovih maščob (SM) in surovega pepela (SP) v suhi snovi je bila na obeh lokacijah značilno večja pri sorti 'Golden Gate', ki je imela na obeh lokacijah tudi večjo vsebnost surovih beljakovin (SB) v suhi snovi, a je bila razlika značilna le v Ivancih. Vsebnost surovih vlaknin (SV) je bila v Jabljah značilno večja pri sorti 'Golden Gate', medtem ko v Ivancih med sortama ni bilo razlik. Šenberga in sod. (2017) so ugotovili, da na vsebnost beljakovin v semenu boba in graha vplivajo sorta, uporabljen soj simbiotske bakterije in tla, v nekaterih primerih pa so značilne tudi interakcije med naštetimi faktorji.

4 SKLEPI

Rezultati poskusov z navadnim fižolom za stročje kažejo, da inokulacija semena s pripravkom NS-Nitragin, ki vsebuje mešanico sojev *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, pri pridelavi na prostem na rjavih skeletnih kisljih tleh v Ivancih in v neogrevanem tunelu na težkih globokih rahlo alkalnih tleh v Jabljah ni pozitivno vplivala na pridelek strokov, na vsebnost suhe snovi in posameznih skupin hranilnih snovi (surovih beljakovin, surovih vlaknin, surovih maščob in surovega pepela). Med sortama, to je med rumenostročno 'Golden Gate' in zelenostročno 'Limka', so se pokazale razlike v pridelku. V neogrevanem tunelu v Jabljah je bila 'Golden Gate' zgodnejša od 'Limke', pridelek vseh pobiranj pa je bil bodisi enak ali pa večji pri 'Limki'. Pri pridelavi na prostem v Ivancih med sortama ni bilo razlik v zgodnosti in količini pridelka. Vsebnost suhe snovi v strokih je večja pri sorti 'Limka', vsebnost surovih beljakovin, surovih maščob in surovega pepela v suhi snovi pa je večja pri sorti 'Golden Gate'.

5 LITERATURA

- Černe, M. 1997. Stročnice. Založba Kmečki glas, Ljubljana: 141 s.
- GRDC 2016. Rhizobial inoculants fact sheet. Grain Research & Development Corporation, 4 s. Dostopno na: https://grdc.com.au/__data/assets/pdf_file/0014/117221/rhizobial-inoculants-fact-sheet.pdf
- Jarak, M., Zdravković, M., Djuric, S., Damjanović, M. 2006. Response of beans to inoculation and fertilizers. *Annals of the faculty of engineering Hunedoara*, 4 (3): 61-66.
- Kocjan Ačko, D. in Ačko, A. 2016. Zrnate stročnice. Založba Kmečki glas, Ljubljana: 190 s.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Cambridge s. 201-228.
- Martinez-Romero, E. 2003. Diversity of *Rhizobium-Phaseolus vulgaris* symbiosis: overview and perspectives. *Plant and Soil*, 252:11-23.
- Nutman, P.S. 1976. IBP field experiments on nitrogen fixation by nodulated legumes. V: P.S. Nutman (ed.), *Symbiotic Nitrogen Fixation in Plants*, Cambridge University Press, Cambridge, s. 211-237.
- Statgraphics Centurion XVI. 2009. Statpoint Technologies, Inc. Warrenton, Virginia.
- SURS 2018. Podatkovni portal SI-STAT. Dostopno na: https://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=15P6004S&ti=&path=../Database/Okolje/15_km_etjstvo_ribstvo/04_rastlinska_pridelava/02_15P60_popis_vrtnarstva_2010/&lang=2
- Šenberga, A., Dubova, L., Alsiņa, I., Strauta, L. 2017. *Rhizobium* sp. – a Potential Tool for Improving Protein Content in Peas and Faba Beans. *Rural sustainability research*, 37 (322): 2-9.
- Zahrán, H.H. 1999. *Rhizobium*-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 64 (4): 968-989.

Napoved termina za doseganje tržne mase solate, glede na sorto in termin pridelovanja

Nina KACJAN MARŠIĆ¹⁰⁰, Katarina PAVOVEC¹⁰¹ in Ana SLATNAR¹⁰²

Izveleček

Trženje rozet solate na komad (300-350 g/kos) in ne na kilogram, pomeni za pridelovalce zelenjave precejšnjo težavo, saj težko predvidijo, koliko časa potrebuje solata, da doseže tržno maso. Pomembno je tudi, koliko časa solata ohrani tehnološko zrelost, ob dovoljenem odstopanju v masi do 350 g. V raziskavi smo ugotavljali, koliko časa bodo potrebovale solate treh sort do dosežene tržne mase rozete vsaj 300 g. V poskus smo vključili tri sorte rozetastega tipa solate (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*); 'Myrtel', 'Aquarel' in 'Susybel'. Solato smo pridelovali na prostem, v dveh terminih, april-junij in junij-julij. S pobiranjem prvih tehnološko zrelih solat smo začeli 5 tednov po presajanju, pobirali smo vsak drugi dan, po 15 rozet vsake sorte. Solate, posajene v pomladansko-poletnem terminu, so dosegle tržno maso v 6. tednu po presajanju. Sorte so se razlikovale v trajanju tehnološke zrelosti. Tržne mase rozet sort 'Myrtel' in 'Susybel' smo pobirali 5 dni, sorte 'Aquarel' pa 8 dni. V poletnem terminu pridelave so solate tržno maso dosegle 6 tednov po presajanju pri sortah 'Myrtel' in 'Susybel' in ter 7 tednov pri 'Aquarel'. Rozete s tržno maso do 350 g smo pri sortah 'Myrtel' in 'Susybel' pobirali 7 dni, pri sorti 'Aquarel' pa le 3 dni.

Gljučne besede: solata, *Lactuca sativa* var. *crispa*, masa rozete, čas pobiranja, pridelek.

The prediction of date for to attain the final rosette lettuce mass in terms of cultivar and growing period

Abstract

Selling the lettuce heads/rosettes per piece (300-350 g/piece) not per weight, represents a notable problem for vegetable producers, as it is difficult to predict how much time a different lettuce cultivars need to attain the market weight. It is also important to know, how long can the lettuce maintain the technological maturity, with a tolerance of up to 350 g. We evaluated, how long different lettuce cultivars need to attain market weight of 300 g. Plants were planted outdoor, from April to June and from June to July. Plants were started to harvest; five weeks after the plants were transplanted to the field. Plants were collected every second day, each time 15 plants per cultivar. Lettuce, cultivated in the spring growing period, reached the market weight 6 weeks after transplanting. Cultivars differed in the duration of technological maturity. In the period April-June, the rosettes with a market weight of 'Myrtel' and 'Susybel' were harvested 5 days, and rosettes of 'Aquarel' 9 days. In the period June-July, lettuce reached market weight at 6th weeks ('Myrtel' and 'Susybel') and at 7th weeks ('Aquarel') after transplantation. In summer period, rosettes with a market weight of up to 350 g were harvested 7 days ('Myrtel' and 'Susybel') and only 3 days of cultivar 'Aquarel'.

Key words: lettuce, *Lactuca sativa* var. *crispa*, rosette weight, harvesting date, yield

1 UVOD

Solata (*Lactuca sativa* L.) je ena od najbolj razširjenih vrtnin v pridelavi po vsem svetu, saj njena letna svetovna pridelava obsega 26,7 milijonov (mil.) ton, od tega jo največ pridelajo v Aziji (18 mil. ton), Ameriki (5,06 mil. ton) in Evropi (2,9 mil. ton). Največji pridelovalci so na Kitajskem (14,9 mil. t), sledita ZDA (5,06 mil. ton) ter Indija (730.000 t), v Evropi pa največ solate pridelajo v Španiji (930.000 t), sledjo ji Italija (736.000 t), Nemčija (333.000 t),

¹⁰⁰ Dr. Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: nina.kacjan.marsic@bf.uni-lj.si

¹⁰¹ Študentka

¹⁰² Dr., isti naslov, e-pošta: ana.slatnar@bf.uni-lj.si

Francija (228.000 t) in Velika Britanija (106.000 t). V Avstriji pridelajo letno 48.700 t solate, na Hrvaškem 5.600 t, v Sloveniji pa 21.070 t (FAOSTAT, 2016). Povprečna dnevna poraba solate v Evropi znaša 22,5 g na osebo, in predstavlja 6,5 % celotnega dnevnega obroka zelenjave (WHO, 2013).

Solata je rastlina zmernega podnebja, zato ji za rast najbolj ustrezajo srednje dnevne temperature okrog 23°C, nočne pa okrog 7°C (Krug, 2003). Za optimalno rast ji zadošča 16 urna dnevna osvetlitev s 30-40 W/m², zato je v obdobju z zmanjšano jakostjo osvetlitve potrebno dosvetljevanje (Dorais, 2003). Visoke temperature in dan, daljši od 14 ur pogosto spodbudijo generativni razvoj in nezaželeno uhajanje v cvet, razvoj grenčin, slabšo sklenjenost glav in pogosto tudi odmiranje listnega roba (tipburn) (Krug, 2003).

Solato lahko pridelujemo preko celega leta, v času ugodnih rastnih razmer predvsem na prostem, v manj ugodnem obdobju leta pa v zavarovanih prostorih. Na delovanje okoljskih dejavnikov ne moremo kaj dosti vplivati, lahko pa se prilagodimo z izborom primerne sorte, rastišča in oskrbovalnih ukrepov, kot je namakanje, zastiranje tal s PE zastirko, gojenje na dvignjenih gredicah. Kakovosten pridelek lahko pričakujemo na strukturnih, srednje težkih tleh, ki se hitro ogrejejo. Tla z visoko vsebnostjo soli, predvsem klora, niso primerna za pridelavo solate, saj povzročijo fiziološke motnje (Lešić in sod., 2004).

V pridelavi so najbolj razširjene sorte glavnote solate (*L. sativa* L. var. *capitata*), predvsem tipa krhkolistnih in mehkolistnih solat. Čedalje bolj pa se širi tudi pridelava t.i. Batavia tipa solat, ki predstavlja vmesni tip med maslenkami in kristalkami, vendar je po morfoloških lastnostih bližje kristalkam, z manj mehurjastimi in nazobčanimi listi in manj kompaktno sklenjenimi glavami (Matotan, 2004). Sorte rozetastega tipa solat (*L. sativa* L. *crispa*), se zaradi praktičnosti glede pridelave in tržnih lastnosti čedalje pogosteje pridelujejo tudi pri nas. Odlikuje jih lastnost, da ne tvorijo glav, ampak le kompaktno rozeto iz krhkih, mehurjastih listov, ki imajo pogosto močno nazobčan listni rob, ki je od temno do svetlo zeleno obarvan. Glede na dolžino rastne dobe ter odpornosti na temperaturna nihanja in dolžino dneva, ločimo sorte za spomladansko, poletno, jesensko ali zimsko pridelavo (Lešić in sod., 2004).

S pestrejšim naborom sort si pridelovalci lahko podaljšajo svojo prisotnost na trgu, vendar pa je zanj pomembno, da poznajo sorto, in njene tržne lastnosti v danih rastnih razmerah. Da je solata pravočasno primerna za trg, je nujno, da pridelovalci vedo, koliko časa solata potrebuje za doseganje tržne mase in da pri tem upošteva pestrost sort, dejavnike okolja in termin, v katerem bo solato prideloval.

V raziskavi nas je zanimalo, v kolikšnem času bodo rozete solate dosegle maso 300 g in koliko časa se bo tržno primerna masa (300 g ± 10 %) ohranila (SIST ISO 3814..., 2000; ISO 1234/2007, 2007). Termin pobiranja smo ugotavljali za 3 sorte rozetastega tipa solat, ki so na voljo na slovenskem tržišču. Pridelovalna termina sta bila dva: spomladansko-poletni in poletni.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poskus smo izvedli na posestvu vrtnarske kmetije v Podgorici pri Črnučah, (46°S in 14°V, 280 m.n.m.). Po kemijski analizi tal so bila tla na polju lahka do srednje težka in so vsebovala 31 mg/100 g tal dostopnega P₂O₅, in 30 mg /100 g tal dostopnega K₂O. Tla so imela pH 7,1. Predhodni posevek pri prvem terminu sajenja je bil visoki in nizki fižol, v obdobju poletje/jesen 2016, od jeseni 2016 do spomladi 2017 pa je bil del njive, kjer je potekal poskus, prazen. Predhodni posevek pri drugem terminu je bila nadzemna zelena kolerabica (pomlad 2017). Za oba termina pridelave so bila tla obdelana z gredičarjem na isti dan, ko se je nato sadilo. Gredice so bile široke 120 cm, na njih smo v štirih vrsticah s sadilnikom Hortech

posadili sadike solat, na razdaljo 30 cm × 30 cm. Sadike smo sadili v treh ponovitvah, v vsaki ponovitvi je bilo 60 rastlin. Sadike smo presadili v fazi razvoja 5 do 6 lista. Za spomladansko-poletni termin pridelave smo sadike vzgojili v rastlinjaku Biotehniške fakultete, za poletni termin pa v plastenjaku na vrtnarski kmetiji. V poskus smo vključili 3 sorte rozetastega tipa solate: 'Aquarel', 'Myrtel' in 'Susybel' (Bejo Zaden, 2015). Vse tri sorte solate so v tipu gentila in oblikujejo kompaktne rozete s skodranimi listi. Sorti 'Aquarel' in 'Myrtel' sta primerni za pridelavo od pomladi do jeseni, sorta 'Susybel' pa je primernejša za zgodnje spomladansko in jesensko pridelavo. V spomladansko poletnem terminu smo poskus zasnovali 12. 4. 2017 in takoj po presaditvi rastlin na gredico solato prekrili s prekrivko iz polipropilena. Solato smo enkrat strojno okopali in enkrat dognajili s KAN-om (v 4. tednu po presajanju) v količini 40 kg N/ha. Glede na zalogo hranil v tleh, osnovno gnojenje ni bilo potrebno. Rastline smo redno namakali z razpršilci, glede na potrebe rastlin in v skladu z vremenskim dogajanjem. Solato smo začeli pobirati 18. 5. 2017. Pobirali smo vsak drugi dan, vse do 6. 6., skupaj smo opravili 9 pobiranj. V poletnem terminu smo sadike solate presadili na gredico 2. 6. 2017 in jih po potrebi namakali. Solato smo 5. 7. 2017 dognajili z dušikom v obliki KAN-a, v količini 40 kg N/ha in 10. 7. 2017 ročno okopali. Varstvo pred boleznimi in škodljivci ni bilo potrebno, Prvič smo solato pobirali 7. 7. 2017. Tudi v drugem terminu gojenja smo solato pobirali vsak drugi dan, vse do 27. 7. 2017 in opravili 10 pobiranj. S pobiranjem solat smo začeli v petem tednu po presajanju rastlin na prosto in pri vsakem pobiranju pobrali po 5 solat z vsake ponovitve, skupno 15 solat na posamezno sorto z namenom, da ugotovimo, kdaj doseže maso 300 g.. Pobiranje solat smo začeli na začetku vsake parcele in rozete pobirali po vrsti. Poškodovanih in zakrnelih rastlin nismo vzorčili. Vsaki rastlini smo očistili prst s korenin in stehali celo rastlino (s korenino), nato samo stehali nadzemni del rastline, maso očiščene rastline, ki je predstavljala tržno maso, pa smo dobili po odstranitvi uvelih in poškodovanih listov. Vremenske razmere v rastni dobi solate so prikazane v preglednici 1.

Preglednica 1: Vremenske razmere v času trajanja poskusa s solato, Podgorica, Ljubljana – Črnuče (ARSO, 2017)

Mesec	Povprečna srednja dnevna T (C°)		Povprečna T (°C)		Količina padavin (mm)		Št. dni s padavinami
	2017	1981-2011	Max.	Min.	2017	(1981-2011)	
April	10,85	10,9	15,58	6,49	152,2	100,86	12
Maj	16,92	16,0	22,66	11,24	71,6	104,20	15
Junij	21,73	19,1	27,77	15,97	149,5	144,07	10
Julij	22,93	21,2	29,01	16,61	73,0	119,90	10

V času trajanja poskusa, so bile temperature blizu dolgoletnega povprečja, le v juniju in juliju je povprečna dnevna temperatura presegla dolgoletno povprečje za 2,6°C oz. 1,7 °C. Povprečne maksimalne temperature zraka so bile med 20 in 30 °C, povprečne minimalne pa med 6,5 in 16,6 °C. Deževnih dni ni bilo veliko. V maju, ko je bilo največ deževnih dni, pa količina padavin na dan, ko je deževalo ni presegla 5 mm. Več padavin je padlo le v aprilu, kar 50% več od dolgoletnega povprečja. Kot referenčno meteorološko postajo smo vzeli Ljubljana-Bežigrad (ARSO, 2017).

Pričakovan pridelek na hektar smo izračunali tako, da smo upoštevali površino in povprečno maso solat, ki so ustrezale naši zeleni masi (vsaj 300 g) in od dobljenega rezultata odšteli 20 % za vozne poti.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

V preglednicah 2-4 so prikazani rezultati meritev mase rastlin po terminih pobiranja. S sivo je označen časovni termin, ko je solata dosegla želeno tržno maso (300 ± 50 g).

Preglednica 2: Povprečna masa (g) rozet solate ter odstotni delež tržnega dela rastline za spomladansko-poletni termin pridelovanja solat na prostem, Podgorica, Ljubljana-Črnuče, 2017

Datum meritve	Tedni po presajanju	Sorta					
		'Myrtel'		'Susybel'		'Aquarel'	
		Masa očiščene rastline (g)	% tržnega dela rastline	Masa očiščene rastline (g)	% tržnega dela rastline	Masa očiščene rastline (g)	% tržnega dela rastline
18. 5.	5	84,7	81,8	112,0	91,3	84,27	90,7
20. 5.	5	212,5	93,0	231,5	96,9	265,2	93,9
22. 5.	5	181,2	90,2	229,2	92,4	211,9	94,1
24. 5.	6	239,4	89,6	268,5	95,9	276,5	92,7
26. 5.	6	242,7	91,1	303,6	93,2	297,7	91,2
28. 5.	6	292,2	94,0	304,4	86,2	305,6	92,7
30. 5.	6	321,0*	87,1	282,9	85,0	317,5	93,3
1. 6.	7	307,0	89,1	225,1	89,2	333,9	83,3
6. 6.	7	258,6	85,9	285,1	78,4	356,5	82,6
Povp.		237,8	89,1	249,1	89,8	272,1	90,5

*Senčeno mesto v preglednici pomeni obdobje, ko je masa nadzemnega dela solat dosegla ali preseгла maso 300 g.

Preglednica 3: Povprečna masa (g) rozet solate ter odstotni delež tržnega dela rastline za poletni termin pridelovanja solat na prostem, Podgorica, Ljubljana-Črnuče, 2017

Datum meritve	Tedni po presajanju	Sorta					
		'Myrtel'		'Susybel'		'Aquarel'	
		Masa očiščene rastline (g)	% tržnega dela rastline	Masa očiščene rastline (g)	% tržnega dela rastline	Masa očiščene rastline (g)	% tržnega dela rastline
7. 7.	4	57,07	89,0	27,6	87,5	89,3	94,0
11. 7.	5	102,33	84,7	76,2	90,9	125,1	83,5
13. 7.	5	134,67	86,1	109,9	91,3	201,7	85,9
15. 7.	5	163,93	89,1	132,8	90,6	179,5	84,8
17. 7.	6	231,07	84,5	188,0	85,6	180,6	84,5
19. 7.	6	268,53	85,4	207,3	84,2	207,3	88,9
21. 7.	6	270,13	85,8	275,0	88,6	218,6	83,2
23. 7.	7	286,0	88,8	295,4	90,2	271,5	89,9
25. 7.	7	305,47	91,1	313,5	90,0	328,9	91,8
27. 7.	7	323,53	87,2	326,8	87,4	378,3	89,9
Povp.		214,3	87,2	195,3	88,6	218,1	87,6

V preglednici 4 je prikazan predviden pridelek za posamezno sorto, za spomladansko-poletni in poletni termin pridelave, za tri sorte solate, Podgorica, Ljubljana Črnuče, 2017.

Preglednica 4: Predviden pridelek solate za posamezno sorto v obeh terminih

Termin pridelave	Pridelek (t/ha)		
	'Myrtel'	'Susybel'	'Aquarel'
1. termin	26	27	28
2. termin	27	28	29

V našem poskusu smo ugotovili, da potrebuje solata v spomladansko-poletnem obdobju, od presajanja do zelene mase, v povprečju 6 tednov, v poletnem obdobju pridelovanja pa v povprečju 7 tednov. Na rast in razvoj solate ima temperatura pomemben vpliv (Welbaum, 2014), kar se je v našem poskusu izkazalo predvsem pri hitrosti dospelja do tehnološke zrelosti in nadaljnjem pridobivanju na masi. V začetnem obdobju pobiranja (med 6. in 7. tednom) so temperature zraka naraščale tako, da je bila maksimalna dnevna temperatura med 25 in 31 °C, kar je pri rastlinah sort 'Myrtel' in 'Susybel' povzročilo venenje nadzemnega dela rastlin, s tem pa je bilo upočasnjeno tudi nadaljnje pridobivanje na masi rozete. V poletnem terminu so bile maksimalne temperature zraka v času rasti solat še višje, gibale so se med 25 in 34 °C, kar je podaljšalo čas dospelja v želeno tehnološko zrelost na 7. tednov po presajanju. V prvem terminu je najmanjšo povprečno maso (237 g) dosegla sorta 'Myrtel', v drugem terminu pa sorta 'Susybel' (195,3 g).

V prvem terminu pridelave smo pri sorti 'Myrtel', rozete z želeno povprečno maso, dobili pri 7. pobiranju oz. 48 dni po presajanju, v drugem terminu pa pri 9. pobiranju oz. 53 dni po presajanju. Sorta je bila tudi zelo občutljiva na visoke temperature, saj so se znaki venenja pokazali takoj, ko so temperature presegle 30 °C. Pričakovan pridelek rozet solate 'Myrtel' bi bil v spomladansko-poletnem obdobju pridelave 26 t/ha, v poletnem 27 t/ha. Rozete z želeno tržno maso smo v obeh obdobjih pridelave pobirali 7 dni.

Rozete sorte 'Susybel' so najhitreje pridobivale na masi in razvile največje rozete, vendar se je njihova rast z višanjem temperature, upočasnila. V prvih dneh po presajanju, so bile razlike v velikosti rozet, v primerjavi z ostalima dvema sortama, zelo očitne, vendar je prišlo na polovici pobiralnega obdobja do izenačenja mas, in nato pri sorti 'Susybel' do nadaljnjega zmanjševanja mas. V poletnem terminu pridelave so rastline še počasneje pridobivale na masi rozete, kar bi lahko pripisali visokim temperaturam, saj je v opisu sorte navedeno, da je primerna predvsem za spomladansko in jesensko pridelovanje (Bejo Zaden, 2015). V povprečju so rastline dosegle želeno maso šele pri 9 pobiranju, oz. 53 dni po presajanju. Rozete s tržno maso smo v prvem terminu pobirali 5 dni, v drugem pa 7 dni.

Pri sorti 'Aquarel' smo dobili najboljše rezultate glede doseganja zelene mase rozet. V začetku razvoja so rastline počasi pridobivale na masi, vendar je bila sorta kmalu najboljša, z največjimi rozetami, ki so se kljub visoki temperaturi, dobro razvijale in ohranile čvrstost in svežino. Rozete z želeno povprečno tržno maso smo pri sorti 'Aquarel' dobili pri 6. pobiranju oz. 46 dni po presajanju, pri zadnjem pobiranju so največje solate dosegle maso tudi do 600 g. Tudi v drugem terminu pridelave so imele rozete sorte 'Aquarel' največje mase, vendar so želeno povprečno tržno maso dosegle v 9. pobiranju oz. 53 dni po presajanju, enako kot ostali dve sorti. V nadaljevanju so rozete nekoliko počasneje pridobivale na masi, vendar kljub visokim poletnim temperaturam, ohranile čvrstost. V prvem terminu smo solate sorte 'Aquarel' z želeno povprečno maso rozete pobirali 8 dni, v drugem terminu pa le 3 dni, kasneje so mase

presegle maso 370 g/rozeto. Pričakovan pridelek solate sorte 'Aquarel' je bil v prvem terminu pridelave 27 t/ha, v drugem terminu pa 28 t/ha.

Pridelek solat, ki smo ga dosegli v naši raziskavi, je po količini primerljiv z rezultati podobnih raziskav, izvedenih v slovenskem pridelovalnem območju. Logar (1997) poroča, da so bili pridelki solate sorte 'Ljubljanska ledenka', v poskusu z različnimi načini organskega gnojenja največji pri gojenju s hlevskim gnojem (25,8 t/ha), nekoliko manjši pri gnojenju z biopostom (20,1 t/ha) in podorom (17,1 t/ha) in najmanjši pridelek pri gnojenju z biosolom (12,1 t/ha). Glede na rezultate sortnih poskusov, izvedenih na Kmetijskem inštitutu Slovenije, smo v našem poskusu dobili nekoliko manjše pridelke. Pri spomladanskem terminu pridelave so dosegli pridelke od 20 t/ha (sorta 'Marija') do 43 t/ha (sorta 'Dalmatinska ledenka'), pri poletnem terminu so bili, podobno kot pri nas, pridelki nekoliko manjši in so se gibali od 11 t/ha (sorta 'Vegorka') do 34 t/ha (sorta 'Trnovska ledenka') (Rezultati sortnih poskusov zelenjadnicami v letu 2016, 2016).

4 SKLEPI

Z našo raziskavo smo ugotovili, da se čas, ki ga posamezne sorte solate potrebujejo za doseganje želene tržne mase, razlikuje glede na sorto in termin pridelave. Močan vpliv na razvoj in rast rastlin imajo tako genotip, kot tudi okoljski dejavniki. V našem primeru je bila to predvsem temperatura. Rastline sorte 'Susybel' so imele takoj po presaditvi rastlin na prosto, hitro rast, vendar so jim visoke temperature preprečile nadaljnje pridobivanje mase. Rastlinam sorte 'Aquarel' visoke temperature niso ovirale razvoja rozet, saj so bile te velike in čvrste, v obeh obdobjih pridelovanja. Sklepamo, da je sorta 'Susybel' primernejša za spomladansko pridelavo, sorta 'Aquarel' pa je primerna tako za pomladansko kot tudi poletno-pridelovanje. Sorta 'Myrtel' je bila po hitrosti rasti podobna sorti 'Aquarel', le da razvije nekoliko manjše rozete. V prvem terminu pridelave so sorte dosegle nekoliko večje mase rozet. Obdobja, ko so rastline primerne za trženje ($300 \text{ g} \pm 10 \%$) se pri rozetastem tipu solat gibljejo med 3 in 8 dni, glede na sorto in obdobje pridelave, kar še dodatno potrjuje pomembnost terminskega načrtovanja saditve solate pri pridelovalcih, kjer je njihov odkup solate vezan na kose. Samo tako je mogoče zagotoviti neprekinjeno oskrbo tržišča z solato primerne tržne mase.

5 LITERATURA

ARSO, 2017.

<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/#webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEGcw9ydlJWblR3LwVnaz9SYtVmYh9iclFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5WahxXYyNGapZXZ8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZulWYnwCchJXYtVGdJnOn0UQQdSf.> (10. 7. 2018)

Bejo Zaden. Asortiment solat 2016-2017. 2015. Ljubljana. Agrocasol Plus, Bejo Zaden: 16 str.

Dorais, M. 2003. The use of supplemental lighting for vegetable crop production: light intensity, crop response, nutrition, crop management, cultural practices. In Canadian Greenhouse Conference, 9.

FAOSTAT, 2013. The FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)

Statistical Database. Retrieved from <http://faostat.fao.org>. Accessed on 1.2.2015

ISO 1234. Določitev podrobnih pravil za uporabo Uredbe Sveta (ES) za sektorja sadja in zelenjave ter predelane sadja in zelenjave. 2007: 163 str.

SIST ISO 3814. Pravilnik o kakovosti solate, kodrolistne endivije in endivije eskariol, stran 10026. 2000

Logar, S. 1997. Vpliv organskih gnojil na rast in pridelek solate (*Lactuca sativa* L.) cv. 'Ljubljanska ledenka'. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 104 str.

-
- Krug, H., H.-P. Liebig, H. Stützel, 2003. Gemüseproduktion: Ein Lehr- und Nachschlagewerk für Studium und Praxis. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg. 514 p.
- Matotan, Z. 2004. Suvremena proizvodnja povrća (Biblioteka Hrvatsko obiteljsko gospodarstvo. Edicija Priručnici). Zagreb, Nakladni zavod Globus: 448 str.
- Rezultati sortnih poskusov zelenjadnicami v letu 2016. 2016, Solata – Jابلje. Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana. (http://www.kis.si/f/docs/Zelenjadnice/Solata-Slovenske_sorte.pdf) (6.9.2018)
- Lešić R., Borošić J., Buturac I., Herak-Ćustić M., Poljak M., Romić D. 2004. Povrćarstvo. II. Dopunjeno izdanje, Zrinski, Čakovec: 647 str.
- Welbaum, G. E. 2015. Vegetable production and practices, 486 str.
- WHO, 2003. GEMS/Food regional diets: regional per capita consumption of raw and semi-processed agricultural commodities. Geneva.

