

SAD

SLOVENSKO AGRONOMSKO DRUŠTVO

SLOVENIAN SOCIETY OF AGRONOMY

Novi izzivi v agronomiji 2017

ZBORNIK SIMPOZIJA

New challenges in agronomy 2017

PROCEEDINGS OF SYMPOSIUM

Laško 2017

SAD

SLOVENSKO AGRONOMSKO DRUŠTVO
SLOVENIAN SOCIETY OF AGRONOMY

**NOVI IZZIVI
V AGRONOMIJI 2017**

ZBORNIK SIMPOZIJA

**NEW CHALLENGES
IN AGRONOMY 2017**

PROCEEDINGS OF SYMPOSIUM

Laško, 2017

Novi izzivi v agronomiji 2017 z mednarodno udeležbo
Laško, 26. in 27. januar 2017

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 Stajanko,	Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede
dr. Igor Šantavec,	Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

Recenzenti (po abecednem vrstnem redu):

dr. Rozalija Cvejić, univ. dipl. inž. agr.
dr. Barbara Čeh, univ. dipl. inž. agr.
doc. dr. Andreja Čerenak, univ. dipl. biol.
doc. dr. Jure Čop, univ. dipl. inž. kmet.
doc. dr. Zalika Črepinšek, univ. dipl. inž. agr.
mag. Marjan Dolenšek, univ. dipl. inž. agr.
dr. Peter Dolničar, univ. dipl. inž. agr.
doc. dr. Klemen Eler, univ. dipl. inž. agr.
doc. dr. Darja Kocjan Ačko, univ. dipl. inž. agr.
doc. dr. Rok Mihelič, univ. dipl. inž. agr.
dr. Boštjan Naglič, univ. dipl. inž. agr.
prof. dr. Martin Pavlovič, univ. dipl. inž. agr.
Tomaž Poje, univ. dipl. inž. agr.
prof. dr. Denis Stajanko, univ. dipl. inž. agr.
Janez Sušin, univ. dipl. inž. agr.
dr. Igor Šantavec, univ. dipl. inž. agr.
dr. Kristina Ugrinović, univ. dipl. inž. agr.
doc. dr. Matej Vidrih, univ. dipl. inž. agr.
doc. dr. Vesna Zupanc, univ. dipl. inž. agr.

Prispevki so najmanj dvakrat recenzirani. Za jezikovno pravilnost odgovarjajo avtorji. S poslanim prispevkom se avtorji strinjajo tudi za spletno objavo zbornika.

Tisk: Birografika BORI d. o. o., Ljubljana, natisnjeno v 200 izvodih

Izdalo Slovensko agronomsko društvo

Copyright © Slovensko agronomsko društvo

CIP - Kataložni zapis o publikaciji

Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

63(082)

NOVI izzivi v agronomiji 2017 : zbornik simpozija, Laško, 2017 = New challenges in agronomy 2017 : proceedings of symposium / [uredniki Barbara Čeh ... et al.]. - Ljubljana : Slovensko agronomsko društvo, 2017

ISBN 978-961-90884-9-4

1. Vzp. stv. nasl. 2. Čeh, Barbara, 1973-
288347904

Kazalo

Stročnice

Pomen zrnatih stročnic za samooskrbo in kroženje snovi

Importance of grain legumes for self-supply and for circulation of substances

Darja KOCJAN AČKO in Rok MIHELIC 9

Vpliv medvrstne razdalje pri strnjeni setvi soje na pridelek in lastnosti rastlin

Influence of row spacing by drilled soybean on grain yield and plant properties

Igor ŠANTAVEC, Darja KOCJAN AČKO in Franc BAVEC 19

Morfološke značilnosti in dolžina rastne dobe pri soji (*Glycine max* (L.) Merr.)

Morphological characteristics and length of the growing season for soybean

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

Borut BUKOVEC, Igor ŠANTAVEC in Darja KOCJAN AČKO 26

Križanja navadnega fižola (*Phaseolus vulgaris* L.) v programu žlahtnjenja novih sort na Kmetijskem inštitutu Slovenije

Cross pollination of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the breeding programme at the Agricultural Institute of Slovenia

Barbara PIPAN, Jelka ŠUŠTAR-VOZLIČ, Vladimir MEGLIČ, Blaž GERMŠEK, Irena

MAVRIČ PLEŠKO in Peter DOLNIČAR 33

Vsebnost sekundarnih metabolitov – izoflavonov pri črni detelji (*Trifolium pratense* L.) za uporabo v farmaceutiki

Content of secondary metabolites - isoflavones in red clover (*Trifolium pratense* L.) for use in pharmaceuticals

Klavdija POKLUKAR, Lovro SINKOVIČ, Tanja ZADRAŽNIK, Vladimir MEGLIČ in

Jelka ŠUŠTAR-VOZLIČ 40

Nove sorte

Styrian Cardinal in Styrian Wolf – novi tržno zanimivi sorti hmelja

Styrian Cardinal and Styrian Wolf – new interesting hop varieties for the market

Andreja ČERENAK, Sebastjan RADIŠEK, Iztok Jože KOŠIR in

Monika OSET LUSKAR 47

Češnjevec pisani visoki in Lišček rdeči marmorirani: novi ohranjevalni sorti fižola vpisani na Sortno listo Republike Slovenije

'Češnjevec pisani visoki' and 'Lišček rdeči marmorirani': New conservation varieties inscribed in the National List of Varieties

Jelka ŠUŠTAR VOZLIČ, Kristina UGRINOVIČ, Alenka MUNDA, Vladimir MEGLIČ,

Tanja ZADRAŽNIK, Barbara PIPAN, Aleš SEDLAR, Aleš KOLMANIČ 52

KIS Slavnik in KIS Savinja - novi sorti krompirja, vzgojeni na Kmetijskem inštitutu Slovenije

KIS Slavnik and KIS Savinja - new potato varieties bred at Agricultural Institute of Slovenia
Peter DOLNIČAR, Marko MARAS, Vladimir MEGLIČ, Metka ŽERJAV, Gregor UREK,
Saša ŠIRCA in Andrej SIMONČIČ 58

Pridelovanje poljščin

Pridelava vrtnega maka (*Papaver somniferum* L.) v Sloveniji

Growing of garden poppy (*Papaver somniferum* L.) in Slovenia
Simon OGRAJŠEK in Darja KOCJAN AČKO 66

Pridelek navadne konoplje (*Cannabis sativa* L.) iz introdukcije tujih sort glede na namen pridelave (seme in stebila) ter lokacijo

Yield of foreign varieties of hemp (*Cannabis sativa* L.) in relation to the end-uses (seeds and stems) and location
Marko FLAJŠMAN, Janko VERBIČ, Igor ŠANTAVEC in Darja KOCJAN AČKO 75

Raznolikost hranilne sestave navadne konoplje (*Canabis sativa* L. var. *sativa*)

Variability in the nutritional composition of hemp (*Canabis sativa* L. var. *sativa*)
Anita KUŠAR, Barbara ČEH, Marko FLAJŠMAN, Darja KOCJAN AČKO in
Igor PRAVST 82

Vpliv sorte, gnojenja z organskimi gnojili in mineralnega dušika na pridelek in izbrane kakovostne parametre dveh ozimnih krušnih pšenice

Effects of cultivar, organic fertilisation and mineral nitrogen on yield and selected baking qualities of two winter wheat cultivars
Aleš KOLMANIČ in Andrej ZEMLJIČ 88

Estimation of nitrogen nutrition of winter barley by rapid, field based nitrogen tests

Ocena prehrane ozimnega ječmena z dušikom na podlagi hitrih poljskih testov
Boris LAZAREVIČ, Tomislav KARAŽIJA, Marko PETEK, Toni SAFNER, Vedran
RUBINIĆ and Milan POLJAK 96

Morfološke lastnosti rastlin in pridelek lubenic (*Citrulus lanatus* L.) v odvisnosti od načina gnojenja ter vrste zastirke

Morphological characteristics and yield of watermelons (*Citrulus lanatus* L.) as influenced by fertilisation and mulch type
Lovro SINKOVIČ in Dragan ŽNIDARČIČ 103

Razvoj listne površine pri različnih hibridih koroze

Leaf area development in different hybrids of maize
Jernej ŠIJANEC, Klemen ELER in Dominik VODNIK 110

Določanje območja rasti gomoljev krompirja

Determination of the area of potato tuber growing
Rajko BERNIK, Jošt POTRPIN in Uroš BENEČ 116

Učinkovitost sredstev za zmanjševanje populacij strun (Elateridae)

Efficacy of products for reducing populations of wireworms (Elateridae)

Magda RAK CIZEJ, Iris ŠKERBOT, Silvo ŽVEPLAN in Igor ŠKERBOT 122

Genetika, žlahtnjenje**Excellent bread making wheat germplasm released for sale – the last results**

Žlahtnjenje pšenice za visoko kakovost kruha – zadnji rezultati

Marijan JOŠT in Vesna SAMOBOR..... 129

Uporaba široke genetske raznolikosti tribusa *Triticeae* za indukcijo sterilnosti pri navadni pšenici (*Triticum aestivum* L.)Use of wide genetic variability in the tribe *Triticeae* for the sterility induction in the common wheat (*Triticum aestivum* L.)

Primož TITAN in Vladimir MEGLIČ..... 134

Določanje odmerka obsevanja z X-žarki RD₃₀ iz površine listov pri treh sortah navadne konopljeDetermination of dosage effect of X-ray RD₃₀ from leaf area on three varieties of hemp

Marko FLAJŠMAN, Darja KOCJAN AČKO in Borut BOHANEČ..... 140

Učinek sušnega stresa na fiziološko ter proteomsko stanje hmelja (*Humulus lupulus* L.)Effects of drought stress to physiological and proteomic state of hop (*Humulus lupulus* L.)

Zala KOLENC, Dominik VODNIK, Stanislav MANDELČ, Branka JAVORNIK, Damijana KASTELEC in Andreja ČERENAK..... 147

Pridobivanje učinkovin za zdravila z gensko spremenjenimi kmetijskimi rastlinami

Active ingredients production for medicines in genetically modified agricultural plants

Zlata LUTHAR..... 153

Tla, hranila**Review of the properties of soil-forming factors in continental Croatia and their impact on soil suitability for agriculture**

Pregled lastnosti tlotvornih dejavnikov v celinski Hrvaški in njihov vpliv na primernost tal za kmetijstvo

Vedran RUBINIĆ, Ivan MAGDIĆ, Nicole MUSULIN and Stjepan HUSNJAK 160

Bilanca hranil na vratih kmetije kot orodje za izboljšavo trajnosti kmetijstva

Nutrient farm gate balance as a tool for improving the sustainability of agriculture

Rok MIHELIC in Jure ČOP 168

Analiza tal zelenjavnih vrtov

Soil analysis of vegetable gardens

Matjaž GLAVAN, Majda ČERNIČ ISTENIČ in Marina PINTAR 175

Vpliv gnojenja z dušikom in lokacije na pridelek lanenih semen in vsebnost maščob v semenu

Impact of mineral nitrogen fertilization and location on the flax yield and fat content in seeds

Barbara ČEH, Saša ŠTRAUS in Bojan ČREMOŽNIK..... 182

Preliminarne meritve količine vode v tleh za potrebe interpretacije satelitskih slik

Preliminary measurements of soil water content for the purposes of interpretation of satellite images

Marina PINTAR, Nataša ĐURIĆ, Matjaž NEDOG in Damijana KASTELEC 189

Vpliv komposta in aktiviranega biooglja na tla in rast rastlin

The effects of compost and biochar on soil and plant growth

Lara RESMAN in Tanja BAGAR 196

Kmetijstvo in okolje

Primerjava okoljskih odtisov konvencionalnih in alternativnih sistemov pridelovanja na dveh tipih tal v severovzhodni Sloveniji

Comparison of the environmental footprints of conventional and alternative systems of production on two soil types in northeastern Slovenia

Denis STAJNKO 203

Uporaba digestata v kmetijstvu in potencialno nevarne kovine

Biogas fermentation residue usage in agriculture and potentially harmful metals

Rok MIHELICH in Marjetka SUHADOLC..... 210

Okoljski problemi pretekle uporabe atrazina

Environmental problems of the past atrazine usage

Sara PINTARIČ in Marjetka SUHADOLC 218

Kmetijska tehnika

Problematika nezgod s kmetijsko in gozdarsko tehniko

Problems of accidents with agricultural and forestry machinery

Marjan DOLENŠEK in Rajko BERNIK 225

Natančnost odlaganja semena pri mehanski sejalnici za strnjeno setev

The accuracy of seed deposition with the mechanical drill seeder

Filip VUČAJNK, Rajko BERNIK, Bojan GOSPODARIČ, Gorazd FAJDIGA, Blaž

RINDERER, Janko HORVAT in Matej VIDRIH 231

Razporeditev rastlin v vrsti pri pnevmatski podtlačni sejalnici za koruzo

Planting pattern of a pneumatic vacuum maize planter within a row

Filip VUČAJNK, Rajko BERNIK, Janko REDNAK, Igor ŠANTAVEC, Darja KOCJAN

AČKO, Jurij RAKUN, Miran LAKOTA, Primož BERUS, Vesna ZUPANC in

Matej VIDRIH..... 238

Opremljenost slovenskih kmetij z napravami za nanašanje FFS

PPP application equipment on Slovenian farms

Tomaž POJE 245

Uporaba brezpilotnih zrakoplovov v kmetijstvu

Unmanned aerial systems in agriculture

Blaž GERMŠEK in Matej KNAPIČ 252

Multispektralni posnetki visoke prostorske ločljivosti v raziskavah v agronomiji

– trije primeri uporabe

Use of high-resolution multispectral imagery in agronomic research – three case studies

Klemen ELER, Boris TURK, Jure ČOP, Boris LAZAREVIČ in Dominik VODNIK 258

Namakanje

Prototip operativne napovedi namakanja

Prototype of operational irrigation forecast

Andreja SUŠNIK, Gregor GREGORIČ in Katja KOZJEK 265

Deficitno namakanje v poljedelstvu in zelenjadarstvu – izzivi in perspektive

Deficit irrigation in crop and vegetable production – challenges and perspectives

Marina PINTAR in Vesna ZUPANC 272

Agrometeorologija

Vplivi klimatskih dejavnikov na območja z omejenimi dejavniki za kmetijstvo (OMD) v Sloveniji

The impacts of climatic factors on the LFA in Slovenia

Mateja ZALAR, Tjaša POGAČAR, Zalika ČREPINŠEK in Lučka KAJFEŽ BOGATAJ.... 277

Vpliv vročinskih valov na delavce v kmetijstvu

The impact of heat waves on workers in agricultural sector

Tjaša POGAČAR, Mateja ZALAR in Lučka KAJFEŽ BOGATAJ 284

Zelenjadnice

The protection of old varieties and eco populations of vegetables in Croatia

Varovanje starih sort in ekopopulacij zelenjadnic na Hrvaškem

Vesna SAMOBOR, Dijana HORVAT and Zdravko MATOTAN 291

Preskušanje sort pora v poletno-jesenski pridelavi

Testing of leek varieties in the summer-autumn production

Mojca ŠKOF in Kristina UGRINOVIČ 297

Izkušnje z eno- in dvo-stebelnimi rastlinami drobnoplodnega paradižnika pri gojenju v tleh

The experience with one- and two-stem plants of cherry tomato grown in the soil

Kristina UGRINOVIC in Mojca ŠKOF 304

Biokemični odziv izbranih solatnic na listno gnojenje s selenatom

Influence of nutrient solution on morphometric and biochemical parameters of forced chicon (*Cichorium intybus* L.)