Vpliv termina pridelave različnih sort solate (*Lactuca sativa* L.) in motovilca (*Valeriana locusta* L.) na barvne parametre ter relativno vsebnost klorofila

Lovro SINKOVIČ¹⁰³, Mojca ŠKOF¹⁰⁴ in Kristina UGRINOVIČ¹⁰⁵

Izvleček

Poskusi, v katerih smo primerjali vpliv termina pridelave pri različnih lokalnih sortah solate in motovilca na barvne parametre ter relativno vsebnost klorofila, so potekali na poskusnih poljih Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah pri Domžalah. V raziskavo je bilo vključenih 16 sort solate in 6 sort motovilca. Primerjali smo tri termine pridelave pri solati: spomladanski termin v plastenjaku in na prostem ter jesenski termin v plastenjaku in pri motovilcu: spomladanski termin v plastenjaku in na prostem ter jesenski termin na prostem. Barvo listov solat in motovilcev smo ovrednotili v vsakem terminu v fazi zrelosti pred spravilom s Chroma metrom z barvnimi parametri L^* , a^* in b^* , relativno vsebnost klorofila pa z merilnikom klorofila SPAD-502Plus. Barvni parametri CIELAB in SPAD indeks, tj. relativna vsebnost klorofila, se značilno razlikujejo tako med sortami solate in motovilca kot med različnimi termini pridelave. Solata in motovilec sta imela značilno višjo vrednost parametra C^* (barvna čistost) pri spomladanski pridelavi v plastenjaku. Pri motovilcu je bila relativna vsebnost klorofila v visoki korelaciji z barvnimi parametri. Relativna vsebnost klorofila v listih solate je bila značilno višja pri sortah 'Posavka', 'Dalmatinska ledenka', 'Šempetrka' in '15/1/4 KIS15'; v listih motovilca pa pri sortah 'Verte de Cambrai' in 'Gala'. Iste sorte solate ali motovilca, pridelane na prostem, so v listih vsebovale več klorofila kot pridelane v plastenjaku.

Ključne besede: solata, motovilec, klorofil, termin pridelave, barvni parametri.

Cultivation period influence of different lettuce (*Lactuca sativa* L.) and lamb's lettuce (*Valeriana locusta* L.) cultivars on colour parameters and relative chlorophyll content

Abstract

The experiments, in which we compared the cultivation period of different local varieties of lettuce and lamb's lettuce on the colour parameters and relative content of chlorophyll, were performed in the experimental fields of the Agricultural Institute of Slovenia. In the study were included 16 varieties of lettuce and 6 varieties of lamb's lettuce. Three cultivation periods were compared, i.e. for the lettuce: the spring term in greenhouse and outdoor and the autumn term in greenhouse, and for lamb's lettuce: the spring term in greenhouse and outdoor and the autumn term outdoor. The colour of lettuce and lamb's lettuce leaves were evaluated at each cultivation period at maturity stage prior to harvesting with the Chroma meter with colour parameters L^* , a^* and b^* , and the relative chlorophyll content with the SPAD-502Plus chlorophyll meter. Colour parameters CIELAB and SPAD index, i.e. the relative content of chlorophyll, differs significantly between the lettuce and lamb's lettuce varieties and between different cultivation periods. The lettuce and lamb's lettuce from spring cultivation in greenhouse had significantly higher values of the parameter C^* . The relative content of chlorophyll was highly correlated with colour parameters. The relative content of chlorophyll in lettuce leaves was significantly higher for the varieties 'Posavka', 'Dalmatinska ledenka', 'Šempetrka' and '15/1/4 KIS15'; and in the leaves of lamb's lettuce for the varieties 'Verte de Cambrai' and 'Gala'. The same varieties of lettuce or lamb's lettuce grown outside contained higher chlorophyll content in the leaves, as those produced in greenhouse.

Key words: lettuce, lamb's lettuce, chlorophyll, cultivation time, colour parameters.

¹⁰³ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: lovro.sinkovic@kis.si

¹⁰⁴ Univ. dipl. inž. agr., isti naslov, e-pošta: mojca.skof@kis.si

¹⁰⁵ Dr., isti naslov, e-pošta: kristina.ugrinovic@kis.si

1 UVOD

Solata (*Lactuca sativa* L.) in motovilec (*Valeriana locusta* L.) sta ekonomsko pomembni solatnici po vsem svetu, ki sta v zadnjih letih postali dostopni potrošnikom skozi vse leto (Mampholo in sod., 2016; Nicolle in sod., 2004). V Sloveniji sta priljubljeni zelenjadnici, ki ju pridelujemo skoraj v vsakem vrtu, vedno več pa tudi v tržni pridelavi. V letu 2017 smo solato pridelovali na 738 ha površin in motovilec na 85 ha (SI-STAT, 2018). Površine, zasajene s solato, se od 90. let prejšnjega stoletja vsakoletno povečujejo, pri motovilcu pa se podatki o pridelavi beležijo šele od popisa tržnega vrtnarstva v letu 2011. Na teh površinah smo pridelali 10.552 ton solate, od tega 3.891 ton na 191 ha v tržni pridelavi, medtem ko je ostalo predstavljala tradicionalna vrtničarska pridelava. Motovilca smo pridelali 463 ton, od tega 101 tona na 15 ha v tržni pridelavi. Povprečni pridelek je še vedno precej odvisen od rastne sezone, vremenskih razmer in tehnologije pridelave ter pri solati znaša 14–20 t/ha in pri motovilcu 5–7 t/ha (SI-STAT, 2018). Delež samooskrbe s svežo zelenjavo, vključno s solato in motovilcem, je v zadnjih letih znašal okrog 50 %, zato je delež uvoza še vedno visok (Zagorc in sod., 2017).

V Sloveniji ima pridelava solate in motovilca zelo dolgo tradicijo, na kar kažejo tudi številne lokalne sorte. Glede na podnebne razmere in prehranske značilnosti različnih regij se je v Sloveniji skozi desetletja oblikovalo večje število lokalnih sort in populacij solate ter motovilca, številne tuje pa so se pri nas udomačile in so v pridelavi za samooskrbo prisotne že desetletja. Na Slovenski sortni listi je bilo v letu 2018 vpisanih štirinajst lokalnih sort solate: 'Anna', 'Belokriška', 'Bistra', 'Dalmatinska ledenka', 'Leda', 'Ljubljanska ledenka', 'Majska kraljica', 'Marija', 'Mima', 'Posavka', 'Šempetrka', 'Trnovska ledenka', 'Unicum' in 'Vegorka'; ter tri sorte motovilca: 'Ljubljanski', 'Pomladin' in 'Žličar' (Sortna lista..., 2018). V tržni pridelavi so lokalne sorte, predvsem zaradi manjših pridelkov in večje občutljivosti na nekatere bolezni, zastopane v manjši meri.

Za potrošnike je barva med najpomembnejšimi senzoričnimi parametri pri izbiri in sprejemljivosti solate oziroma motovilca (Colonna in sod., 2016). Preferenca barve je sicer subjektivna, vendar potrošniki barvo zelenjave povezujejo s svežostjo (Lee in sod., 2013). Barva je pomemben parameter kakovosti zelenjave, ki je odvisna od kemijskih, biokemijskih, mikrobioloških in fizikalnih sprememb, ki se pojavijo med rastjo, zorenjem, ravnanjem po pobiranju in med predelavo (Pathare in sod., 2013). Barvo lahko opišemo z različnimi barvnimi koordinatnimi sistemi, med katerimi se za hrano najpogosteje uporabljajo L^* , a^* in b^* parametri (CIE, Commission Internationale de l'Eclairage's) (Marković in sod., 2013). Po CIE konceptih ima človeško oko tri barvne receptorje – rdeče, zelene in modre – in vse barve so kombinacija le-teh. CIE $L^*a^*b^*$ je bil oblikovan leta 1976 in zagotavlja bolj enakomerne barvne razlike primerljive človeškemu zaznavanju razlik. Vrednosti L^* , a^* , b^* opišejo tridimenzionalni barvni prostor, v katerem L^* opisuje svetlost barve od 0 (popolnoma črna) do 100 (popolnoma bela), a^* opisuje pozicijo med rdečo (pozitivne vrednosti [+60]) in zeleno (negativne vrednosti [-60]), ter b^* pozicijo med rumeno (pozitivne vrednosti [+60]) in modro (negativne vrednosti [-60]). Parameter *hue* pomeni barvni ton, parameter *Chroma* (C^*) pa barvno čistost (Pathare in sod., 2013).

V naši raziskavi smo želeli primerjati barvne parametre in relativno vsebnost klorofila v listih različnih lokalnih sort solate ter motovilca, pridelanih v različnih terminih v zaščitenem prostoru (tj. plastenjak) ali na prostem. Pridobljeni rezultati bodo objektivna podpora vizualni oceni barve, ki jo je pri različnih sortah solate in motovilca pridelanih v različnih terminih sicer težko primerjati.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poljski poskusi, v katerih smo primerjali vpliv termina pridelave različnih sort solate in motovilca, so potekali v letu 2017 na poskusnih poljih Kmetijskega inštituta Slovenije (KIS) v Jابلjah pri Mengšu. Tla na katerih so potekali poskusi so bila globoka, težka, blago alkalna (pH 7,3 v plastenjaku; pH 7,4 na prostem) in s K_2O (razred C) ter P_2O_5 (razred D) tako v plastenjaku kot na prostem čezmerno založena. V plastenjaku je bila vsebnost organske snovi v tleh 3,8 %, na prostem pa 3,5 %. Poskusi so bili zasnovani kot naključni bloki v treh ponovitvah. V poskuse je bilo vključenih 14 lokalnih sort solate: 'Vegorka', 'Bistra', 'Mima', 'Unicum', 'Leda' (Semenarna Ljubljana), 'Ljubljanska ledenka', 'Belokriška' (KIS), 'Pavlinčica' (Verti), 'Posavka', 'Dalmatinska ledenka', 'Marija' (Sativa), 'Trnovska ledenka' (Vrtnarstvo Pustovrh), 'Šempetrka' (Osvald), 'Anna' (Vrtnarstvo Druzovič) in 2 selekciji 8/1/7 KIS15, 15/1/4 KIS15 (KIS) ter 6 sort motovilca: 'Ljubljanski', 'Žličar', 'Pomladin' (Semenarna Ljubljana), 'D'Olanda', 'Verte de Cambrai' (Sativa), 'Gala' (Clause).

Primerjali smo tri termine pridelave pri solati: spomladanski termin v plastenjaku (1), spomladanski termin na prostem (2) in jesenski termin v plastenjaku (3), ter pri motovilcu: spomladanski termin v plastenjaku (1), spomladanski termin na prostem (2) in jesenski termin na prostem (3). Sadike solate smo vzgojili v polistirenskih gojitvenih ploščah (104 celice) v ogrevanem plastenjaku. Setev za vzgojo sadik za spomladanska termina smo opravili v začetku februarja (01.02.2017), presajanje v plastenjak (16.03.2017) in na prosto v marcu (21.03.2017), ter izvedbo meritev ob tehnološki zrelosti tik pred pobiranjem pridelka v aprilu (21.04.2017 – plastenjak) in v maju (19.05.2017 – na prostem). Za jesenski termin smo setev za vzgojo sadik opravili v juliju (24.07.2017), presajanje v plastenjak v avgustu (18.08.2017) in izvedbo meritev pred pobiranjem pridelka v začetku oktobra (04.10.2017). Sadike smo sadili v tri-vrstne pasove na razdalji 30 cm × 30 cm in velikostjo osnovne parcele 2,7 m². Ob jesenskem oranju smo tla pognojili z 20 t/ha govejega hlevskega gnoja, spomladi pred presajanjem za prvi termin dodali še 102 kg/ha N, 60 kg/ha P_2O_5 , 270 kg/ha K_2O (dognojevanje 19 kg/ha N, 6 kg/ha P_2O_5 , 20 kg/ha K_2O in 3 kg/ha MgO) za drugi termin 28 kg/ha N, 80 kg/ha P_2O_5 , 120 kg/ha K_2O (dognojevanje 45,9 kg/ha N), in za jesenski tretji termin 60 kg/ha N, 60 kg/ha P_2O_5 , 240 kg/ha K_2 (dognojevanje 54 kg/ha N).

Setev motovilca za spomladanska termina smo opravili v marcu (10.03.2017 – plastenjak, 21.03.2017 – na prostem) in za jesenski termin na prostem v avgustu (18.08.2017); redčenje posevka (07.04., 11.05 in 24.10.2017) ter izvedbo meritev pred pobiranjem pridelka pa v posameznih terminih (21.04., 19.05. in 16.11.2017). Gostota posevka je bila 15 cm × 3 cm in velikost osnovne parcele 1,5 m². Tla za vse tri termine smo pripravili kot pri solati, za dognojevanje pa smo uporabili 28,5 kg/ha N, 9 kg/ha P_2O_5 , 30 kg/ha K_2O in 4,5 kg/ha MgO (prvi termin); 45,9 kg N/ha (drugi termin) in 18 kg N/ha (tretji termin). Gnojili smo v skladu z založenostjo tal in pričakovanim pridelkom za določen termin pridelave. Oskrba poskusov je potekala v skladu z uveljavljeno agrotehniko in je vključevala predvsem redno okopavanje ter pletje in namakanje.

Barvo listov solate in motovilca smo ovrednotili v fazi zrelosti pred pravilom z uporabo prenosnega Chroma metra (Minolta CR-400, Kyoto, Japonska). Premer merilne odprtine je bil 8 mm, instrument pa je bil pred vzorčenjem listov kalibriran s standardno belo ploščo Minolta. Posamezni odčitki znotraj vsake sorte in ponovitve v vsakem od terminov so bili vzeti na zgornji površini naključno izbranih listov na sredini med apikalnim ter bazalnim koncem ($n = 45$). Iz pridobljenih podatkov za parametre L^* , a^* in b^* smo izračunali parameter *Chroma* (C^*) po formuli $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ in parameter *hue* po formuli $\tan^{-1}(b^*/a^*)$. Rezultati so prikazani kot povprečje vseh meritev pri posamezni sorti v vsakem od terminov. Za merjenje

relativne vsebnosti klorofila v listih smo uporabili merilnik klorofila SPAD-502Plus (Konica-Minolta, Osaka, Japonska). Meritve smo opravili na zgornji površini desetih naključno izbranih listov pri vsaki ponovitvi in dobili povprečni SPAD indeks, tj. relativno vsebnost klorofila v listih. Rezultati so podani kot povprečje vseh meritev pri posamezni sorti v vsakem terminu ($n = 30$).

Zbrane rezultate smo statistično ovrednotili s pomočjo programa Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Centurion, 2009). Statistično značilnost razlik med sortami in termini pridelave smo določili z analizo variance (ANOVA) za dvofaktorski poskus (sorta, termin), značilnost razlik med povprečji posameznih sort in terminov pridelave pa z Duncanovim testom. Vsa testiranja smo opravili pri 95-odstotnem zaupanju ($P < 0,05$).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Kakovost solate in motovilca je določena z lastnostmi, pomembnimi za trženje, med katerimi je ključen videz oziroma izgled. S tem namenom smo ovrednotili barvo različnih lokalnih sort solate in motovilca. Barvni parametri CIELAB in SPAD indeks, tj. relativna vsebnost klorofila, so se značilno razlikovali tako med sortami solate in motovilca kot med različnimi termini pridelave. V preglednici 1 so prikazani rezultati barvnih parametrov L^* , a^* , b^* , C^* , hue in relativnih vsebnosti klorofila v 16 sortah solate v treh različnih terminih pridelave. Pri parametru L^* (svetlost barve) je bila ne glede na termin pridelave značilno najvišja vrednost v listih solate pri sorti 'Ljubljanska ledenka'. Parameter a^* (pozicija med rdečo in zeleno) je imel značilno najvišjo negativno vrednost pri sorti 'Unicum' in parameter b^* (pozicija med rumeno in modro) značilno najvišjo pozitivno vrednost pri sorti 'Belokriška'. Glede na termin pridelave sta bila parametra L^* in b^* značilno najvišja v spomladanskem terminu v plastenjaku (termin 1) ter a^* (negativna vrednost) v jesenskem terminu v plastenjaku (termin 3). Najvišja vrednost C^* je bila določena pri sorti 'Belokriška' (34,83), najnižja pa pri sorti 'Mima' (27,52). Parameter C^* je bil ne glede na sorto najvišji v spomladanskem terminu pridelave v plastenjaku (32,90) in najnižji v spomladanskem terminu na prostem (31,90). Najvišja vrednost hue je bila določena pri sorti 'Belokriška' (65,78), najnižja pa pri sorti 'Mima' (59,21). Pri vseh sortah solate, z izjemo 'Anne', je bil parameter hue najvišji v spomladanskem terminu pridelave v plastenjaku (termin 1).

Relativna vsebnost klorofila v listih solate je bila ne glede na termin pridelave značilno najvišja pri sortah 'Posavka', 'Dalmatinska ledenka', 'Šempetrka' in '15/1/4 KIS15', najnižja pa pri sortah 'Ljubljanska ledenka', 'Vegorka', 'Belokriška' in 'Unicum'. Glede na termin pridelave je bila značilno višja relativna vsebnost klorofila v listih solat pridelanih v spomladanskem terminu na prostem (termin 2) v primerjavi z ostalima terminoma, kjer je pridelava potekala v plastenjaku (termin 1 in termin 3).

Preglednica 1: Kvantifikacija barve in klorofila pri različnih sortah solate v različnih terminih pridelave (1-spomladanski termin v plastenjaku, 2-spomladanski termin na prostem, 3-jesenski termin v plastenjaku)

Sorta	Termin	L^*	a^*	b^*	C^*	hue	Klorofil
Posavka	1	44,77 $\pm$ 3,52	-14,45 $\pm$ 1,35	24,86 $\pm$ 2,13	28,77 $\pm$ 2,38	59,82 $\pm$ 1,65	31,40 $\pm$ 0,88
	2	45,02 $\pm$ 3,27	-13,43 $\pm$ 1,18	24,33 $\pm$ 2,09	27,82 $\pm$ 1,95	61,02 $\pm$ 2,89	34,00 $\pm$ 0,73
	3	44,48 $\pm$ 3,34	-14,88 $\pm$ 0,90	24,47 $\pm$ 2,16	28,65 $\pm$ 2,15	58,61 $\pm$ 1,83	33,13 $\pm$ 1,27
	Povprečje _{sorta}	44,80 b	-14,26 abc	24,59 b	28,45 b	59,83 b	32,84 i
Vegorka	1	50,09 $\pm$ 4,29	-13,94 $\pm$ 1,69	29,96 $\pm$ 2,59	33,07 $\pm$ 2,82	65,05 $\pm$ 2,18	16,60 $\pm$ 1,04
	2	47,31 $\pm$ 3,83	-12,43 $\pm$ 1,83	28,11 $\pm$ 2,55	30,78 $\pm$ 2,64	66,13 $\pm$ 3,11	19,30 $\pm$ 0,22
	3	49,10 $\pm$ 2,79	-14,77 $\pm$ 1,13	28,47 $\pm$ 1,83	32,09 $\pm$ 1,94	62,56 $\pm$ 1,66	17,93 $\pm$ 0,21
	Povprečje _{sorta}	48,81 d	-13,72 ef	28,84 e	31,98 e	64,57 ef	17,94 ab

Nadaljevanje preglednice s prejšnje strani:

Sorta	Termin	L*	a*	b*	C*	hue	Klorofil
Unicum	1	/	/	/	/	/	/
	2	/	/	/	/	/	/
	3	50,13 ±2,50	-15,05 ±1,14	29,90 ±1,86	33,49 ±2,00	63,27 ±1,48	18,20 ±0,62
	Povprečje_{Sorta}	50,71 e	-14,46 a	30,67 gh	33,91 hi	63,89 fg	18,67 ab
Dalmatinska ledenka	1	43,68 ±4,14	-14,47 ±1,26	25,41 ±2,28	29,27 ±2,31	60,27 ±2,36	29,57 ±1,18
	2	45,31 ±3,55	-13,05 ±0,93	24,88 ±2,03	28,12 ±1,92	62,24 ±2,36	34,47 ±1,72
	3	44,98 ±3,06	-14,47 ±0,91	24,54 ±1,90	28,50 ±1,90	59,42 ±1,84	30,00 ±0,59
	Povprečje_{Sorta}	44,63 b	-13,99 cde	24,93 bc	28,62 b	60,63 c	31,34 i
Ljubljanska ledenka	1	52,30 ±3,79	-13,87 ±1,36	30,27 ±2,39	33,31 ±2,54	65,37 ±1,84	15,83 ±1,60
	2	52,50 ±3,98	-11,82 ±1,41	29,15 ±2,34	31,47 ±2,51	67,94 ±1,97	17,80 ±0,54
	3	51,06 ±3,09	-14,56 ±1,06	29,27 ±1,89	32,70 ±2,02	63,54 ±1,35	17,10 ±0,43
	Povprečje_{Sorta}	51,99 f	-13,40 f	29,57 f	32,50 ef	65,65 h	16,91 a
Leda	1	51,67 ±4,33	-14,89 ±1,33	31,12 ±2,86	34,51 ±3,01	64,40 ±1,57	18,33 ±0,31
	2	49,64 ±3,99	-13,27 ±1,33	29,80 ±2,71	32,65 ±2,73	65,94 ±2,24	23,20 ±0,88
	3	47,91 ±3,56	-14,25 ±1,67	27,76 ±2,88	31,22 ±3,17	62,82 ±1,88	17,23 ±0,49
	Povprečje_{Sorta}	49,81 e	-14,16 abcd	29,59 f	32,83 fg	64,37 ef	19,59 bc
Pavlinčica	1	51,03 ±4,68	-14,03 ±1,54	29,20 ±2,56	32,41 ±2,79	64,34 ±1,85	21,33 ±0,59
	2	47,59 ±4,21	-13,01 ±1,43	27,49 ±2,18	30,43 ±2,37	64,67 ±2,07	27,47 ±0,57
	3	45,53 ±4,91	-14,60 ±1,43	27,19 ±2,63	30,87 ±2,91	61,75 ±1,36	19,63 ±0,94
	Povprečje_{Sorta}	48,34 cd	-13,86 de	27,97 d	31,23 d	63,64 d	22,64 ef
Marija	1	49,04 ±4,42	-14,79 ±1,24	32,25 ±2,09	35,51 ±2,09	65,33 ±1,99	18,37 ±0,76
	2	50,61 ±4,40	-13,25 ±1,76	30,43 ±2,80	33,22 ±2,95	66,46 ±2,56	22,30 ±0,43
	3	50,73 ±3,48	-15,07 ±1,19	31,21 ±2,13	34,68 ±2,15	64,20 ±1,96	17,23 ±0,90
	Povprečje_{Sorta}	50,19 e	-14,36 abc	31,27 hi	34,44 ij	65,32 gh	19,24 bc
Šempetka	1	44,68 ±3,51	-15,17 ±1,03	26,00 ±2,01	30,12 ±2,04	59,69 ±1,84	29,07 ±0,97
	2	44,72 ±4,70	-13,30 ±1,30	25,20 ±1,97	28,53 ±1,97	62,14 ±2,63	32,47 ±0,90
	3	45,02 ±3,42	-14,83 ±0,94	25,11 ±1,97	29,18 ±1,87	59,36 ±2,21	25,87 ±0,17
	Povprečje_{Sorta}	44,82 b	-14,43 ab	25,44 c	29,28 c	60,41 c	29,13 h
Belokriška	1	51,50 ±3,94	-14,28 ±1,29	31,95 ±2,79	35,01 ±2,87	65,86 ±1,82	18,40 ±0,45
	2	50,02 ±3,89	-13,38 ±1,51	32,50 ±2,78	35,19 ±2,62	67,53 ±2,89	18,57 ±0,17
	3	50,17 ±2,82	-15,05 ±1,10	30,85 ±1,88	34,34 ±1,89	63,98 ±1,81	18,00 ±0,67
	Povprečje_{Sorta}	50,57 e	-14,24 abcd	31,75 i	34,83 j	65,78 h	18,32 ab
Anna	1	50,44 ±4,19	-14,83 ±1,35	31,74 ±2,33	35,05 ±2,47	64,95 ±1,72	18,60 ±0,99
	2	46,42 ±4,38	-13,89 ±1,53	29,24 ±2,33	32,39 ±2,56	64,62 ±1,95	21,80 ±1,48
	3	45,86 ±3,81	-14,35 ±1,21	28,01 ±2,03	31,48 ±2,16	62,86 ±1,76	17,30 ±0,24
	Povprečje_{Sorta}	47,75 c	-14,37 abc	29,76 f	33,07 fg	64,18 e	19,23 bc
Bistra	1	48,88 ±3,63	-15,24 ±1,49	31,74 ±2,05	35,23 ±2,18	64,34 ±2,09	22,97 ±0,17
	2	48,19 ±3,70	-13,06 ±1,31	29,13 ±2,32	31,95 ±2,21	65,78 ±2,67	27,33 ±1,02
	3	48,90 ±2,94	-14,84 ±1,11	29,01 ±2,05	32,60 ±2,14	62,89 ±1,63	22,04 ±2,51
	Povprečje_{Sorta}	48,56 cd	-14,41 ab	30,00 f	33,31 gh	64,32 ef	24,00 f
Trnovska ledenka	1	51,64 ±4,05	-14,65 ±1,38	32,07 ±2,43	35,27 ±2,64	65,45 ±1,48	20,60 ±0,73
	2	51,12 ±4,51	-12,90 ±1,37	31,18 ±2,58	33,77 ±2,65	67,49 ±2,10	22,93 ±0,85
	3	49,62 ±2,83	-15,25 ±1,05	30,21 ±1,92	33,86 ±1,84	63,17 ±2,00	18,63 ±0,87
	Povprečje_{Sorta}	50,87 e	-14,22 abcd	31,18 hi	34,30 ij	65,45 h	20,65 cd
8/1/7 KIS15	1	51,42 ±2,79	-14,47 ±1,29	31,32 ±2,04	34,52 ±2,19	65,20 ±1,72	20,83 ±0,54
	2	49,26 ±3,05	-13,71 ±1,38	29,67 ±1,99	32,71 ±2,06	65,18 ±2,25	28,17 ±0,98
	3	50,69 ±2,82	-14,96 ±1,43	29,70 ±2,46	33,27 ±2,71	63,26 ±1,49	17,40 ±0,24
	Povprečje_{Sorta}	50,41 e	-14,39 abc	30,22 fg	33,49 gh	64,51 ef	22,13 de
15/1/4 KIS15	1	44,72 ±3,24	-14,32 ±1,24	26,10 ±1,88	29,78 ±2,11	61,26 ±1,48	27,93 ±0,90
	2	43,88 ±3,43	-13,61 ±1,33	25,61 ±2,06	29,02 ±2,25	60,71 ±1,95	30,77 ±0,97
	3	43,02 ±3,55	-14,04 ±1,17	23,25 ±2,02	27,17 ±2,22	58,84 ±1,54	27,78 ±1,60
	Povprečje_{Sorta}	43,88 b	-13,99 cde	25,00 bc	28,67 bc	60,72 c	28,87 h
Mima	1	43,80 ±2,92	-14,36 ±1,09	25,11 ±1,89	28,94 ±2,07	62,22 ±1,36	23,80 ±0,36
	2	41,66 ±3,17	-13,03 ±1,24	22,90 ±2,28	26,37 ±2,30	60,29 ±2,59	26,77 ±0,66
	3	41,48 ±3,21	-14,76 ±0,79	22,88 ±2,05	27,24 ±1,96	57,07 ±2,13	29,27 ±0,53
	Povprečje_{Sorta}	42,33 a	-14,05 bcde	23,64 a	27,52 a	59,21 a	26,61 g
Povprečje _{Termin}	1	48,89 B	-14,55 B	29,46 C	32,90 C	63,56 B	22,02 A
	2	47,75 A	-13,15 C	28,11 B	31,09 A	64,74 C	25,60 B
	3	47,45 A	-14,74 A	27,63 A	31,35 B	61,72 A	21,60 A

Podatki prikazujejo $\bar{x} \pm SD$ ($n = 45$). Razlike med sortami z različnimi malimi črkami (a,b,c,d,e,f,g,h,i,j) v stolpcih so statistično značilne ($P < 0,05$); razlike med termini pridelave z različnimi velikimi črkami (A,B,C) v stolpcih so statistično značilne ($P < 0,05$).

V preglednici 2 so prikazani rezultati barvnih parametrov L^* , a^* , b^* , C^* , hue in relativnih vsebnosti klorofila v 6 sortah motovilca v treh različnih terminih pridelave. Barvna parametra

L^* in a^* (negativna vrednost) sta bila ne glede na termin pridelave značilno najvišja v listih motovilca pri sorti 'Pomladin'. Parameter b^* (pozitivna vrednost) je imel značilno najvišjo vrednost pri sortah 'D'Olanda', 'Ljubljanski' in 'Pomladin'. Glede na termin pridelave so bili parametri L^* , a^* (negativna vrednost) in b^* pri motovilcu značilno najvišji v spomladanskem terminu v plastenjaku (termin 1). Najvišja vrednost C^* je bila določena pri sorti 'Pomladin' (35,20), najnižja pa pri sorti 'Verte de Cambrai' (20,11). Parameter C^* je bil ne glede na sorto najvišji v spomladanskem terminu pridelave v plastenjaku (28,95) in najnižji v jesenskem terminu na prostem (22,86). Najvišja vrednost hue je bila določena pri sorti 'Pomladin' (63,71), najnižja pa pri sorti 'Verte de Cambrai' (50,88). Pri vseh sortah motovilca sta bila parametra hue in C^* najvišja v spomladanskem terminu pridelave v plastenjaku (termin 1). Relativna vsebnost klorofila v listih motovilca je bila ne glede na termin pridelave značilno najvišja pri sortah 'Verte de Cambrai' in 'Gala', najnižja pa pri sorti 'Pomladin'. Glede na termin pridelave je bila značilno najvišja relativna vsebnost klorofila v listih motovilca pridelanih v jesenskem terminu na prostem (termin 3) in najnižja pri spomladanskem terminu v plastenjaku (termin 1). Relativna vsebnost klorofila v motovilcu je bila v visoki negativni korelaciji s parametri C^* (-0,919), b^* (-0,916) in hue (-0,838).

Preglednica 2: Kvantifikacija barve in klorofila pri različnih sortah motovilca v različnih terminih pridelave (1-spomladanski termin v plastenjaku, 2-spomladanski termin na prostem, 3-jesenski termin na prostem)

Sorta	Termin	L^*	a^*	b^*	C^*	hue	Klorofil
Ljubljanski	1	42,51 $\pm$ 3,88	-15,45 $\pm$ 1,14	24,82 $\pm$ 1,98	29,24 $\pm$ 2,18	58,07 $\pm$ 1,34	28,70 $\pm$ 0,78
	2	43,08 $\pm$ 3,24	-13,80 $\pm$ 1,31	21,70 $\pm$ 2,14	25,74 $\pm$ 2,23	57,47 $\pm$ 2,53	39,30 $\pm$ 0,80
	3	39,82 $\pm$ 2,81	-13,88 $\pm$ 0,98	17,66 $\pm$ 1,71	22,47 $\pm$ 1,86	51,76 $\pm$ 1,71	49,33 $\pm$ 0,33
	Povprečje_{sorta}	41,81 c	-14,36 b	21,37 d	25,79 d	55,78 c	39,11 b
Žličar	1	40,50 $\pm$ 3,97	-14,57 $\pm$ 1,23	24,26 $\pm$ 2,16	28,31 $\pm$ 2,36	58,98 $\pm$ 1,58	30,53 $\pm$ 1,16
	2	42,51 $\pm$ 3,14	-13,53 $\pm$ 1,29	20,24 $\pm$ 1,45	24,36 $\pm$ 1,76	56,28 $\pm$ 1,88	38,97 $\pm$ 1,27
	3	38,96 $\pm$ 4,15	-13,51 $\pm$ 0,92	16,93 $\pm$ 1,47	21,67 $\pm$ 1,67	51,36 $\pm$ 1,21	46,73 $\pm$ 0,54
	Povprečje_{sorta}	40,84 abc	-13,91 c	20,46 c	24,79 c	55,46 c	38,74 b
Pomladin	1	51,28 $\pm$ 2,14	-15,46 $\pm$ 1,11	34,30 $\pm$ 1,63	37,63 $\pm$ 1,70	65,73 $\pm$ 1,50	20,17 $\pm$ 0,41
	2	47,10 $\pm$ 4,40	-15,22 $\pm$ 1,49	30,54 $\pm$ 2,49	34,16 $\pm$ 2,41	63,46 $\pm$ 2,72	28,27 $\pm$ 0,76
	3	50,49 $\pm$ 4,17	-15,93 $\pm$ 1,27	29,61 $\pm$ 1,92	33,63 $\pm$ 2,17	61,73 $\pm$ 1,29	25,63 $\pm$ 0,62
	Povprečje_{sorta}	49,71 d	-15,58 a	31,54 e	35,20 e	63,71 c	24,69 a
Gala	1	41,30 $\pm$ 3,25	-14,20 $\pm$ 1,09	20,50 $\pm$ 2,06	24,95 $\pm$ 2,23	55,22 $\pm$ 1,57	38,47 $\pm$ 0,39
	2	41,88 $\pm$ 2,60	-12,45 $\pm$ 1,16	17,03 $\pm$ 2,11	21,12 $\pm$ 2,15	53,72 $\pm$ 2,87	49,10 $\pm$ 1,07
	3	38,96 $\pm$ 2,87	-12,29 $\pm$ 1,19	14,15 $\pm$ 1,49	18,74 $\pm$ 1,84	48,99 $\pm$ 1,60	53,17 $\pm$ 1,84
	Povprečje_{sorta}	40,72 ab	-12,96 d	17,23 b	21,60 b	52,64 b	46,91 c
D'Olanda	1	43,43 $\pm$ 3,32	-15,29 $\pm$ 1,11	24,21 $\pm$ 1,87	28,64 $\pm$ 2,07	57,71 $\pm$ 1,34	31,13 $\pm$ 0,92
	2	42,22 $\pm$ 2,93	-13,55 $\pm$ 1,25	20,61 $\pm$ 1,92	24,68 $\pm$ 2,06	56,64 $\pm$ 2,28	43,60 $\pm$ 0,64
	3	39,50 $\pm$ 2,38	-14,27 $\pm$ 0,77	18,25 $\pm$ 1,20	23,17 $\pm$ 1,38	51,96 $\pm$ 0,91	48,27 $\pm$ 0,45
	Povprečje_{sorta}	41,67 bc	-14,36 b	21,05 d	25,51 d	55,48 c	41,00 b
Verte de Cambrai	1	42,14 $\pm$ 2,85	-14,50 $\pm$ 0,99	20,21 $\pm$ 1,83	24,88 $\pm$ 1,92	54,26 $\pm$ 1,82	38,37 $\pm$ 2,44
	2	40,38 $\pm$ 2,00	-11,30 $\pm$ 1,19	14,14 $\pm$ 1,42	18,12 $\pm$ 1,66	51,35 $\pm$ 2,57	50,27 $\pm$ 0,60
	3	39,21 $\pm$ 2,38	-11,88 $\pm$ 0,71	12,81 $\pm$ 1,14	17,47 $\pm$ 1,25	47,10 $\pm$ 1,60	52,23 $\pm$ 3,21
	Povprečje_{sorta}	40,55 a	-12,53 e	15,68 a	20,11 a	50,88 a	46,96 c
Povprečje_{termin}	1	43,58 B	-14,93 A	24,72 C	28,95 C	58,31 C	31,23 A
	2	42,91 B	-13,30 C	20,72 B	24,70 B	56,50 B	41,58 B
	3	41,16 A	-13,62 B	18,23 A	22,86 A	52,15 A	45,89 C

Podatki prikazujejo $\bar{x} \pm SD$ ($n = 30$). Razlike med sortami z različnimi malimi črkami (a,b,c,d,e) v stolpcih so statistično značilne ($P < 0,05$); razlike med termini pridelave z različnimi velikimi črkami (A,B,C) v stolpcih so statistično značilne ($P < 0,05$).

4 SKLEPI

Na podlagi dobljenih rezultatov lahko sklepamo:

- Termin pridelave je imel statistično značilen vpliv na barvne parametre solate in motovilca.

- Solata in motovilec sta imela značilno višjo vrednost parametra C^* pri spomladanski pridelavi v plastenjaku.
- Pri motovilcu je bila relativna vsebnost klorofila v visoki korelaciji z barvnimi parametri.
- Solata in motovilec (ne glede na sorto), pridelana na prostem, vsebujeta značilno višjo relativno vsebnost klorofila v listih v primerjavi s pridelavo v plastenjaku.

Zahvala. Raziskava je bila delno sofinancirana v okviru Ciljno raziskovalnega projekta V4-1618 z naslovom "Ogroženost lokalnih sort zaradi genske erozije in njihova vrednost za pridelavo in uporabo" (pogodba št. 2330-16-000188) in delno v okviru strokovne naloge Posebno preizkušanje sort za opisno sortno listo (pogodba št. 2330-17-000111).

5 LITERATURA

- Colonna E., Rouphael Y., Barbieri G., De Pascale S. 2016. Nutritional quality of ten leafy vegetables harvested at two light intensities. *Food chemistry*, 199: 702–710
- Lee S. M., Lee K. T., Lee S. H., Song J. K. 2013. Origin of human colour preference for food. *Journal of Food Engineering*, 119, 3: 508–515
- Mampholo B. M., Maboko M. M., Soundy P., Sivakumar D. 2016. Phytochemicals and overall quality of leafy lettuce (*Lactuca sativa* L.) varieties grown in closed hydroponic system. *Journal of food quality*, 39, 6: 805–815
- Marković I., Ilic J., Marković D., Simonović V., Kosanić N. 2013. Color measurement of food products using CIE $L^*a^*b^*$ and RGB color space. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 4: 50–53
- Nicolle C., Carnat A., Fraisse D., Lamaison J. L., Rock E., Michel H., Amouroux P., Remesy C. 2004. Characterisation and variation of antioxidant micronutrients in lettuce (*Lactuca sativa* folium). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 15: 2061–2069
- Pathare P. B., Opara U. L., Al-Said F. A. J. 2013. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and bioprocess technology*, 6, 1: 36–60
- SI-STAT. 2018. SURS. Pridelava zelenjadnic (ha, t, t/ha), Slovenija, leto 2017
https://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=1502403S&ti=&path=../Database/Okolje/15_km_etijstvo_ribstvo/04_rastlinska_pridelava/01_15024_pridelki_povrsina/&lang=2 (november 2018)
- Sortna lista poljščin, zelenjadnic, sadnih rastlin in trte. 2018. Uprava za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin (UVHVVR)
http://www.uvhvvr.gov.si/zakonodaja_in_dokumenti/rastlinski_semenski_material/ostali_dokument_i/sortna_lista_rs/ (november 2018)
- Zagorc B., Moljk B., Pintar M., Brečko J. 2017. Poročilo o stanju kmetijstva, živilstva, gozdarstva in ribištva – Pregled po kmetijskih trgih. Kmetijski inštitut Slovenije, 135 str.
http://www.kis.si/f/docs/Porocila_o_stanju_v_kmetijstvu_OEK/ZP_2017_trgi_za_net.pdf

Biotično zatiranje topolistne kislice (*Rumex obtusifolius* L.) na travinju

Primož ŽIGON¹⁰⁶ in Andrej VONČINA¹⁰⁷

Izvleček

Topolistna kislica je ena od vrst iz rodu *Rumex*, ki se pogosto pojavlja kot plevel na kmetijskih površinah, največkrat na travnikih in pašnikih. Rastlino je zaradi značilne rasti in načina razmnoževanja težko zatirati, posebno brez uporabe kemičnih pripravkov. Zaradi obsežnega koreninskega sistema z zalogo hranil se namreč zelo hitro obrašča tudi ob razrezu korenin ali pogosti izgubi listne mase, velika zaloga dolgo obstojnih semen pa še poveča njeno uspešno razširjanje. V prispevku povzemamo rezultate nekaterih raziskav proučevanja možnosti različnih koristnih organizmov za namene biotičnega zatiranja topolistne kislice. Zaradi predpisov evropske zakonodaje in prilagodljivosti vrst na rast in razmnoževanje se je pri izbiri biotičnih agensov za raziskave smiselno osredotočiti predvsem na domorodne vrste. Rezultati raziskav kažejo na potencial nekaterih načinov biotičnega varstva z uporabo različnih vrst žuželk, ki pa so za uporabo v praksi trenutno še premalo dovršeni.

Ključne besede: ščavje, biotično varstvo, biotično zatiranje plevelov, naravni sovražniki

Biological control of broad-leaved dock (*Rumex obtusifolius* L.) in grassland

Abstract

Broad-leaved dock is member of the subgenus *Rumex* and a common weed on agricultural land, frequently occurring on meadows and pastures. The species is difficult to control, especially without the use of chemical agents. It is capable to regrow after its roots being cut up and nutrients stored in its large taproot allow it to regrow after frequent defoliation. Large production of highly dispersive and persistent seeds adds to its successful establishment on agricultural land. Potential of species suitable for biological control of *R. obtusifolius* is discussed. Native natural enemy species should be taken in consideration due to European legislation and their growth and reproduction adjustment to the environment. Results of studies discussed show a potential of inundative applications of different insect species, which are not yet developed enough for large scale use.

Key words: dock, biological control, biological weed management, native control agents

1 UVOD

1.1 Biologija topolistne kislice

Topolistna kislica (*Rumex obtusifolius* L.) je ena od mnogih vrst rastlin iz rodu *Rumex*, ki rastejo na območju Slovenije. V preteklosti je za to rastlino veljalo, da se pojavlja predvsem na ruderalnih območjih in na slabo vzdrževanih kmetijskih tleh, dandanes pa je pogost plevel po vsej Evropi. Rastlina se je iz Evrope, kjer je domorodna, razširila tudi na druge celine. Raste v različnih klimatskih območjih, od zelo hladnih do bolj toplih. Ker je glede rastišča dokaj nezahtevna, je njena zmožnost za preživetje in razmnoževanje še povečana. Rast je zelo otežena le na najbolj kislih tleh, kot so to na primer šotna rastišča (Lewis, 1973). Topolistna kislica spada med hemikriptofite (zelnate rastline, katerih nadzemni organi konec rastne sezone odmrejo, brsti na površini tal pa so zaščiteni z rastlinskim opadom ali snegom). Je zelnata trajnica, običajno sestavljena iz rozete pri tleh ter koreninskega sistema z odebeljeno glavno korenino - korenom v tleh. Velikost listov in celotne rastline je variabilna. Močno je odvisna od okoljskih dejavnikov, predvsem svetlobe. V poznojesenskih mesecih odmre večina

¹⁰⁶ Mag. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: primoz.zigon@kis.si

¹⁰⁷ Dr., univ. dipl. inž. agr., isti naslov, e-pošta: andrej.voncina@kis.si

nadzemne biomase rastline, ostane le nekaj majhnih listov. Hranila za nadaljnjo rast so čez zimo shranjena v koreninskem sistemu, kjer so zaščiteni pred okoljskimi vplivi (nizke temperature). Rastlina običajno prvič cveti v drugem letu po kalitvi, čeprav je mogoče tudi cvetenje v prvem letu. Običajno cveti enkrat, lahko tudi dvakrat v letu. V spomladanskih ali zgodnjepoletnih mesecih iz rozete odžene neolistano in nerazvejano, do 1,5 m visoko cvetno steblo. Cvetovi so nameščeni v večcvetnih vretencih na zelo zgoščenem latistem socvetju pri vrhu cvetnega stebela. Po cvetenju nadzemni deli rastline odmrejo. Rastlina je lahko brez listov do 2 meseca. Število semen na rastlini močno variira, od nekaj sto do 60.000. Semena kalijo skozi celotno rastno dobo, največkrat v pomladanskih in jesenskih mesecih. Rastline najlažje uspejo v travni ruši, najpogosteje naselijo območja, kjer se pojavljajo vrzeli. Semena za kalitev namreč potrebujejo svetlobo, čeprav po določenem času lahko kalijo tudi tista, ki niso bila izpostavljena svetlobi (Benvenuti in sod., 2001). Topolistna kislica ima poleg generativnega tudi sposobnost vegetativnega razmnoževanja. Znano je, da imajo sposobnost ponovne rasti le vrhnji deli rastline v tleh. Hipokotil se sčasoma lahko razdeli, ob rasti sekundarnega koreninskega sistema se rastline širijo v kolonijah – otokih (Pino in sod., 1995).

1.2 Problematika v kmetijstvu

Topolistna kislica je v Sloveniji pogost plevel na kmetijskih površinah. Največkrat ga najdemo na dobro gnojenih travnikih in pašnikih, pojavlja se tudi na njivskih površinah. Rastline topolistne kislice vsebujejo oksalno kislino in zmanjšujejo krmno vrednost travne silaže (Hejduk in Doležal, 2004). Ob populaciji, ki predstavlja 20 – 30 % površine travnika, je pridelek zaželenih vrst na isti površini zmanjšan tudi do 20 % (Oswald in Hagggar, 1983). Zaradi obsežnega koreninskega sistema se rastline tudi ob pogosti defoliaciji hitro obrastejo (Niggli in sod., 1993). Razrez koreninskega sistema z obdelavo tal privede do odganjanja novih poganjkov iz regenerativnega tkiva korenin. Tudi drobna semena topolistne kislice se na kmetijskih površinah zlahka razširjajo. Največkrat se semena razširijo v neposredno okolico matičnih rastlin. Tako na travnikih nastajajo otoki kislice. Pogost je tudi prenos z živalmi, tako na njihovih kožuhih (plodovi imajo drobne bodice), kot tudi s krmo in posledično z gnojem – po zaužitju (na primer kože) ostane še okoli 30 % živih semen (Harrington in sod., 2011). Tekmovalna sposobnost koreninskega sistema mladih rastlin proti drugim rastlinam v travni ruši je večja v vrzelih, zato je tudi preživetje novih rastlin tam večje (Hongo, 1989). Rast v travni ruši z veliko gostoto ostalih rastlin je za topolistno kislico zelo otežena. Kljub temu pa prilagoditev rastline na neugodne razmere omogoča kalitev semen ob pojavu vrzeli v ruši. Semena topolistne kislice namreč v tleh ostanejo kaljiva še dolgo časa, tretjina še 20 let (Lewis, 1973), nekatera pa celo 80 let (Telewski in Zeevaart, 2002).

2 BIOTIČNO ZATIRANJE PLEVELOV

Biotično zatiranje plevelov z uporabo različnih živih naravnih sovražnikov ima v praksi in raziskavah že relativno dolgo zgodovino. V zadnjem času pri uvajanju pristopov biotičnega zatiranja plevelov prednjačijo predvsem nekatere azijske države (Uludag in sod., 2017). Zdi se, da je Evropa pri izvajanju biotičnih ukrepov varstva rastlin v praksi v precejšnjem zaostanku predvsem zaradi previdnostnih ukrepov in relativno stroge zakonodaje glede uporabe tujerodnih vrst koristnih organizmov (Uludag in sod., 2017; Hatcher in sod., 2008). Pri uvajanju živih organizmov za biotično zatiranje se je potrebno osredotočiti predvsem na domorodne vrste organizmov. Poleg zakonodajnih razlogov je namreč pomembno tudi dejstvo, da so ti organizmi prilagojeni lokalnim ekološkim razmeram ter uveljavljenim

tehnološkim praksam (obdelava tal, košnja, gnojenje itd.), ki omogočajo njihovo preživetje (Hatcher in sod., 2008; Grossrieder in Keary, 2004). Pri zatiranju plevelov v Evropi prednjači klasično biotično varstvo, kot neizbežen in pogosto tudi edini učinkovit način zatiranja tujerodnih invazivnih vrst plevelov (Shaw in sod., 2018). Pri biotičnem zatiranju domorodnih plevelnih vrst se v praksi največkrat poslužujemo ukrepov tako imenovanega varovalnega biotičnega varstva, katerih cilj je vzpostavitev ugodnih razmer za razvoj in razmnoževanje koristnih organizmov. Bolj neposredne ukrepe povečevanja njihove populacije vključuje preplavni način biotičnega varstva. Postopek temelji na večkratnem vnosu laboratorijsko namnožene populacije domorodnih vrst koristnih organizmov, z namenom množičnega parazitiranja plevelnih vrst, kar povzroči njihov postopen propad (Grossrieder in Keary, 2004). Ta pristop k biotičnemu zatiranju je zahtevnejši in pogosto tudi dražji, saj vključuje masovno gojenje organizmov in njihov večkratni vnos v okolje. Biotično zatiranje domorodnih plevelnih vrst, kot na primer topolistne kislice, je zahtevnejše od klasičnega biotičnega zatiranja tujerodnih vrst, saj so gostiteljske rastline v določeni meri prilagojene na sobivanje s škodljivci, ki so zato zanje največkrat le delno škodljivi in rastlin ne uničijo popolnoma (Martinkova in Honek, 2004).

3 PREGLED NEKATERIH MOŽNOSTI BIOTIČNEGA ZATIRANJA TOPOLISTNE KISLICE NA TRAVINJU

Glavni cilj pri zatiranju kislic je preprečevanje tvorbe semen in postopna slabitev rastlin z rednim uničevanjem nadzemnih ter podzemnih organov (Kramberger, 2007; Zaller, 2004). Poleg mehanskega odstranjevanja rastlin je biotično varstvo eden izmed dopolnilnih načinov nekemičnega zatiranja kislic (Zaller, 2004). V naravi je prisotna vrsta herbivorov, ki se prehranjujejo s topolistno kislico (Cavers in Harper, 1964), od katerih pa le nekateri gostitelju škodujejo v zadostni meri, da imajo potencial za uporabo v biotičnem varstvu. To so večinoma različne vrste žuželk (Arthropoda: Insecta), med njimi predvsem nekatere vrste hroščev (Coleoptera). Najbolj preučevan organizem za zatiranje topolistne kislice je gotovo *Gastrophysa viridula* (De Geer, 1775) (Zaller, 2004). Hrošč iz družine lepencev (Coleoptera: Chrysomelidae) je oligofag in se prehranjuje z različnimi vrstami iz družine dresnovk (Polygonaceae), svoj razvojni krog pa popolnoma zaključi le na vrstah iz rodu *Rumex*, prvenstveno na topolistni kislici (Bentley in Whittaker, 1979). *G. viridula* je sicer splošno razširjena vrsta v osrednji in severni Evropi, številčnejše populacije pa so bile opažene tudi pri nas (Lukač, 2012). Ličinke hrošča se prehranjujejo na listih kislic, ki jih obžrejo do glavne listne žile. Poškodbe na rastlinah vplivajo na zmanjšano regeneracijsko sposobnost listov in rastlin, manjšo tvorbo semen, vendar redko povzročijo popoln propad rastlin (Martinkova in Honek, 2004). Laboratorijsko gojenje vrste je ob dopolnilnem hranjenju dokaj enostavno, tudi zaradi njenega precejšnjega razmnoževalnega potenciala. Posamezna samica odloži tudi do 1000 jajčec (Hatcher in sod., 2008), letno pa se pojavijo tri ali štiri generacije hrošča (Martinkova in Honek, 2004). Uspešnost biotičnega varstva z vnosom *G. viridula* je odvisna od velikosti populacije in dolžine obdobja hranjenja. Na travnikih je zato potrebo prilagoditi tehnologijo košnje na način, da niso sočasno odstranjene vse gostiteljske rastline, ki sicer omogočajo preživetje ličinkam in odlaganje jajčec odraslim samicam (Grossrieder in Keary, 2004). Rastline iz rodu *Rumex* v Evropi okužujejo tri vrste fitopatogenih gliv. V pregledni raziskavi Hatcher in sod. (2008) ugotavljajo, da se med njimi kot najbolj primeren potencialni biotični agens največkrat omenjena rja *Uromyces rumicis* (Schum.) Wint., ki okužuje liste in prav tako vpliva na slabšo rast in regenerativno sposobnost rastlin. Gliva sicer okužuje rastline v pozno poletnem in jesenskem času. Z inducirano okužbo se rastline okuži že v

spomladanskem času, gliva pa se lahko nato v primernih okoljskih razmerah na rastlinah ohrani tudi preko poletja. Kljub temu pa okužba sama po sebi v običajnih razmerah ne povzroči propada rastlin (Hatcher, 1996). V številnih raziskavah, ki jih povzemata Grossrieder in Keary (2004) navajajo, da je bil največji učinek na zatiranje topolistne kislice dosežen v primeru sočasne okužbe z rjo in napada hrošča *G. viridula*. Novejše raziskave v Evropi (Hatcher in sod., 2008; Hahn in sod., 2016) se osredotočajo na preučevanje nekaterih vrst steklokrilk (Sessidae), ki jih uvrščamo v skupino metuljev (Lepidoptera). Samice steklokrilk odlagajo jajčeca na cvetna stebela rastlin, izlegle ličinke pa se nato zavrtajo v koren rastline kislic, kjer se hranijo. Poškodbe na koreninah povzročajo neposredno slabitev rastlin, poleg tega pa zmanjšujejo tudi njihovo sposobnost regeneracije iz koreninskih zalog (Hatcher in sod., 2008). Scott in Sgallio (1991a,b) sta v dveh ločenih raziskavah na podlagi rezultatov poročala o možnosti uporabe steklokrilk vrste *Pyropteran doryliformis* (Ochsenheimer, 1808) in *Pyropteran chrysidiformis* (Esper, 1782) za zatiranje kislic v Avstraliji. Obe vrsti sta domorodni tudi v Evropi in zato potencialno primerni za uporabo v biotičnem varstvu (Grossrieder in Keary, 2004). *P. doryliformis* se v Evropi pojavlja le v toplejših mediteranskih državah, medtem ko je vrsta *P. chrysidiformis* razširjena tudi v državah srednje Evrope in v Sloveniji (Lesar in Govedič, 2010). Hahn in sod. (2016) so v Švici poleg vzpostavitve laboratorijskega gojenja *P. chrysidiformis*, v poskusih preučevali tudi različne načine vnosa organizma za namen biotičnega zatiranja topolistne kislice. Preživelost ličink in učinkovitost zatiranja je bila dosežena pri neposredni inokulaciji rastlin z jajčeci. V lončnem poskusu so dokazali vpliv ličink na povečan delež odmrlih korenin in zmanjšano število rozet, poganjkov ter biomase nadzemnega dela rastlin. Rezultati kažejo na potencial za uporabo biotičnega agensa, vendar je zaradi variabilnosti rezultatov potrebno preučiti vpliv različnih okoljskih pogojev na učinkovitost tega koristnega organizma.

4 SKLEPI

Uporaba koristnih organizmov za zatiranje kislice ima sicer verjetno največji potencial za uporabo v ekološkem kmetijstvu, kjer je poleg mehanskega uničevanja praktično edini način zatiranja kislice in lahko sočasno izboljša njegovo učinkovitost. V Evropi je za biotično zatiranje kislice poleg varovalnega biotičnega varstva najpogostejše preučevan in najbolj sprejemljiv preplavni način biotičnega varstva. Prednosti tega načina omejevanja razvoja plevelnih vrst je uporaba domorodnih vrst koristnih organizmov, za katere pred vnosom v okolje ni potrebna presoja vplivov na nečiljne organizme. Poleg tega je za uspešnost biotičnega varstva odločilna prilagojenost organizmov na dane okoljske razmere, pri čemer ima običajno izbira domorodnih koristnih organizmov prednost. Za uspešnost biotičnega varstva je poleg okoljskih zahtev odločilno poznavanje bionomije organizma in v skladu s tem tudi prilagoditev tehnoloških ukrepov na travinju. Topolistno kislico je zaradi velikega potenciala razrasti in dobre regeneracijske sposobnosti težko zatirati. Posamezne vrste škodljivcev so premalo učinkovite, da bi rastline povsem zatrli, zato mora strategija biotičnega zatiranja plevela temeljiti na uporabi različnih vrst koristnih organizmov. Večjo uspešnost biotičnega zatiranja bi zato dosegli s sočasno uporabo različnih vrst koristnih organizmov, ki povzročajo poškodbe na različnih delih rastlin. Glede na pregledane objave je v Evropi največkrat preučevan organizem za biotično zatiranje kislic vrsta hrošča *G. viridula*, ki je pri zatiranju kislice še posebej učinkovit v kombinaciji z glivo *U. rumicis* (Hatcher, 1996). Vrsta metulja *P. chrysidiformis* se je v raziskavah izkazala kot potencialen kandidat za biotično zatiranje podzemnega dela rastline. Trenutna metodologija vnosa organizma v naravno okolje je za uporabo v praksi omejena, poleg tega pa je potrebno podrobneje preučiti širši vpliv

različnih okoljskih razmer na razvoj vrste in njene dolgoročne vplive na zmanjšanje populacije topolistne kislice. V okviru mednarodnega evropskega projekta IWM PRAISE, katerega partner je tudi Kmetijski inštitut Slovenije, bomo učinkovitost zatiranja s *P. chrysidiiformis* ovrednotili tudi v slovenskih razmerah. Na podlagi raziskave v Švici (Hahn in sod., 2016) bomo na dveh geografsko različnih lokacijah izvedli triletno poskuse biotičnega zatiranja topolistne kislice, v katerih bomo ocenjevali učinkovitost ukrepa in skušali vzpostaviti sistem laboratorijskega gojenja *P. chrysidiiformis* za raziskovalne namene.

5 LITERATURA

- Benvenuti, S., Macchia, M., Miele, S. 2001. Light, temperature and burial depth effects on *Rumex obtusifolius* seed germination and emergence. *Weed research*, 41, 2: 177–186.
- Bentley, S., Whittaker, J. B. 1979. Effects of grazing by a chrysomelid beetle, *Gastrophysa viridula*, on competition between *Rumex obtusifolius* and *Rumex crispus*. *Journal of Ecology*, 67, 1: 79–90.
- Cavers, P.B., Harper, J. L. 1964. Biological flora of the British Isles. *Rumex obtusifolius* L. and *R. crispus* L. *Journal of Ecology*, 52: 737–766.
- Grossrieder, M., Keary, I. P. 2004. The potential for the biological control of *Rumex obtusifolius* and *Rumex crispus* using insects in organic farming, with particular reference to Switzerland. *Biocontrol News and Information*, 25, 3: 65–79.
- Hahn, M. A., Schaffner, U., Häflieger, P., Lüscher, A. 2016. Establishment and early impact of the native biological control candidate *Pyropteron chrysidiiforme* on the native weed *Rumex obtusifolius* in Europe. *BioControl*, 61: 221–232.
- Harrington, K. C., Beskow, W. B., Hodgson, J. 2011. Recovery and viability of seeds ingested by goats. *New Zealand plant protection*, 64: 75–80.
- Hatcher, P. E. 1996. The effect of insect-fungus interactions on the autumn growth and over-wintering of *Rumex crispus* and *R. obtusifolius* seedlings. *Journal of Ecology*, 84: 101–109.
- Hatcher, P. E., Brandsaeter, L.O., Davies, G., Lüscher, A., Hinz, H. L., Eschen, R., Schaffner, U. 2008. Biological control of *Rumex* species in Europe: Opportunities and constraints. V: *Proceedings 12th international symposium biology control weeds*: 470–475.
- Hejduk, S., Doležal, P. 2004. Nutritive value of broad-leaved dock (*Rumex obtusifolius* L.) and its effect on the quality of grass silages. *Czech journal of animal science*, 49, 4: 144–150.
- Hongo, A. 1989. Transplant survival of *Rumex obtusifolius* L. and *Rumex crispus* L. in three old reseeded grasslands. *Weed research*, 29, 1: 13–19.
- Kramberger, B. 2007. Topolistna kislica (ščavje). *Naše travinje*, 1: 16–17.
- Lesar, T., Govedič, M. 2010. Check list of Slovenian Microlepidoptera. *Natura Sloveniae*, 12, 1: 35–125.
- Lewis, J. 1973. Longevity of crop and weed seeds: survival after 20 years in soil. *Weed research*, 13, 2: 179–191.
- Lukač, B. 2012. *Gastrophysa viridula* Deg. – pomočnik v boju s topolistno kislico. *Naše travinje*, 7: 7–8.
- Martinkova, Z., Honek, A. 2004. *Gastrophysa viridula* (Coleoptera: Chrysomelidae) and biocontrol of *Rumex*—a review. *Plant, Soil and Environment*, 50: 1–9.
- Niggli, U., Nösberger, J., Lehmann, J. 1993. Effects of nitrogen fertilization and cutting frequency on the competitive ability and the regrowth capacity of *Rumex obtusifolius* L. in several grass swards. *Weed research*, 2: 131–137.
- Oswald, A. K., Haggard, R. J. 1983. The effects of *Rumex obtusifolius* on the seasonal yield of two mainly perennial ryegrass swards. *Grass and forage science*, 38, 3: 187–191.
- Pino, J., Haggard, R. J., Sans, F. X., Masalles, R. M., Hamilton, R. N. S. 1995. Clonal growth and fragment regeneration of *Rumex obtusifolius* L. *Weed research*, 35, 3: 141–148.
- Scott, J. K., Sagliocco, J.-L. 1991a. *Chamaesphesia doryliiformis* (Lep.: Sesiidae), a second root borer for the control of *Rumex* spp. (Polygonaceae) in Australia. *Entomophaga*, 36: 245–251.