Dragan ŽNIDARČIČ, Nina KACJAN MARŠIČ, Helena ŠIRCELJ in Emil ZLATIĆ 312

Travništvo

Modelske simulacije pridelka suhega zelinja travnih monokultur v Jabljah in Rakičanu v obdobju 1964–2013

Model simulations of grass monocultures' herbage dry matter yield in Jablje and Rakičan in the period 1964–2013

Tjaša POGAČAR in Lučka KAJFEŽ BOGATAJ 319

Ekonomika pridelave sena na trajnem travinju v prisotnosti velike rastlinojede divjadi

The economics of hay production on permanent grassland in the presence of large wild herbivores

Barbara ZAGORC, Janko VERBIČ in Drago BABNIK 326

Pomen zrnatih stročnic za samooskrbo in kroženje snovi

Darja KOCJAN AČKO¹, Rok MIHELIC²

Izvleček

Slovenija je tradicionalna neto uvoznica hrane, še posebej rastlinske, kamor spadajo tudi zrnate stročnice. V primerjavi z devetimi najpomembnejšimi zrnatimi stročnicami sveta (soja, fižol, arašid, čičerika, vinja, grah, leča, bob in volčji bob) so bile v letu 2016 na slovenskih njivah in vrtovih soja (okoli 2500 ha), fižol (okoli 1500 ha) in grah (okoli 600 ha), obseg drugih pa je bil premajhen, da bi bil statistično izmerljiv. S pomočjo finančnih podpor za beljakovinske rastline v Neposrednih plačilih (2014-2020) v okviru Skupne kmetijske politike Evropske unije ponovno uvajamo sojo, ki s povprečnim pridelkom okoli 3 t/ha zrnja kaže na uspešno pridelavo in vsaj delno pokritje potreb po beljakovinah v živinoreji z domačih njiv. Povpraševanje po lokalno pridelani hrani je edina priložnost samooskrbnega kmetijstva, h kateremu je usmerjena tudi triletna državna kampanja »Naša super hrana«. Tržna ponudba domačega zrnja stročnic je izziv in priložnost za odprtje novih delovnih mest na področju pridelave poljščin in vrtnin ter predelave živil rastlinskega in živalskega izvora. V prispevku je predstavljen tudi pomen vključevanja stročnic v kolobar, zelenega gnojenja s stročnicami in proizvodnje dušika, ki poteka s simbiozo med koreninskimi sistemi stročnic in bakterijami, ki vežejo zračni dušik.

Ključne besede: zrnate stročnice, beljakovine, dušik, Slovenija, prehrana, samooskrba

Importance of grain legumes for self-supply and circulation of substances

Abstract

Slovenia is a traditional net importer of food, especially vegetable, which include grain legumes. Compared to the nine major grain legumes world (soybeans, beans, peanuts, chickpeas, vignas, peas, lentils, broad beans and lupins) were in 2016 on the Slovenian arable soybeans (about 2,500 hectares), beans (about 1500 ha) and peas (about 600 ha), while the other was too small to be statistically measurable. With the help of financial support for protein crops, direct payments (2014-2020) in the context of the Common Agricultural Policy of the European Union re-introduce soybean with the average yield of around 3 t grain/ha indicates the successful production and at least partially cover the needs for proteins in livestock with domestic fields. Demand for locally produced food is the only chance of subsistence farming, to which the three-year national campaign »Our Superfood« is directed. Market supply of domestic grain leguminous plants is a challenge and an opportunity for new jobs in the production of crops and vegetables and processed food of plant and animal origin. This paper presents the importance of the inclusion of legumes in crop rotation, green manure legumes and nitrogen production, which is carried out by a symbiosis between the roots of legumes and bacteria fix nitrogen from air.

Keywords: grain legumes, pulses, proteins, nitrogen, Slovenia, nutrition, self-supply

1 UVOD

Hrana je glavna skrb v vsej zgodovini človeštva. V svetovni in slovenski zgodovini je hrane primanjkovalo, redko kdaj so bila obdobja presežkov in z njimi povezanega obilja in izobilja sedmih debelih krav. Živimo v času, ko je v globalnem pogledu hrane dovolj, vendar ne za okoli 7,5 milijarde Zemljanov (World Population Clock ..., 2017), od katerih je na robu

¹ Doc. dr., univ. dipl. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: darja.kocjan@bf.uni-lj.si

² Doc. dr., univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

revščine in lakote ter v vsakdanji borbi za preživetje več kot ena milijarda ljudi (World food day ..., 2016). S povečevanjem števila svetovnega prebivalstva se povečujejo potrebe po hrani. Precej oddaljeno se nam zdi leto 2050, ko bo treba nahraniti okoli 10 milijard ljudi (World population ..., 2016). Rodovitna tla so omejena in enako ali še bolj kot v preteklosti neenakomerno porazdeljena (Martin in sod., 2006), vse bolj pogoste vremenske ujme ogrožajo prehransko varnost posameznikov in skupin (Sheaffer in Moncada, 2012). Ni presenetljivo, da se politiki in strokovnjaki, še posebej vsako leto 16. oktobra ob Svetovnem dnevu hrane, upravičeno sprašujemo, kako pridelati in prirediti več? Bolj kot povečevanje hektarskih pridelkov vidi mednarodna skupnost rešitev v trajnostni rabi zemljišč. V bogatejših državah sveta se v novejšem času potrebam po količini pridelkov in izdelkov pridružujejo zahteve po kakovostni, nadstandardni, lokalni in ekološko pridelani hrani (Briggs, 2008). V zadnjih letih so tudi pri nas potekale različne promocijske akcije, ki nagovarjajo potrošnike, da kupujejo hrano slovenskega izvora izbrane višje kakovosti. Najnovejša oglaševalska in komunikacijska kampanja »Naša super hrana«, ki je nastala na pobudo slovenskih kmetov in živilske industrije v letu 2016, bo potekala tri leta (Heric, 2016).

Minilo je leto 2016, ki ga je Organizacija združenih narodov razglasila za mednarodno leto zrnatih stročnic z namenom širjenja njihove lokalne pridelave, povečanja prehrane z rastlinskimi beljakovinami in zagotavljanja globalne prehranske varnosti (International Year of Pulses ..., 2016). Pobudniki akcije so razmišljali še nekoliko širše, in sicer, da se bo z večjim obsegom pridelave zrnatih stročnic povečala biotska raznovrstnost vzdrževanih kmetijskih sistemov, ohranila poseljenost podeželja, zmanjšale posledice socialne izključenosti, neugodnih podnebnih sprememb in visoko ogljične bilance industrijskega kmetijstva. V EU-27 znate stročnice trenutno gojimo le na 1,8 % obdelovalnih površin, medtem ko 70 % naših potreb (predvsem za živinorejo) po stročnicah zadovoljimo z uvozom iz Južne Amerike (Anglade, 2015).

Ker znanja ni nikoli dovolj, vsako novo izobraževanje pa je nadgrajevanje prejšnjega razumevanja in prispevek k prenosu znanja s starejših na mlajše generacije, so bili v letu 2016 tudi v naši državi posvečeni zrnatim stročnicam številni dogodki. Na Biotehniški fakulteti v Ljubljani je bila okrogla miza Slovenskega agronomskega društva (SAD; Soja, nov izziv slovenskega poljedelstva ali muha enodnevnica?), posveta Dan stročnic ter Sojino in konopljinu dopoldne, na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede v Mariboru pa Dan polja Univerze v Mariboru (UM). Na 54. mednarodnem kmetijsko-živilskem sejmu v Gornji Radgoni so bili zrnatim stročnicam namenjeni številni razstavnici prostori in okrogla miza MKGP »Mednarodno leto stročnic 2016 - Znate stročnice kot priložnost v kmetijstvu?«. Pridelavi soje je bil posvečen Dan polja na kmetiji Majerič v Moškanjcih pri Ptuj, nekatere znate in voluminozne stročnice pa so bile predstavljene na Lombergarjevem poljedelskem dnevu v Pesnici pri Mariboru, ki ga je organiziral Kmetijski zavod Maribor pri KGZS. Sodelavci Kmetijskega inštituta Slovenije so v tem letu okrepili domače žlahtnjenje fižola in boba ter introdukcijo novih vrst in sort zrnatih stročnic, sortne poskuse s sojo pa predstavili udeležencem Dneva koruze v Jabljah pri Trzinu. Večino dogodkov so obeležili novinarji s prispevki v Kmečkem glasu, radijskih in televizijskih oddajah. Založba Kmečki glas je na znate stročnice opozorila s knjigo Znate stročnice, pridelava in uporaba (Kocjan Ačko in Ačko, 2016), katere poslanstvo je ponovno uvajanje zrnatih stročnic na slovenske njive in krožnike.

V Sloveniji je stopnja samooskrbe s hrano živalskega izvora (več kot 85-odstotno pokritje samooskrbe z mesom in jajci) precej višja kot z rastlinsko (Zadel in sod., 2016), še posebej majhno je pokritje pri zelenjavi (od 30 do 40 %), kamor pri nas uvrščamo fižol, grah in druge znate stročnice, ki pa jih skoraj ne pridelujemo za trg. Pri velikem deležu koruze, ki se je v

zadnjih letih zmanjšal na okoli 40 %, je še vedno težko sestavljati biološko pestre kolobarje (Spanring, 1959; Sadar, 1961; Kocjan Ačko in sod. 2005; Kocjan Ačko in Šantavec, 2010), zato so za trajnostni razvoj slovenskega kmetijstva spodbudne nove poljščine, še posebej stročnice, sicer si bomo nakopali še več težav ozko specializiranega netrajnostnega kmetijstva.

2 OBSEG IN NAMEN PRIDELAVE ZRNATIH STROČNIC

Glavni namen pridelave zrnatih stročnic (soja, fižol, arašid, čičerika, vinja, grah, leča, bob in volčji bob) je suho zrnje, v katerem je 20 do 30 % beljakovin, pri soji in volčjem bobu pa je beljakovin še več (Black in sod., 2006; Martin in sod., 2006). Znane so po dobri sestavi aminokislin (v zrnju soje je vseh osem za življenje nujno potrebnih ali esencialnih aminokislin, ki jih organizem sam ne more sintetizirati). Čeprav se v svetu uporablja večinoma suho zrnje stročnic, so posamezne čislane tudi kot vitaminsko bogata zelenjava v obliki nezrelega stročja in mladega zrnja (grah, fižol, bob in vinja) ter kalčkov (vinja). Svetovna pridelava zrnatih stročnic (preglednica 1) poteka na več kot 200 milijonih hektarjih s skupnim pridelkom zrnja okoli 500 milijonov ton (Faostat, 2016). V mednarodni trgovini prevladujejo soja, fižol, arašid in grah (Faostat, 2016). Soja in arašid sta tudi industrijski rastlini, v prvi vrsti oljnici (Martin in sod., 2006; Elzebrock in Win, 2010), sicer pa pomemben vir rastlinskih beljakovin za prehrano, krmo in predelavo v neprehramske izdelke - od plastičnih mas do umetnih vlaken (Jevtić in sod, 1989; Gagro, 1997; Hoeft in sod., 2000; Singh, 2010). Če iz beljakovinskega ostanka pridobijo beljakovino globulin in jo obdelajo s kemičnimi reagenti in biološkimi encimi, dobijo tržni proizvod - kemična regenerirana rastlinska vlakna. Med procesom predenja dodajajo antibiotike, protivnetna in UV-zaščitna sredstva. Tkanine iz mešanic sojinih vlaken s kašmirskimi vlakni, svilo, bombažem, bambusovimi in elastanskimi vlakni uporabljajo za osebno perilo, posteljnino, srajce, večerne obleke, otroška in športna oblačila (Rijavec in Bukovšek, 2004).

Preglednica 1: V svetu najbolj razširjene zrnate stročnice za suho zrnje v letih 1990, 2000 in 2014 glede na velikost zemljišč (ha) in pridelek (t in t/ha) (Faostat, 2016)

Zrnate stročnice za suho zrnje	Površina (mio ha)			Pridelek (mio t)			Pridelek (t/ha)		
	1990	2000	2014	1990	2000	2014	1990	2000	2014
Soja (<i>Glycine max</i> (L.) Merr.)	57	74	118	109	161	308	1,9	2,2	2,6
Navadni fižol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	24	27	30	18	18	25	0,7	0,7	0,8
Arašid (<i>Arachis hypogea</i> L.)	4	6	26	3	4	42	0,8	0,6	1,7
Čičerka (<i>Cicer arietinum</i> L.)	10	10	15	8	7	14	0,8	0,7	1
Vinja (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.)	8	6	13	3	2	6	0,4	0,4	0,5
Grah (<i>Pisum sativum</i> L.)	6	9	7	11	17	11	1,8	1,9	1,7
Leča (<i>Lens culinaris</i> Medik.)	4	3	5	3	3	5	0,9	0,8	1,1
Bob (<i>Vicia faba</i> L.)	3	3	2	4	4	4	1,5	1,6	1,8
Volčji bob (<i>Lupinus</i> spp.)	1,3	1	0,76	1,2	1,1	1	0,9	1,1	1,3

Soja kot glavna svetovna oljnica in beljakovinska stročnica zavzema več kot polovico vse pridelave zrnatih stročnic, kljub povečevanju pridelave v EU v zadnjih letih pa ta še ni dosegla milijon hektarjev, na katerih pridelujemo le klasično vzgojene sorte. Zakonodaja ne dovoljuje setve gensko spremenjenih sort soje, ki so na večini njiv (95 %) s sojo v svetu. Največja pridelovalka soje v EU je Italija (okoli 250.000 ha), druge naše sosede Avstrija, Madžarska in

Hrvaška pa jo sejejo po okoli 50.000 ha. Menimo, da je povečevanje pridelave močno odvisno od Skupne kmetijske politike Evropske unije, ki trenutno finančno podpira pridelavo beljakovinskih rastlin.