- Scott J. K., Sagliocco, J.-L. 1991b. Host-specificity of a root borer, *Bembecia chrysidiformis* (Lep.: Sesiidae), a potential control agent for *Rumex* spp. (Polygonaceae) in Australia. *Entomophaga*, 36:235–244.
- Shaw, R. H., Ellison, C. A., Marchante, H., Pratt, C. F., Schaffner, U., Sforza, R. F. H., Deltoro, V. 2018. Weed biological control in the European Union: from serendipity to strategy. *BioControl*, 63: 333–374.
- Telewski, F. W., Zeevaart, J. A. D. 2002. The 120-yr period for Dr. Beal's seed viability experiment. *American journal of botany*, 89, 8: 1285–1288.
- Uludag, A., Uremis, I., Arslan M. 2017. Biological Weed Control. V: Non-Chemical Weed Control. Jabran, K., Chauhan, B. S. (eds.). London, Academic Press: 115–132.
- Zaller, J. G. 2004. Ecology and non-chemical control of *Rumex crispus* and *R. obtusifolius* (Polygonaceae): a review. *Weed Research*, 44:414–432.

Od preciznega k pametnemu kmetijstvu

Miran LAKOTA¹⁰⁸, Denis STAJNKO¹⁰⁹, Peter VINDIŠ¹¹⁰, Peter BERK¹¹¹, Damijan KELC¹¹²
in Jurij RAKUN¹¹³

Izvleček

Kmetijstvo je zapleteno, saj so posamezni procesi odvisni drug od drugega. Spremenljive vremenske razmere prinašajo še dodatne stohastične vplive v proizvodnjo. Organiziranost in učinkovitost sta pogoj za doseganje visokih hektarskih donosov. Kvaliteta in kvantiteta pridelka je rezultat sinergij med pridelovalcem, uporabo pravih tehnologij in ustreznih storitev ter konceptom svetovanja. Članek povzema raziskave, ki so bile na področju preciznega kmetijstva opravljene na Katedri za biosistemsko inženirstvo od leta 2002 do danes. S področja pametnega kmetijstva, ki predstavlja uporabo informacijske in podatkovne tehnologije za optimizacijo zahtevnih kmetijskih sistemov, članek opisuje raziskovalno delo na področju avtonomnih kmetijskih robotov s poudarkom na strojnem vidu in avtonomni orientaciji v prostoru. Eden od ciljev raziskav je bil preučevanje uporabe cenovno ugodnih 2D LIDAR (ang. Light Detection And Ranging) laserskih skenerjev namesto mnogo dražjih več-kanalnih senzorjev za rekonstrukcijo 3D okolja, ki jih lahko uporabimo v številnih aplikacijah preciznega kmetijstva, kot je npr. analiza obrisa drevesne krošnje pri preciznem škropljenju, pri štetju plodov za napoved pridelka ali za preprosto navigacijo vozila med vrstami trajnega nasada.

Glavne besede: Precizno kmetijstvo, pametno kmetijstvo, traktor, navigacija, obdelava tal

From precision to smart farming

Abstract

Agriculture is complicated, because of individual processes which depend one on another. Climate changes has additional stochastic effects on production. The organization and efficiency are the basis for achieving high hectare yields. The quality and quantity of the crop is the result of synergies between the producer, the use of correct technologies and relevant services, and the concept of consulting. The article summarizes the researches carried out in the field of precision agriculture at the Department of Biosystems Engineering from 2002 till now. In the area of smart agriculture, which represents the use of information and data technology for the optimization of demanding agricultural systems, the article describes research work in the field of autonomous agricultural robots with an emphasis on machine vision and autonomous orientation in space. One of the aims of the research was to study the use of low-cost 2D LIDAR (Laser Detection and Ranging) Laser Scanners instead of more expensive multi-channel sensors for 3D reconstruction, which can be used in many applications of precision farming, analyzing the outline of the tree crown in precise spraying, counting the fruit for forecasting the crop, or simply navigating the field robot between the lines of permanent plantation.

Keywords: precision agriculture, smart farming, tractor, navigation, soil treatment

1 UVOD

Za precizno kmetovanje je potrebna ustrezna strojna in programska oprema. Oboje je že dolgo na voljo. Tehnologije se uporabljajo pri pridelavi pridelkov in pri vseh ostalih poslovnih dogodkih na kmetijskih gospodarstvih. Uporaba tehnologij preciznega kmetijstva je velika pridobitev za kmetovalce, ki dobijo podatke o tleh, o kulturah in o poslovanju v popolnoma

¹⁰⁸ Dr., Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče, e-pošta: miran.lakota@um.si

¹⁰⁹ Dr., isti naslov, e-pošta: denis.stajnko@um.si

¹¹⁰ Dr., isti naslov, e-pošta: peter.vindis@um.si

¹¹¹ Dr., isti naslov, e-pošta: peter.berk@um.si

¹¹² Dr., isti naslov, e-pošta: damijan.kelc@um.si

¹¹³ Dr., isti naslov, e-pošta: jurij.rakun@um.si

novi kvaliteti in obsegu, za potrošnike in varovanje okolja. Upravljanje s tovrstnimi informacijami omogoča kmetovalcem (tudi ekološkim) boljše planiranje in analizo svojih delovnih postopkov. Posledica uporabe takšnega pristopa je nedvomno dvig in zagotavljanje kvalitete dela.

Kmetijstvo 21. stoletja lahko definiramo s pojmi kot so elektronika, elektronska obdelava podatkov, satelitska navigacija, specialna programska oprema v kombinaciji s kompleksnim upravljanjem in profesionalnim podjetništvom.

2 PRECIZNO KMETIJSTVO

Precizno kmetijstvo je zelo širok pojem, ki ga lahko uporabljamo v vseh kmetijskih panogah. Predstavlja učinkovitost dela, ki jo dosežemo s pomočjo natančnosti delovnih procesov. Na kmetijskih površinah so pogosto zelo različni pogoji za pridelavo. V posamezni vegetacijski fazi potrebujejo rastline različna hranila v količinah, ki se v času vegetacije spreminjajo. Če se kmetovalec tega zaveda in temu prilagodi svoje delovne procese, lahko mnogo bolje gospodariti. Tehnika preciznega kmetovanja (senzorji, sateliti,...) omogoča prilagajanje delovnih parametrov kmetijskih strojev (velikih in malih) za vsak manjši del parcele, glede na spremenljive pogoje in zahteve v pridelavi kmetijskih rastlin.

Za določanje pozicije in vodenje kmetijskih strojev uporabljamo Globalne navigacijske satelitske sisteme (ang. Global Navigation Satellite Systems, GNSS); to so vsi satelitski sistemi, ki omogočajo določitev položaja. Mednje v prvi vrsti spada GPS (ang. Global Positioning System), s katerim upravlja ameriška vojska, GLONASS (rus. Globalnaja Navigacionnaja Sputnikovaja Sistema), s katerim upravljajo ruske vesoljske sile, kitajski BeiDou, ki ga v svoji drugi generaciji BeiDou-2 poznamo tudi kot Compass ter evropski sistem Galileo, ki je za razliko od drugih civilni sistem (GNSS, 2019).

Z uporabo teh tehnologij je možno:

- boljše načrtovanje in realizacija rastlinske proizvodnje,
- bolj enostavno dokumentiranje delovnih procesov,
- boljše gospodarjenje s katerim ohranjamo naravo in naravne vire,
- boljša povratna sledljivost kmetijskih pridelkov kar predstavlja pomemben korak k varnosti potrošnika.

Na Katedri za biosistemsko inženirstvo Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru so bile izvedene prve raziskave o uporabi satelitske navigacije v kmetijstvu že v letu 2001 (Vaukan, 2001). Takrat so bili na voljo samo ročni sprejemniki, ki so omogočali DGPS (Differential Global Positioning System) meritve samo s post procesiranjem preko stacionarne postaje podjetja Geoservis d.o.o.. V delu so natančno opisani načini zajemanja prostorskih podatkov s pomočjo GPS tehnologije ter, kako lahko s pomočjo GPS sistema natančno določimo položaj v prostoru, merimo površine, obsege ter poti in obenem kinematično spremljamo kmetijske stroje pri delovnih opravilih. Prav tako najdemo podatke o delovanju GPS-a, o signalih, napakah, merilnih instrumentih ter programskih opremah.

Kašman (Kašman, 2003) je v svoji diplomski nalogi podrobno opisal ameriški sistem satelitske navigacije (GPS). V nalogi so spremljali delovni postopek oranja in pri tem s pomočjo satelitske navigacije beležili podatke, ki so jih pozneje obdelali in uporabili za natančen izračun stroškov oranja. Nadaljnji rezultati raziskav (Holpp s sod., 2006) so pokazali, da je pri ožjih delovnih širinah 3 in 4 m in pri sistemu z manjšo natančnostjo (30 cm) ročna vožnja natančnejša.

Na Universität für Bodenkultur Wien je bil opravljen poskus (Landerl, 2009), kjer so uporabili priključek delovne širine 5 m. Dejanska širina pri obdelavi brez GPS sistema je znašala 4,7 m,

kar pomeni da je prekrivanje znašalo 0,30 m. Pri GPS pomoči je bila dejanska širina obdelave 4,93 m in pri GPS avtomatski vožnji prav tako 4,93 m. Na obdelovalni površini 1 ha so tako morali narediti 9,02 hoda, pri GPS pomoči 8,6 hoda in pri GPS avtomatski vožnji 8,59 hoda. Na Katedri za biosistemsko inženirstvo Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru so bili v letu 2016 izvedeni poljski poskusi (Vajda, 2018) z namenom, da bi se preverili pozitivni učinki RTK (Real Time Kinematic) navigacije pri obdelavi tal v praksi. Z uporabo traktorja Fendt 828, ki je bil opremljen z RTK navigacijo je bila izvedena primerjava prihranka goriva, časa ter širine prekrivanja pri ročni vožnji ter z uporabo RTK navigacije. Poizkus je bil izveden na dveh pod parcelah velikosti 172×58 m z uporabo dveh delovnih priključkov širine 3 in 6 metrov. Rezultati so pokazali, da je pri delovnem priključku širine 3 metre prihranek znašal 15,7 % časa in 8,66 % goriva, pri delovnem priključku širine 6 metrov pa 12,6 % časa in 8,28 % goriva. Ugotovljeno je bilo, da širina prekrivanja predstavlja 10 % delovne širine stroja in da z načinom obračanja, ki ga omogoča RTK navigacija prihranimo dodaten čas. Zaradi relativnega prekrivanja so prihranki pri ožjih priključkih večji od prihrankov pri širših priključkih. Prihranek pri delovnem priključku 3 metrov je toliko večji, saj je bilo potrebno večje število obhodov. Čas obračanja s pomočjo RTK-navigacije je krajši, saj način obračanja omogoča obračanje z večjo hitrostjo. Omogočeno je tudi obračanje v vsako drugo ali tretjo vrsto, kar je dodatno prihranilo čas in gorivo. Dobljeni rezultati se ujemajo z rezultati tujih raziskav (Hege, 2014), kjer so bile pozitivne lastnosti RTK avtonomne vožnje traktorja prikazane pri mehanskem zatiranju plevelov pri pridelavi čebule in špinače. Pri ročni vožnji je odstotek škode zaradi mehanskih poškodb na rastlinah znašal približno 28 %, medtem ko se je pri uporabi RTK avtonomne vožnje ta delež zmanjšal pri čebuli na 20 % in špinači na 5 %.

V Sloveniji imamo za vodenje kmetijskih strojev s centimetrsko natančnostjo dobro razpoložljivo infrastrukturo. Na voljo so javno dostopni podatki s pregledovalniki na spletnih straneh MKGP. Na voljo so grafični podatki RABA TAL in grafični podatki GERK za celo Slovenijo, ki se sproti posodablajo. Od sredine januarja 2019 so na MKGP prešli na uporabo novega državnega koordinatnega sistema D96/TM, kar bo še olajšalo kompatibilnost z drugimi digitalnimi viri podatkov (MKGP, 2019).

Kmetovalci imajo za uporabo RTK navigacije na voljo omrežji SIGNAL in SmartNet. Uporabniki strojev proizvajalca John Deere lahko uporabljajo lastno omrežje za korekcijo signala. SIGNAL je državno omrežje stalnih GNSS-postaj. Tvori ga 16 postaj, enakomerno razporejenih po vsej državi. Omrežje SIGNAL (Slovenija-Geodezija-NAvigacija-Lokacija) je osnova državne geo-informacijske infrastrukture in predstavlja ogrodje novega slovenskega državnega koordinatnega sistema. Centralno umeščena ljubljanska postaja je vključena tudi v evropsko mrežo stalnih postaj EPN (angl. European Permanent Network), ki je fizična osnova evropskega terestričnega referenčnega sistema (GURS, 2019).

Z omrežjem SmartNet upravlja podjetje Geoservis d.o.o.. Omrežje sestavlja trenutno 14 postaj in se še širi. Po podatkih iz avgusta 2018 ga uporablja 32 naročnikov. Eden lahko na enkrat upravlja le en traktor.

Stroški RTK navigacije traktorske enote znašajo trenutno cca. 15.000 €. Polovico tega zneska predstavlja nadgradnja traktorskega pogonskega in krmilnega sistema, ki ga moramo naročiti pri nakupu traktorja, ker tovrstne nadgradnje kasneje niso več možne. Drugo polovico zneska predstavlja oprema v traktorski kabini, ki jo lahko dokupimo tudi kasneje. Stroški koriščenja korekcijskega omrežja znašajo od cca. 50 €/mesec naprej, kar je odvisno od ponudnika.

Uporabniki tovrstnih tehnologij so z njihovo uporabo zelo zadovoljni in si svojega dela brez te tehnologije sploh ne znajo predstavljati (Radio Slovenija, 2018).

3 PAMETNO KMETIJSTVO

Pametno kmetijstvo (ang. Smart Farming) ali Kmetijstvo 4.0 (po 4. industrijski revoluciji) predstavlja uporabo informacijske in podatkovne tehnologije za optimizacijo zahtevnih kmetijskih sistemov. Mreženje inteligentnih kmetijskih tehnologij in sodobne podatkovne tehnologije omogočajo lokacijsko prilagojeno pridelavo rastlin, učinkovit proizvodni proces in nudi pridelovalcem hrane podporo pri njihovih odločitvah (Lakota s sod., 2018).

Avtonomni kmetijski robot mora biti opremljen s vsemi potrebnimi senzorji in logiko, da se lahko locira, oblikuje mapo okolice in sprejme odločitve v katero smer, po kateri poti se bo premaknil na nov položaj. Za zaznavanje okolice lahko uporabimo enostavne ultrazvočne ali infra rdeče senzorje z preprostimi odčitki, vendar je za doseganje boljših rezultatov potrebno uporabiti bolj zahtevne senzorje, kot so kamere, globinske kamere ali eno/več kanalni LIDAR (ang. Light Detection And Ranging) laserski skenerji.

Ustrezno 3D mapo, ki dobro ponazarja zunanjo okolico, lahko uporabimo v številnih aplikacijah preciznega kmetijstva, kot je npr. določanje položaja robota na terenu, da preprečimo trke z ovirami ali za planiranje trajektorij robota na poti do zelenega cilja (Roh s sod., 2013). Nadalje se 3D model lahko uporabi za pridobitev informacij o razvoju rastlin (Garrido s sod., 2015) ali za določanje oblike in gostote krošenj dreves pri selektivnem škropljenju (Wellington s sod., 2012). Ustrezen 3D model se lahko uporabi tudi, kot osnova za robotsko pobiranje sadežev (Dzitac, P., Mazid, A. M., 2012), za merjenje velikosti dreves ali ločevanje plevela od koruznih rastlin (Andujar s sod., 2013).

Določene ovire lahko premagamo, če npr. vemo, da se mora robot izogibati ovir, ki so samo na tleh (npr. koruzna stebila) je dovolj, če uporabimo 2D LIDAR za vožnjo med njimi. Bolj problematično je bolj kompleksno okolje v katerem se nahajajo tudi viseče ovire, ki se jih mora robot med gibanjem izogibati. V takem primeru je nujno, da se izdelata 3D model okolice. Ena od možnih rešitev je prikazana v raziskavah, kjer so uporabili digitalno kamero in projektor, ki je emitiral svetlobo na površino ciljnega objekta, pri čemer se je informacija o globini beležila na osnovi jakosti odbite svetlobe (Jung, H., Lyou, J., 2014). Bližje kot je objekt, svetlejša je odbita barva in obratno.

3D LIDAR laserski skenerji so najdražji senzorji, ki so trenutno dosegljivi na trgu (Roh s sod., 2013). Za merjenje razdalj do objektov uporabljajo lasersko svetlobo. V primerjavi s 2D modeli uporabljajo 3D modeli laserskih skenerjev več kanalov, kar pomeni da izvajajo meritve na različnih ravlinah, katerih število je omejeno s številom kanalov, npr. 16, 32, 64. Uporaba takšnega 3D LIDAR skenerja na kmetijskem robotu omogoča prepoznavanje okolice in navigacijo med ovirami (Roh s sod., 2013) ter prepoznavanje listov in navigacijo med njimi ne da bi poškodovali stebila rastlin.

Nadalje je s 3D LIDAR laserskim skenerjem in 3D merjenjem razdalj možno zaznavanje položaja in oblik sadežev s ciljem, da se jih pobere (Dzitac, P., Mazid, A. M., 2012) ali za zaznavanje oblike krošnje (Wellington s sod., 2012) z namenom, da se prilagodi količina nanosa fitofarmaceutskega sredstva glede na obseg krošnje. V kolikor na določenem mestu ni vej, ostanejo ventili in šobe zaprte, oz. v kolikor so veje redkejšje se ventili in šobe odprejo samo delno. Podatek o številu in velikosti sadežev na drevesu je zelo pomemben za prognozo velikosti pridelka v času obiranja (Stajniko s sod. 2004). Podobno je v gozdarstvu, kjer gozdarji potrebujejo za določanje obsega prirasta biomase dreves podatke o njihovi višini in obsegu debel. V vseh teh primerih se izkaže uporaba 3D modela objektov v okolici zelo uporabna, zato je vgradnja tovrstnih senzorjev v avtonomne kmetijske robote zelo smiselna.

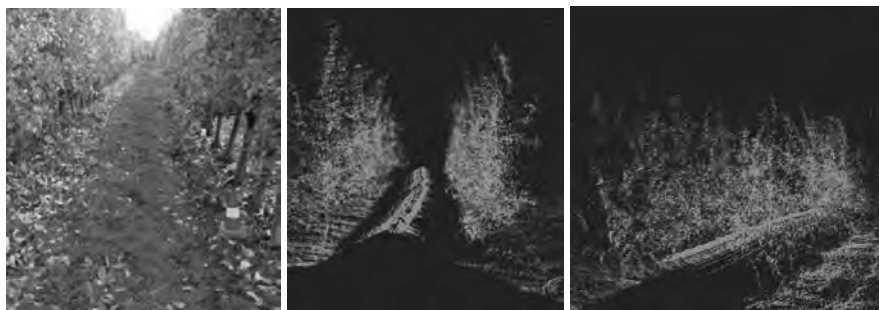
Enega od najpomembnejših delov programske opreme na takšnem robotu predstavlja t.im. SLAM (ang. Simultaneous Localisation And Mapping) algoritem. Najbolj poznani SLAM

algoritmi so G-mapping (Grisetti s sod., 2005 in 2007) in Hector (Kholbrecker s sod., 2013). Raziskave uporabnosti teh algoritmov so pokazale (Lepej, P., Rakun, J., 2016), da je G-mapping algoritem primeren za dolgotrajno zajemanje podatkov z laserskim skenerjem kar je primerno na velikih površinah. Za svoje delovanje potrebuje dodatne odometrične informacije od robota. Hector algoritem se ne obnese najbolje zunaj na odprtem prostoru zaradi spremenljivih pogojev in nestrukturiranih vzorcev okoliških objektov. Posledično se priporoča pristop z analizo digitalne slike v frekvenčnem prostoru.

Na Katedri za biosistemske inženirstvo Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru so v zadnjih letih posvetili težišče raziskovalnega dela področju avtonomnih kmetijskih robotov s poudarkom na strojnem vidu in avtonomni orientaciji v prostoru. Eden od ciljev raziskav je predstavljalo preučevanje uporabe cenovno ugodnih 2D LIDAR laserskih skenerjev namesto mnogo dražjih več-kanalnih senzorjev za rekonstrukcijo 3D okolja. V ta namen je bil razvit in uporabljen alternativni SLAM algoritem. Za testiranje razvitega algoritma je bil uporabljen majhen poljski robot z dvema 2D senzorjema. Testiranja smo izvajali v zaprtih prostorih in na prostem v trajnih nasadih.



Slika 1: Notranja okolica - hodnik. Leva slika prikazuje realno okolje, srednja in desna pa predstavitev v 3D prostoru.



Slika 2: Zunanja okolica - sadovnjak. Leva slika prikazuje realno okolje, srednja in desna pa predstavitev v 3D prostoru

Namesto uporabe stereo vizije, ki je omejena s problematiko različne svetlobne intenzivnosti, ali z uporabo dragih več-kanalnih 3D merilnikov razdalj (LIDAR skenerji), omejenih s številom kanalov, to delo raziskuje možnost uporabe dveh eno-kanalnih LIDAR skenerjev

pritrjenih na majhnega robota, ki omogočata »real-time« tri-dimenzionalno rekonstrukcijo okolice robota.

V raziskavi sta bila uporabljena dva LIDAR skenerja, SICK LMS111 in SICK TiM310, pri čemer je prvi skeniral vodoravno in drugi vertikalno. Za pravilno shranjevanje 3D točk iz odčitkov vertikalnega senzorja v 3D prostor je bil za računanje novih položajev robota uporabljen poseben SLAM algoritem za zajemanje slik. Algoritem je bil testiran v notranjih prostorih (slika 1) in zunaj v trajnem nasadu (slika 2). Dobljena natančnost rekonstrukcije okolice je znašala $0,02 \text{ m} \pm 0,02 \text{ m}$ za vertikalno in $-0,01 \text{ m} \pm 0,13 \text{ m}$ za horizontalno ravnino. V primerjavi z G-mapping algoritmom deluje razvit algoritem brez odometričnih podatkov. (Lepej s sod., 2017).

4 ZAKLJUČEK

Tehnologija, umetna inteligenca (UI) in strojno učenje bodo spremenili pravila igre po celotnem prehranskem sistemu. Na kmetijah lahko UI in strojno učenje prinesejo večjo zanesljivost pri napovedovanju vremenskih razmer, škodljivcev in nihanj cen blaga. Kamere in pametne aplikacije lahko v nekaj sekundah pomagajo odkrivati bolezni, povzročitelje bolezni in plevela. Potrošnik se lahko preko pametne platforme oskrbi s svežo in zdravo hrano, trgovci lahko zmanjšajo količine zavržene hrane. Posledice so izboljšanje splošnega zdravja, sledenje boleznim, itd. Seveda se moramo zavedati, da doseganje zanesljive preskrbe s hrano zahteva politične in gospodarske rešitve za vprašanja, kot so revščina in rasna neenakost. Inovacije morajo doseči roke tistih, ki to najbolj potrebujejo - voditelji morajo vsem zagotoviti uporabniku prijazno in dostopno tehnologijo. To nam mora biti vsem cilj h kateremu težimo.

5 LITERATURA

- Andujar, D., Rueda-Ayala, V., Moreno, H., Rosell, J. R., Escola, A., Valero, C., Gerhards, R., Griepentrog, H. W. 2013: Discriminating crop, weeds and soil surface with a terrestrial LIDAR sensor. *Sensors* 13 14662-14675.
- Dzitac, P., Mazid, A. M. 2012. A depth sensor to control pick-and-place robots for fruit packaging, 12th International Conference on Control Automation Robotics & Vision (ICARCV): 949–954.
- Garrido, M., Paraforos, D. S., Reiser, D., Vazquez Arellano, M., Griepentrog, H. W., Valero, C. 2015. 3D Maize Plant Reconstruction Based on Georeferenced Overlapping LiDAR Point Clouds. *Remote Sensing* 7(12) 17077-17096.
- GNSS, 2019. Dostopno na: <http://www.gnss.si/> (januar, 2019)
- Grisetti, G., Stachniss, C., Burgard, W. 2007. Improved Techniques for Grid Mapping with Rao-Blackwellized Particle Filters, *IEEE Transactions in Robotics*, Volume 23, pp. 34-46.
- Grisetti, G., Stachniss, C., Burgard, W. 2005. Improving Grid-based SLAM with Rao Blackwellized Particle Filters by Adaptive Proposals and Selective Resampling, *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*.
- GURS 2019. Dostopno na: <http://www.gu-signal.si/node/1> (januar, 2019)
- Hege, D. 2014. Unkrautregulierung mittels GPS- und Kamerasteuerung. Dostopno na: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/6779.htm> (september 2018)
- Holpp, M., Anken, T., Sauter, M., Kroulik, M., Hensel, O. 2006. Nutzen automatischer Lenksysteme, *Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART*: 3.
- Jung, H., Lyoo, J., 2014. 3D map building using the kinect mounted on a mobile robot, *IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, pp. 604 – 608.
- Kašman, I., 2003. Diplomsko delo - Dokumentiranje in analiza stroškov delovnega postopka z uporabo satelitske navigacije. Univerza v Mariboru.

- Kohlbrecher, S., Meyer, J., Graber, T., Petersen, K., Klingauf, U., Stryk O. 2013. Hector Open Source Modules for Autonomous Mapping and Navigation with Rescue Robots, Department of Computer Science, TU Darmstadt, Germany.
- Lakota, M., Stajniko, D., Vindiš, P., Berk, P., Kelc, D., Rakun, J. 2018. Automatization and digitalization in agriculture. V: ŽIVKOVIĆ, Milovan (ur.). *Zbornik radova = Proceedings*, 19. Naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem "Aktuelni problemi mehanizacije poljoprivrede" = 19th Scientific conference "Current problems and tendencies in agricultural engineering", Beograd, 14. 12. 2018. Beograd: Univerzitet, Poljoprivredni fakultet. 2018, str. 45-53.
- Landerl, G. 2009. Untersuchungen zum Nutzen und zu Genauigkeiten von GPS-gestützten Parallelfahrssystemen (Lenkhilfe, Lenkas- sistens und Lenkautomat) bei Traktoren. Wien, Universität für Bodenkultur.
- Lepej, P., Rakun, J., 2016. Simultaneous localisation and mapping in a complex field environment, Biosystems Engineering, Volume 150, pp 160–169.
- Lepej, P., Lakota, M., Rakun J. 2017. Robotic real-time 3D object reconstruction using multiple laser range finders. Advances in Animal Biosciences, Conference on Precision Agriculture (ECPA 2017), John McIntyre Centre, Edinburgh, UK, July, (8), 2: 16–20.
- MKG, 2019. http://rkg.gov.si/GERK/documents/D48toD96_list.html (januar, 2019)
- Radio Slovenija, 2018. Oddaje Studio ob 17tih s sejma AGRA 2018 – podcast, <https://4d.rtvsl.si/arhiv/studio-ob-17h/174558927> (september 2018)
- Roh, H. C., Sung, C. H., Chung, M. J. 2013. Rapid SLAM using simple map representation in indoor environment, 19th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision, pp. 225 – 229.
- Stajniko, D., Lakota, M., Hocevar, M. 2004. Estimation of number and diameter of apple fruits in an orchard during the growing season by thermal imaging. Computers and Electronics in Agriculture, 42, 31-42.
- Vajda, N., Kelc, D., Vindiš, P., Berk, P., Rakun, J., Stajniko, D., Lakota, M. 2018., Increase of soil tillage efficiency with using of RTK – navigation. 46th International Symposium "Actual Tasks on Agricultural Engineering" 27th February – 2nd March 2018, Opatija, Croatia
- Vaukan, T. 2001. Diplomsko delo - Satelitska navigacija kot osnova za geoinformacijske sisteme v kmetijstvu. Univerza v Mariboru.
- Wellington, C., Campoy, J., Khot, L., Ehsani, R. 2012. Orchard tree modelling for advanced sprayer control and automatic tree inventory. In: Proc. IROS Workshop on Agricultural Robotics.

Ekosistemske storitve in kmetijstvo

Špela ŽELEZNIKAR¹¹⁴ in Marina PINTAR¹¹⁵

Izvleček

Kmetijska raba zemljišč je po podatkih FAOSTAT-a (Food and Agriculture Organization of the United Nations) prevladujoča oblika rabe zemljišč na svetu. Kmetijska zemljišča predstavljajo največji ekosistem, ki ga v veliki meri upravljajo ljudje. Ekosistemske storitve so koristi, ki jih ljudje dobimo od ekosistemov in vplivajo na naše dobro počutje. Delimo jih v tri glavne skupine: podporne in uravnalne, oskrbovalne ter kulturne. Kmetijski ekosistemi, znani tudi kot agro-ekosistemi, zagotavljajo in omogočajo pomembne ekosistemske storitve. Kmetijstvo omogoča t.i. agro-ekosistemske storitve, ki so v večini primerov identificirane in prepoznane kot stranski učinki kmetijske prakse, ki jo ljudje izvajamo na kmetijskih zemljiščih. Tradicionalno so bili agro-ekosistemi prepoznani kot vir oskrbovalnih storitev, novejša literatura pa v njih prepoznava tudi storitve iz drugih dveh skupin (kulturnih, podpornih in uravnalnih). V prispevku bomo predstavili literaturni pregled ekosistemskih storitev kmetijskih zemljišč. Pregled je bil opravljen s pomočjo orodja Scopus, z iskalnimi pojmi »ecosystem services and agriculture«, »ecosystem services in agriculture« ter »agro-ecosystem services«.

Ključne besede: kmetijstvo, ekosistemske storitve, agro-ekosistem

Ecosystem services and agriculture

Abstract

According to FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations), agricultural land use is the dominant form of land use in the world. Agricultural land represents the largest ecosystem, mostly managed by people. Ecosystem services are the benefits that people derive from ecosystems and affect our well-being. They are divided in three main groups, supporting and regulating, supplying and cultural. Agricultural ecosystems, also known as agro-ecosystems, provide and facilitate important ecosystem services. Ecosystem services that are identified on agricultural land are also known as agro-ecosystem services. In most cases they are identified as side effects of agricultural practice that people perform on agricultural land. Traditionally, agro-ecosystems have been recognized as a source of supplying services, but nowadays newer literature also recognizes services from other groups (cultural, supportive and regulatory). In the article we will present a literature review of ecosystem services of agricultural land. The literature review was done with the Scopus tool, using the following search terms "ecosystem services and agriculture", "ecosystem services in agriculture" and "agro-ecosystem services".

Key words: agriculture, ecosystem services, agro-ecosystem

1 UVOD

Ekosistemske storitve (ES) so koristi, ki jih ljudje dobimo od ekosistemov preko različnih funkcij, ki jih ekosistemi opravljajo. Ogrodje konceptu ES je bilo postavljeno leta 2005, ko je izšlo poročilo Millenium Ecosystem Assesment (MA, 2005), ki predstavlja delo več raziskovalnih skupin iz celega sveta (Cerqueira in sod., 2015). Čeprav med znanstveniki ni skupnega soglasja o točni opredelitvi ES, obstaja svetovno priznanje, da ES prispevajo k funkcijam ekosistemov. Te je mogoče spremeniti v storitve in koristi, ki vplivajo na

¹¹⁴ Mag.ing.agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: spela.zeleznikar@bf.uni-lj.si

¹¹⁵ Prof. dr., isti naslov, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

človekovo blaginjo, njegovo preživetje in kakovost življenja (Cerqueira in sod., 2015; Bouwma in sod., 2018).

Storitve, ki jih omogočajo ekosistemi, lahko neposredno ali posredno prispevajo k človekovemu dobrem počutju in vzdržujejo procese, ki nam omogočajo preživetje z dodeljenimi ekosistemskimi strukturami, funkcijami ali procesi (Andersen, 2017; Bennet in sod., 2015). ES so bile opredeljene in kategorizirane na več načinov (Polasky in sod., 2015). Najpogostejše uporabljene klasifikacije (preglednica 1) izhajajo iz del avtorjev Costanza in sod. (1997), MA (2005) poročila, poročila TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2010) ter klasifikacije CICES (Common International Classification of Ecosystem Services, 2017).

CICES kategorizira ES v tri skupine: (i) oskrbovalne (različne dobrine, ki jih ljudje pridobivamo iz ekosistemov), (ii) podporne in uravnalne (storitve, ki omogočajo podporo in uravnavanje različnih procesov v ekosistemi) ter (iii) kulturne (nematerialne koristi, ki jih ljudje dobimo od ekosistemov). Storitve iz skupine oskrbovalnih storitev so lažje identificirane in prepoznane (oskrbovalne – različni pridelki, ribe in sladka voda), ker predstavljajo neposredne koristi za ljudi. Storitve (ii) uravnalne in podporne skupine (npr. storitve oprave, nadzora erozije in regulacije podnebja) so manj oprijemljive in tako težje dojemljive za ljudi. Vendar, z neposrednim ali posrednim vplivom, vse ES temeljijo na okolju in človekovemu dobrem počutju ter vplivajo na gospodarstvo (MA 2005).

2 EKOSISTEMSKE STORITVE KMETIJSKIH ZEMLJIŠČ

Kmetijska raba zemljišč je po podatkih FAOSTAT prevladujoča oblika rabe zemljišč na svetu. Kmetijska zemljišča predstavljajo največji ekosistem, ki ga v veliki meri upravljajo ljudje (Power, 2010). Med glavnimi cilji kmetijstva so proizvodnja hrane, vlaknin in goriva.

Kmetijske površine imajo – kot najbolj antropogeno voden ekosistem – veliko vlogo pri uporabi in omogočanju ES. Poleg tega, da kmetijska zemljišča omogočajo veliko število ES, kmetijska dejavnost, ki se vrši na teh površinah, povzroča nastanek tudi negativnih ekosistemskih storitev (Swinton in sod., 2007; Dale in Polasky, 2007; Power, 2010; Huang in sod., 2015; Zhang in sod., 2007).

V zadnjem času se pojavljajo težnje k krepitvi pomena antropogenega vpliva na ekosisteme, ki nas obdajajo ter na ES, ki nam jih omogočajo. To še posebej velja za tako imenovane kmetijske ekosisteme – agro-ekosisteme, katerih nabor ES je odvisen od različnih antropogenih vložkov vanje ter od vloženega kapitala (Fischer in Eastwood 2016; Jones in sod., 2016; Power 2016). Poleg tega je razmerje med ES in blaginjo ljudi zapleteno in večdimenzionalno. ES kmetijskih zemljišč oz. storitve, ki nam jih omogočajo agro-ekosistemi, zagotavlja interakcija med ljudmi in naravo. Zato imajo te storitve socialno-ekološki značaj (Bennett in sod., 2015; Tancoigne in sod., 2014) in so socialno, kulturno, gospodarsko in okoljsko povezane (Daniel in sod., 2012; Duru in sod., 2015).

Preglednica 1: Primerjava glavnih klasifikacij koncepta ekosistemskih storitev (ES) (povzeto po Costanza in sod., 2017)

	COSTANZA IN SOD., 1997	MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005	TEEB, 2010	CICES, 2017
OSKRBOVALNE ES	Proizvodnja hrane	Hrana	Hrana	Biomasa- Prehrana
	Oskrba z vodo	Sladka voda	Voda	Voda
	Surovine	Surovine, vlakna, ipd.	Surovine	Biomasa - vlakna, energija, ipd.
	Genetski viri	Genetski viri Biokemikalije in naravna zdravila	Genetski viri Medicinska sredstva	Genetski viri
URAVNALNE ES				Biomasa
	Upravljanje plinov	Upravljanje kakovosti zraka	Čiščenje zraka	Vpliv na upravljanje plinov in pretok zraka
	Upravljanje podnebja	Upravljanje podnebja	Upravljanje podnebja	Upravljanje podnebja in atmosfere
	Upravljanje vpliva različnih naravnih dejavnikov (preprečevanje poplav, zaščita pred vplivi neviht)	Upravljanje vpliva naravnih nesreč	Preprečevanje moten iz okolja	Upravljanje zračnih in vodnih tokov
	Preprečevanje suše, upravljanje količine dostopne vode	Upravljanje vode	Upravljanje vodnih tokov	Upravljanje vodnih tokov
	Upravljanje količine odpadnih snovi	Prečiščevanje vode in upravljanje količine odpadnih snovi	Upravljanje količine odpadnih snovi	Upravljanje količine odpadnih, toksičnih in drugih snovi iz okolja
	Vpliv na erozijske procese in sedimentacijo	Vpliv na erozijske procese	Vzdrževanje rodovitnosti tal	Vzdrževanje rodovitnosti in sestave tal
	Opraševanje	Opraševanje	Opraševanje	Vzdrževanje življenjskega cikla (opraševanje, ipd.)
PODPORNE ES	Biološki nadzor	Nadzor škodljivcev in bolezni	Biološki nadzor	Ohranjanje nadzora nad škodljivci in boleznimi
	Tok hranil	Tok hranil, fotosinteza, primarna produkcija		
	Zagotavljanje habitata	Biotska pestrost	Vzdrževanje življenjskega cikla, habitata in genetske pestrosti	Vzdrževanje življenjskega cikla, habitata in genetske pestrosti
KULTURNE ES	Rekreacija (vključno z ekoturizmom in dejavnostmi na prostem)	Rekreacija in ekoturizem	Rekreacija in ekoturizem	Različna fizična in izkustvena doživetja in dejavnosti
	Kulturni (estetske, umetniške, duhovne, izobraževalne in znanstvene dejavnosti in vrednosti)	Estetske vrednosti	Estetske informacije	
		Kulturna raznolikost	Navdih za kulturo, umetnost	
		Duhovne in verske vrednote	Duhovne izkušnje	Duhovne interakcije
		Sistemi znanja	Kognitivni razvoj	Znanstvene interakcije

2.1 Pregled ekosistemskih storitev kmetijskih zemljišč

V namen identifikacije ES kmetijskih zemljišč smo s pomočjo orodja Scopus pripravili pregled literature. Z iskalnimi pojmi »ecosystem services and agriculture«, »ecosystem services in agriculture« ter »agro-ecosystem services« smo izbrali ustrezno literaturo ter preverili, katere ES kmetijskih zemljišč avtorji identificirajo.

Po podatkih Power in sod. (2010) agro-ekosistemi omogočajo širok nabor ES. Te ne izhajajo samo iz skupine oskrbovalnih storitev, temveč tudi iz kulturne in uravvalne skupine storitev. Med uravvalne ES vključujemo uravnavanje/preprečevanje poplav, vpliv na kakovost vode, skladiščenje ogljika ter uravnavanje podnebja. Vpliv na podnebje lahko identificiramo z ES uravnavanje emisij toplogrednih plinov, preprečevanje bolezni ter uravnavanje količine odpadnih snovi, kot so pesticidi in nitrat iz kmetijstva. Med kulturne storitve lahko uvrščamo vpliv na izgled krajine, izobraževalno vlogo, rekreacijo, turizem ter ohranjanje tradicionalne kmetijske prakse. Družbeno-ekološke in kmetijske interakcije na kmetijskih površinah pogosto vodijo v razvoj agro-ekosistemov z močnimi kulturnimi vrednostmi (Hanaček in sod., 2018). Te vrednosti identificiramo kot kulturne ES kmetijskih zemljišč. Med pomembnejšimi so dostop do divjih dobrin, vključevanje pomena ES v načrtovanje kmetijske krajine ter razvoj agro-turizma (Daugstad in sod., 2006; Plieninger in sod., 2015).

Vloga agro-ekosistemov je večnamenska ter kulturno, tradicionalno oblikovana glede na navade ljudi, ki jo oblikujejo. Kulturne ES tako vključujejo izobraževanje, kulturna srečanja, rekreacijo, turizem, ohranjanje tradicionalne rabe zemljišč ter izmenjavo semen in dobrin kmetijskih zemljišč (Allan in sod., 2015; Fibrank in sod., 2013; Pretty, 2008). Poleg navedenega, so agro-ekosistemi in ES, ki jih omogočajo del tradicionalnih obredov in običajev, ki povezujejo človeka in skupnost (Power, 2010; Zorrilla-Miras in sod., 2014). ES kmetijskih zemljišč so bistvenega pomena za razumevanje kulturne identitete določenega naroda, ohranjanje okoljske trajnosti in omogočajo preživitvene možnosti različnih kultur narodov po svetu (Brown in Macleod, 2011; Tengberg in sod., 2012).

3 NAJPOMEMBNEJŠE EKOSISTEMSKÉ STORITVE KMETIJSKIH ZEMLJIŠČ ZA KMETA IN KMETIJSKO PRAKSO

Različne ES kmetijskih zemljišč vplivajo na kmete in na njihovo kmetijsko dejavnost (slika 1). Med najpomembnejše ES uvrščamo biološko uravnavanje škodljivcev, oprasčevanje, uravnavanje količine in kakovosti vode, vpliv na strukturo in rodovitnost tal ter vpliv na oblikovanje krajine (Power, 2010). Biološki nadzor škodljivcev posevkov na kmetijskih zemljiščih je pomembna ES, ki jo pogosto podpirajo in omogočajo naravni ekosistemi, ki ta zemljišča obdajajo. Ta zemljišča nudijo življenjski prostor in so prehramben vir potreben za različne plenilce, žuželke, netopirje in druge živali, ki delujejo kot naravni sovražniki kmetijskih škodljivcev. ES biološkega uravnavanja škodljivcev tako zmanjšajo populacije škodljivcev in plevela v kmetijstvu, s čimer se zmanjša potreba po pesticidih (Tschamtké in sod., 2005). Za kmetijstvo in kmetijsko prakso so pomembne storitve oprasčevanja. Večina rastlinskih vrst globalnega pomena za proizvodnjo hrane je odvisna od oprasčevanja živali, predvsem žuželk ki imajo habitat na kmetijskih in okoliških zemljiščih (Klein in sod., 2007). Zagotavljanje zadostnih količin vode je bistvenega pomena za kmetijsko pridelavo, saj kmetijska praksa predstavlja približno 70 odstotkov svetovne porabe vode (FAO 2003). Različna vegetacija na zemljiščih uravnava infiltracijo, zadrževanje in pretok vode. Poleg zmožnosti infiltracije in pretoka pa je razpoložljivost vode na kmetijskih zemljiščih odvisna tudi od zadrževanja vlage v tleh še ene ES (Jackson in sod. 2005). Struktura in rodovitnost tal

zagotavljata in hkrati omogočata bistvene ES kmetijskih zemljišč. Tako lahko z izvajanjem različnih kmetijskih praks zmanjšujemo ali povečujemo nabor ES.

Različni ukrepi za ohranjanje tal uravnavajo in ohranijo rodovitnost tal z zmanjševanjem izgube hranil. Pokrivne rastline varujejo pred erozijo ter tako omogočajo ohranjanje tal in hranil na kmetijskih zemljiščih med pridelovalnimi cikli. Prav tako zmanjšajo erozijo in preprečujejo odtekanje hranil in vode. Žive meje in obrežna vegetacija pa nudijo življenjski prostor živalim. Skupaj te prakse ohranjajo zbirko pomembnih ES za kmeta (Power, 2010) in naravo. Pomemben vpliv na nabor in količino ES kmetijskih zemljišč ima tudi okoliška krajina, ki obdaja kmetijska zemljišča.



Slika 3: Najpomembnejše ekosistemske storitve kmetijskih zemljišč

4 SKLEPI

Z modernizacijo kmetijstva se je začela intenzifikacija kmetijske dejavnosti in s tem naraščajoč vpliv na okolje. Pod okriljem skupne evropske kmetijske politike je bilo razvitih več orodij in ukrepov za blažitev vpliva kmetijstva na okolje. Kmetijstvo se danes sooča z različnimi izzivi, med njimi tudi z zagotavljanjem čim večjega števila ES.

Najprepoznavnejše so storitve, namenjene zagotavljanju širokega spektra kmetijskih dobrin, t.j. pridelava hrane, pridobivanje biomase, itd. Drugo pomembno skupino ES kmetijskih zemljišč predstavljajo uravnalne storitve (npr. omogočanje razlivnih površin v primeru poplav). Poleg tega kmetijska dejavnost ohranja kmetijsko krajino ter biotsko pestrost. Slednje je povezano s kulturnimi ES, ki predstavljajo za ljudi nematerialne koristi, pridobljene iz agro-ekosistemov preko duhovne obogatitve, rekreacije in estetskih izkušenj. Po drugi strani nematerialne koristi kmetijske kulturne krajine koristijo tudi druge gospodarske dejavnosti, kot je npr. turizem.

Koristniki ES, ki jih omogočajo kmetijska zemljišča, prihajajo iz različnih sektorjev – urejanje prostora, okoljevarstveniki, gospodarske dejavnosti. Večji del bremena omogočanja teh storitev pade na nosilce kmetijske dejavnosti, česar se splošna javnost premalo zaveda.

Ozaveščanje o koristih ES bi pripomoglo k boljšemu varovanju kmetijskih zemljišč, ki bi tudi v prihodnje omogočala in varovala ES v korist blaginje ljudi.

5 LITERATURA

- Allan, E., Manning, P., Alt, F., Binkenstein, J., Blaser, S., Blüthgen, N., Böhm, S., Grassein, F., Hölzel, N., Klaus, V.H., Kleinebecker, T., Morris, E.K., Oelmann, Y., Prati, D., Renner, S.C., Rillig, M.C., Schaefer, M., Schloter, M., Schmitt, B., Schöning, I., Schrumpf, M., Solly, E., Sorkau, E., Steckel, J., Steffen-Dewenter, I., Stempfhuber, B., Tschapka, M., Weiner, C.N., Weisser, W.W., Werner, M., Westphal, C., Wilcke, W., Fischer, M. 2015. Land use intensification alters ecosystem multifunctionality via loss of biodiversity and changes to functional composition. *Ecology Letters*, 18: 834–843
- Andersen, E. 2017. The farming system component of European agricultural landscapes. *European Journal of Agronomy*, 82: 282–291
- Bennett, E. M., Cramer, W., Begossi, A., Cundill, G., Diaz, S., Egoh, B.N., Geijzendorffer, I.R., Krug, C.B., Lavorel, S., Lazos, E., Lebel, L., Martin-Lopez, B., Meyfroidt, P., Mooney, H.A., Nel, J.L., Pascual, U., Payet, K., Harguindeguy, P.N., Peterson, G.G., Prieur-Richard, H., et al. 2015. Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14: 76–85
- Bouwma, I., Schleyer, C., Primmer, E., Winkler, K. J., Berry, P., Young, J., Carmen, E., Apulervaj, J., Bezajk, P., Preda, E., Vadieanu, A. 2018. Adoption of the ecosystem services concept in EU policies. *Ecosystem Services*, 29: 213–222
- Brown, J., MacLeod, N. 2011. A site-based approach to delivering rangeland ecosystem services. *Rangeland Journal*, 33: 99–108
- Cerqueira, Y., Navarro, L.M., Maes, J., Marta-Pedroso, C., Honrado, J.P., Pereira, H.M. 2015. Ecosystem Services: The Opportunities of Rewilding Europe. *Rewilding European Landscapes*, 57–64
- CICES. 2017. Haines-Yong, R. and Potschin, M. Version 4: Response to Consultation. Centre for Environmental Management, University of Nottingham: 1–17
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., Oneill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van der Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253–260
- Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S., Grasso, M. 2017. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28: 1–16
- Dale, V.H., Polasky, S. 2007. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. *Ecological Economics*, 64: 286–296
- Daniel, T.C., Muhar, A., Arnberger, A., Aznar, O., Boyd, J. W. et al. 2012. Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109: 8812–8819
- Daugstad, K., Rønninger, K., Skar, B. 2006. Agriculture as an upholder of cultural heritage? conceptualizations and value judgements – a Norwegian perspective in international context. *Journal of rural studies*, 22: 67–81
- Duru, M., Therond, O., Martin, G., Martin-Clouaire, R., Magne, M. A., Justes, E., Journet, E.P., Aubertot, J.N., Savary, S., Bergez J.E., Sarthou, J.P. 2015. How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: a review. *Agronomy for sustainable development*, 35: 1259–1281
- Fibranck, L., Bradbury, R.B., McCracken, D.I., Stoate, C. 2013. Delivering multiple ecosystem services from enclosed farmland in the UK. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 166: 65–75
- Fischer, A., Eastwood, A. 2016. Coproduction of ecosystem services as human–nature interactions—An analytical framework. *Land Use Policy*, 52: 41–50

- Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). 2003 World agriculture: towards 2015/2030. Interim Report. Rome, Italy: FAO, <http://www.fao.org/3/a-y4252e.pdf>, zadnjič dostopano 05.11.2018
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations, <http://www.fao.org/faostat/en/#home>, zadnjič dostopano 03.11.2018
- Hanaček, K., Rodríguez-Labajos, B. 2018. Impacts of land use and management changes on cultural agroecosystems services and environmental conflicts – A global review, *Global Environmental Change*, 50: 41–58
- Huang, J., Tichit, M., Poulot, M., Darly, S., Li, S., Petit, C., Aubry, C. 2015. Comparative review of multifunctionality and ecosystem services in sustainable agriculture. *J. Environmental Management*, 149: 138–147
- Jackson, R. B., Jobbagy, E.G., Avissar, R., Roy, B.S., Barrett D.J., Cook, C.W., Farley, K.A., le Maitre, C.D., McCarl, A.B., Murray, C.B. 2005. Trading water for carbon with biological sequestration. *Science*, 310: 1944–1947
- Jones, L., Norton, L., Austin, Z., Browne, A., Donovan, D., Emmett, B., Grabowski, Z., Howard, D., Jones, J., Kenter, J. 2016. Stocks and flows of natural and human-derived capital in ecosystem services. *Land Use Policy*, 52: 151–162
- Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society*, 274: 303–313
- Millennium Ecosystem Assessment (MA). 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press Washington DC
- Plieninger, T., Bieling, C., Fagerholm, N., Byg, A., Hartel, T., Hurley, P., López-Santiago, C.A., Nagabhatla, N., Oteros-Rozas, E., Raymond, C.M., van der Horst, D., K. Huntsinger, L. 2015. The role of cultural ecosystem services in landscape management and planning. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14: 28–33.
- Polasky, S., Tallis, H., Reyes, B. 2015. Setting the bar: Standards for ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Science*, 112: 73656–73661
- Power, A.G. 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 365: 2959–2971
- Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 363: 447–465
- Swinton, S.M., Lupi, F., Robertson, G.P., Hamilton, S.K. 2007. Ecosystem services and agriculture: cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits? *Ecological Economics*, 64: 245–252
- Tancoigne, E., Barbier, M., Cointet, J. P., Richard, G. 2014. The place of agricultural sciences in the literature on ecosystem services, *Ecosystem Services*, 10: 35–48
- TEEB. 2010. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*: 39 str.
- Tengberg, A., Fredholm, S., Eliasson, I., Knez, I., Saltzman, K., Wetterberg, O. 2012. Cultural ecosystem services provided by landscapes: assessment of heritage values and identity. *Ecosystem Services*, 2: 14–26
- Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., Thies C. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity: ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8: 857–874
- Zhang, W., Ricketts, T., Kremen, C., Carney, K., Swinton, S. 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture *Ecological Economics*, 64: 253–260
- Zorrilla-Miras, P., Palomo, I., Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B., Lomas, P.L., Montes, C. 2014. Effects of land-use change on wetland ecosystem services: a case study in the Doñana marshes (SW Spain). *Landscape Urban Planning*, 122: 160–174

Proizvodnja biogoriv s torefikacijo biomase

Julijan Jan SALAMUNIČ¹¹⁶, Zdravko PRAUNSEIS¹¹⁷, Darko GORIČANEC¹¹⁸ in Danijela URBANCL¹¹⁹

Izvleček

Proizvodnja trdnih biogoriv s torefikacijo iz različnih virov biomase se je zaradi ekonomskih in tehnoloških možnosti izkazala kot zelo učinkovita alternativa premogu. Material je med procesom izpostavljen inertni atmosferi. Študija je bila narejena na treh različnih vrstah biomase; mešanem odpadnem lesu, hrastovem lesu in dehidriranem, granuliranem komunalnem mulju iz čistilne naprave. Vzorci so bili termično obdelani v temperaturnem območju od 220 °C do 400 °C. Produktom torefikacije je bila določena kurilna vrednost. Na osnovi meritev kurilne vrednosti je bila določena optimalna temperatura, pri kateri je najboljše razmerje med izboljšanjem kurilne vrednosti in dovedeno energijo. Torefikacija odpadnega mešanega in hrastovega lesa se je izkazala za energetske učinkovit proces.

Ključne besede: trdna biogoriva, biomasa, odpadna biomasa, torefikacija

Biofuels production using biomass torrefaction

Abstract

The solid biofuels production by torrefaction from various sources of biomass is due to economic and technological opportunities proved to be a very effective alternative to coal in industrial applications. During the process, the material is exposed to an inert atmosphere or an atmosphere with a very low oxygen concentration. The study was done for three different types of biomass; mixed waste wood, oak wood and dehydrated granulated sewage sludge from a waste water treatment plant. The samples were thermally treated in a temperature range of 220°C to 400°C. Heating value of the products was determined. Based on the measurements of the heating value, the optimum temperature was determined; this is the temperature where the best ratio between the improvement of the heating value and the energy input is. It is proved that the torrefaction of waste mixed and oak wood is energy efficient process.

Key words: solid biofuel, biomass, waste biomass, torrefaction

1 UVOD

Človeštvo se sooča s ključnim izzivom, kako zmanjšati porabo fosilnih goriv in doseči oskrbo z energijo, proizvedeno iz obnovljivih virov. Uporaba biomase v energetske namene, predvsem uporaba odpadne biomase lahko pripomore k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov in tako k doseganju zastavljenih ciljev v Kjotskem protokolu, kjer je med drugim predstavljen tudi mednarodni okvir rabe OVE (obnovljivih virov energije). Energija, proizvedena iz biomase je ogljično nevtralna.

V Sloveniji je biomasa eden od pomembnejših virov za proizvodnjo energije in biogoriv, zlasti v Sloveniji, ki je ena od bolj gozdnatih držav v Evropi. Čeprav je biomasa dražja od premoga, so zakoni o trgovanju z ogljikom dobra motivacija za večjo uporabo biomase.

¹¹⁶ Mag., Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko, Hočevarjev trg 1, SI-8270 Krško, Slovenia, e-pošta: julko.julko@gmail.com

¹¹⁷ Izr. prof. dr., isti naslov, Slovenia, e-pošta: zdravko.praunseis@um.si

¹¹⁸ Izr. prof. dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Smetanova ul. 17, 2000 Maribor, e-pošta: darko.goricanec@um.si

¹¹⁹ Doc. dr., isti naslov, e-pošta: danijela.urbancl@um.si

Torefikacija oz. praženje je blaga piroliza, ki se uporablja za obdelavo biomase z namenom izboljšanja njenih lastnosti. Proizvodnja trdnih biogoriv s torefikacijo iz različnih virov biomase se je zaradi ekonomskih in tehnoloških zmožnosti izkazala kot zelo učinkovita alternativa premogu. Material je med procesom izpostavljen inertni atmosferi oziroma atmosferi brez kisika.

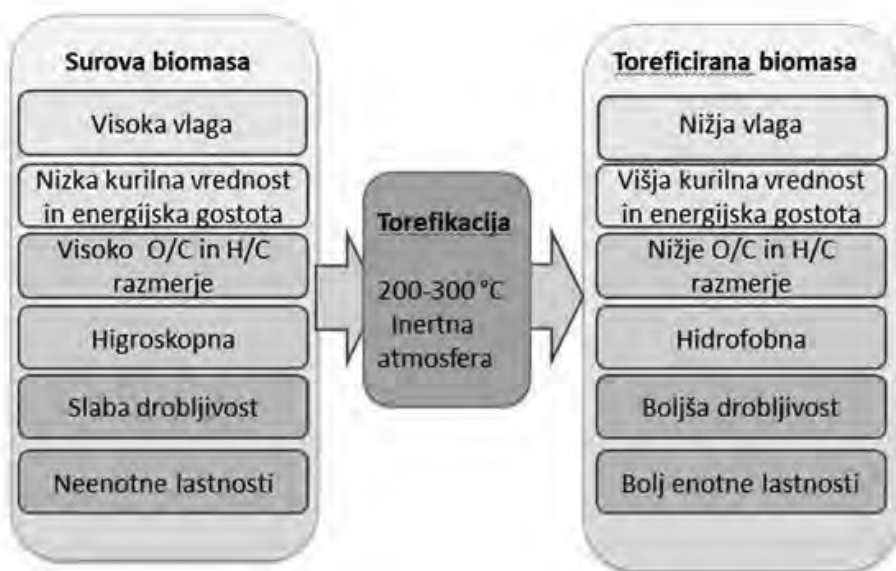
Proces torefikacije ali blage pirolize lesne biomase prihaja v ospredje kot ena od možnih termo-kemijskih pretvorbenih poti, ki izboljšuje lastnosti lesne biomase, pri kateri dobimo ekološko sprejemljiv energent, ki je po svojih lastnostih podoben premogu (Correia in sod. 2017; Trop in sod. 2014). Toreficirana biomasa je hidrofobna, odporna na bio-razgradnjo in primerna za skladiščenje. Izboljša se tudi homogenost in kurilna vrednost biomase. Pomembna prednost toreficirane biomase v primerjavi z neobdelanim lesom je zmanjšana žilavost materiala, kar omogoča lažje mletje in aplikacijo v industrijske namene (Wang in sod., 2017; Iroba in sod., 2017).

Učinkovitost torefikacije se najpogosteje ocenjuje z masnim izkoristkom, primerjavo zgornje kurilne vrednosti (HHV) in energijskim izkoristkom (Chen, 2015). S povišanjem temperature oziroma podaljšanjem trajanja procesa masni izkoristek pada (Li, 2012). V nasprotju kurilna vrednost narašča zaradi večje vsebnosti ogljika v toreficirani biomasi.

V nadaljevanju so predstavljeni rezultati vpliva torefikacije na tri različne vrste biomase v cilju proizvodnje trdnih biogoriv.

2 MATERIAL IN METODE

Proces torefikacije pretvori svežo biomaso v trdno obliko, ki je primerna za zgorevanje in uplinjanje, saj ima visoko energijsko gostoto, je hidrofobna, kompaktna, drobljiva in ima nižje razmerje med kisikom in ogljikom (razmerje O/C). Na sliki 1 je prikazana primerjava lastnosti materiala pred in po torefikaciji.

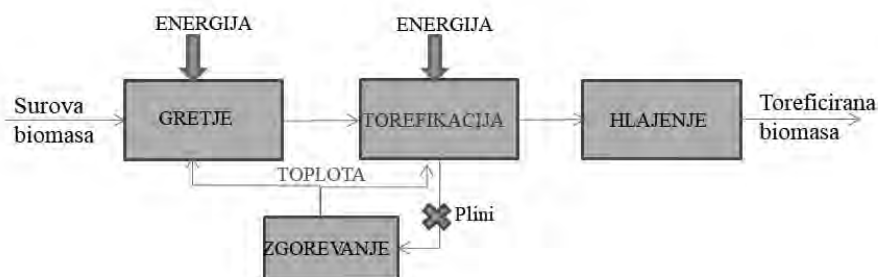


Slika 1: Lastnosti biomase pred in po torefikaciji

S procesom torefikacije smo izvedli primerjavo različnih vrst biomase, da bi ocenili vpliv temperature torefikacije na kurilno vrednost in kemijsko sestavo. Analizirane so bile tri različne vrste biomase, in sicer hrastov les, mešani odpadni les in dehidriran komunalni mulj iz čistilne naprave.