Večinska uporaba soje v svetu je polnomastna soja za krmo perutnine, razmaščeno zrnje in beljakovinski koncentradi pa so za prašiče in govedo, predvsem za krave molznice. Soja se že tisočletja uporablja v prehrani Azijcev, ki temelji na mikrobiološko predelanem zrnju (Singh, 2010). V zadnjih desetletjih se je po vsem svetu okrepila trgovska ponudba fermentiranih izdelkov (jogurtov, sirov in omak), praženega sojinega zrnja, teksturiranih ali vlaknatih beljakovin (sojino meso), ki so po videzu podobne živalskim in nadomeščajo živila živalskega izvora ljudem, ki se prehranjujejo v glavnem z rastlinami. Sojine beljakovine in druge iz zrnja izločene sestavine so v vse več industrijsko predelanih živilih in neprehrambnih izdelkih, tudi takih, kjer skoraj ne slutimo njihove prisotnosti. Rafinirano sojino olje je glavno rastlinsko olje, razširjeno predvsem v Ameriki in na Kitajskem (Martin in sod., 2006; Hahn in Miedaner, 2013).

Za prehrano prebivalcev tretjega sveta imajo velik pomen tudi čičerika, leča, različne vrste vinje in bob (Black in sod., 2006), ki jih pripravljajo v lokalnih jedeh po tradicionalnih receptih. Uvrščamo jih med zrnate stročnice Starega sveta in so z izjemo boba toplotno občutljivejše od soje, fižola in graha. Različne vrste lupin (bela, rumena, modra), za katere imamo slovensko ime volčji bob, se z novimi sladkimi sortami (brez ali z malo grenčin v zrnju) šele uveljavljajo v prehrani ljudi in domačih živali (Gladstones in sod., 2007; Roemer, 2007). Ponekod v Evropi in Avstraliji, kjer jih žlahtnijo in pridelujejo, pripravljajo njihovo zrnje v jedeh podobnim sojinim. Avstralija, največja svetovna pridelovalka, ima dobre izkušnje z modrim volčjim bobom, ki ga namesto soje uporabljajo v živinoreji. Že stare civilizacije v Sredozemlju pa so poznale njegov ugoden vpliv na pridelek pšenice in ječmena pri vključevanju v kolobar. Vpliv gostote setve na pridelek belega volčjega boba domače populacije smo preučevali tudi na Biotehniški fakulteti v Ljubljani in ugotovili, da so bili povprečni pridelki primerljivi s povprečnimi pridelki različnih sort soje na isti lokaciji (Šantavec in Kocjan Ačko, 2015). Čeprav je volčji bob za zdaj najmanj razširjena zrnata stročnica (preglednica 1), tuji strokovnjaki (Gladstones in sod., 2007) menijo, da bodo v prihodnosti bolj opažene prednosti, kot so več beljakovin v zrnju volčjega boba (40 do 50 %) kot pri soji (30 do 40 %), nove sorte z manj grenkih alkaloidnih snovi v zrnju, možnost krmljenja brez predhodne toplotne obdelave zrnja, dokazana večja fiksacija dušika kot pri drugih stročnicah, pri čemer je modri volčji bob najproduktivnejši (Sadar, 1948; Gladstones in sod., 2007).

V primerjavi z zemljišči, ki so jih stročnice za suho zrnje zasedale v svetu leta 1990, se je do leta 2014 povečevala pridelava skoraj vseh, z izjemo boba in volčjega boba, ki sta nekoliko nazadovala.

Pridelava in prehrana naših prednikov je tradicionalno povezovala žita in zrnate stročnice (Sadar, 1948). V naših krajih sta bila najprej udomačena grah in bob (v toplejših obdobjih sta uspevali tudi leča in čičerika), od 17. stoletja dalje, ko se je pojavil fižol, pa je ta postal steber prehrane naših prednikov (Zaplotnik, 1952; Sadar, 1948; Černe, 1997).

Podobno kot drugje v Evropi je druga polovica 20. stoletja s specializacijo in intenzifikacijo kmetijstva izrinila stročnice iz kolobarjev (ne le zrnate, ampak tudi voluminozne), na krožnikih pa so jih zamenjale beljakovine živalskega izvora kot popolnejši vir beljakovin (Kodele in sod., 1986; Jakše, 2016; Kocjan Ačko in Ačko, 2016). Prehranske doktrine se spreminjajo in številni nutricionisti opozarjajo na krivično zapostavljenost zrnatih stročnic v prehrani, še posebej zato, ker so njihovi ogljikovi hidrati bogat vir prehranskih vlaknin, ki zmanjšujejo tveganje za nastanek diabetesa, srčno-žilnih bolezni, bolezni prebavil in drugih

in s tem varujejo zdravje in vplivajo na dobro počutje (Hedley, 2001; Venn in Mann, 2004; Iqbal in sod., 2006; Flight in Clifton, 2006). Netopne vlaknine v zrnju, še posebej pa v semenski lupini (celuloza, hemiceluloza, lignin), delujejo kot krtača v prebavilih, topne (pektini, rastlinske gume) pa naredijo mehko blato, prispevajo k redni prebavi, izločanju strupov iz organizma in zato ohranjajo zdravo črevesje. Prehrana s stročnicami je pomembna še posebej za ljudi, ki se premalo gibljejo. Zaradi vlaknin, ki napenjaajo, je pomembno, da znamo stročnice pravilno pripraviti. Z namakanjem in izbiro zrn s tanjšo semensko lupino lahko to težavo precej ublažimo. Tisti, ki stročnic ne uživajo, a bi jih radi začeli, se naj nanje privajajo postopoma (Jakše, 2015).

Izkušnje z izboljševanjem rodovitnosti tal po zrnatih stročnicah so imeli že naši predniki. Spodbude k vključevanju zrnatih stročnic v vrtni in njivski kolobar kot glavni posevek ali dosevke, v čisti ali mešani setvi, najdemo v starejši slovenski literaturi (Sadar, 1961; Spanring, 1959). Na prelomu stoletja, ko so zrnate stročnice že skoraj izginile iz pridelave, je Slovensko agronomsko društvo organiziralo posvet Beljakovinska krma in olja s slovenskih njiv (Čergan in Šantavec, 2002). Na njihov pomen za tla in samooskrbo so s predavanji na posvetih in simpozijih vsaj dve desetletji opozarjali Džuban (1987), Tajnšek in Šantavec (1998), Tajnšek (2002; 2013); Kocjan Ačko in sod. (2005), Kocjan Ačko in Rabzelj (2013), ki pa jim kljub podpori stroke in apeli pristojnim snovalcem kmetijske politike ni uspelo vrniti beljakovinskih rastlin na slovenske njive.

Kljub povečevanju potreb po sojinah beljakovinah v živinoreji v devetdesetih letih 20. stoletja, se pridelava soje brez državne podpore ni uveljavila. V stroki je prevladalo mnenje, da pri nas soja ne uspeva zaradi prepoznih sort, težav s plevi in neustrezne tehnike spravila zrnja (Kocjan Ačko in Trdan, 2009). Izračuni so pokazali, da je pridelava soje ekonomsko nekonkurenčna drugim poljščinam, uvoženemu sojinemu zrnju in tropinam po relativno nizki ceni. Živinorejce so skrbele tudi škodljive snovi v zrnju (hemaglutinini, ureaze) in slab izkoristek beljakovin, če zrnje ni toplotno obdelano (Kocjan Ačko, 2015b).

Spodbude z neposrednimi in proizvodno vezanimi plačili za pridelavo beljakovin v Neposrednih plačilih (2014-2020) v okviru Skupne kmetijske politike EU in evropski projekt širjenja soje v državah Podonavja so dali nam in drugim članicam EU ponovni zagon za pridelavo soje zaradi beljakovin pri nadstandardni prireji mleka in mesa. Pridelava soje pri nas se je povečala; najprej s 100 ha leta 2010 na 400 ha leta 2014, leta 2015 je bilo z njo posejanih 1.709 ha, leta 2016 pa 2.537 ha zemljišč (SURS, 2016). Po desetletjih, ko smo v Sloveniji uvažali sojino zrnje in tropine za krmljenje vseh vrst in kategorij domačih živali, se obeta vsaj delno pokritje s slovenskih njiv. Soja je z najnovejšim uvajanjem vse bolj »domača« poljščina, ob kateri spoznavamo njene morfološke in biološke lastnosti ter agrotehnične posebnosti pridelave in predelave. S pomočjo ogledov posevkov na njivah novih pridelovalcev in pri izvedbi poljskih poskusov smo sodelavci CRP Soja (2014-2017) pridobili prve izkušnje in dokaze glede izbire rastišča, ustreznosti kmetijskih strojev, časa in načina setve, varstva pred plevi, pojava povzročiteljev bolezni in škodljivcev ter njihovih medsebojnih vplivov na velikost pridelka različnih sort. Sočasno s širjenjem znanja o zdravem prehranjevanju in uživanju manjših količin mesa, je vse več izdelkov iz soje v ponudbi slovenskih trgovin. Lahko so prehranska popestritev jedilnikov za ljudi, ki se prehranjujejo mešano, še posebej za tiste, ki uživajo večinoma rastlinsko hrano. Z novim uvajanjem soje je priložnost, da tuje izdelke, kot so sojino mleko, sojini namazi, sojini koščki in mikrobiološko predelani (fermentirani) izdelki, nadomestimo s slovenskimi. To pomeni, da bi lahko na slovenskih njivah pridelovali še več soje, tudi za prehrano ljudi.

Zrnate stročnice grah, bob in fižol so bile v preteklosti bolj razširjene kot danes, ko jih v glavnem uvažamo. V letu 2016 sta bila na njivah in v vrtovih fižol (okoli 1500 ha, od tega za

zrnje le 497 ha, ostalo pa je bil stročji fižol) in grah na 612 ha njiv za uporabo v živinoreji, okoli 50 ha pa je bilo mladega zrnja graha, ki je sezonska zelenjava. Fižola in graha pridelamo manj, kot ju porabimo v prehrani. Zlasti pri fižolu so ohranjene številne avtohtone sorte in na novo vzgojene domače (Černe, 2001; Šuštar-Vozlič in sod., 2012). Njihovo preučevanje, navajanje kmetov na lokalno pridelavo in kupcev, da jih razlikujejo od drugih po videzu in okusu, je prav gotovo naloga današnjih strokovnjakov za agronomijo in živilstvo. Med najbolj priljubljenimi je sorta visokega fižola 'Semenarna 22', znana med ljudmi kot savinjski sivček, ki ga pridelujejo predvsem hmeljarji v Savinjski dolini na hmeljiščih v premeni, to je po izkrčitvi starega nasada in pred zasaditvijo novega (Kocjan Ačko, 2010). Kljub trikrat večji ceni sivčka (okoli deset evrov za kilogram) v primerjavi s poceni uvoženim suhim zrnjem fižola iz Kitajske, se kaže njegova priljubljenost v dejstvu, da ga že pred spomladjo navadno zmanjka. Na njivah bi lahko povečali setev sort nizkega fižola, ki ne rabijo opore, zanje pa je mogoče od setve do spravila uporabiti stroje za setev in spravilo žit. Mogoče so prilagoditve žitnih kombajnov, lahko pa izkoristimo tudi sušenje fižola in drugih stročnic v sušilnicah za žita (Kocjan Ačko, 2013). Pri načrtovanju pridelave sivčka in drugih sort fižola po Sloveniji bi lahko zasnovali nove tržne izdelke iz fižola. Z njimi bi predstavljali kraje, od koder izvirajo, kar lahko prinese nove možnosti za delo in zaslužek.

Bob, volčji bob, vinja, čičerika in leča so na posameznih gredicah v vrtu prej izjema kot pravilo. Arašid gojijo nekateri ljubitelji rastlin bolj zaradi posebnega načina rasti in razvoja kot pa zaradi pridelka zrn. Njegovi oplojeni cvetovi se namreč zarijejo v tla, kjer se oblikujejo stroki z zrnjem, ki jih podobno kot druge evropske države uvažamo iz tropskih držav, kjer arašid dobro uspeva (Black in sod., 2006).

3 ZRNATE STROČNICE KOT PRVINA KOLOBARJA IN POMEN ZA KROŽENJE SNOVI

Več kot je poljščin v kolobarju, pestrejšje je življenje v tleh (Hennig E. 1997; Keller in sod., 1999; Martin in sod., 2006). Rastlinski in živalski makro- in mikroorganizmi sodelujejo pri humifikaciji odmrlih rastlin in živali ter pri mineralizaciji organske snovi v preprostejše spojine vse do anorganske snovi.

Stročnice pomembno vplivajo na rodovitnost zemljišča, zlasti povečajo bilanco dušika v tleh (Tajnssek in Šantavec, 1998). Za akumulacijo dušika v tleh so pomembne različne vrste bakterij iz rodov *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* in drugih, ki v simbiozi z metuljnicami (Fabaceae), kamor spadajo tudi stročnice, vežejo zračni dušik in ga kopičijo v koreninskih gomoljčkih, kjer živijo (Hungria in Vargas, 2000; Sharma in sod., 2005; Vodnik, 2012).

Zaradi stročnic na njivah se lahko zmanjša uporaba mineralnih gnojil in stroškov zanje. Potrebna uporaba energije, ATP, da nitrogenaza poveže skupaj molekulo dušika in tri molekule vodika, je 2-krat manjša kot pri Haber-Bosch postopku, ki za pretvorbo atmosferskega dušika v amonij potrebuje visok tlak in visoko temperaturo. V procesu biološke fiksacije ne nastaja toplogredni plin CO₂, kot se to dogaja pri industrijskem pridobivanju mineralnega dušika. Zato v zadnjem obdobju metuljnice ponovno pridobivajo na pomenu pri skrbi za bolj trajnostno kmetovanje in zmanjšan toplogredni učinek.

Ugotovljeno je, da kolobar, ki temelji na dobavi dušika s pomočjo metuljnic, odlično izkoristi pridobljeni dušik ter da so zato izgube reaktivnega dušika zelo majhne (Anglade in sod., 2015). Dušik deloma porabi rastlina gostiteljica, skupaj z razgrajenimi ostanki korenin v tleh pa je za prehrano naslednji poljščini. Nekateri viri poročajo, da zrnate stročnice pustijo v tleh 30 ali 40 kg N/ha, medtem ko drugi prispevka N od stročnic v kolobarju ne upoštevajo (Magdoff in Van Es, 2009; preglednica 2). Pomembno je, da po spravilu strokov in zrnja, še

posebej v vrtu, ne populimo rastlin s koreninami, ampak pustimo korenine v tleh, da bo dušik v gomoljčkih na razpolago drugim poljščinam v kolobarju. Doprinos dušika s simbiotsko fiksacijo je odvisen od uspešne vzpostavitve simbioze stročnice z bakterijami, kar je pogojeno z dobrimi razmerami za rast (kakovostna, rahla, zračna in odcedna tla z nevtralno do rahlo kislo reakcijo in dobro zasičenostjo z bazičnimi kationi Ca, Mg, K; ključen je tudi mikroelement Mo). Simbiotsko fiksacijo zavre tudi gnojenje z dušikom, predvsem mineralnim, kot tudi veliki odmerki gnojevke ali gnojnice, ki imata velik delež N v mineralni obliki. Glavne simbiotske bakterije, na primer *Rhizobium*, so občutljive na kislost tal. Za uspešno nodulacijo in posledično fiksacijo dušika mora biti pH tal nad 5,5 (Mengel in Kirkby, 2001).

V praksi je bilo vedno zelo težko oziroma nemogoče ugotoviti prispevek dušika z metuljnicami, še posebej pri poljščinah v kolobarju. Obetavna je novica, da v pridelovalnem sistemu večletnega kolobarja, kjer je pomemben delež metuljnic obstaja tesna zveza med skupno akumulacijo N v poganjkih metuljnic ter biološko fiksacijo dušika. Metoda bi v prihodnje lahko pomembno izboljšala svetovanje glede gnojenja z dušikom v kolobarju z metuljnicami (Anglade in sod., 2015).

Preglednica 2: Doprinos nekaterih stročnic in krmnih metuljnic s simbiotsko fiksacijo dušika za naslednje poljščine v kolobarju (kg/ha) (prirejeno po Magdoff in Van Es, 2009)

Stročnice in primerjalno krmne metuljnice kot predhodna poljščina	Doprinos dušika za naslednje poljščine v kolobarju (kg N/ha)
Soja, fižol, grah, leča	0 to 40
TDM po treh letih (20 do 60 % lucerne)	70
DTM po treh letih (>60 % lucerne ali črne detelje)	120
Lucerna po treh letih	150 - 300
Grašica, odlična rast	110

Večje pridelke poljščin po stročnicah so opazili tudi naši predniki, zato so stročnice vključevali v kolobar, vendar šele na štiri do šest let, ker je pri hitrejšemu vračanju na isto njivo večji pojav bolezni in škodljivcev na stročnicah.

Zrnate stročnice so pomembne, ker v času rasti zmanjšujejo erozijo, ohranjajo vlago in toploto tal. Podorane ali zakopane so za zeleno gnojenje, s čimer se zmanjša strošek za kupljena gnojila. Pomembno bogatijo tla z organsko snovjo, tako da je humusna bilanca po žetvi zrnatih stročnic krepko pozitivna, od 160 do 240 kg humusnega-C/ha (Mihelič in sod., 2010). Zato jih imenujemo po kmečko »ugodilke« tal. Čeprav iz tal metuljnice odvzamejo veliko hranil v primerjavi z drugimi poljščinami, še posebej veliko kalcija, magnezija, kalija in tudi žvepla ter mikroelementov, ter med rastjo lahko pomembno zakisajo tla v okolici korenin, se po žetvi, ko stebila in liste zadelamo v tla, večina bazičnih snovi vrne v tla. S stročnicami tal zato ne zakisamo (v nasprotju s krmnimi metuljnicami, kjer odpeljemo celotno nadzemno biomaso) (Mengel in Kirkby, 2001).

Z zrnatimi stročnicami lahko poskrbimo za sprotno gnojenje tudi v mešanih posevkih (angl. mixture) in združenih setvah (angl. intercropping) - izmenično menjavanje vrstic žit s stročnicami, podsevkih (setev v obstoječ posevek) in sosevkih, kjer je lahko koruza opora fižolu (Kocjan Ačko in Rabzelj, 2013; Kocjan Ačko, 2015a). Pozorni moramo biti na kombinacije z drugimi botaničnimi vrstami, če so te dovzetne za iste povzročitelje bolezni in škodljivce, kot jih imajo stročnice. Pomemben vpliv na manjši prenos okužb ima ustrezen življenjski prostor za rast in razvoj, ki ga določamo z gostoto setve.

4 SKLEPI

Iz napovedanega povečevanja svetovnega prebivalstva je razvidno, da so neizogibne večje potrebe po beljakovinah, zato lahko pričakujemo, da bo njiv posejanih z zrnatimi stročnicami v prihodnje še veliko več.

Zrnate stročnice niso le vir prehranskih in krmnih beljakovin, ampak so pomembne tudi za rodovitnost tal in kroženje snovi, saj se v času rasti in razvoja stročnice in po spravilu pridelka obogatijo tla z dušikom ter imajo pozitivno humusno bilanco, kar ugodno vpliva na vrtni in njivski kolobar. Pomembna je ugotovitev, da z metuljnicami v kolobarju pomembno izboljšamo izkoristek dušika in zmanjšamo njegove izgube in izpuste toplogrednih plinov.

Struktura slovenske pridelave poljščin bi se morala spremeniti in prilagoditi ozaveščenemu kmetovalcu, ki ve, da je poslanstvo stročnic rodovitnost tal in ozaveščenemu potrošniku, ki skrbi za zdravje in dobro počutje in povprašuje po lokalno pridelani hrani.

V novejšem času ni pomembna le količina pridelane hrane, ampak tudi njena kakovost in pestrost. Povpraševanje po lokalni, nadstandardni in ekološki hrani je edina priložnost samooskrbnega kmetijstva.

Pridelava zrnatih stročnic je v slovenskem kmetijstvu še neizkoriščen potencial, enako njihova predelava. Tudi tržne priložnosti s ponudbo domačih zrnatih stročnic so neizkoriščene.

Ob vseh prednostih pridelave in uporabe soje, fižola, graha in drugih zrnatih stročnic pričakujemo, da se bo obstoječa shema podpor neposrednih plačil za zrnate stročnice (ukrep Podpora za beljakovinske rastline) nadaljevala.

Znanje o zrnatih stročnicah, pridobljeno z različnimi oblikami izobraževanja, lahko oplemenitimo le z njegovim prenosom v prakso.

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*, March 2015, Volume 6(3), Article 37.
- Black, M., Bewley D., Halmer P. 2006. *The Encyclopedia of Seeds. Science, Technology and Uses*. Wallingford, CABI Head Office: 828 str.
- Briggs S. 2008. *Organic Cereal and Pulse production*. The crowood press, Marlborough: 432 str.
- Černe, M. 1997. Stročnice. *ČZD Kmečki glas*, Ljubljana: 141 str.
- Černe, M. 2001. Pridelovanje visokega in turškega fižola. V prilogi: Fižol in grah. *Sodobno kmetijstvo, ČZD Kmečki glas*, Ljubljana: 388-390.
- Čergan, Z., Šantavec, I. 2002. Beljakovinska krma in olja z naših njiv. *Kmečki glas*, ISSN 0350-4093, 16. jan. 2002, letn. 59, št. 3, str. 8.
- Džuban, G. 1987. Izbor in možnost pridelovanja nekaterih zrnatih stročnic kot vira beljakovin za prehrano živali v Prekmurju : diplomska naloga, (Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana, Diplomске naloge, 1122). Ljubljana: [G. Džuban], 1987. 46 f., tabele.
- Elzebroek, A.T.G. in Win, K. 2008. *Guide to cultivated plants*. Wallingford, CABI: 540 str.
- Faostat. 2016. *Food and Agriculture Organization of The United Nations Statistics Division* <http://faostat.fao.org/home/E> (okt. 2016)
- Flight, I., Clifton, P. 2006. Cereal grains and legumes in the prevention of coronary heart disease and stroke: a review of the literature. *European Journal of Clinical nutrition*, 60: 1145 – 1159.
- Gagro, M. 1997. *Ratarstvo obiteljskoga gospodarstva. Žitarice i zrnate mahunarke*. Miljković I. (ur.). Zagreb, Hrvatsko agronomsko društvo: 320 str.
- Gladstones, J.S., Atkins, C.A., Hamblin, J. 2007. *Lupins as Crop Plants. Biology, Production and Utilization*. Wallingford, CAB Internacional: 465 str.

- Hahn, V., Miedaner, T. 2013. Sojaanbau in der EU: Lohnender Anbau ohne GVO. DLG-Verlag, Frankfurt am Main: 120 str.
- Heric, D. 2016. Naša super hrana. Začetek kampanje. »Izbrana kakovost-Slovenija«. Kmečki glas, št. 52, str. 2.
- Hedley, C.L. 2001. Carbohydrates in Grain Legume Seeds. Improving Nutritional Quality and Agronomic Characteristics. Wallingford, CABI Publishing: 322 str.
- Hennig, E. 1997. The secrets of fertile soils. OLV Organischer Landbau Verlag Kurt Walter Lau. Xanten: 202 str.
- Hoeft, R. G., Nafziger, E. D., Johnson, R. R., Aldrich, S. R. 2000. Modern corn and soybean production. MCSP Publications, Champaign, Illinois: 353 str.
- Hungria, M., Vargas, M.A.T. 2000. Environmental factor affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. Fild Crops Research, 65: 151-164.
- International Year of Pulses (IYP) (A/RES/68/231). The Food and Agriculture Organization of ... 2016. www.fao.org/pulses-2016/en/ (9. jan. 2017)
- Iqbal, A., Khalil, I.A., Ateeq, N., Khan, M.S. 2006. Nutritional quality of important food legumes. Food Chemistry, 97: 331-335.
- Jakše, B. 2016. Kronično bolni so biznis. Maribor, SITIS: 142 str.
- Jevtić, S., Šuput, M., Gotlin, J., Pucarić, A., Miletić, N., Klimov, S., Dordevski, J., Spanring, J., Vasilevski, G. 1989. Posebno ratarstvo I. deo. Beograd, Naučna knjiga: 425 str.
- Keller, E. R., Hanus, H., Heyland, K.U. 1999. Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Handbuch des Pflanzenbaues 3. Stuttgart, E. Ulmer: 852 str.
- Kodele, M., Uršič, M., Markovič, O. 1986. Prezrte stročnice. Ljubljana, Centralnega zavoda za napredek gospodinjstva: 92 str.
- Kocjan Ačko, D., Tolar, Š., Šantavec, I. 2005. Stročnice v kolobarju slovenskih ekoloških kmetij. Acta agriculturae Slovenica, 85(1): 125-134.
- Kocjan Ačko, D., Trdan, S. 2009. Influence of row spacing on the yield of ten cultivars of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) = Vpliv medvrstnega razmika na pridelek desetih kultivarjev soje (*Glycine max* (L.) Merrill). Acta agriculturae Slovenica, 93, 1: 43-50. <http://dx.doi.org/10.2478/v10014-009-0006-0>.
- Kocjan Ačko, D. 2010. Hop fields in crop rotation. Acta agric. Slov., 2010; 99(1): 347-353
- Kocjan Ačko, D., Šantavec, I. 2010. Crop rotation on arable and livestock farms in Slovenia. Acta agric. Slov., 2010, letn. 95, št. 3, str. 245-251
- Kocjan Ačko, D., J. Rabzelj 2013. Permakultura v slovenski rastlinski pridelavi in uporabnost tujih zgledov v poljedelstvu. V: Novi izzivi v agronomiji. Zbornik simpozija. 24. in 25. januar, Zreče. Čeh B., Dolničar P., Mihelič R. (ur.). Slovensko agronomsko društvo, Ljubljana: 140-147.
- Kocjan Ačko, D. 2015a. Posebnosti pridelave visokega navadnega fižola (*Phaseolus vulgaris* L.) na hmeljiščih v premeni. V: Novi izzivi v agronomiji. Zbornik simpozija. 29. in 30. januar, Laško. Čeh B., Dolničar P., Mihelič R., Šantavec I. (ur.). Slovensko agronomsko društvo, Ljubljana: 63-68
- Kocjan Ačko, D. 2015b. Poljščine, pridelava in uporaba. Ljubljana, Založba Kmečki glas: 187.
- Kocjan Ačko, D., Ačko, A. 2016. Zrnate stročnice, pridelava in uporaba. Ljubljana, Založba Kmečki glas: 190 str.
- Magdoff, F., Van Es, H. 2009. Building soils for better crops by sustainable soil management. 3rd Edition. 294 s.
- Marthin, J. H., Stamp, D. L., Waldren, R. P. 2006. Principles of field crop productions. Pearson New Jersey, Prentice Hall, Columbus, Ohio: 954.
- Mengel, K. Kirkby, E. A. 2001. Principles of plant nutrition. 5th edition. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 849 pp. ISBN: 978-1-4020-0008-9.
- 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, 2010. 182 str., ilustr.
- Osvald, J., Kogoj-Osvald, M. 2005. Vrtnarstvo. Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani: 591 str.
- Rijavec, T., Bukovšek, V. 2004. Nova vlakna za 21. stoletje. Tekstilec let. 47, št. 1-2: 13-15.