Proces torefikacije je razdeljen na 3 stopnje. Najprej poteka začetno segrevanje materiala (30 min), sledi toreficiranje vzorca pri konstantni temperaturi (2 h). Po torefikaciji sledi hlajenje. Energijske zahteve procesa so zagotovljene z električno energijo, dimni plini niso bili integrirani v proces. Eksperimenti so bili izvedeni pri naslednjih temperaturah: 220 °C, 240 °C, 260 °C, 280 °C, 300 °C, 320 °C, 340 °C in 400 °C.

Na sliki 2 je predstavljena shema procesa.



Slika 2: Shema torefikacijskega procesa.

Vzorci biomase so bili toreficirani v elektro uporovni peči Bosio tip EUP-K 6/1200, ki je sestavljena iz ogrevalne in regulacijske enote. Priključna moč peči znaša 2,7 kW. Vsem vzorcem je bila pred in po obdelavi določena kurilna vrednost po preskusni metodi SIST EN 14918:2010.

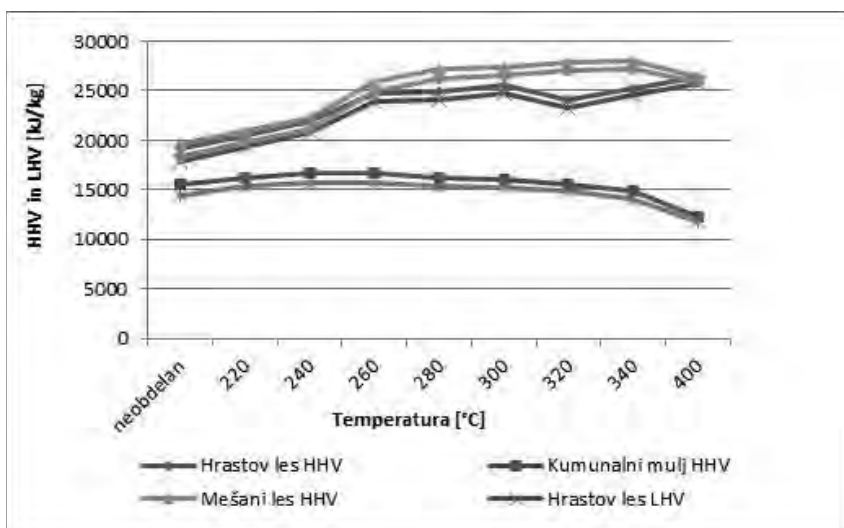
4 REZULTATI Z RAZPRAVO

Primerjava med zgornjimi kurilnimi vrednostmi (HHV) in spodnjimi kurilnimi vrednostmi (LHV) toreficiranega hrastovega lesa, komunalnega mulja in mešanega odpadnega lesa pri različnih temperaturah je prikazana na slikah 3 in 4. Slika 3 prikazuje HHV in LHV za vsak material pri različnih temperaturah toreficiranja, medtem ko slika 4 prikazuje prirastek kurilnih vrednosti toreficiranih materialov glede na svežo biomaso.

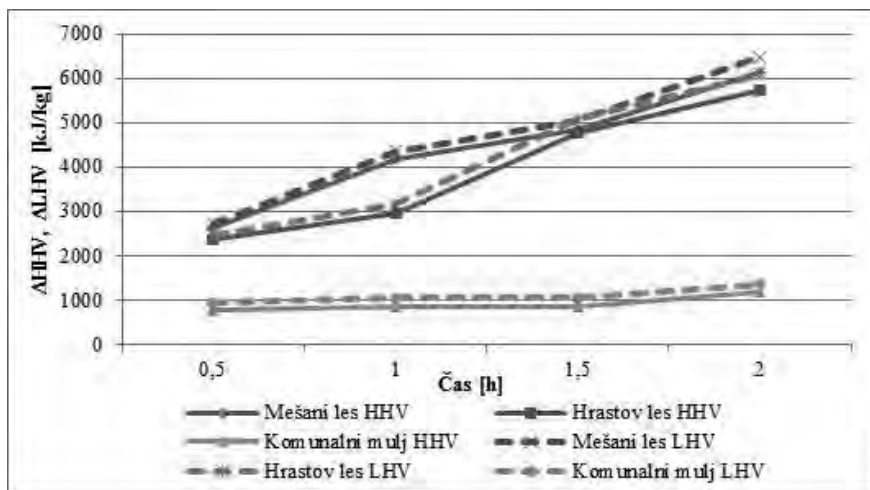
Najvišjo kurilno vrednost ima vzorec mešanega odpadnega lesa, sledi kurilna vrednost hrastovega lesa in komunalni mulj. Kurilne vrednosti naraščajo z naraščajočo temperaturo torefikacije za obe vrsti lesa. Mešani les ima maksimalno kurilno vrednost pri temperaturi 340 °C in hrastov les pri temperaturi 400 °C, pri obeh vzorcih pa lahko opazimo, da se kurilna vrednost zelo poveča že pri temperaturi 260 °C.

Kurilna vrednost komunalnega mulja narašča do temperature 300 °C, nato so vrednosti celo nižje kot pri termično neobdelanem komunalnem mulju. Na podlagi rezultatov kurilnih vrednosti se je za optimalno temperaturo izkazala temperatura 260 °C, pri kateri se zelo približamo maksimalni kurilni vrednosti in porabimo manj električne energije, kar priča o boljši ekonomski učinkovitosti procesa. Prav tako smo ugotovili, da sta toreficirani hrastov in mešani les zelo dobra energenta, saj se kurilna vrednost zelo približa kurilni vrednosti črnega premoga, ki znaša do 29,31 MJ/kg, preseže pa kurilno vrednost rjavega premoga, ki znaša

20,94 MJ/kg. Torefikacija posušenega komunalnega mulja je iz energetskega vidika neučinkovit proces.

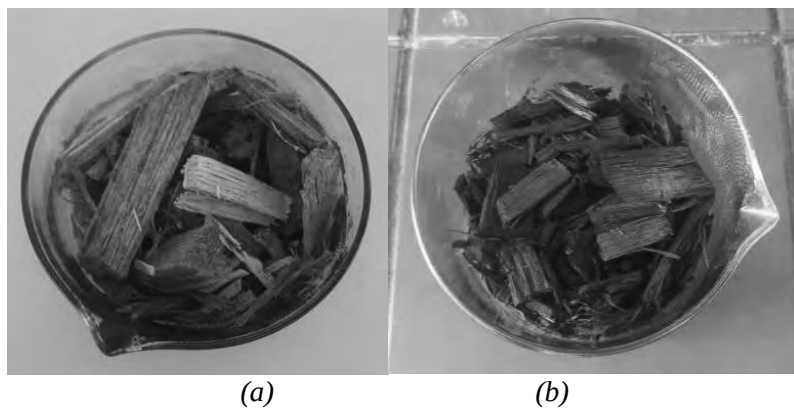


Slika 3: HHV in LHV toreficirane biomase v odvisnosti od temperature

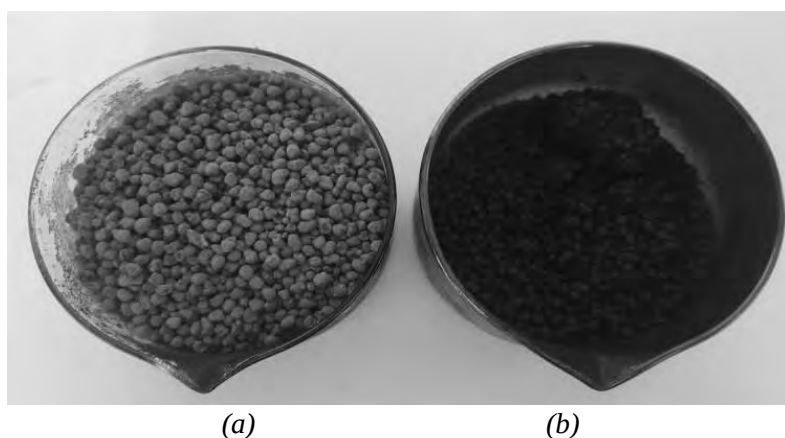


Slika 4: Prirastek kurilne vrednosti toreficirane biomase glede na svežo biomaso v odvisnosti od časa procesa pri $T = 260\text{ °C}$

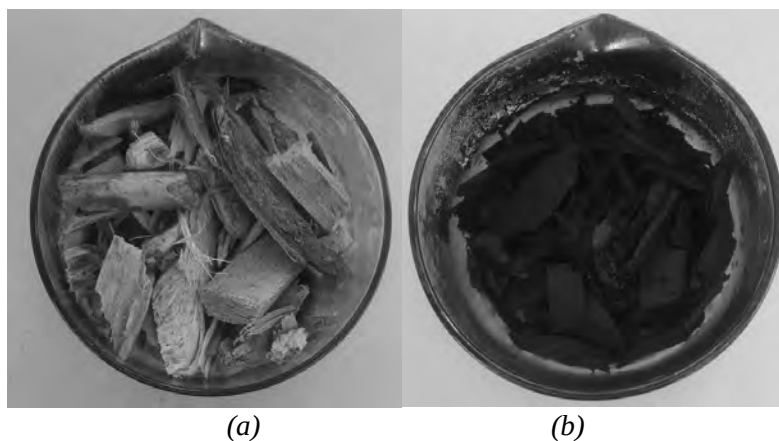
Vzorci hrastovega in mešanega lesa so bili po obdelavi bolj krhki v primerjavi s surovim materialom. Pri komunalnem mulju razlik v krhkosti materiala pred in po torefikaciji ni bilo mogoče zaznati. Na slikah 6–8 so predstavljeni posamezni vzorci pred in po obdelavi.



Slika 6: Hrastov les: (a) surov in (b) toreficiran pri 260°C.



Slika 7: Komunalni mulj: (a) surov in (b) toreficiran pri 260°C.



Slika 8: Mešani les: (a) surov in (b) toreficiran pri 260 °C.

4 ZAKLJUČKI

Raziskali smo proces torefikacije različnih vrst biomase in eksperimentalno določili optimalne pogoje. Hrastov les, dehidriran, granuliran komunalni mulj in mešani odpadni les smo najprej obdelali pri različnih temperaturah. Kurilna vrednost vseh treh materialov je ob povišanju temperature naraščala. Glede na rezultate eksperimentov smo ugotovili, da je optimalna temperatura procesa za vse tri materiale okrog 260 °C. Pri tej temperaturi je bil dvig kurilne vrednosti največji, medtem ko se z nadaljnjim povišanjem temperature kurilna vrednost ni več signifikantno spremenila.

Materiali so po torefikaciji bolj hidrofobni, vidno je bila izboljšana tudi drobljivost lesnih vzorcev. Zaključimo lahko, da je s procesom torefikacije možno proizvesti trdna biogoriva, ki imajo podobne lastnosti kot premog.

5 LITERATURA

- Chen, W.H., Huang, M.Y., Chang, J.S., Chen, C.Y., Torrefaction operation and optimization of microalga residue for energy densification and utilization. *Applied Energy*, 154, 622-630, 2015.
- Correia, R., Gonçalves, M., Nobre, C., Mendes, B. Impact of torrefaction and low-temperature carbonization on the properties of biomass wastes from *Arundo donax* L. and *Phoenix canariensis*. *Bioresour Technol* 2017;223:210–8.
- Iroba, K.L., Baik, O.D., Tabil, L.G. Torrefaction of biomass from municipal solid waste fractions II: Grindability characteristics, higher heating value, pelletability and moisture adsorption. *Biomass and Bioenergy* 2017;106:8–20.
- Li H., X. Liu, R. Legros, X.T. Bi, C.J. Lim, S. Sokhansanj, Torrefaction of sawdust in a fluidized bed reactor. *Bioresour Technol*, 103, 453-458, 2012.
- Trop P, Anicic B, Goricanec D. Production of methanol from a mixture of torrefied biomass and coal. *Energy* 2014;77:125–32.
- Wang, L., Barta-Rajnai, E., Skreiberg Ø, Khalil, R., Czégény, Z., Jakab, E.. Effect of torrefaction on physiochemical characteristics and grindability of stem wood, stump and bark. *Appl Energy* 2017.

Daljinsko zaznavanje odziva posevkov koruze na sušo

Urša PEČAN¹²⁰, Klemen ELER¹²¹, Marina PINTAR¹²², Jernej ŠIJANEC¹²³, Matjaž GLAVAN¹²⁴, Damijana KASTELEC¹²⁵, Žiga KOKALJ¹²⁶ in Dominik VODNIK¹²⁷

Izvleček

Sistemi daljinskega zaznavanja omogočajo spremljanje stanja in delovanja kmetijskih sistemov ter njihovo upravljanje. V letu 2017 smo spremljali odziv posevkov koruze na sušo v Prekmurju. Za poskusne površine smo izbrali njivo s tlemi lahke in težke teksture, pri čemer je bil v obeh primerih del njive namakan in del nenamakan. Iz satelitskih posnetkov smo pridobili vrednosti vegetacijskih indeksov, ki jih je bilo potrebno kvantitativno ovrednotiti z vrednostmi proučevanih biofizikalnih parametrov rastline in tal. V ta namen smo na poskusnih površinah spremljali vsebnost vode v tleh in na posevkih koruze merili indeks listne površine ter trenutno stanje fizioloških parametrov rastlin, kot so relativna vsebnost vode, potencialna fotokemična učinkovitost in vsebnost klorofila. Ugotovili smo, da določene parametre rastlin lahko ocenimo z daljinskim zaznavanjem. V našem primeru se je vegetacijski indeks NDVI pokazal kot slaba ocena za trenutno fiziološko stanje rastlin, bolje pa je z njim moč napovedati dolgoročne parametre rasti (npr. pridelek).

Ključne besede: daljinsko zaznavanje, suša, koruza, namakanje, precizno kmetijstvo

Remote sensing of drought response of field grown maize

Abstract

Remote sensing systems are useful in monitoring and management of agricultural systems. The response of field grown maize to drought conditions in Prekmurje was monitored in 2017. The study was conducted at two locations, with different soil textures (heavy and sandy). In either one, a part of the field was rainfed and the other part was irrigated. Values of vegetation indices were obtained from satellite imagery, which needed to be quantitatively evaluated with values of biophysical parameters of plants and soil. Therefore the measurements of soil water content, leaf area index and direct measurements of physiological state of maize plants, which included relative water content, potential photochemical efficiency and chlorophyll content were conducted. It was concluded that certain plant parameters can be remotely estimated. The estimation - in this case obtained from vegetation index NDVI, is better for longer-term growth parameters of plant production (e.g. yield), compared to estimation of current crop fitness.

Key words: remote sensing, drought, maize, irrigation, precision farming

1 UVOD

Suša je postala ena izmed najvplivnejših naravnih katastrof v Evropi. Kmetijska suša predstavlja časovno obdobje z upadajočo količino talne vlage brez dodajanja površinske vode in pogosto povišanimi temperaturami zraka. Posledica kmetijske suše je zmanjšan ali uničen pridelek. Potrebe rastline po vodi so odvisne od vremenskih razmer, bioloških značilnosti

¹²⁰ Mlada raziskovalka, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: ursa.pecan@bf.uni-lj.si

¹²¹ Doc. dr., isti naslov, e-pošta: klemen.eler@bf.uni-lj.si

¹²² Prof. dr., isti naslov, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

¹²³ Študent VŠŠ Agronomija-Hortikultura, isti naslov, e-pošta: jernej.sijanec@gmail.com

¹²⁴ Doc. dr., isti naslov, e-pošta: matjaz.glavan@bf.uni-lj.si

¹²⁵ Izr. prof. dr., isti naslov, e-pošta: damijana.kastelec@bf.uni-lj.si

¹²⁶ Doc. dr., Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, e-pošta: ziga.kokalj@zrc-sazu.si

¹²⁷ Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: dominik.vodnik@bf.uni-lj.si

posamezne rastline, razvojne faze in značilnosti tal (Mishtra in Singh, 2010; Spinoni in sod., 2016). V Sloveniji analize suš kažejo, da skoraj vsako leto nastopijo različno dolga sušna obdobja v rastni dobi, ki povzročajo sušni stres rastlin (Sušnik in Gregorič, 2017). Iz satelitskih posnetkov lahko pridobimo natančne prostorske in časovne podatke o površju, ki so uporabni pri napovedovanju suše (Liu in sod., 2016).

Trenutni razvoj tehnologije senzorjev pridelovalcem omogoča spremljanje in nadzor nad številnimi vidiki rastlinske pridelave. Lokalni in oddaljeni senzori so uporabni pri upravljanju gnojenja, zagotavljanju ustreznih količin vode v tleh ter spremljanju stanja rastlin. Precizno kmetijstvo temelji na tovrstnih podatkih in za optimizacijo porabe kmetijskih inputov zahteva podatke s čim večjo prostorsko ločljivostjo. Multispektralne kamere omogočajo zajam slikovnih podatkov pri različnih valovih dolžinah elektromagnetnega spektra, željene valovne dolžine je mogoče ločiti s filtri. Iz tovrstnih posnetkov, pridobljenih z daljinskim zaznavanjem, lahko izračunamo različne vegetacijske indekse. Najpogosteje uporabljen je normiran diferencialni vegetacijski indeks (NDVI), ki temelji na odbojnosti vegetacije v bližnjem infra rdečem in rdečem delu svetlobnega spektra in dosega vrednosti med -1 in 1. Vrednost NDVI okoli 1 predstavlja gosto vegetacijo, z veliko odbojnostjo v bližnjem infrardečem delu (NIR) in majhno v rdečem delu svetlobnega spektra, kar je posledica absorpcije fotosintetskih pigmentov v rdečem delu svetlobnega spektra. Trenutno je mogoče pridobivanje podatkov multispektralne kamere iz satelita Sentinel-2 z relativno veliko prostorsko (10 m x 10 m) in časovno (5 dni) ločljivostjo. Oblačnost je eden izmed omejitvenih dejavnikov pri pridobivanju podatkov, poleg tega je negotovost pridobljenih podatkov ključen problem pri uporabnosti (Lee in sod., 2010; Ray, 2016; Toureiro in sod., 2017).

Podatke, pridobljene z daljinskim zaznavanjem je zato potrebno kvantitativno povezati z vrednostmi proučevanih biofizikalnih parametrov. Namen raziskave je ovrednotenje vegetacijskih indeksov, pridobljenih iz satelitskih posnetkov Sentinela-2. Z meritvami vsebnosti vode v tleh in meritvami fizioloških parametrov posevkov koruze, smo ob različnih razpoložljivostih vsebnosti vode v tleh, določali povezavo z indeksom NDVI.

2 MATERIALI IN METODE DELA

2.1 Lokacija poskusa in rastlinski material

Poskus je potekal v letu 2017, na dveh lokacijah podjetja Panvita. Za poskusne površine smo izbrali njivi z lahko in težko teksturo tal. Lokacija tal lahke teksture se je nahajala v Rakičanu in tal težke teksture v Beltincih. Na vsaki lokaciji je bil del njive nenamakan in del namakan s pivot namakalnim sistemom. Znotraj vsake obravnavane površine (lahka tla – nenamakano, lahka tla – namakano, težka tla – nenamakano in težka tla – namakano) smo določili štiri podploskve, velikosti 20 x 20 m, ki so bile orientirane glede na smer neba (SV, JV, JZ, SZ).

Na vseh poskusnih površinah je bil uporabljen Pioneerjev koruzni hibrid 'P0216' zrelostnega razreda FAO 430 in zvrsti zobanka. Koruzni hibrid je bil posejan 9. 4. 2017, žetev je potekla 20. 10. 2017.

2.2 Meritve *in-situ*

Kontinuirane meritve vsebnosti vode v tleh, so bile opravljene s sondami, ki delujejo po principu kapacitivnosti (SM150T, Delta-T Devices, Velika Britanija). Štiri merilne sonde so bile na vsaki poskusni površini vstavljene na globino 20 cm, na vsaki podploskvi je bila po

ena sonda. Meritve so potekale med majem in septembrom v urnih intervalih in se zapisovale v t.i. data logger, ki se je nahajal na sredini vsake poskusne površine.

Meritve fizioloških parametrov rastlin, ki kažejo trenutno stanje rastlin, smo v letu 2017 opravili trikrat (13. 7. 2017, 28. 7. 2017 in 17. 8. 2017). Merili smo relativno vsebnost vode (RWC), ki primerja odstotek trenutne vsebnosti vode v vzorcu lista s polno nasičenostjo lista z vodo (Gonzalez in Gonzalez-Vilar, 2001), ki jo določimo gravimetrično. Potencialno fotokemično učinkovitost (F_v/F_m), ki je nespecifičen kazalnik stresa, smo merili s fluorometrom (PAM-2100, Heinz Walz, Nemčija) in vsebnost klorofila, izraženo kot vrednost SPAD z merilnikom SPAD (SPAD-502, Konica-Minolta, Japonska). Indeks listne površine (LAI) smo merili s ceptometrom LAI-2200 (LiCor, Lincoln, ZDA), ob sedmih merilnih terminih (3. 6. 2017, 17. 6. 2017, 29. 6. 2017, 16. 7. 2017, 28. 7. 2017, 13. 8. 2017 in 8. 10. 2017).

2.3 Daljinsko zaznavanje

Surove optične posnetke obravnavanega območja, posnete v okviru ESA Sentinel-2 misije, smo pridobili iz repozitorija ESA (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>) in jih obdelali z samodejno procesno verigo STORM (Oštir in sod., 2012), ki vključuje integracijo posnetkov ustreznih spektralnih pasov (rdeči, zeleni, modri, bližnji infrardeči), geometrične popravke (samodejna določitev oslonilnih točk), atmosferske popravke (zaradi vpliva ozračja) in topografske popravke (zaradi vpliva reliefa na intenziteto odbite svetlobe). Na pridobljenih rastrskih podatkih smo za posamezno rastrsko celico izračunali indeks NDVI po sledeči formuli:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}),$$

kjer sta NIR in RED intenziteti spektralnih pasov bližnje infrardeče oziroma rdeče svetlobe.

Izbrali smo posnetke, ki so časovno čim bližje terenskim meritvam fizioloških parametrov ter za posamezno podploskev iz vsake poskusne površine izračunali povprečno vrednost NDVI na podlagi NDVI vseh rastrskih celic znotraj območja podparcele.

2.4 Statistična obdelava podatkov in integracija rezultatov

Z enostavno linearno regresijo smo ovrednotili kako dobro indeks NDVI pojasnjuje zgoraj navedene *in-situ* meritve. V regresijskih modelih nismo ločevali med posameznimi tipi tal in namakanimi/nenamakanimi poskusnimi površinami. Za vsebnost vode v tleh smo z NDVI poskusili napovedati dnevna povprečja vsebnosti vode v tleh (na dan satelitskih posnetkov) in povprečja štirinajstih dni pred zajemom satelitskih posnetkov. Za fiziološke parametre smo v regresijske modele vnesli povprečne vrednosti za podploskve. Napoved pridelka koruze smo naredili na podlagi vrednosti NDVI pridobljenih ob treh terminih, ki so ustrezali terminom *in-situ* meritev.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Meritve *in-situ*

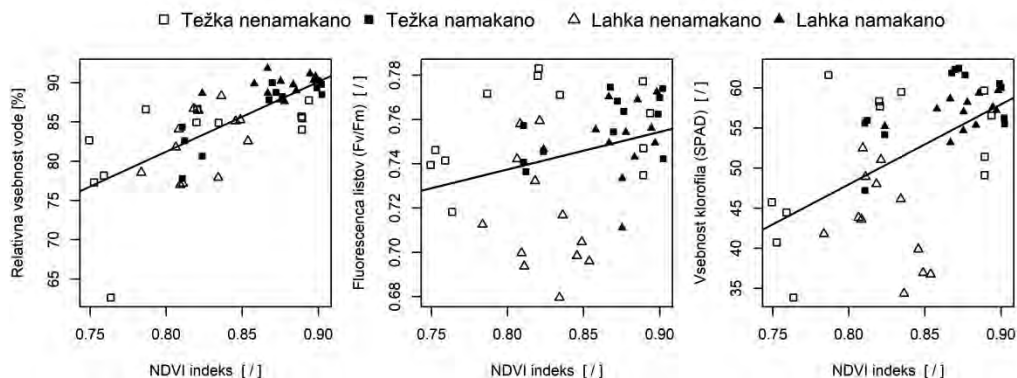
Vsebnost vode v tleh je bila višja v primeru namakanih površin, tako tal težke kot tudi lahke teksture. V primerjavi z ostalimi obravnavanji, je pri nenamakanih površinah na lahkih tleh opazno negativno odstopanje v vsebnosti vode v tleh, še posebej prve tri tedne v juliju, ko je bilo padavin malo. Ravno takrat pa so v naših rastnih razmerah, potrebe koruze po vodi

največje, saj je v generativni razvojni fazi (Čergan in sod., 2008). To se je odrazilo na merjenih fizioloških parametrih rastlin, kjer so bile najnižje vrednosti izmerjene na nenamakanemu posevku iz lahko teksturnih tal. Med namakanimi površinami tal različne teksture ni bilo bistvenih razlik. Podobno je bilo z velikostjo pridelka zrnja, na namakanih površinah lahkih tal - 14,9 t ha⁻¹, na težkih - 12,7 t ha⁻¹ ter na nenamakanih težkih - 8,6 t ha⁻¹ in na lahkih zgolj 2,9 t ha⁻¹.

3.2 Povezanost indeksa NDVI z *in-situ* meritvami

Odvisnost dnevnega in 14 dnevnega povprečje vsebnosti vode v tleh od indeksa NDVI ni bila statistično značilna ($p=0,09$, oziroma $p=0,08$).

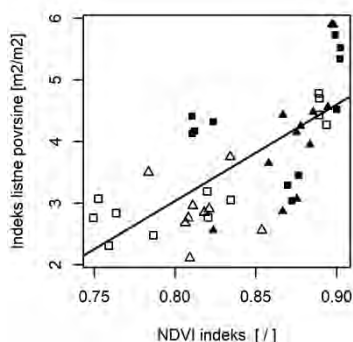
S slike 1 je razvidna razmeroma majhna pojasnjevalna moč indeksa NDVI za izmerjene fiziološke parametre rastlin. Pri čemer je bila povezava značilna ($p<0,001$) v primeru relativne vsebnosti vode ($R^2=0,51$) in vsebnosti klorofila ($R^2=0,28$), pri potencialni fotokemični učinkovitosti ($R^2=0,063$) povezave ni bilo ($p=0,058$). Srednjo pojasnjevalno moč indeksa NDVI, smo opazili pri parametru LAI ($R^2=0,49$, $p<0,001$), ki je bil merjen na ravni sestoja, kar je prikazano na sliki 2. Toureiro in sod. (2017) pri rastlinah koruze med parametroma LAI in NDVI poročajo o eksponentni povezavi $LAI = 0,268e^{3,439 NDVI}$ ($R^2=0,87$). Brosinsky in sod. (2014) pa so proučevali povezanost vrednosti večih vegetacijskih indeksov in nekaterih merjenih fizioloških parametrov sejancev drevesne vrste *Fraxinus excelsior* L., ob različnih režimih zalivanja v lončnem poskusu. Ugotovili so srednje močno povezavo med različnimi vegetacijskimi indeksi, med katerimi je bil tudi indeks NDVI in indeksom listne površine (LAI) ($R^2=0,82$). Merjeni parameter LWC (leaf water content), ki je le drugače poimenovana relativna vsebnost vode, je v primerjavi z NDVI, izkazal boljšo povezanost s t.i. vodnim indeksom (WI), povezava se je z dodanima napovednima spremenljivkama »čas« in »obravnavanje« močno povečala ($R^2=0,94$). Med vsebnostjo klorofila, izraženo kot vrednost SPAD in vegetacijskimi indeksi poročajo zelo majhno povezanost.



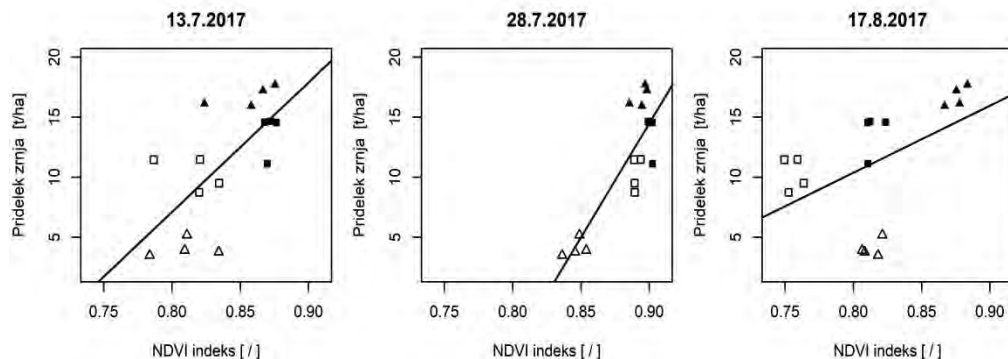
Slika 4: Povezanost med indeksom NDVI, pridobljenim iz satelitskih posnetkov Sentinel-2, in fiziološkimi meritvami, prikazano po obravnavanjih. NDVI pojasnjuje po vrsti 51,0 %, 6,26 % in 27,9 % variabilnosti v fizioloških *in-situ* meritvah.

Za napoved pridelka zrnja koruze, na podlagi indeksa NDVI, smo preverjali povezavo ob istih terminih, kot so potekale *in-situ* meritve fizioloških parametrov. Pojasnjevalna moč indeksa NDVI je bila v tem primeru največja (slika 3), še posebej 28. 7. 2017, ko NDVI pojasni 74 %

variabilnosti pridelka zrnja. Ob zadnjem terminu, 17. 8. 2017 ni jasno, zakaj je indeks NDVI pri rastlinah iz nenamakane površine na lahkkih tleh relativno visok ob nizkem pridelku zrnja. Možen vzrok je okuženost omenjenega posevka s koruzno bulavo snetjo *Ustilago maydis* (DC.) Corda, ki smo jo opazili med meritvami *in-situ* parametrov rastlin. Okužba lahko povzroči izpad pridelka zrnja, ob relativno visoki fotosintetski sposobnosti listov. Baral in Adhikari (2015) prav tako poročata dobro povezanost količine pridelka zrnja z indeksom NDVI pri koruzi, kjer je razvojna faza rastlin imela pomemben vpliv pri napovedovanju pridelka. Najmočnejša povezava med indeksom NDVI in količino pridelka je bila v njunem primeru opažena pri temperaturni vsoti 261°C ($R^2=0,70$). Ob zgodnejših in poznejših meritvah (temperaturna vsota 208 in 571°C) je bila napoved pridelka slabša.



Slika 5: Povezanost med indeksom NDVI in indeksom listne površine (sestojni parameter posevka), prikazano po obravnavanjih (legenda nad sliko 1). NDVI pojasnjuje 48,8 % variabilnosti v podatkih indeksa listne površine.



Slika 6: Povezanost med NDVI indeksom in končnim pridelkom zrnja koruze v treh terminih, ko so bili izvedeni satelitski posnetki obravnavanega območja, prikazano po obravnavanjih (legenda nad sliko 1). NDVI v teh terminih zaporedoma pojasnjuje 47,4 %, 74,3 % in 24,4 % variabilnosti v pridelku zrnja.

4 SKLEPI

Ugotovili smo, da določene rastlinske parametre, ki nakazujejo na prisotnost sušnega stresa, lahko ocenimo z daljinskim zaznavanjem. Ocene na podlagi indeksa NDVI so boljše v

primeru dolgoročnih rastnih parametrov kot sta pridelek in indeks listne površine. Trenutnega fiziološkega stanja rastlin na podlagi indeksa NDVI ne moremo ustrezno oceniti, lahko pa bi boljše povezanost fizioloških parametrov in NDVI pričakovali ob optimiziranemu načinu vzorčenja pri kontaktnih meritvah. Ker so lahko spremembe v vrednosti indeksa NDVI, posledica večih okoljskih dejavnikov, kot so okuženost z rastlinskimi boleznimi, prisotnost škodljivcev, poškodbe povzročene z vetrom ali točo, zapleveljenost, pomanjkanje rastlinskih hranil idr., pa so za ustrezno ovrednotenje vegetacijskih indeksov nujne meritve *in-situ*. Menimo, da bodo večja časovna in prostorska ločljivost satelitskih posnetkov ter cenovno dostopnejši brezpilotni letalniki z multispektralno kamero v prihodnosti pomembno prispevali k učinkovitejšemu upravljanju kmetijskih sistemov.

Zahvala. Avtorji članka se zahvaljujemo podjetju Panvita, kmetijstvo in pridelava hrane d.d., da nam je omogočilo izvajanje poskusa na njihovih pridelovalnih površinah ter še posebej tehnologu, mag. Boštjanu Ferenčaku, za njegovo pomoč pri izvedbi poskusa in podporo z vsemi potrebnimi podatki. Raziskava je bila podprta v okviru raziskovalnega programa P4-0085 (ARRS).

5 LITERATURA

- Baral, B.R., Adhikari, P. 2015. Use of optical sensor for in-season nitrogen management and grain yield prediction in maize. *Journal of Maize Research and Development*, 1(1): 64-70
- Brosinsky, A., Lausch, A., Doktor, D., Salbach, C., Merbach, I., Gwilym-Margianto, S., Pause, M. 2014. Analysis of spectral vegetation signal characteristics as a function of soil moisture conditions using hyperspectral remote sensing. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 42(2): 311-324
- Copernicus Open Access Hub. <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> (9.11.2018)
- Čergan, Z., Jejčič, V., Knapič, M., Modic, Š., Moljk, B., Poje, T., Simončič, A., Sušin, J., Urek, G., Verbič, J., Vrščaj, B., Žerjav, M. 2008. Koruza. Ljubljana, Založba kmečki glas: 314 str.
- Gonzalez, L., Gonzalez-Vilar, M. 2001. Determination of relative water content. V: *Handbook of plant ecophysiology techniques*. Netherlands, Kluwer Academic Publishers: 207-212
- Lee, W.S., Alchanatis, V., Yang, C., Hirafuji, M., Moshou, D., Li, C. 2010. Sensing technologies for precision specialty crop production. *Computers and Electronics in Agriculture*, 74: 2-33
- Liu, X., Zhu, X., Pan, Y., Li, S., Liu, Y., Ma, Y. 2016. Agricultural drought monitoring: Progress, challenges, and prospects. *Journal of Geographical Sciences*, 26: 750-767
- Mishra, A. K., Singh, V. P. 2010. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391: 202-216
- Oštir, K., Marsetič A., Pehani, P., Perše, M., Veljanovski, T., Zakšek, K., Zaletelj, J., Rodič, T. 2012. Prototype of an automatic near real-time satellite image processing chain, predstavljen na ESA/CNES konferenci Small Satellites Systems and Services – The 4S Symposium 2012 (4.-8. junij 2012), Portorož, Slovenija
- Ray, A.S. 2016. Remote sensing in agriculture. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 1(3): 362-367
- Spinoni, J., Naumann, G., Vogt, J.V. 2016. Pan-European seasonal trends and recent changes of drought and severity. *Global and Planetary Change*, 148: 113 – 130
- Sušnik, A., Gregorič, G. 2017. Kmetijska suša v 21. stoletju v Sloveniji. *Ranljivost Slovenije zaradi suše*, 28. Mišičev vodarski dan: 37-44
- Toureiro, C., Serralheiro, R., Shahidian, S., Sousa, A. 2017. Irrigation management with remote sensing: Evaluating irrigation requirement for maize under Mediterranean climate condition. *Agricultural Water Management*, 184: 211-220

Potencial modeliranja procesov v tleh za trajnostno rastlinsko pridelavo – primer jablane na Krškem polju

Miha CURK¹²⁸, Matjaž GLAVAN¹²⁹, Damijana KASTELEC¹³⁰, Špela ŽELEZNIKAR¹³¹ in Marina PINTAR¹³²

Izvleček

Računalniški modeli so v današnjem času odlično orodje za proučevanje različnih procesov v okolju. Krško polje je zaradi problematike onesnaženosti podzemne vode z nitratom dober poligon za preučevanje različnih okoljsko sprejemljivih kmetijskih praks. V intenzivnem nasadu jablane smo postavili poskus z različnimi kombinacijami namakanja in gnojenja z namenom ugotoviti, katera kombinacija je najbolj trajnostna. Del rezultatov smo pridobili s klasičnimi meritvami količine vode in nitrata v tleh. V nadaljevanju smo za bolj natančno proučitev procesov premeščanja vode in hranil skozi talni profil uporabili računalniški model Soil Water Assessment Tool (SWAT), ki omogoča ovrednotenje različnih pridelovalnih scenarijev. V prispevku želimo oceniti potencial takega modeliranja pri ugotavljanju najboljših kmetijskih praks, ki bi omogočale trajnostno pridelavo jabolk na območjih varovanja kakovosti podzemne vode.

Ključne besede: onesnaževanje podzemne vode, nitrat, trajnostna pridelava, jablana, SWAT

Potential of soil processes modelling for sustainable plant production - a case study of apple orchard o Krško polje

Abstract

Computer models have become widely known as great tools for evaluating different environmental processes. Krško polje is struggling with nitrate contaminated groundwater, which makes it a suitable area for examination of different ecologically acceptable agricultural practices. An intensive apple orchard in the area was chosen for a field trial location. Different combinations of irrigation and fertilization were evaluated in order to find the most sustainable management scenario. Results were acquired by field measurements of nitrate and water content in soil. For the sake of an even better representation of water and nutrient movement in soil profile we furthermore set up a Soil Water Assessment Tool (SWAT) model, which allows simulation of different management scenarios. With this article we are aiming to evaluate the potential of modelling for evaluation of sustainable apple production practices in the area, vulnerable for groundwater pollution.

Key words: groundwater pollution, nitrate, sustainable production, apple, SWAT

1 UVOD

Podzemno vodno telo Krškega polja je glavni vir pitne vode za okoliško prebivalstvo. Kljub obstoječim vodovarstvenim ukrepom vsebnosti nitrata v podzemni vodi na nekaterih črpališčih presegajo mejo 50 mg/l (Poročilo podzemne vode, 2014), kar vodno telo uvršča med tista s tveganjem, da okoljski cilji ne bodo doseženi. Posledica je zaprto lokalno črpališče pitne vode Drnovo (Kostak, 2014). Znatno del onesnaževanja prispevajo razpršeni viri, med njimi kmetijstvo, ki je na Krškem polju, zaradi naravnih danosti, precej intenzivno.

¹²⁸ Mag. inž. hort., Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, e-pošta: miha.curk@bf.uni-lj.si

¹²⁹ Doc. dr., isti naslov, e-pošta: matjaz.glavan@bf.uni-lj.si

¹³⁰ Izr. prof. dr., isti naslov, e-pošta: damijana.kastelec@bf.uni-lj.si

¹³¹ Mag. inž. agr., isti naslov, e-pošta: spela.zeleznikar@bf.uni-lj.si

¹³² Prof. dr., isti naslov, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

Povečana vsebnost nitrata v podzemni vodi je na kmetijskih območjih večinoma posledica uporabe mineralnih in živinskih gnojil. Slovenija ni v tem nikakršna izjema, saj se s problematiko izpiranja ukvarjajo tudi na drugih območjih po Evropi (Arauzo, 2017; Haas in sod., 2017). Za namen zmanjšanja onesnaženja je bilo na ravni Evrope sprejetih več direktiv, med njimi Okvirna vodna direktiva (WFD), ki kot učinkovite ukrepe za zmanjšanje izpiranja hranil v površinske vode in podzemno vodo predvideva ekstenzifikacijo kmetijstva ter vpeljavo in izvajanje dobrih kmetijskih praks. V zadnjih letih se za namen proučevanja izpiranja vedno bolj uveljavlja modeliranje različnih procesov v tleh, ki postaja zelo učinkovito orodje za oceno stanja in izbiro obetavnih ukrepov. Eden izmed takšnih modelov je Soil and Water Assessment Tool (SWAT), ki se uporablja za simulacijo tako količinskega stanja kot kakovosti površinskih in podzemnih vodnih virov, pa tudi za predvidevanje okoljskih vplivov rabe tal, kmetijskih tehnologij in okoljskih sprememb. Bolj ali manj podobnih modelov pa je še precej (npr. MIKE SHE, APEX, GROWA) (Mispan in sod., 2015).

V okviru projekta Učinkovitejša raba vode in hranil v rastlinski pridelavi – URaViVo (ARRS L4-8221), del katerega obravnavamo v tej objavi, bomo SWAT uporabili za proučevanje vpliva sedanje kmetijske prakse na izpiranje in bilanco dušika na kmetijskih zemljiščih Krškega polja ter s scenariji prihodnjega upravljanja zemljišč preverili trajnost alternativnih kmetijskih praks in njihov vpliv na podzemno vodo. Rezultate, ki bodo zajemali produkte hidrološkega in dušikovega cikla bomo med drugim uporabili za določitev kritičnih območij za izpiranje nitrata na območju Krškega polja. Projekt je še v teku, zato bo v tej objavi predstavljena samo postavitve modela s kalibracijo. Na podlagi rezultatov bomo lahko ocenili, ali se model v primeru sedanjega scenarija odziva dovolj dobro za uporabo pri nadaljnjem delu s scenariji prihodnjega upravljanja zemljišč.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Na Krškem polju velik del kmetijskih površin (150 ha, z zaledjem porečja v Bizeljskem hribovju pa preko 300 ha) predstavljajo intenzivni sadovnjaki (MKGP Portal, 2018), zato smo za eno od poskusnih lokacij izbrali intenzivni nasad jablane podjetja Evrosad d.o.o. ob reki Savi pri Žadovinku (45° 56' 13" N; 15° 29' 54" E). Sadovnjak se nahaja tik ob reki Savi, na obrečnih plitvih karbonatnih tleh na peščeno prodnatem aluviju. Javno dostopna pedološka karta Slovenije za območje sadovnjaka ne vsebuje vseh potrebnih lastnosti tal, zato smo podrobnejše podatke o tem pridobili z izkopom pedološkega profila (preglednica 1).

Z namenom proučitve vpliva sedanjih kmetijskih praks na izpiranje in bilanco dušika na kmetijskih zemljiščih smo uporabili model SWAT. Za ta model smo se odločili iz več razlogov. Prvi je bil dostopnost, saj je model odprtokoden in ga uporabljajo raziskovalci širom po svetu, drugi pa omembe v literaturi. Različni avtorji (Volk in sod., 2016) ga namreč priporočajo zaradi sposobnosti delovanja na večjih prostorskih resolucijah in boljšega upoštevanja specifičnih procesov v talni vodi od konkurenčnih modelov. Dodatna prednost je, da je model prostorsko umeščen s hidrološkimi odzivnimi enotami, ki jih definirajo raba tal, naklon in talni tip. To pomeni, da celice, kjer se izvajajo posamezni izračuni, niso izrisane v pravilni mreži, ampak zajemajo območja s podobnimi talnimi lastnostmi, kar model poenostavi brez zmanjšanja natančnosti. Model omogoča preučevanje kratkoročnih in dolgoročnih vplivov različnih kmetijskih praks na podlagi simulacij hidrologije in ciklov hranil na dnevni ravni (rezultate pa lahko prikaže tudi na mesečni ali letni ravni).

Model SWAT omogoča napovedovanje vpliva načina gospodarjenja z zemljišči na količinsko stanje voda in na količine sedimenta ter iz kmetijstva izvirajočih kemičnih snovi (dušik,

fosfor, pesticidi) v kompleksnih povodjih s številnimi talnimi tipi, rabami zemljišč in pridelovalnimi tehnologijami. Za prikaz čim bolj realnih rezultatov sta nujno potrebni kalibracija in kasnejša validacija modela, za kar je potrebno pridobiti predhodno opravljene dejanske meritve s poskusnih lokacij ali uradnega državnega monitoringa, ter jih primerjati z rezultati simulacije.

Preglednica 1: Podatki o tleh v nasadu jablan Žadovinek na Krškem polju

Horizont	Globina [cm]	Pesek [%]	Melj [%]	Glina [%]	Tekstura [razred]	pH v CaCl ₂	Ogljik [%]
Ap	0-30	47,1	40,4	12,5	I	7,4	2,7
A1	30-41	36,8	50,9	12,3	MI	7,5	2,2
A2	41-75	38,1	50,7	11,2	MI	7,5	2,2
I	75-95	69,4	23,1	7,5	PI	7,5	3,1
II	95-115	49,8	37,6	12,6	I	7,5	4,2
III	115-130	71,9	18,1	10	PI	7,4	4,4

Za zagon modela potrebujemo naslednje podatke:

- digitalni model reliefa (ločljivost 25 m x 25 m),
- karto rabe tal (ločljivost 25 m x 25 m),
- pedološko karto s podatki o globini tal, albedu ornice in številu horizontov, za vsak horizont pa količino rastlinam dostopne vode, pH, ter deleže peska, melja, gline, ogljika in skeleta (ločljivost 25 m x 25 m),
- dnevne vremenske podatke o padavinah, najnižji in najvišji temperaturi, sončnem obsevanju, hitrosti vetra in relativni zračni vlagi,
- podatke o kolobarjih in agrotehničnih ukrepih.

V model lahko po potrebi dodamo tudi podatke o točkovnih virih onesnaženja (npr. čistilne naprave), namakanju, morebitnih jezerih in ga povežemo z drugimi modeli, npr. MODFLOW za spremljanje interakcije vode v tleh s podzemno vodo.

V tej objavi je povzeta le postavitev osnovnega modela s kalibracijo na vsebnost vode v tleh. Kalibracijo modela izvedemo s programom SWAT-CUP (SWAT-Calibration and Uncertainty Procedures) (Abbaspour, 2015), v katerega vstavimo podatke meritev in simulacije. V programu nato izberemo parametre, za katere predvidevamo, da so najmanj zanesljivi in jih je potrebno prilagoditi. Podatke izberemo v odvisnosti od razmer na našem območju. Na podobnih talnih razmerah na Dravskem polju so Glavan in sod. (2017) kot najmanj zanesljive navedli parametre, ki vplivajo na naslednje procese v tleh: odtok vode po površini, evaporacija iz tal, kapilarni dvig vode iz podzemne vode in fizikalne lastnosti tal. Pravilna simulacija procesov v tleh je za našo raziskavo zelo pomembna, večino talnih lastnosti na večjem območju pa je težko zanesljivo izmeriti. V programu SWAT-CUP zato določimo, katere parametre želimo optimirati in kakšni so intervali vrednosti. Program nato izvede na stotine simulacij, med katerimi spreminja izbrane parametre za namenom čim boljšega ujemanja med merjenimi in modeliranimi podatki. Proces se ponavlja dokler ne dosežemo zadovoljivega ujemanja.

Za kalibracijo modela smo uporabili dnevne podatke o količini vode v tleh iz dela poskusa, ki je bil zasnovan za potrebe projekta URaViVo z namenom spremljanja vpliva različnega načina namakanja in gnojenja na spiranje nitrata v podzemno vodo in na pridelek jabolk. Kapljični namakalni sistem se je v obravnavanem delu poskusa prožil avtomatsko, ko je

povprečna količina vode v tleh, merjena z 9 sondami, dosegla vrednost 36 vol. % in se izklopil pri poljski kapaciteti (t. j., ko je povprečna izmerjena vrednost dosegla 38 vol. %). Sonde na osnovi tehnologije TDR (time domain reflectometry) slovenskega proizvajalca Eltratec, so bile vgrajene v območje glavne mase korenin jablan t. j. na globino 30 cm. Meritve količine vode so potekale vsake pol ure, v času namakanja pa vsake tri minute, da se je namakanje končalo čim prej po doseženem stanju poljske kapacitete pri 38 vol. %. Stanje poljske kapacitete smo določili s pomočjo meritev na terenu v času več večjih deževnih dogodkov, ko so bila tla nasičena z vodo. Poljska kapaciteta tako predstavlja točko, ko se je gravitacijski tok vode v tleh ustavil ter so bile spremembe količine vode v tleh med zaporednimi meritvami manjše kot v času pred tem. Stanje poljske kapacitete je bilo določeno pred kalibracijo sond na konkretna tla, ki smo jo naredili v laboratoriju z gravimetrično metodo z neporušenimi talnimi vzorci (Dane in Clarke Topp, 2002). Formule kalibracije, s pomočjo katerih prevedemo s sondami pridobljene podatke v prave podatke o volumskih odstotkih vode v tleh, so navedene v preglednici 2. Zaradi zasnove poskusa so bile v vrsti jablan v več ponovitvah nameščene po tri sonde, ki so bile medsebojno oddaljene po 1 m. Izvedli smo po eno kalibracijo na posamezno ponovitev in jo uporabili za pretvorbo podatkov vseh treh sond v ponovitvi. Zaradi tehničnih težav nekatere od sond v sezoni 2018 niso delovale in smo na ponovitvi obravnavali le po dve sondi. Po kalibraciji je bilo povprečno stanje poljske kapacitete pri 34 vol. %.

Preglednica 2: Formule za pretvorbo meritev količine vode v tleh za sonde Eltratec, v nasadu Žadovinek na Krškem polju

Oznaka sonde	Kalibracijska formula
17, 18, 19	$y = 1.2061x - 16.072$
20, 21	$y = 1.1262x - 9.684$
24, 25	$y = 1.2883x - 18.196$
26, 27	$y = 1.2108x - 14.677$

Opomba: x je vrednost meritev; y je vrednost po kalibraciji.

Namakalni sistem se je v obravnavanem obdobju sprožil 13 krat, namakalni obroki po terminih so prikazani v preglednici 3.

Preglednica 3: Trajanje namakanja (min) in količina vode (l) dodane na skupno površino namakanja (t. j. 72 m²) ter na enoto površine (l/m² oz. mm) v nasadu jablan Žadovinek ob posameznih namakalnih terminih v 2018

Datum	31. 7.	2. 8.	6. 8.	8. 8.	10. 8.	13. 8.	15. 8.	17. 8.	19. 8.	21. 8.	22. 8.	24. 8.	23. 8.	Σ
Trajanje (min)	201	161	77	89	137	77	89	89	95	77	77	77	107	1353
Količina (l)	872	699	334	386	594	334	386	386	412	334	334	334	464	5.781
Namakalni obrok (mm)	12,1	9,7	4,6	5,4	8,3	4,6	5,4	5,4	5,7	4,6	4,6	4,6	6,4	81,5

Velikost namakalnega obroka na terenu smo izračunali iz: (1) količine skupno porabljene vode v sezoni namakanja, ki smo jo merili z vodomermom, nameščenim na cevi kapljičnega namakalnega sistema in ki je bila 5.781 l; (2) časa trajanja posameznega namakanja, ki ga je beležila avtomatika upravljanja namakanja in s pomočjo katerega smo skupno količino

porabljene vode v sezoni proporcionalno razdelili na količino vode v enem dogodku namakanja; in (3) površine namakanja, ki je pri kapljičnem namakanju enaka skupni površini tlorisa drevesnih krošenj. Skupna dolžina vrste jablan v poskusu je 48 m, širina krošnje dreves je 1,5 m, površina namakanja je 72 m² (48 m × 1,5 m). Skupaj smo z namakanjem dodali 81,5 mm vode.

Za primerjavo s SWAT modeliranih in merjenih količin vode v tleh, smo pri slednjih privzeli vrednosti po kalibraciji. Upoštevati je treba še eno razliko: sonde beležijo podatek o količini vode na globini 30 cm v vol. odstotkih, model pa količino vode v tleh računa v milimetrih vode, ki se nahaja v celotnem profilu (v našem primeru 130 cm). Zaradi uskladitve je potrebno podatke iz simulacije preračunati na enako globino kot meritve, pri čemer je potrebno upoštevati variabilnost po globini tal, kar je podrobneje pojasnjeno v naslednjem poglavju. Vzpostavitev začetnih pogojev v modelu smo zagotovili z obdobjem treh let pred začetkom simulacije, tekom katerega se model stabilizira in doseže, da se profil tal napolni z vodo. To obdobje je zaradi morebitnih nepravilnosti v simulaciji izločeno iz nadaljnje analize.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Rezultati modela za obdobje od 9. junija do 11. oktobra so skupaj z meritvami vsebnosti vode v tleh in podatki o padavinah in količini namakanja prikazani na sliki 2. Tako na krivulji meritev kot simulacije lahko opazimo dnevno nihanje količine vode v tleh v mesecu avgustu. Iz prikaza padavinskih dogodkov na isti sliki (podatki so za okoli 4 km oddaljeno meteorološko postajo letališča Cerklje ob Krki) lahko razberemo, da je bil avgust na tistem območju precej sušen, saj je od konca julija padlo komaj dobrih 10 mm. Za drevesa primerno količino vode v tleh je v tem času zagotavljal namakalni sistem, ki smo ga upoštevali tudi v modelu z vnosom namakalnih odmerkov (preglednica 3). Začetek vklapljanja (prva dva odmerka sta bila 12,1 in 9,7 mm) se na grafu izrazi s skokom v količini vode v tleh v začetku avgusta. Ostali odmerki so vidni kot nihanje količine skozi mesec avgust. Šele v zadnjem tednu avgusta, ko je v enem dnevu padlo 34 mm, sledilo pa je še več dni s padavinami, je količina vode v tleh dosegla poljsko kapaciteto. V obravnavanem obdobju je padlo skupaj 485 mm padavin, največ naenkrat kar 73,3 mm v začetku junija, z namakanjem pa je bilo v tla dodanih še 81,5 mm vode.

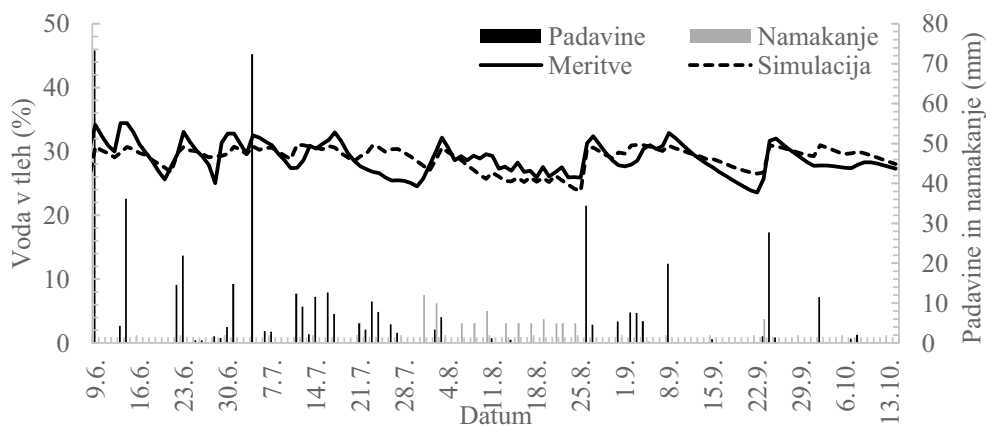
Model smo ovrednotili z izračunom povprečne relativne napake (PRN) napovedi (1).

$$PRN = \frac{1}{n} \sum \frac{Y_{meritve} - Y_{simulacija}}{Y_{meritve}} \quad \dots(1)$$

V (1) je n število obravnavanih dni v simulaciji, $Y_{meritve}$ je povprečna dnevna vsebnost vode v tleh izračunana na podlagi meritev in $Y_{simulacija}$ dnevna modelirana vrednost. Vsak dnevni podatek meritve in simulacije se tako primerja med seboj in s tem pokaže, kako veliko je odstopanje. V primeru, ko so rezultati simulacije in meritev enaki, je relativna napaka enaka 0, če so simulirani podatki večji od izmerjenih, je negativna, če so manjši je pozitivna. V našem primeru povprečna relativna napaka meritve znaša $-1 \pm 7,6$ %. Največja relativna napaka znaša $-19,5$ % (27. julija), najmanjša pa $0,07$ % (6. septembra). Negativna povprečna vrednost relativne napake za celotno obdobje nakazuje, da model količino vode v tleh v povprečju precenjuje. Rajib (2017) glede kalibracije modela s količino vode v tleh opozarja na omejenost delovanja modela, ko pride do modeliranja razporeditve količine vode v talnem profilu. Ker model simulira količino vode v celotnem profilu (v našem primeru 130 cm), lahko pride do napak pri povezavi na izmerjene vrednosti, ki jih zajamemo le na delu profila

(v našem primeru na 30 cm pod površjem). Za dosedanje delo smo predpostavljali, da je količina vode enakomerno razporejena skozi celoten profil (in se tako prilagodili modelu), vendar je znano, da se ta skozi profil spreminja. To je pomembno, saj se zgornje plasti tal sušijo hitreje od spodnjih, kar privede do razlik v prikazu količine vode v tleh. Na meritve vode s sondami pa lahko vpliva tudi kapilarni dvig iz globljih plasti.

Znotraj obdobja z namakanjem ali sušo so povprečne vrednosti relativne napake različne, zato bomo v nadaljevanju podrobneje predstavili tri krajša obdobja. V prvem obdobju (od 23. do 30. julija) znaša povprečna relativna napaka $-16,8 \pm 1,7 \%$. V tem obdobju je na meteorološki postaji Letališče Cerklje ob Krki padlo skupaj 25,5 mm padavin, ki jih je model upošteval pri simulaciji, meritve pa jih niso zaznale. Možno je, da so zabeležene padavine posledica poletnih neviht, ki so pogosto zelo lokalnega obsega, zaradi česar kljub relativni bližini meteorološke postaje (4 km) ne predstavljajo realnega vremena na naši poskusni lokaciji. Padavine, ki jih je v simulaciji upošteval model, tako morda sploh niso segle do poskusnega nasada. Naslednje obdobje (od 31. julija do 24. avgusta) zajema čas, ko se je izvajalo namakanje. Povprečna relativna napaka je znašala $4,7 \pm 4,1 \%$, torej je model v obdobju namakanja vodo v tleh v povprečju podcenjeval. V tretjem obdobju (od 9. do 22. septembra) pa je skupaj zapadlo zgolj 1 mm dežja, na podlagi česar lahko ovrednotimo delovanje modela v primeru odsotnosti padavin in namakanja. Tudi mesec avgust je bil sicer padavinsko sušen, vendar je vodo v tleh zagotavljalo namakanje, ki pa se je ponovno vključilo šele 23. septembra (po koncu zadnjega obravnavanega obdobja). Standardna napaka znaša v obravnavanem obdobju brez padavin v primeru najboljšega ujemanja (12. septembra) 0,3 %, v času največjega odstopanja (21. septembra) pa $-11,7 \%$. Podatki kažejo, da se je simulirana količina vode v tleh zmanjševala počasneje od merjene, kar se ujema z zgoraj omenjenimi pomanjkljivostmi v delovanju modela. Zgornje plasti tal so se namreč sušile hitreje (zato strmejši padec v količini vode v tleh), model pa je upošteval tudi vodo v globljih plasteh. Glavan in sod. (2017), ki so izvajali podobno raziskavo na Dravskem polju, opozarjajo, da je pri interpretaciji rezultatov potrebna pazljivost še zaradi dokaj kratkega obdobja meritev, upoštevanih pri kalibraciji modela (štirje meseci), saj to ne zajema vseh vremenskih posebnosti obravnavanega območja.



Slika 2: Primerjava povprečnih izmerjenih ($n=9$) in simuliranih dnevnih vrednosti za količino vode v tleh (vol. %) v obdobju 9. junij do 15. oktober 2018

Večina SWAT modelarjev se zanaša na uporabo kalibracije s podatki o pretoku rek (Moriasi in sod., 2007; Abbaspour, 2015), zato na področju kalibriranja s podatki o vodi v tleh še obstajajo šibke točke. V nadaljevanju bomo več pozornosti posvetili razjasnitvi teh povezav.

4 SKLEPI

Iz podatkov, ki so nam na voljo v uradnih državnih bazah (ARSO, MKGP, GURS itn.) in podatkov iz poljskega poskusa v nasadu jablane na Krškem polju je mogoče zgraditi delujoč model SWAT za preučevano območje. Sklepamo lahko, da bi bil model primeren tudi za nadaljnje simulacije različnih alternativnih pridelovalnih scenarijev. Ob delu so se pokazale vrzeli v literaturi s področja kalibriranja modela SWAT s podatki o vodi v tleh in nejasnosti glede prostorske razporeditve vode v delu modela, ki zadeva vodo v tleh. Nadaljnja prizadevanja bomo osredotočili na razjasnitev nejasnosti v delovanju modela.