- Roemer, P. 2007. Lupinen – Verwertung und Anbau. Gesellschaft zur Förderung der Lupine. Rastatt: 37 str. www.lupinenverein.de
- Sadar, V. 1948. Stročnice. Ljubljana, Založba Kmečki glas: 120 str.
- Sadar, V. 1961. Poljski kolobar in kolobarjenje. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za agronomijo, gozdarstvo in veterinarstvo, 104 s.
- Sharma, S., Aneja, M.K., Mayer, J., Munch, J.C., Schlöter, M. 2005. Characterization of Bacterial Community Structure in Rhizosphere Soil of Grain Legumes. *Microbial Ecology*, 49, 3: 407 – 415.
- Sheaffer, C. C., Moncada, K. M. 2012. Introduction to agronomy: food, crops, and environment. Delmar Cengage Learning, Clifton Park: 704 str.
- Singh, G. 2010. The Soybean: Botany, Production and Uses. Cabi, Wallingford, Cambridge: 494 str.
- Spanring, J. 1959. Pregled poljščin in predlog nekaterih kolobarjev za Slovenijo. Kmetijski inštitut Slovenije: 24 str.
- Statistični urad Republike Slovenije. Pridelava poljščin (ha, t, t/ha). (nov. 2016) http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Okolje/15_kmetijstvo_ribistvo/04_rastlinska_pridelava/01_15024_pridelki_povrsina/01_15024_pridelki_povrsina.asp
- Šantavec, I., Kocjan Ačko, D. 2015. Vpliv gostote setve na pridelek zrnja bele lupine. V: Novi izzivi v agronomiji. Zbornik simpozija. 29. in 30. januar, Laško. Čeh B., Dolničar P., Mihelič R., Šantavec I. (ur.). Slovensko agronomsko društvo, Ljubljana: 69-75
- Šuštar Vozlič, J., Maras, M., Munda, A., Zadražnik, T., Meglič, V. 2012. Raznolikost fižola v zbirki Kmetijskega inštituta Slovenije = Variability of common bean accessions in the gene bank of Agricultural institute of Slovenia. *Acta agric. Slov.* [Tiskana izd.], 2012, letn. 99, št. 3, str. 399-411, ilustr. <http://aas.bf.uni-lj.si/december2012/15Sustar-Vozlic.pdf>.
- Tajnšek, A., Šantavec, I. 1998. Možnosti za sonaravni poljski kolobar v Sloveniji v primerjavi z državami EU. V: Rečnik, Metka (ur.), Verbič, Jože (ur.). Kmetijstvo in okolje : zbornik posveta = Agriculture and environment : proceedings of the conference, Bled, 12. - 13. 3. 1998. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije, 1998, str. 223-230.
- Tajnšek, A. 2002. Gospodarnost konzervacijske obdelave poljščin v primerjavi s konvencionalno obdelavo na poskusnem polju Jable pri Ljubljani. V: Novi izzivi v poljedelstvu. Zbornik simpozija. 5. in 6. december, Zreče. Tajnšek, A. (ur.), Šantavec, I. (ur.). Slovensko agronomsko društvo, Ljubljana: 15-22
- Tajnšek, A. 2013. Potreba po varni samopreskrbi s hrano v Sloveniji ob izpolnjevanju načel trajnostne pridelave. Novi izzivi v agronomiji. Zbornik simpozija. 24. in 25. januar, Zreče. Čeh B., Dolničar P., Mihelič R. (ur.). Slovensko agronomsko društvo, Ljubljana: 15-22
- Venn, B.J., Mann, J.I. 2004. Cereal grains, legumes and diabetes. *European Journal of Clinical nutrition*, 58: 1443 – 1461.
- Vodnik, D. 2012. Osnove fiziologije rastlin. Ljubljana, Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta: 141 str.
- Zadel, P. in sod. 2016. Stopnja samooskrbe za živalske proizvode precej višja kot za rastlinske. V: Slovensko kmetijstvo od začetka samostojne Slovenije do danes. Kmečki glas, Ljubljana: 24-26.
- Zaplotnik, J. 1952. Naš fižol. Ljubljana, Kmečka knjiga: 99 str.
- World Food Day - Food and Agriculture Organization of the United. 2017. www.fao.org/world-food-day/2016/theme/en/ (9. januar 2017)
- World population - Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/World_population (9. januar 2017)
- World Population Clock: 7.5 Billion People. 2017. www.worldometers.info/world-population/ (9. januar 2017)

Vpliv medvrstne razdalje pri strnjeni setvi soje na pridelek in lastnosti rastlin

Igor ŠANTAVEC³, Darja KOCJAN AČKO⁴, Franc BAVEC⁵

Izvelek

Na Biotehniški fakulteti v Ljubljani smo v letih 2015 in 2016 na eksperimentalnem polju (srednje globoka, meljasto-glinasta, hidromeliorirana tla) izvedli poskuse s sojo sorte ES Mentor. Preučili smo vpliv treh medvrstnih razdalj (12,5, 25 in 37,5 cm) pri isti gostoti strnjene setve (60 kalivih semen/m²) na pridelek, absolutno maso zrnja (AM), višino rastlin, višino do 1. stroka ter število členkov, stranskih vej, strokov in zrn na rastlino. Povprečni pridelek zrnja dveh let je bil 4,5 t/ha. Različne medvrstne razdalje pri strnjeni setvi soje v povprečju obeh let niso imele značilnega vpliva na pridelek zrnja soje, kakor tudi ne na druge preučevane dejavnike. Leto 2015 je bilo ugodnejše za pridelavo soje, saj so bili pridelek zrnja in vsi ostali preučevani dejavniki večji kot v letu 2016. Izjema je bila le AM, ki je bila večja v letu 2016. Število strokov (0,70) in zrn na rastlino (0,66) ter višina rastlin (0,43) imajo močno pozitivno korelacijo s pridelkom zrnja. Korelacija med pridelkom zrnja in AM je bila negativna (-0,56). Glede na rezultate poskusa lahko za konvencionalno pridelavo priporočamo strnjeno setev z enako medvrstno razdaljo kot pri setvi strnih žit.

Gljučne besede: soja, *Glycine max*, poljski poskus, medvrstna razdalja, pridelek zrnja, absolutna masa

Influence of row spacing by drilled soybean on grain yield and plant properties

Abstract

During 2015 and 2016 a field trial with ES Mentor soybean has been conducted on a laboratory field of Biotechnical Faculty in Ljubljana on medium deep silty-clay soil with installed drainage system. The influence of three row spacing widths (12.5, 25 and 37.5 cm) with the same sowing density (60 germinating seeds/m²) on grain yield, thousand grain weight (TGW), plant height, height to the first pod and the number of stem nodes, shoots, pods and grains per plant has been evaluated. Average grain yield of two years has been 4.5 t/ha. Different row spacing in soybean in two year field trial did not have influence either on the soybean grain yield or on other studied parameters. Year 2015 has been more favourable for soybean production, as grain yield and other parameters have been higher in the first year of the experiment. The exception is TGW, which was higher in 2016. Number of pods (0.70), grains per plant (0.66) and plant height (0.43) strongly correlated with grain yield. Correlation between grain yield and TGW was negative (-0.56). Based on the results, the same row spacing can be recommended for conventional farming for the drilling of cereals.

Key words: soybean, *Glycine max*, field trials, row spacing, grain yield, thousand grain weight

1 UVOD

Pridelava soje se je v Sloveniji v zadnjem desetletju povečala z dobrih 100 ha v letu 2010 na 1705 ha v letu 2015 (SURS, 2016a), v letu 2016 pa še za nadaljnjih 48 %. Po začasnih podatkih Statističnega urada naj bi sojo v letu 2016 pridelovali na okoli 2500 ha (SURS, 2016b).

Soja je za večino pridelovalcev in strokovnjakov v Sloveniji nova poljščina, pri kateri nimamo jasnih odgovorov na osnovna vprašanja, povezana s tehnologijo pridelave. Osnovni napotki o pridelavi soje k nam prihajajo skupaj s sortami z drugih območij Evrope, kjer pa so za sojo

³ Dr., asistent, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: igor.santavec@bf.uni-lj.si

⁴ Doc. dr., prav tam, e-pošta: darja.kocjan@bf.uni-lj.si

⁵ Prof. dr., Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče, e-pošta: franci.bavec@um.si

drugačne okoljske razmere. Pri tem ne smemo pozabiti, da se tehnike pridelovanja soje močno razlikujejo tudi med sortami glede na zrelostno skupino. Eden od ključnih dejavnikov pri pridelavi soje je zasnova posevka, kar poudarjajo napotki za pridelavo soje iz različnih evropskih držav (Blumenschein, 2016; Đorđević in sod., 2015; Landwirtschaftskammer Oberösterreich ..., 2014; Terres Inovia, 2016). Pri tem je izbira načina setve in s tem povezanih medvrstnih razdalj skupaj z gostoto in globino setve skoraj najpomembnejša. Ob izbiri posameznih parametrov setve soje želimo doseči naslednje tri cilje: uniformni sestoj rastlin, maksimalno prestrežanje sončne svetlobe in uravnavanje vodnega režima med rastno dobo posevka (Hofet in sod., 2000).

Po severnoameriški literaturi (Martin in sod., 2006) naj bi nedeterminatne sorte soje sejali presledno na gostoto 250.000 semen/ha pri medvrstni razdalji večji od 30 inčev (75 cm), determinatne sorte pa z več kot 500.000 semen/ha strnjeno pri medvrstni razdalji manjši od 10 inčev (25 cm). Prednosti setve s sejalicami za strnjeno setev naj bi bile po navodilih za pridelavo soje v Severni Dakoti (Kandel, 2014), kjer je podobna dolžina raste dobe soje kot v Sloveniji, večji pridelek, manjša erozija tal, hitrejše »zapiranje« medvrstnih prostorov (sestoja) in s tem manjša zapleveljenost posevka, manjše izgube ob žetvi in boljši izkoristek sejalic za strnjeno setev. Kot negativno plat strnjene setve navajajo raziskovalci povečano dovzetnost posevka za bolezni in slabši vznik ob pojavu skorje po setvi pred vznikom posevka. V Avstriji priporočajo setev soje na medvrstno razdaljo med 12,5 in 50 cm (Landwirtschaftskammer Oberösterreich ..., 2014), vendar ob tem Blumenschein (2016) posebej poudarja, da je bolj kot izbira načina setve pomembnejša njena kakovost. Pri tem oba zgoraj navedena vira priporočata, da naj pri setvi ne presežemo hitrosti 6 km/h. Na enakomernost odlaganja semena soje opozarja tudi Katz (2009), ki navaja, da je to eden izmed glavnih vzrokov za slabo izkoriščanje genetskega potenciala sort soje za velikost pridelka zrnja. Francoska priporočila (Terres Inovia, 2016) dajejo prednost presledni setvi soje, medvrstna razdalja naj bi bila pri sortah zrelostne skupine 00 18 do 50 cm, ob tem prav tako opozarjajo na primerno hitrost setve.

Ker v slovenskem prostoru nimamo lastnih raziskav na področju setve soje s trenutno razširjenimi sortami (Kocjan Ačko in Trdan, 2009), smo se odločili, da preizkusimo odziv v praksi razširjene sorte ES Mentor v strnjeni setvi pri treh medvrstnih razdaljah - 12,5 cm, 25 cm in 37,5 cm pri enaki gostoti setve. Na preučevanje soje pri strnjeni setvi nas je vodila tudi splošna opremljenost slovenskih kmetij s sejalicami za presledno setev, ki so prvenstveno namenjene setvi koruze in bi njihova prilagoditev na setev soje zahtevala dodatna investicijska vlaganja. Po drugi strani s tem povečamo izkoriščenost sejalic za strnjeno setev.

2 MATERIAL IN METODE DELA

V letih 2015 in 2016 smo na eksperimentalnem polju Biotehniške fakultete (BF) v Ljubljani izvedli poljske poskuse s francosko sorto soje ES Mentor, ki je bila v Skupni katalog sort EU (Plant variety ..., 2016) vpisana leta 2009. Registrirana je tudi v Avstriji, na Madžarskem, v Romuniji in na Slovaškem. Sorta ES Mentor je uvrščena v zrelostno skupino 00. Po navedbah žlahtnitelja gre za trenutno najbolj razširjeno sorto soje v Evropi (Euralis, 2016a). Rastline so »semideterminatne«, seme je rumeno z enakim popkom. Žlahtnitelj priporoča setev 550.000 do 690.000 semen/ha pri medvrstni razdalji 18 do 30 cm. V Franciji je v letu 2015 v uradnem preizkušanju sorta imela absolutno maso semena 192,8 g, rastline v posevku so bile visoke 70 cm, s prvim strokom na višini 11,9 cm (Euralis, 2016b).

V poskusu smo preizkušali tri različne medvrstne razdalje - 12,5 cm, 25 cm in 37,5 cm pri strnjeni setvi soje v šestnajstih ponovitvah. Tla na eksperimentalnem polju BF so srednje

globoka, meljasto-glinasta (MG), psevdoglejna in meliorirana. Na teh tleh ob močnejšem deževju zastaja voda. Na globini od 0 do 30 cm je približno 4,5 % organske snovi, preskrbljenost s fosforjem in kalijem pa je ustrezna (analizirano po AL metodi) in uvrščena v C razred. Njivo za postavitev poskusa smo v obeh letih jeseni preorali in jo pred setvijo poskusa dopolnilno obdelali z vrtavkasto brano do globine 5 cm. Poskus smo v obeh letih posejali 19. maja s parcelno sejalnico za strnjeno setev proizvajalca Wintersteiger. Gostota setve je bila pri vseh medvrstnih razdaljah 60 kalivih semen/m². Dolžina osnovne parcelice je bila 5,55 m, širina pa 1,5 m pri medvrstni razdalji 12,5 cm in 37,5 cm ter in 1,75 m pri medvrstni razdalji 25 cm. Posejano sojo smo takoj po setvi povaljali s kembrič valjarjem. Pleveli smo kemično zatirali s herbicidoma Basagran (a.s. bentazon) in Fusilade (a. s. fluazifop-p-butyl) v obeh letih sredi druge dekade junija. Poskusa sta bila do spravila brez plevelov, ki predstavljajo v pridelavi soje največji problem. Čeprav smo uporabili herbicide smo proti koncu rastne dobe pleveli morali mehansko odstranjevati. Kljub gostemu sestoju soje je začel ob dozorevanju spodraščati plevel, saj je soja začela izgubljati liste, kar je omogočilo več svetlobe naknadno vzniklim plevelnim rastlinam.

Poskus smo pospravili s parcelnim kombajnom, in sicer v letu 2015 30. septembra, v letu 2016 pa 6. oktobra. Pred tem smo v obeh letih z vsake parcelice odvzeli vzorec 20 rastlin, na katerih smo izmerili: višino rastlin, višino do prvega stroka, število členkov, število stranskih vej, število strokov in število zrn. Zrnje smo posušili, nato določili vlažnost in pridelek preračunali na 9-odstotno vlažnost. Določili smo še absolutno maso po standardni metodi ISTA.

Rezultate poskusa smo obdelali s programom Microsoft Excel. Statistično analizo smo opravili z analizo variance za dvofaktorski poskus s slučajnimi skupinami s programom R. Razlike med obravnavanji smo preverili z Duncanovim testom ($p \leq 0,05$). Povezave med posameznimi preučevanimi dejavniki smo preverili s korelacijsko analizo. Izračunali smo Pearsonove korelacijske koeficiente in uravnane p vrednosti po Holm'sovi metodi.

Preglednica 1: Odstopanja povprečnih mesečnih temperatur in mesečnih vsot padavin v letih 2015 in 2016 v primerjavi z dolgoletnim povprečjem 1981-2010 v Ljubljani (ARSO, 2016)

Leto/ obdobje	Mesečna temperatura (°C)					Mesečna vsota padavin (mm)				
	maj	jun.	jul.	avg.	sep.	maj	jun.	jul.	avg.	sep.
2015	1,1	1,6	3,1	1,8	0,7	6	6	3	-41	5
2016	- 0,5	0,9	2,0	0,1	2,5	48	31	-29	-47	-100
1981-2010	15,8	19,0	21,2	20,5	15,8	109	144	115	137	147

Leto 2015 je bilo v rastni dobi soje (od maja do septembra) za 1,6 °C toplejše od tridesetletnega povprečja (1981-2010) (preglednica 1). Pri tem izstopa predvsem julij, ki je bil toplejši kar za 3,1 °C. V teh petih mesecih je padlo 631 mm dežja, kar je 90 % od dolgoletnega povprečja. V letu 2015 sta bila julij in avgust sušna. Tudi v letu 2016 je bila povprečna temperatura v rastni dobi višja od tridesetletnega povprečja, vendar le za 1 °C in padlo je 555 mm padavin (85 % od dolgoletnega povprečja). V letu 2016 je bil maj hladen in moker, prav tako je bil premoker tudi junij. Julij, avgust in september 2016 so bili suhi. Pri tem izstopa predvsem september, ki je bil za 2,5 °C toplejši od dolgoletnega povprečja z le slabo tretjino povprečne mesečne količine padavin (preglednica 1).

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

Različna medvrstna razdalja pri strnjeni setvi soje v povprečju obeh let ni imela vpliva na pridelek zrnja (preglednica 2), kakor tudi ne na vse ostale preučevane parametre (preglednici 2 in 3).

Preglednica 2: Analiza variance za pridelek zrnja, absolutno maso, število strokov in zrn na rastlino soje na poskusnem polju Biotehniške fakultete (Ljubljana 2015-2016)

Vir variabilnosti	Pridelek zrnja	Absolutna masa	Število strokov	Število zrn
Leto (L)	***	***	***	***
Medvrstna razdalja (MR)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Interakcija: L×MR	*	n.s.	n.s.	n.s.

Legenda: *** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; n.s. ni statistično značilnih razlik $p > 0,05$

Preglednica 3: Analiza variance za višino rastlin, višino do 1. stroka, število stranskih vej in število členkov na rastlino soje na poskusnem polju Biotehniške fakultete (Ljubljana 2015-2016)

Vir variabilnosti	Višina rastlin	Višina do 1. stroka	Stranske veje	Število členkov
Leto (L)	**	***	**	n.s.
Medvrstna razdalja (MR)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Interakcija: L×MR	**	n.s.	n.s.	*

Legenda: *** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; n.s. ni statistično značilnih razlik $p > 0,05$

Tako kot na pridelek zrnja kot na vse ostale preučevane parametre je močno vplivala rastna sezona. Izjema je le število členkov na rastlino, na katero rastni sezoni nista značilno vplivali.

Preglednica 4: Vpliv rastne sezone na pridelek zrnja, absolutno maso, število strokov in zrn na rastlino soje (povprečja s pripadajočimi standardnimi napakami) na poskusnem polju Biotehniške fakultete (Ljubljana 2015-2016). Različne črke v posamezni vrstici označujejo statistično značilno razliko med obravnavanjema (Duncan, $p \leq 0,05$).

Leto	2015	2016
Pridelek zrnja [kg/ha]	5591±54 a	3354±79 b
Absolutna masa [g]	203±0,9 b	213±1,6 a
Število strokov na rastlino	19,6±0,52 a	13,2±0,46 b
Število zrn na rastlino	41±1,2 a	29±1,0 b

Preglednica 5: Vpliv rastne sezone na višino rastlin, višino do 1. stroka, na število stranskih vej (povprečja s pripadajočimi standardnimi napakami) na poskusnem polju Biotehniške fakultete (Ljubljana 2015-2016). Različne črke v posamezni vrstici označujejo statistično značilno razliko med obravnavanjema (Duncan, $p \leq 0,05$).

Leto	2015	2016
Višina rastlin [cm]	60,8±0,75 a	56,5±1,16 b
Višina do 1. stroka [cm]	11,8±0,30 b	16,3±0,37 a
Število stranskih vej na rastlino	0,6±0,07 a	0,3±0,06 b

V letu 2015 smo v povprečju pridelali 5,6 t suhega zrnja soje na hektar, v letu 2016 pa je bil pridelek zrnja manjši za 60 %. Povprečen pridelek dosežen v letu 2016 (3,4 t/ha) je primerljiv

s povprečnimi pridelki, ki jih sorta dosega v Avstriji (AGES, 2016) in Franciji (Euralis, 2016b). Vzroke za nižje povprečne pridelke v letu 2016 lahko iščemo predvsem v neugodnih vremenskih razmerah. Zelo mokri zimski meseci, hladen ter moker maj in junij s prekomerno količino padavin so ovirali vegetativno rast soje, kar se je odražalo predvsem na višini rastlin, saj so bile rastline v letu 2016 nižje kot v letu 2015 (preglednica 5).

Preglednica 6: Vpliv medvrstne razdalje in rastne sezone na pridelek zrnja soje [kg/ha] (povprečja s pripadajočimi standardnimi napakami) na poskusnem polju Biotehniške fakultete (Ljubljana 2015-2016). Različne črke v posamezni v preglednici označujejo statistično značilno razliko med obravnavanjema (Duncan, $p \leq 0,05$).

Medvrstna razdalja	2015		2016	
12,5 cm	5772±116	a	3536±163	bc
25,0 cm	5531±43	a	3339±117	c
37,5 cm	5471±91	a	3785±107	b

Preglednica 7: Vpliv medvrstne razdalje in rastne sezone na višino rastlin soje [cm] (povprečja s pripadajočimi standardnimi napakami) na poskusnem polju Biotehniške fakultete (Ljubljana 2015-2016). Različne črke v posamezni v preglednici označujejo statistično značilno razliko med obravnavanjema (Duncan, $p \leq 0,05$).

Medvrstna razdalja	2015		2016	
12,5 cm	58,9±1,1	ab	60,5±2,0	a
25,0 cm	62,8±1,1	a	53,4±2,0	c
37,5 cm	60,7±1,5	a	55,6±1,8	bc

V drugem letu poskusa so bile v obdobju generativnega razvoja soje vremenske razmere bolj sušne v primerjavi z letom 2015, kar se je pokazalo tudi z manjšim povprečnim številom strokov in zrn na rastlino (preglednica 4). Toplejši in suh september 2016 je ugodno vplival na absolutno maso zrnja soje, zaradi katere pa posevki niso nadoknadili manjšega števila strokov in zrn na rastlino. Ker je soja v letu 2016 zaradi hladnega in mokrega junija zamujala v generativnem razvoju, so bili višje nastavljeni tudi prvi stroki na rastlinah (preglednica 5). Pearsonovi korelacijski koeficienti nam kažejo, da so imeli pozitivni vpliv na pridelek zrnja v teh dveh letih število strokov (0,70; $p < 0,0001$) in število zrn na rastlino (0,66; $p < 0,0001$) ter višina rastlin (0,43; $p = 0,0002$). Negativen korelacijski koeficient med absolutno maso in pridelkom zrnja (-0,56, $p < 0,0001$) nakazuje, da pri tej sorti ne moremo računati na kompenzacijo velikosti pridelka z absolutno maso v letih, ko pride do zmanjšane nastanka strokov in zrn zaradi neugodnih vremenskih razmer. Tudi Leithold in sod. (2003) so dokazali statistično značilno pozitivno korelacijo med pridelkom zrnja in višino rastlin, ter pridelkom zrnja in številom strokov na rastlino. Hkrati pa niso našli korelacijske povezave med absolutno maso in pridelkom zrnja. Iz dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da je sorta močno determinatna, saj skoraj ne oblikuje stranskih vej. V letu 2015 smo ugotovili povprečno le 0,6 stranskih vej na rastlino (preglednica 5).

Vpliv medvrstne razdalje (MR) na velikost pridelka soje v posameznih letih izvajanja poskusa je bil različen (preglednica 6). V letu 2015 se je povprečen pridelek zrnja soje zmanjševal s povečevanjem MR, vendar razlike v velikosti pridelka (5 %) med MR 12,5 cm in 37,5 cm niso bile statistično značilne. V letu 2016 je bil največji pridelek pri največji medvrstni razdalji, vendar je bil statistično enak pridelek zrnja tudi pri MR 12,5 cm. Pri medvrstni razdalji 25 cm smo pridelali najmanj zrnja, vendar je to statistično značilno manj le kot pri razdalji 37,5 cm. Aigner in Salzeder (2015) sta na Bavarskem s sorto ES Mentor v triletnem povprečju dosegla skoraj enake pridelke pri strnjeni setvi z MR 17 cm in presledni setvi (MR=50 cm), razlika pri enaki gostoti setve je bila le 100 kg zrnja/ha. Tudi v Spodnji Avstriji med strnjeno setvijo (žitna sejalnica) in presledno setvijo (50 cm) pri sorti ES Mentor ni bilo razlike v pridelku (LAKO, 2012). V letu 2016 je v poskusu na avstrijskem Štajerskem sorta ES Mentor imela enak pridelek pri MR 12 cm in MR 70 cm (Versuchreferat ..., 2016). Tudi

Mairunteregg-ova (2012) v poskusih z drugimi sortami soje ni dokazala vpliva medvrstne razdalje na pridelek zrnja. Večji pridelki pri medvrstni razdalji 37,5 cm so lahko vzrok suhe rastne razmere v drugi polovici rastne dobe soje, saj naj bi po navedbah Hofeta in sod. (2000) pri večjih medvrstnih razdaljah setve izgubili manj vlage s transpiracijo kot pri manjših MR. To lahko povežemo s hitrejšim sušenjem tal pri širši MR po vzniku soje v letu 2016, ko so bila tla zelo mokra in hladna zaradi preobilice padavin v februarju in ostalih spomladanskih mesecih, kar je ugodno vplivalo rast soje. To nam potrjujejo tudi podatki o višini rastlin v odvisnosti od MR v letu 2016 (preglednica 7), ki so kazalec vegetativne rasti. Soja je bila najvišja pri MR 12,5 cm, kar je zaradi manjše razpoložljivosti vode v tleh od julija do septembra vzrok za izenačen pridelek pri MR 12,5 in 37,5 cm. Tudi Kolarić in sod. (2014) so v aridnih razmerah Srbije dokazali pozitiven vpliv zmanjševanja MR na pridelek soje s 70 na 20 cm.

4 SKLEPI

Na podlagi rezultatov dvoletnih poskusov s sojo sorte ES Mentor ugotavljamo, da je pridelava soje v osrednji Sloveniji na težjih tleh z urejenim vodnim režimom lahko konkurenčna oziroma primerljiva s pridelavo soje v drugih pridelovalnih območjih v srednji Evropi.

Glede na razpoložljivost sejalic in rezultate poskusa lahko pri konvencionalni pridelavi za ES Mentor in njej po zrelosti skupini in tipu rasti podobne sorte priporočamo setev s sejalcnico za strnjeno setev žit pri zmerni hitrosti setve, s čemer ohranimo natančno globino odlaganja semena.

Za ekološko pridelavo lahko priporočamo setev na medvrstno razdaljo 37,5 cm zaradi možnosti zatiranja plevelov z okopavanjem. Mehansko zatiranje plevelov s česanjem je namreč možno in se priporoča pri kateri koli medvrstni razdalji.

Rezultati poskusa kažejo tudi na to, da pri preredki setvi ali močni sterilnosti cvetov soja zelo težko nadoknadi izpad pridelka tudi z večjo absolutno maso zrnja.

Zahvala. Predstavljeni rezultati so del CRP V4-1407 »Soja«, ki ga financirata ARRS in MKGP.

5 LITERATURA

- AGES. 2014. Österreichische Beschreibende Sortenliste 2016 Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2016. Dunaj, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH: 274 str. http://www.baes.gv.at/fileadmin/user_upload/BSL16_gesamt_internet.pdf (10. dec. 2016)
- Aigner, A., Salzeder, G. 2015. Saattechnik- und Saatstärkeversuche bei Sojabohnen. www.sojafaerderung.de/wp-content/uploads/2013/12/Aigner_Poster_Saatstärke_2012_2015.pdf (20. dec. 2016)
- ARSO. 2016. Agencija Republike Slovenije za okolje www.arso.gov.si (15. nov. 2016)
- Blumenschein, F. 2016. Das ist wichtig beim Sojabohnenanbau. Inform, 1: 17-19 http://www.saatbau.com/uploads/magazine/Inform%202016-01_SCREEN_korr.pdf (15. Nov. 2016)
- Đorđević, Vuk., Malidža, G., Vidić M., Milovac, Ž. Šeremešić S. 2015. Priručnik za gajenje soje. Novi Sad, Dunav soja regionalni centar. http://www.donausoja.org/fileadmin/user_upload/Partner_Agro_Info/Agriculture/Best_Practice_Manuals/PRIRUCNIK_ZA_GAJENJE_SOJE_final.pdf (20. dec. 2016)
- Euralis. 2016a. N°1 Non Gmo Soybean Breeder In Europe! Lescar, Euralis Semences. <http://euralis-seeds.com/wp-content/uploads/2016/12/Soybean-seeds-offer-Euralis-Semences.pdf> (25. nov. 2016)