Zahvala. Članek je nastal v okviru projekta URaViVo (Učinkovitejša raba vode in hranil v rastlinski pridelavi za varovanje in izboljšanje virov pitne vode, L4-8221), ki ga sofinancira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, Eltratec d.o.o., HESS d.o.o., KOSTAK d.d., Občina Krško in Unichem d.o.o. Avtorji se zahvaljujemo tudi podjetju Evrosad d.o.o., g. Stojanu Efremovskemu in g. Francu Maroltu za površine in pomoč pri izvajanju poljskih poskusov.

5 LITERATURA

- Abbaspour, K. C. 2015. SWAT-CUP Calibration and Uncertainty Programs. Eawag. 100 str. https://swat.tamu.edu/media/114860/usermanual_swatcup.pdf (23. 11. 2017).
- Arauzo, M. 2017. Vulnerability of groundwater resources to nitrate pollution: A simple and effective procedure for delimiting Nitrate Vulnerable Zones. *Science of the Total Environment*, 575, 799–812. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.139
- Dane, J. H., Clarke Topp, G. 2002. Methods of Soil analysis; Part 4 – Physical methods. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA. 1662 str.
- Glavan, M., Jamšek, A., Pintar, M. 2017. Modelling Impact of Adjusted Agricultural Practices on Nitrogen Leaching to Groundwater. *Water Quality*, ur. Tutu, H. In Tech, 113–33. DOI: 10.5772/66324
- Kostak. 2014. Povišane koncentracije nitratov v pitni vodi Krškega polja. *Posavski obzornik*, 13(18), 11
- Mispan, M. R., Abd Rahman, N. F., Khalid, K., Haron, S. H., Abdul Rasid, M. Z., Mohd, M. S. F. 2015. Nutrient Transport Modeling: A Review on models capabilities. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 2(9), 908-914.
- MKGP Portal. <http://rkg.gov.si/GERK/> (7. 11. 2018)
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G. Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., Veith, T. L. 2007. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3): 885–900. DOI: 10.13031/2013.23153
- Poročilo podzemne vode. 2014. http://www.arso.gov.si/vode/podzemne_vode/publikacije_in_poročila/Porocilo_podzemne_2014_o_bjava_splet_5.1.2016
- Rajib, A. 2017. Improved soil moisture accounting in hydrologic models. https://web.ics.purdue.edu/~vmerwade/reports/2017_01.pdf
- Volk, M., Sauvage, S., Sánchez-Pérez, J. M., Biegert, K. 2016. Development and Applications of the SWAT Model to Support Sustainable River Basin Management on Different Scales. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, 8: 1–3. DOI: 10.1016/j.swaqua.2016.12.001

Trajnostna proizvodnja bioogljja in njegova uporaba za izboljšanje tal – perspektiva za slovensko kmetijstvo?

Rok MIHELIC¹³³, Dušan KLINAR¹³⁴, Nataša BELŠAK ŠEL¹³⁵, Klavdija RIŽNAR¹³⁶, Matic GROJZDEK¹³⁷, Barbara NOVOSEL¹³⁸, Vid ŽITKO¹³⁹ in Janvit GOLOB¹⁴⁰

Izveleček

Bioogljje (angl. Biochar) je z ogljikom-bogat material, proizveden s pirolizo iz neoporečnih naravnih ligno-celuloznih materialov in mora ustrezati strogim kriterijem kakovosti za uporabo v agro-ekosistemih. Pravilna piroliza poteka v območju od 450 do 550 °C, pri čemer mora oglje vsebovati več kot 50 % C, da lahko produkt deklariramo kot bioogljje. Pri nižji temperaturi dobimo več hlapnih komponent in manjšo obstojnost oglja v tleh. S hranili obogatenim bioogljem pozitivno vplivamo na talni agroekosistem. Poveča se poroznost in sorpcijska zmogljivostjo tal, redoks lastnosti in nevtralizacijska kapaciteta, sposobnost zadrževanja vode v tleh in vezava hranil v tleh. Z bioogljem dolgotrajno odvezujemo (sekvestriramo) ogljik iz atmosfere. Slovenija ima s pridobivanjem bioogljja možnost uveljavitve krožnega gospodarstva in verige dodane vrednosti, od priprave lignoceluloznih materialov, ki jih imamo v izobilju, preko strokovno vodene pirolize, do pravilne uporabe bioogljja v kmetijstvu za izboljšavo tal.

Glavne besede: bioogljje, ohranitveno kmetovanje, biostimulativno gnojilo, piroliza

Sustainable biochar production and its use for soil improvement – a perspective for Slovenian agriculture?

Abstract

Biochar is a carbon-rich material produced with pyrolysis from natural ligno-cellulosic materials and must meet stringent quality criteria for use in the agro-ecosystem. The correct pyrolysis takes place at T in the range of 450 to 550 °C, whereby the product must contain more than 50% C to be declared as biochar. At a lower temperature, more volatile components and less durability of carbon in the soil are obtained. With nutrient-enriched biofuels, we have a positive influence on the soil agro-ecosystem with increased porosity and sorption capacity of the soil, redox properties and neutralization capacity (liming effect), the ability to retain water and binding of nutrients in the soil, and long-term removal of carbon from the atmosphere (sequestration). Slovenia has the potential for the introduction of a circular economy and a value added chain, from preparation of lignocellulosic materials, which we have in abundance, through professionally guided pyrolysis, to the correct use of bio-char in agriculture to improve the soil.

Key words: biochar, conservation agriculture, bio-stimulative fertilizer, pyrolysis

1 UVOD

1.1 Proizvodnja bioogljja in njegova uporaba

Bioogljje (angl. Biochar) je z ogljikom-bogat material, proizveden s pirolizo biomase (Lehmann, 2007). Optimalna temperatura pirolize za pridobivanje kakovostnega bioogljja je

¹³³ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Jamnikova 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

¹³⁴ Doc. dr., ZRS Bistra Ptuj, Slovenski trg 6, 2250 Ptuj, e-pošta: dusan.klinar@bistra.si

¹³⁵ Dr., ZRS Bistra Ptuj, Slovenski trg 6, 2250 Ptuj, e-pošta: natasa.belsak.sel@bistra.si

¹³⁶ Dr., ZRS Bistra Ptuj, Slovenski trg 6, 2250 Ptuj, e-pošta: klavdija.riznar@bistra.si

¹³⁷ UL, FKKT, Večna pot 113, 1000 Ljubljana, e-pošta: matic.grojzdek@fkkt.uni-lj.si

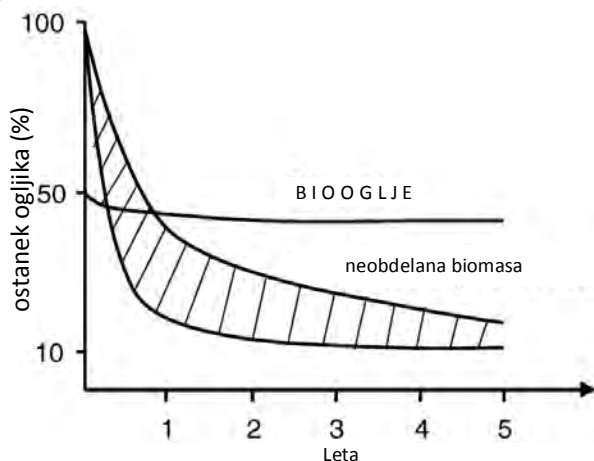
¹³⁸ Doc. dr., UL, FKKT, Večna pot 113, 1000 Ljubljana, e-pošta: barbara.novosel@fkkt.uni-lj.si

¹³⁹ UL, Biotehniška fakulteta, Jamnikova 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: vid.zitko@bf.uni-lj.si

¹⁴⁰ Prof. dr., UL, FKKT, Večna pot 113, 1000 Ljubljana, e-pošta: janvit.golob@fkkt.uni-lj.si

pri temperaturi približno 500 °C. Da se oglje lahko imenuje bioogljje, mora biti narejeno iz neoporečnih naravnih ligno-celuloznih materialov in mora ustrezati dokaj strogim kriterijem kakovosti, ki jih opredeljujeta dva mednarodna standardna postopka: European Biochar Certificate (EBC, <http://www.european-biochar.org/en>) in International Biochar initiative (IBI <https://biochar-international.org/characterizationstandard/>). Za njegovo proizvodnjo se uporabljajo surovine kot so žagovina, lesni peleti, lesni sekanci, drevesno lubje, ostanki kmetijskih pridelkov, organski odpadki, žitne pleve, orehove luščine, gnoj ter kompost (Sohi in sod., 2010). Njegova glavna sestavina je ogljik, ki ga vsebuje vsaj 50 %, običajno 70 do 90 %.

Piroliza omogoča izrabo samo dela energetske vrednosti biomase. Približno pol kemijske energije, ki jo vsebuje npr. čisti les, se pretvori v pirolizni plin, katerega lahko uporabimo za različne energetske namene. Preostala energija je vezana v bioogljju, ki pa v se v tleh ne razgradi oz. razgradnja poteka izjemno počasi, več sto let; oglje namreč ni hrana za talne organizme (slika 1).



Slika 1: V tleh je bioogljje biološko stabilno in zelo počasi razpada (Lehmann, 2006).

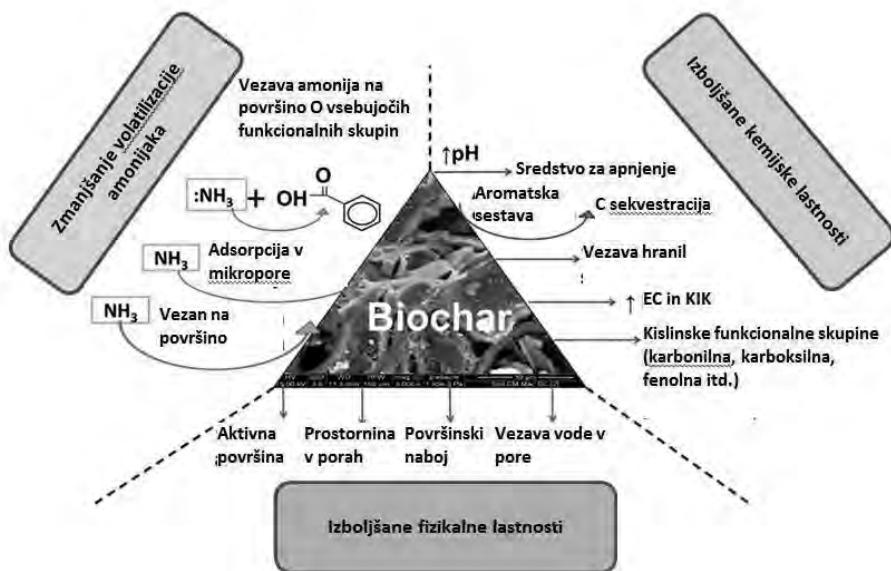
Polovico ogljika, ki so ga rastline med fotosintezo vezale iz atmosfere, se med pirolizo spremeni v dolgotrajno obliko (C_{fix}). Če bioogljje damo v tla, ga dolgotrajno odvajamo iz atmosfere (sekvestriramo). Kmetijstvo, preko gozdarstva in ostankov lesno-predelovalne industrije bi lahko postalo odločilna panoga v sklopu krožnega gospodarstva, ki bi omogočila sekvstracijo C in s tem zmanjšala toplogredni učinek, ki ga povzroča človek: 1 tona bioogljja namreč predstavlja vezavo 2 do 3 tone CO_2 . Glede na možne količine vezave ogljika gre za enega najbolj perspektivnih tehnologij sekvstracije CO_2 (slika 2). (Lehmann in sod., 2006; Sohi in sod. 2009; Wang in sod., 2016).

1.2 Uporaba bioogljja za izboljšanje tal

Pozitivni vplivi bioogljja na agroekosistem so pogosto razloženi s poroznostjo in sorpcijsko zmogljivostjo, redoks lastnostmi in nevtralizacijskim učinkom, sposobnostjo zadrževanja vode v tleh in pretvorbo hranil v tleh. Pokazalo se je, da bioogljje spodbuja rast rastlin, še posebno kadar je vezano v organsko – mineralnih kompleksih z mikroorganizmi in hranili (Hagemann in sod., 2017) (slika 3).



Slika 2: Pot ogljika in energije pri pirolizi lignocelulozne biomase (Lehman, 2007)



Slika 3: Pomembne lastnosti biooglja za izboljšanje talnih lastnosti (Mandal in sod., 2016)

Kljub mnogim pozitivnim lastnostim biooglja je treba biti pozoren na njegove morebitne negativne učinke zaradi nepravilnosti pri proizvodnji ali nestrokovni rabi. Pri pridobivanju biooglja iz bioloških in komunalnih odpadkov in blata komunalnih čistilnih naprav je potrebno paziti, ker lahko vsebujejo prekomerne količine potencialno nevarnih komponent (PAH/PAO, dioksini in težke kovine), ki lahko omejijo uporabo biooglja na kmetijskih

zemljiščih. Dokazano je bilo, da bioogljje, proizvedeno pri različnih temperaturah in iz različnih surovin vsebuje 3-16 $\mu\text{g/g}$ PAH, kar pa je manj v primerjavi z vsebnostjo PAH, ki so jih našli v ožganinah borovega gozda (28 $\mu\text{g/g}$). Prav tako so ugotovili, da je vsebnost PAH v bioogljju nižja kot v urbanih tleh. Do sedaj ni potrjenih študij, da bi bioogljje, proizvedeno iz tradicionalnih surovin (les in rastlinski ostanki), vsebovalo dioksine (Verheijen in sod., 2010).

1.3 Bio-stimulativno organsko mineralno gnojilo na osnovi biooglja

Bioogljje samo je revno s hranili, posebej še, če je narejeno iz čistega lesa. Vsebuje veliko ogljika, ne pa tudi dovolj dušika, fosforja, kalija in drugih hranil. Zato se bioogljje smatra le kot eno od komponent, ki se jo vključuje v biosfero tal. Pred vnosom v tla ga je potrebno ustrezno pripraviti in obogatiti ('aktivirati'), t.j. njegovo površino napolniti z ustreznimi hranili ter v njegovo porozno strukturo naseliti mikrobne združbe, ki kasneje pozitivno vplivajo na rast rastlin. Biostimulativno organsko-mineralno gnojilo kot dodatek tlem, vpliva na povečanje kopičenja organske snovi v tleh in biološko učinkovitost kroženja hranil, kar je ključ trajnostnega kmetijstva (Wang in sod., 2016).

V preliminarni raziskavi, katere rezultate predstavljamo v tem članku, smo analizirali 4 vrste oglja in predstavili nekatere pomembne razlike med njimi. Pokazati želimo, da ni vsak postopek uplinjanja primeren za pridobivanje biooglja.

2 MATERIAL IN METODE DELA

V okviru raziskav je bilo analiziranih več materialov, ki so bogati z ogljikom. Vzorec »Piroliza 1« je bil pripravljen iz kosov smrekovega lesa v šaržnem reaktorju pri temperaturi več kot 900 °C. Vzorec »Piroliza 2« je bil pripravljen iz žitnih otrobov v pretočnem reaktorju pri temperaturi med 450 in 550 °C. Vzorec »Uplinjanje 1« je bil pripravljen iz smrekovih peletov v pretočnem reaktorju pri temperaturi med 650 in 850 °C. Vzorec »Uplinjanje 2« je bil pripravljen iz smrekovih sekancev v pretočnem reaktorju pri temperaturi med 600 in 750 °C.

2.1 Analitske metode

Termogravimetrično analizo smo izvedli z Netzsch STA 449 F3 Jupiter aparatom. S standardno metodo CEN/TR 15716: 2008 smo izmerili vlažnost, hlapne snovi, fiksno vsebnost ogljika in pepela v vzorcih. Vzorci z maso 50 mg so bili izpostavljeni kontrolirani temperaturi in atmosferskemu tlaku. Tokovi zaščitnih plinov (argon) in odzračevanih plinov so bili 30 in 50 ml/min.

Meritve poroznosti so bile izvedene z analizatorjem Micrometrics ASAP 2020. Vzorce 100-200 mg najprej raztopimo 30 minut pri 100 °C in 60 minut pri 120 °C pri absolutnem tlaku 0,67 mbar. Adsorpcijski plin je bil dušik. Premer por biooglja je bila izračunan z uporabo Brunauer-Emmett-Tellerjeve enačbe (ISO 9277: 2010).

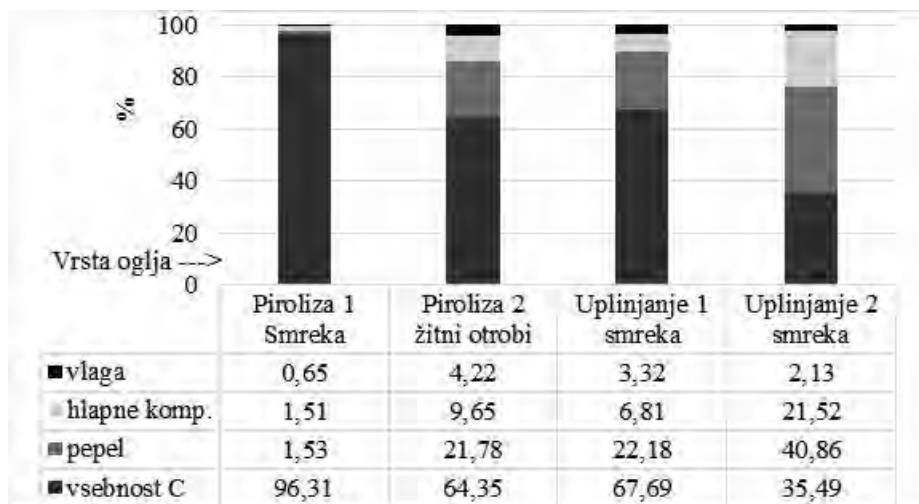
3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Prava piroliza, ki ima za cilj izdelavo biooglja, mora zagotoviti optimalne razmere za produkcijo biooglja. Pri temperaturi do 400 °C se površina piroliziranega materiala še ne »razprek«, produkti pirolize so tudi katrani in olja, ki so lahko okolju škodljivi. Pri T v območju 450 do 550 °C dosežemo optimalno kompromisno stanje, pri katerem je aktivna

površina bioogljja največja (npr. na nivoju 300 m²/g), večina ogljika je fiksiranega v organizmu nedostopno obliko. Pri T>600 °C se aktivna površina začne zmanjševati, prav tako se zmanjšuje delež snovi; vse bolj dobivamo grafitu podoben material z lističasto strukturo (Lehmann, 2007).

Bioogljje iz piroliziranega lesa smreke (Piroliza 1), kjer je potekla piroliza pri T>900°C, je sestavljen iz kar 96 % ogljika ter zelo malo pepela in hlapnih spojin (sl. 1). Pridobljeno oglje je krhko, ima kovinski sijaj in kovinski zven od udarcu, podobno grafitu. Nasprotno je vzorec smrekovega lesa, ki smo ga analizirali po industrijskem uplinjanju pri visoki T 650 do 850°C, (»Uplinjanje 1«), vseboval zgolj 68 % ogljika ter 22 % pepela, kar kaže na preveliko količino dodanega kisika v procesu pirolize ter tvorbo pepela – oksidov in hidroksidov, namesto reduciranih oblik, ki nastanejo pri anoksični termični obdelavi - pirolizi. Vzorec vsebuje tudi 6,8 % hlapnih snovi, ki so potencialno lahko škodljive za okolje. Vzorec »uplinjanje 2« je bil prav tako pridobljen iz industrijske naprave za »pirolizo«, ki očitno tudi ni vodena dovolj natančno glede kontrole sežignih plinov. V tem primeru je šlo za uplinjanje smrekovih sekancev v pretočnem reaktorju pri temperaturi med 600 in 750 °C, vendar je bila piroliza nepopolna, saj je v produktu kar 41 % pepela in 21,5 % hlapnih snovi. Oba vzorca po industrijskem uplinjanju kažeta, da proces ne zagotavlja kakovosti »ogljja« po EBC standardu; pridobljeno oglje ne bi pridobilo oznake bioogljje (slika 4).

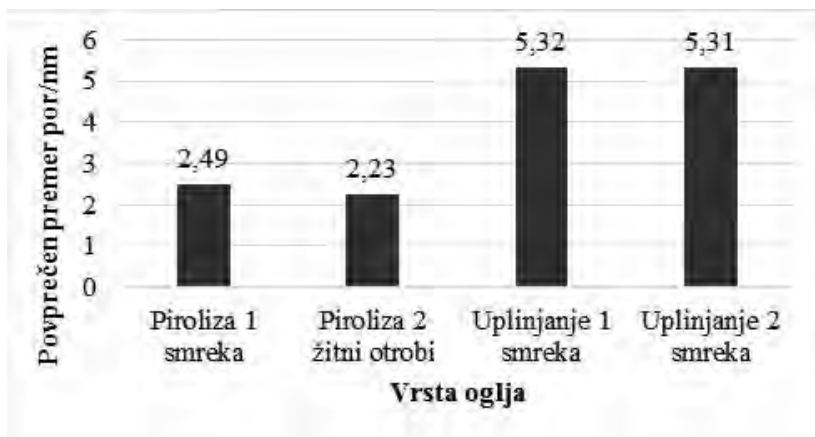
Vrsta vhodne surovine, ki jo damo v pirolizni reaktor, prav tako močno vpliva na končne produkte pirolize; pri teoretično optimalnih pogojih pirolize (»piroliza 2«: 450 do 550 °C), v industrijskem piroliznem reaktorju, smo iz žitnih otrobov dobili 22 % pepela (pepel merjen po dodatnem sežigu vzorca pri 900 °C), kar pa pripisujemo pretežno naravi vhodnega materiala – ovojnice žit (otrobi) namreč že v osnovi vsebujejo veliko mineralnih snovi, bistveno več kot smrekov les.



Slika 4: Sestava oglja iz različnih postopkov pirolize oz. uplinjanja

Višji delež vsebnosti hlapnih komponent je merilo za nižjo raven termične obdelave izhodne biomase in za nižjo obstojnost oglja v tleh. Vsebnost ogljika je ključni podatek, katerega vrednost določa tudi EBC certifikat in sicer njegova vrednost mora biti večja od 50 %, da se material lahko deklarira kot bioogljje. Hkrati je tudi merilo za obstojnost oglja v tleh.

Zanimivo je, da je industrijsko uplinjanje smrekovega lesa, v primerjavi s pravo pirolizo dalo oglje z večjimi porami, kar je v skladu s teorijo, da pri višji temperaturi pirolize (900 °C) nastaja kompakten, grafitu podoben material z malimi, zaprtimi porami (sl. 5).



Slika 5: Povprečen premer por iz različnih piroliznih postopkov in surovin

Trenutno stanje in perspektiva biooglja za slovensko kmetijstvo

Skoraj 60 % Slovenije je pokrito z gozdovi, kar jo uvršča med najbolj gozdnate države na svetu. V zadnjih 15 letih smo v povprečju zaradi rednega (2/3) in sanitetnega (1/3) poseka lesa posekali približno 3 milijonov m³ lesa na leto. Leta 2014 je žled poškodoval več kot polovico slovenskih gozdov. Zaradi posledic napada podlubnikov je Slovenija od leta 2014 iz sanitetnih razlogov posekala 4 milijone m³ lesa letno. Slovenija je tako zbrala ogromne količine sekundarnega in odpadnega lesa, ki ima nizke odkupne cene. S predelavo vsaj dela tega lesa v biooglje bi dobili material, ki se ga lahko skladišči (ni biorazgradljiv), in ki ima v agro-ekosistemu pomembno potencialno vrednost. Dodatni surovinski vir za proizvodnjo biooglja na kmetijah lahko predstavljajo stranski pridelki in ostanki kmetijstva in živilsko-predelovalne industrije, kot so slama, luščine, vejevje, odpadni les. Kmetje bi lahko tako kombinirali proizvodnjo biooglja s proizvodnjo toplote iz biomase in proizvodnjo organskega gnojila na kmetiji ali v kmečki skupnosti. Proizvodnja biooglja na kmetijah predstavlja korak h krožnemu gospodarstvu.

4 SKLEPI

Biooglje ima velik potencial pri vzpostavitvi kroženja snovi in energije med gozdarstvom, lesno predelovalno industrijo ter drugimi industrijami in kmetijstvom. Še posebej je zanimiv kot izboljševalec tal, pri čemer s postopkom pirolize in vnosom oglja v tla izvajamo učinkovit odvzem ogljika iz atmosfere. Potrebujemo razvoj pravih piroliznih naprav, ker smemo v tla dajati le neoporečno biooglje. Za postavitev celotne verige, od priprave lesa, preko strokovno vodene in cenovno ugodne pirolize, do pravilne predpriprave in uporabe biooglja v kmetijstvu za izboljšavo tal, potrebujemo sodelovanje konzorcija strokovnjakov gozdarstva, lesarstva, kemijske tehnologije, strojništva, energetike in agronomije. Gre za koncept krožnega gospodarstva v praksi, ki pa za začetni preboj potrebuje tudi pomoč države.

5 LITERATURA

- EBC. (2012). European Biochar Foundation - European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar. 2015. European Biochar Foundation (EBC) Version 6.1 of June 19., 1–17
- Hagemann N., Harter J., Behrens S. 2016. Elucidating the Impacts of Biochar Applications on Nitrogen Cycling Microbial Communities – Chapter 7, Biochar Application – Essential Soil Microbial Ecology, 163-198,.
- Hagemann, N., Joseph, S., Schmidt, H.-P., Kammann, C. I., Harter, J., Borch, T., Kappler, A. 2017. Organic coating on biochar explains its nutrient retention and stimulation of soil fertility. *Nature Communications*, 8(1), 1089, 11 s.
- Lehmann J. 2007. Bio-energy in the black. *Ecological society of America, Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(7), 381-387
- Lehmann J., Gaunt J., Rondon M., Bio-char Sequestration in Terrestrial Ecosystems – A Review. 2006. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Volume 11, Issue 2, 403-427
- Mandal S., Sarkar B., Bolan N., Novak J., Sik Ok Y., Van Zwieten L., Pal Singh B., Kirkham M. B., Choppala G, Spokas K., Naidu R. 2016. Designing advanced biochar products for maximizing greenhouse gas mitigation potential, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 0, No. 0, 1–35
- Sohi S.P., Krull E., Lopez-Capel E., Bol R., A review of biochar and its use and function in soil. 2010. *Advances in Agronomy – Chapter 2*, Volume 105, 47-82
- Verheijen, F.G.A., Jeffery, S., Bastos, A.C., van der Velde, M., Dias, I. 2009. Biochar Application to Soils – A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions. EUR 24099 EN, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 149pp
- Wang J., Xiong Z., Yan X., Kuzyakov Y. 2017. Carbon budget by priming in a biochar-amended soil, *European Journal of Soil Biology*, Volume 76, 26-34

**"EKIPA ZA
VSAKO KMETIJO.
REŠITEV ZA
VSAKO NJIVO."**



PIONEER.



Continuum
AQUAmax



CORTEVA
agrilife
Agriculture Division of DowDuPont

izdelki blagovne znamke Pioneer® in storitve Enrica® so predmet nakupnih pogodb in pogodb nakupa.
™/® blagovne znamke in storitvene znamke podjetja Dow AgroSciences, DuPont ali Pioneer ter njihovih povezanih družb ali njihovih lastnikov. © 2015 PHS



Od setve do žetve!



RWA Slovenija, d. o. o.
Dolenjska cesta 250 a, 1291 Škofljica
t: 01 514 00 70, e: semena@agrosaat.si

Agrosaat



www.agrosaat.si

VRNIMO ZEMLJI ŽIVLJENJE IN OMOGOČIMO
SPROSTITEV "ZAKLENJENIH" HRANIL V TLEH.



APNENEC IGM

ZA POSTOPNO DVIGOVANJE pH

APNENEC IGM VSEBUJE:
do 95% CaCO_3 (kalcijevega karbonata),
naravno vlago, ki je 4% - 6%.

LASNOSTI APNENCA IGM:

100% naravni material.

Učinkuje postopno, zato ni potrebno apnjiti vsako leto.

Pri trošenju se ne praši. Skladišči se na prostem.

trosimo lahko tudi med rastno dobo rastlin - SKOZI CELO LETO.

S tedenskim zamikom lahko gnojite z naravnimi gnojili.

PRIPOROČLJIVE KOLIČINE:

Srednje težka tla 5 - 8 t/ha za dobo 3 - 4 leta.

Težka tla 8 - 10 t/ha za dobo 3 - 4 leta.

DOBAVA:

V razsutem stanju, s kamioni 10, 15, 20 ali 25 ton.

www.igm.si,

Kontakt: marta.globokar@igm.si tel: 03-56-55-583, (041-708-752)



skupina
banvita





Razvojno inovativna zadruga poslovnih con
medsektorskega krožnega gospodarjenja z viri

Z interesom združeni

R.I.Z., z.b.o., je zadruga, ki pokriva področja razvoja, inovativnosti, samozadostnosti, recikliranja, zelenih tehnologij in delovnih mest v treh osnovnih stebrih

ENERGETIKA

KMETIJSTVO

INDUSTRIJA

Ustanovni in pridruženi člani zadruga si prizadevajo ustvariti okolje – platformo, ki daje možnost vzpostavitve odnosov med znanostjo, industrijo in uporabniki.

Med sektorsko sodelovanje med energetika, kmetijstvo, industrijo, ki temelji na osnovah in smernicah evropsko podprtega principa krožnega gospodarjenja z razpoložljivimi viri.

Zakaj postati član zadruga?

Kaj mi prinese članstvo?

Kaj ponuja platforma?

**Na ta in na še mnoga vprašanja smo vam dosegljivi
na sedežu zadruga ali na info@riz-zadruga.eu**



Univerza v Mariboru

Fakulteta za energetiko



Priključite se tudi ti!



Sodobni študijski programi

Vrhunski laboratoriji

Visoka zaposljivost

**FAKULTETA ZA
ENERGETIKO**

krško - velenje