- Euralis. 2016b. ES Mentor. Lescar, Euralis Semences.
http://www.euralis-semences.fr/mediastore/11/35574_1_FR_original.pdf (25. nov. 2016)
- Hofet, R.G., Nafzinger, E.D., Johnson, R.R., Aldrich, S.R. 2000. Modern Corn and Soybean production. Champaign, Illinois, MCSP Publications: 335 str.
- LAKO. 2012. Einfluss von Drill- und Einzelkornsaat auf den Ertrag und die Qualitätsparameter von Sojasorten der frühen (000-Sorten) und mittelspäten (00-Sorten) Reifegruppe. Tulln, Amt der NÖ Landesregierung Abteilung Landwirtschaftliche Bildung.
https://cms.lako.at/de/versuche/inc/modules/lako_versuche/pdf/pflanzenbau/weitere/soja_drill_eks_hollabr_2012.pdf (20. nov. 2016)
- Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Landwirtschaftskammer Niederösterreich. 2014. Soja Eine Kulturpflanze mit Geschichte und Zukunft. Linz, Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Landwirtschaftskammer Niederösterreich
<http://www.bwsb.at/?+Soja++eine+Kulturpflanze+mit+Geschichte+und+Zukunft+&id=2500%2C2144104%2C1789062%2C%2Cc2V0PTE%3D> (20. nov. 2016)
- Mairunteregg, N. 2012. Optimierung pflanzenbaulicher Faktoren für den Sojaanbau in Oberösterreich. Wien, Masterarbeit. Wien, Universität für Bodenkultur: 87 str.
<http://epub.boku.ac.at/obvbokhs/download/pdf/1035880?originalFilename=true> (10. Dec.2016)
- Kandel, H. 2014. Soybean Production Field Guide for North Dakota and Northwestern Minnesota - A1172. Fargo, NDSU Extension Service. <https://www.ag.ndsu.edu/publications/landing-pages/crops/soybean-production-guide-a-1172> (20. dec. 2016)
- Katz, F. 2009. Sojabohne – Kultur für Könner. Klagenfurt, Kärntner Saatbau GenmbH.
<http://www.saatbau.at/deutsch/aktuelles/artikel-lesen/article/sojabohne-kultur-fuer-koenner.html> (18. dec. 2016)
- Kocjan Ačko, D., Trdan, S. 2009. Influence of row spacing on the yield of ten cultivars of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). Acta agriculturae Slovenica, 93, 1: 44-50
- Kolarić, Lj., Živanović, Lj., Popović, V., Ikanović J., Srebrić, M. 2014. Influence of inter-row spacing and cultivar on the productivity of soybean. Biotechnology in Animal Husbandry 30, 3: 517-528
<http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/1450-9156/2014/1450-91561403517K.pdf> (1. dec. 2016)
- Leithold, G., Schulz, F. in Franz, K.-P. 2003. Eignung von Sojabohnensorten mit kurzer Vegetationszeit für einen Anbau auf einem ökologisch bewirtschafteten Grenzstandort unter Berücksichtigung unterschiedlicher Reihenabstände. Pflanzenbauwissenschaften, 7 1: 21–28
http://www.ulmer.de/artikel.dll/21-28_MTK5ODI.PDF?UID=FDB12F74683C12E0C4D3AA17FF0FFD02198D1292FD7297 (10. nov. 2016)
- Martin, J.H., Waldren, R. P. and Stamp, D. L. 2006. Soybean. In: Principles of field crop production. Pearson Prentice Hall, New Jersey. p. 613-632
- Plant variety database. 2016. Bruselj, European commission, Directorate General for Health & Consumers.
<http://ec.europa.eu/food/plant/propagation/catalogues/database/public/index.cfm?event=homepage> (5. nov. 2016)
- SURS. 2016a. Pridelava poljščin (ha, t, t/ha), Slovenija, letno. Statistični urad RS.
<http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/DataSort.asp?Matrix=1502402S&timeid=201716384168&lang=2&noofvar=3&numberstub=1&NoOfValues=2> (15. dec. 2016)
- SURS. 2016b. Površine poljščin, Slovenija, 2016 (28. 9.2016). Statistični urad RS.
<http://www.stat.si/StatWeb/prikazi-novico?id=6224&idp=11&headerbar=9> (15. dec. 2016)
- Versuchreferat Steiermark. 2016. Sojaversuch Hohenbrugg/Fehring 2016 Sätechnik-, Beizung-, Düngung-, Sorten- u. Saatzeitversuch. Hatzendorf, Versuchreferat Steiermark.
<http://www.versuchsreferat.com/Ergebnisse%202016/Pflanzenbautag%202016%20Soja.pdf> (27. dec. 2016)
- Terres Inovia. 2016. Guide de cultures Soja 2016. Thiverval-Grignon, Terres Inovia.
http://www.terresinovia.fr/fileadmin/cetiom/kiosque/guide_soja_2016/guide_soja_Terres-Inovia2016.pdf (15. dec. 2016)

Morfološke značilnosti in dolžina rastne dobe pri soji (*Glycine max* (L.) Merr.)

Borut BUKOVEC⁶, Igor ŠANTAVEC⁷, Darja KOCJAN AČKO⁸

Izvleček

Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) je v svetu gospodarsko pomembna oljnica in beljakovinska stročnica. V pridelavi pri nasdo zdaj ni imela večjega pomena. S Podporo za beljakovinske rastline v Neposrednih plačilih (2014-2020) v okviru Skupne kmetijske politike Evropske unije so se razmere bistveno spremenile, kajti soje imamo na naših poljih vsako leto več. S tem je povezan tudi uvoz semena, saj svojih sort nimamo. Za tuje sorte je potrebno ugotoviti primernost za pridelavo v naših rastnih razmerah. Sorte soje so po dolžini rastne dobe razvrščene v zrelostne razrede, in sicer 000 (zelo zgodnje), 00 (zgodnje), 0 (srednje zgodnje), I (srednje pozne), od II do XII so označene pozne sorte. Glede na pretekle izkušnje so za pridelavo v Sloveniji primerne predvsem zgodnje sorte. Za bonitiranje fenofaz posevkov soje in z njimi povezano ugotavljanje zrelostnih razredov sort obstajata dve klasifikaciji, evropska po BBCH in ameriška po Fehru. S pomočjo obeh klasifikacij smo na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani v letu 2014 spremljali deset tujih sort soje v času njihove rastne dobe. Sočasno smo primerjali uporabnost obeh klasifikacij za strokovnjake in pridelovalce soje pri izvedbi agrotehničnih ukrepov. Ugotovili smo, da so štiri sorte presegle dolžino označene rastne dobe, tri pa so bile zgodnejše. S preverjanjem zrelostnega razreda tujih sort pri nas, se izognemo sortam, pri katerih zrnje ne dozori, kljub temu, da so v ponudbi semen deklarirane kot zgodnje.

Ključne besede: soja, *Glycine max*, poljski poskus, tuje sorte, dolžina rastne dobe, dozorevanje, zrelostni razredi, klasifikacija razvojnih faz.

Morphological characteristics and length of the growing season for soybean (*Glycine max* (L.) Merr.)

Abstract

Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) is the world's economically important oil and protein legumes. In the territory of Slovenia has so far had no major importance. With support for protein crops, direct payments (2014-2020) within the framework of the common agricultural policy of the European Union, the conditions for soy changed significantly since soybeans have in our fields every year. The production of soybeans is also linked to the importation of seeds. Since its varieties we have, we find the suitability of foreign varieties for cultivation in our growing conditions. Foreign varieties of soybeans, the length of the growth period allotted maturity classes, namely 000 (very early varieties), 00 (early varieties), 0 (medium-early varieties), I, II to XII are the marks for late varieties, which have for too long growth period for production in Slovenia. For classification soybean phenology and associated detection maturity class varieties we have two classifications, Europe (BBCH) and the USA (Fehr). With the help of the two classifications are in the experimental field of the Biotechnical faculty in Ljubljana in 2014 to witness ten foreign varieties of soybean during their growing season, at the same time to compare the usefulness of individual classifications for professionals and soybean producers in conjunction with the implementation of agro-technical measures. We found that there are two varieties exceeded the length of the growing season and we are therefore placed in a higher maturity class than originally declared. By checking the maturity class foreign varieties in our country, avoiding varieties whose grains do not ripen, despite the fact that the offer of seed declared as early.

Keywords: soybean, *Glycine max*, field trial, foreign varieties, the length of growing season, maturation, maturity classes, classification of development stages.

⁶ Dipl. inž. agr. Kobilje 93, 9227 Kobilje, e-pošta: bukovec.borut@gmail.com

⁷ Dr., asistent, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: igor.santavec@bf.uni-lj.si

⁸ Doc. dr., prav tam, e-pošta: darja.kocjan@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) je v svetu vodilna svetovna oljnica, industrijska rastlina, beljakovinska prehranska in krmna stročnica. V Evropski uniji jo uporabljajo predvsem na živinorejskih kmetijah kot beljakovinsko močno krmilo. Ker skušajo članice EU omejiti uvoz surovin iz držav, kjer pridelujejo rastline, ki so bile vzgojene s pomočjo genskega inženiringa (GSO sorte), dobiva pridelava soje tudi pri nas vse večji pomen (Kocjan Ačko, 2016).

V svetu so glavne pridelovalke GSO soje Združene države Amerike, Brazilija in Argentina. V letu 2014 je bilo v teh treh državah posejanih več kot 83 milijonov hektarjev soje od skupnih 120 milijonov hektarov (Faostat, 2016).

V Sloveniji so bile že v preteklosti želje, da bi sojo pridelovali v večjem obsegu (Kocjan Ačko in Trdan, 2008). Zaradi majhnih pridelkov, prepoznih sort in težav s strojnim pravilom je potekala pridelava le na nekaj deset hektarjih zemljišč (Kocjan Ačko, 2015 in 2016). Z letom 2015 in pričetkom novega obdobja skupne kmetijske politike EU se je začela povečevati pridelava soje na naših njivah. K temu je prispevala Podpora za beljakovinske rastline, ki je del neposrednih plačil in je namenjena ohranjanju površin pod beljakovinskimi rastlinami in zagotavljanju krmne za živinorejo. Tako je bilo v Sloveniji v letu 2015 s sojo posejanih 1709 ha njiv, v letu 2016 pa že okoli 2500 ha. Povprečni pridelek zrnja je na ravni evropskega, to je 2,7 t/ha (SURS, 2016).

1.1 Morfološki opis

Za sojo je značilen vretenast koreninski sistem s sposobnostjo simbioze z bakterijami *Bradyrhizobium japonicum*, ki vežejo zračni dušik za potrebe posevka soje in prispevajo k naravni rodovitnosti tal (Černe, 1997; Singh, 2010; Kocjan Ačko, 2016).

Rastlina oblikuje glavno steblo visoko 80 do 120 cm. Odvisno od sorte in medvrstne razdalje ima soja eno ali več stranskih vej (Kocjan Ačko in Trdan, 2008). List soje je trojnat z dolgim listnim pecljem. Dvospolni in petštevni cvetovi soje so združeni v grozdasta socvetja z dvema do petimi cvetovi. Venec je vijoličaste, rožnate, modrikaste ali bele barve, dolžine 6 do 7 mm. Prašnikov je 10 in vsi so zrasli v cev. Brazda pestiča ima kratek vrat. Plodnica je nadrasla. Plod soje je strok z dvema do petimi okroglimi, večinoma rumenimi semeni. Na rastlini se oblikuje od 10 do 50 rumeno rjavih strokov pokritih s tankimi in gostimi dlačicami (Martin in sod., 2006; Kocjan Ačko, 2016).

1.2 Rastna doba in dozorevanje pri soji

V svetu je znanih in registriranih več kot 10.000 sort soje. Najbolj zgodnje sorte dozoriijo v 90 dneh, medtem ko potrebujejo najbolj pozne sorte za rast in razvoj več kot 160 dni. Zaradi lažje rajonizacije na posamezna geografska območja so sorte razvrščene v zrelostne razrede. Zelo zgodnje sorte so označene z dvema ničloma (00), nekatere še zgodnejše, s tremi ali celo štirimi ničlami. Sledijo jim zgodnje sorte z eno ničlo (0), nato srednje pozne z rimsko ena (I) in pozne z rimsko dve (II) ter druge še poznejše z oznakami vse do XII. Na slovenskem ozemlju glede na pretekle izkušnje dozoriijo vse sorte iz razredov 0, 00 in 000, na Primorskem celo sorte iz razreda I (Kocjan Ačko, 2016). Po namenu uporabe pridelka vse zgodnje sorte uporabljamo za pridelavo zrnja. Poznejše sorte, ki pri nas le redko popolnoma dozoriijo, lahko uporabimo za siliranje celih rastlin v času voščene zrelosti zrnja. Sojo lahko siliramo samostojno ali jo mešamo med koruzno ali travno silažo (Singh, 2010; Hahn in Miedaner, 2013).

V Sloveniji nimamo domačih sort soje, zato ves semenski material za pridelavo izvira iz tujih semenskih hišah. Najbrž se nekateri agronomi in vrtničkarji še spomnijo domače sorte 'Olna', ki jo je v prejšnjem stoletju požlahtnil zaslužni profesor dr. Jože Spanring (1923 – 2010). Zaradi neizenačenosti pomembnih dednih lastnosti je na prelomu stoletja izpadla iz sortne liste (Kocjan Ačko, 2016).

Soja je rastlina kratkega dne, zato je večina sort občutljivih za dolžino dnevne osvetlitve (Singh, 2010). Pri sortah, ki zvirajo iz južnih območij pridelave lahko pri nas pričakujemo daljšo rastno dobo od označenega zrelostnega razreda. Na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani smo v letu 2014 posejali poljski poskus z desetimi sortami soje z namenom, da preverimo njihovo ustreznost za naše pridelovalne razmere. Namen raziskave je bil tudi preveriti uporabnost dveh klasifikacij za določanje razvojnih faz pri soji, ki so povezane s strokovnimi navodili pri izboljšanju tehnologije pridelave.

2 MATERIALI IN METODE DELA

Na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani je bil v letu 2014 postavljen poljski poskus z desetimi s klasičnim žlahtnjenjem vzgojenimi evropskimi sortami soje. Sorte so bile: 'ES Mentor', 'Josefine', 'Smuglyanka', 'NS Mercury', 'NS Favorit', 'Volma', 'Ros', 'Amadine', 'Prypiat' in 'Oressa'. Glede na razvrstitev v zrelostni razred spadata med zelo zgodnje sorte (000) sorti 'Amadine' in 'NS Favorit'. Z zrelostnim razredom 00 so označene sorte 'ES Mentor', 'Josefine', 'NS Mercury', 'Oressa', 'Smuglyanka' in 'Volma'. Z dolžino rastne dobe med razredoma 0 in 00 je označena 'Pripyat'. Najbolj pozna glede dozorevanja zrnja (zrelostni razred I) je sorta 'Ros'.

Poljski poskus je bil postavljen v treh blokih z medvrstno razdaljo 25 cm. Setev je bila opravljena s parcelno sejalnico dne 9. maja 2014 pri gostoti setve 60 rastlin/m². Globina setve je bila 5 cm. Na parcelici, ki je merila 1,75 metra v širino in 4,37 metra v dolžino (7,6 m²) je bilo 7 vrst na medvrstni razdalji 25 cm. Rastline so vzniknile 25. maja 2014. Zatiranje plevelov smo opravili najprej s herbicidom Basagran 480 takoj po vzniku, pozneje pa še s Fusilade forte.

Zaradi optimalne uporabe in izvedbe agrotehničnih ukrepov (česanje, škropljenje proti plevelom, ... spravilo) je potrebno spremljati rast in razvoj rastlin. Za opazovanje in določanje stadija, v katerem se nahajajo rastline, obstajata pri soji dve klasifikaciji (ključa), in sicer, prva, ki se uporablja tudi za druge kmetijske rastline, to je evropski sistem po BBCH - Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and CHemical industry – (Meier, 2001) in druga, ameriška, po Fehru (Hehr in sod., 1971), ki je bila izdelana posebej za sojo.

Za spremljanje razvojnih faz pri soji smo uporabili obe klasifikaciji in ju med seboj primerjali. Rast in razvoj soje po BBCH sta razdeljena v deset stadijev, vsak od stadijev pa še naprej v 10 faz. Tako dobimo na koncu 100 enot, s katerimi določimo celotno rastno dobo rastline soje. Prvi stadij kalitve se začne s fazo 00 in konča s fazo 9. V stadiju 10 do 19 poteka razvoj listov, stadij 20 do 30 je oblikovanje stranskih poganjkov, stadija 30 do 39 in 40 do 49 pa nista posebej razčlenjena. Stadij 40 do 49 je z agronomskega vidika pomemben pri spravilu zelinja ob koncu stadija (49) – to je v fazi, ko rastlina doseže končno velikost. V razvojnem stadiju 50 do 59 se pojavijo socvetja, v stadiju 60 do 69 poteka cvetenje, v 70 do 79 pa razvoj stroka in semen. V stadiju 80 do 89 zorijo stroki s semeni, zadnji stadij 90 do 99 pa je staranje ali senescenca (Munger in sod., 1997).

Klasifikacija po Fehru je razdeljena na dva dela. V prvem delu so faze vegetativne rasti in so označene s črko V. Drugi del skale pa opredeljuje generativni razvoj rastline, v katerem so faze označene s črko R. Prva faza vegetativnega razvoja je faza kalitve, to je, ko sta vidna

klična lista, ki sta ločena od hipokotila. Ta faza je označena s kratico VE. Sledi ji faza VC, ki nastopi takrat, ko sta razločno vidna prva prava lista. Sledijo naslednje faze vegetativne rasti, ki jih označujemo s črko V in številko, na primer 1, ko številka pove, da ima rastlina eno kolence. Torej rastlino s tremi kolenci označimo z V3. Za kolence štejemo vsa kolena s pravimi listi, pri katerem so listi razgrnjeni. Generativni razvoj je razdeljen na 8 faz označenih s številkami od 1 do 8. Generativne razvojne faze so prikazane v preglednici 1 (Fehr in sod., 1971).

Preglednica 1: Faze generativnega razvoja pri soji po ameriški klasifikaciji (Fehr in sod., 1971)

Oznaka	Razvojna faza	Opis
R1	Začetek cvetenja	Odprt en cvet na katerem koli kolencu na glavnem stebelu.
R2	Polno cvetenje	Odprti cvetovi na enem od dveh najvišje ležečih kolenc na glavnem stebelu.
R3	Začetek razvoja strokov	Strok dolg 3/16 inče (5 mm) na enem izmed zgornjih štirih kolenc na glavnem stebelu.
R4	Polni razvoj strokov	Stroki so večji kot 3/4 inče (2 cm) na enem izmed zgornjih štirih kolenc na glavnem stebelu.
R5	Začetek razvoja semena	Seme velikosti 1/8 inče (3 mm) na enem od strokov na zgornjih štirih kolencih glavnega stebela.
R6	Polni razvoj semena	Zeleno seme, ki je zapolnilo votlino stroka na enem od strokov na zgornjih štirih kolencih glavnega stebela.
R7	Začetek odmiranja rastline	En strok na glavnem stebelu je dosegel svojo zrelo barvo (rjava ali siva).
R8	Odmrlost rastline	95 % strokov je doseglo svojo zrelo barvo

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

3.1 Bonitiranje soje in primerjava obeh klasifikacij

V preglednici 2 je prikazana primerjava ocenjevanja rasti in razvoja soje po evropski (BBCH) in ameriški (po Fehru) klasifikaciji. Kot je razvidno, je nekatere faze po BBCH težko primerjati z začetkom polnjenja zrna, ker je opisan samo strok. Klasifikacija po Fehru je nekoliko bolj primerna za vsakdanjo uporabo. Zavedati se treba, da pridelovalec soje pogleda posevek površinsko in na hitro. Če vidimo strok na vrhu rastline in v njem že majhno zrno lahko z gotovostjo trdimo, da je naš posevek prešel iz faze R4 v fazo R5. Ker BBCH klasifikacija temelji na odstotkih strokov na rastlini, ki so dosegli polno velikost, je po BBCH potreben veliko bolj natančen pregled rastline. Klasifikacija po BBCH je res precej bolj natančna, vendar je tudi bolj zahtevna in zamudna za izvajalca bonitiranja.

Preglednica 2: Primerjava ocenjevanja rasti in razvoja soje po evropski (Munger in sod., 1997) in ameriški klasifikaciji (Fehr in sod., 1971)

Razvojna faza	BBCH	Fehr
Začetek cvetenja	61	R1
Polno cvetenje	65	R2
Začetek razvoja strokov	69	R3
Polni razvoj strokov	77	R4
Začetek razvoja semena		R5
Polni razvoj semena		R6
Začetek odmiranja	80	R7
Odmrtje rastline	92-93	R8

3.2 Fenološki razvoj sort v poskusu

Seme soje smo posejali 9. maja 2014. Rastline so vzniknile 25. maja 2014, kar pomeni, da je bil čas vznika relativno dolg. Razlik v vegetativni rasti in razvoju med sortami na začetku ni bilo, saj so imele 19. junija 2014 vse v vseh ponovitvah razvite po 4 razvite prave liste. Rastline vseh sort so bile takrat po videzu izenačene. Ob naslednjih opazovanjih so se sorte po videzu vse bolj razlikovale. Dne 25. julija 2014 so bile vse sorte v generativnem razvoju, vendar kar v treh različnih fazah, to je od R4 (sorta 'NS Mercury'), do R6, v kateri so bile kar 4 sorte. Čez en mesec, ko smo rastline ponovno ocenili, so bile sorte v treh generativnih razvojnih fazah, in sicer od R6, v kateri je bilo 5 sort, do zadnje faze R8, v kateri sta bili že dve sorti. Pred spraviom smo rastline še zadnjič ocenili in ugotovili, da je 8 sort doseglo končno fazo generativnega razvoja R8, dve sorti 'Josefina' in 'Smuglyanka' pa sta bili v predzadnji fazi R7, torej v začetku dozorevanja strokov (preglednica 3).

Preglednica 3: Fenološki razvoj desetih sort soje po Fehru (Fehr in sod., 1971) v rastni dobi, na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani v letu 2014

Sorta	Vznik	19.6.2014	25.7.2014	29.8.2014	17.9.2014
'Amadine'	25.5.	V2	R6	R7	R8
'ES Mentor'	25.5.	V2	R5	R6	R8
'Josefine'	25.5.	V2	R5	R6	R7
'NS Favorit'	25.5.	V2	R5	R6	R8
'NS Mercury'	25.5.	V2	R4	R6	R8
'Oressa'	25.5.	V2	R6	R7,5	R8
'Prypiat'	25.5.	V2	R6	R8	R8
'Ros'	25.5.	V2	R6	R7	R8
'Smuglyanka'	25.5.	V2	R5	R6	R7
'Volma'	25.5.	V2	R5	R8	R8

Sorti 'Prypiat' in 'Volma' sta bili med najzgodnejšimi sortami, saj sta že ob koncu avgusta, to je okoli 90 dni po setvi, dosegli polno zrelost. Sledile so sorte 'Ros', 'Oressa' in 'Amadine'. Zaradi posebnega načina dozorevanja so zelo zanimive sorte 'ES Mentor', 'NS Favorit' in 'NS Mercury', ki so bile zelo dolgo v fazi polnega razvoja semena. Torej v fazi, v kateri se polni zrnje in oblikuje pridelek, zato želimo, da so rastline v njej čim dlje. Omeniti velja še eno lastnost teh sort, in sicer zelo hitro staranje potem, ko se zrnje naenkrat napolni. Tako so bile

te sorte konec avgusta v fazi polnega razvoja semena, samo 18 dni pozneje pa že v fazi R8. Sorti 'Smuglyanka' in 'Josefine' sta sorti, ki potrebujeta nekoliko več časa za dozorevanje. V začetku rasti sta sledili zgodnejšim sortam, pozneje, v času dozorevanja zrnja, pa sta zaostali. Če naša opažanja primerjamo z označenim zrelostnim razredom za posamezno sorto, lahko pri nekaterih sortah opazimo odstopanja. Kot je razvidno iz preglednice 3, je največje odstopanje pri sorti 'Ros'. Na podlagi poskusa v letu 2014 bi jo lahko uvrstili med zgodnje sorte, čeprav je bila deklarirana kot pozna sorta. Do teh razlik prihaja zato, ker so sorte vzgojene v drugačnih geografskih razmerah, predvsem pa so različno občutljive na dolžino dnevne osvetlitve (Pospišil A. in Pospišil, 2013). Zaradi tega je pomembno, da pred uvajanjem v pridelavo vse sorte preizkusimo v naših pridelovalnih razmerah.

Preglednica 4: Primerjava zrelostnih razredov za deset sort soje na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani v letu 2014

Sorta	Deklarirani zrelostni razred	Zrelostni razred pri nas	Opažanja v poskusu
'Amadine'	000	00	ugotovljen višji razred, bolj pozna sorta pri nas
'ES Mentor'	00	00	=
'Josefine'	00	0	ugotovljen višji razred, bolj pozna sorta pri nas
'NS Favorit'	000	00	ugotovljen višji razred, bolj pozna sorta pri nas
'NS Mercury'	00	00	=
'Oressa'	00	00	=
'Prypiat'	0/00	000	ugotovljen nižji razred, bolj zgodnja pri nas
'Ros'	I	00	ugotovljen nižji razred, bolj zgodnja pri nas
'Smuglyanka'	00	0	ugotovljen višji razred, bolj pozna sorta pri nas
'Volma'	00	000	ugotovljen nižji razred, bolj zgodnja pri nas

4 SKLEPI

Na podlagi primerjave dveh klasifikacij za določanje razvojnih faz pri soji lahko ugotovimo, da je evropska klasifikacija določanja fenofaz po BBCH za pridelovalce soje prezahtevna in zamudna. Ker je bila ameriška klasifikacija po Fehru izdelana za določanje razvojnih faz izključno pri soji, lahko potrdimo, da je njena uporaba v praksi precej bolj enostavna in hitra. Rezultati sortnega poskusa s sojo na Biotehniški fakulteti v letu 2014 so pokazali, da je večina sort dozorela v optimalnem roku, dve sorti ('Smuglyanka' in 'Josefine') od desetih sta bili nekoliko poznejši in zato za pridelavo v naših razmerah manj primerni. Tudi v prihodnje ne bo odveč previdnost pri introdukciji sort iz drugih držav. Z uvrstitvijo v višji ali nižji zrelostni razred je treba seznaniti pridelovalce.

Zahvala. Za seme sort soje v poljskem poskusu v rastni sezoni 2014 se zahvaljujemo sodelavcem Kmetijskega inštituta Slovenije.

5 VIRI

Černe, M. 1997. Soja. V: Stročnice. ČZD Kmečki glas, Ljubljana: 76-83.

Faostat. 2014. Food and Agriculture Organization of The United Nations Statistics Division <http://faostat.fao.org/home/E> (okt. 2016)

- Fehr, W.R., Caviness, C.F., Burmood, D.T., Pennington, J.S., 1971. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. Crop Sci. 11, 929-931.
- Hahn, V., Miedaner, T. 2013. Sojaanbau in der EU: Lohnender Anbau ohne GVO. DLG-Verlag, Frankfurt am Main: 120 str.
- Kocjan Ačko, D., Trdan, S. 2009. Influence of row spacing on the yield of ten cultivars of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) = Vpliv medvrstnega razmika na pridelek desetih kultivarjev soje (*Glycine max* (L.) Merrill). Acta agriculturae Slovenica, 93, 1: 43-50.
<http://dx.doi.org/10.2478/v10014-009-0006-0>.
- Kocjan Ačko, D. 2015. Soja. V: Poljščine, pridelava in uporaba. Ljubljana, Založba Kmečki glas: 79-86.
- Kocjan Ačko, D. 2016. Soja. V: Zrnate stročnice, pridelava in uporaba. Ljubljana, Založba Kmečki glas: 71-90.
- Marthin, J. H., Stamp, D. L., Waldren, R. P. 2006. Principles of field crop productions. New Jersey, Columbus, Ohio: 613-632.
- Meier, U. 2001. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants – BBCH Monograph.
<http://pub.jki.bund.de/index.php/BBCH/article/view/515/464> (nov. 2016)
- Munger, P., Bleiholder, H., Hack, H., Hess, M., Stauss, R., Van DenBoom, T., WEBER, E. 1997. Phenological Growth Stages of the Soybean Plant (*Glycine max* (L.) MERR.) – Codification and Description according to the General BBCH Scale – with Figures. Journal of Agronomy and Crop Science, 179: 209 - 217
- Pospíšil, A., Pospíšil, M. 2013. Zrnate mahunarke. V: Ratarstvo praktikum. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Zagreb: 46-58.
- Singh, G. 2010. The Soybean: Botany, Production and Uses. Cabi, Wallingford, Cambridge: 494 str.
- Statistični urad Republike Slovenije. 2016. Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije.
<http://www.stat.si> (sept. 2016)

Križanja navadnega fižola (*Phaseolus vulgaris* L.) v programu žlahtnjenja novih sort na Kmetijskem inštitutu Slovenije

Barbara PIPAN⁹, Jelka ŠUŠTAR-VOZLIČ¹⁰, Vladimir MEGLIČ¹¹, Blaž GERMŠEK¹², Irena MAVRIČ PLEŠKO¹³, Peter DOLNIČAR¹⁴

Izvleček

Navadni fižol (*Phaseolus vulgaris* L.) je zaradi svoje prehranske vrednosti in zdravilnih učinkovin najpomembnejša stročnica v prehrani ljudi. V letu 2016 smo se na Kmetijskem inštitutu Slovenije prvič lotili žlahtnjenja s križanji pri visokem fižolu; pri nizkem pa je to v 2016 potekalo prvič v tako širokem obsegu, z vključitvijo genotipov z lastnostmi pomembnimi tako za pridelovalce kot za potrošnike. V letu 2016 smo dosegli uspešnost križanja preko 90 %. Skupno smo v proces žlahtnjenja nizkega fižola s križanjem v letu 2016 vključili kombinacije, ki združujejo 11 superiornih genotipov matere in 4 komercialne genotipe očeta ('Etna', 'Parker', 'Nassau', 'Zorin'). Z ročnim križanjem smo v 44-tih kombinacijah križanj uspešno vzgojili 198 strokov, v katerih je bilo 775 F1 semen (povprečno 3-4 semena v križanem stroku). Pri visokem fižolu smo v križanja vključili 9 perspektivnih genotipov matere in 3 komercialne genotipe očeta ('Cobra', 'Golden gate', 'Algarve'). Iz 27-tih kombinacij križanj smo skupno pridobili 130 strokov, v katerih sta bili 602 F1 semen (povprečno 4-5 semen v križanem stroku). Pridobljeno seme F1 križancev v tako velikem obsegu predstavlja zanimiv genski potencial, ki je hkrati dovolj raznolik izvorni material za vzgojo novih perspektivnih slovenskih sort fižola.

Ključne besede: fižol, *Phaseolus vulgaris*, nizek fižol, visok fižol, križanja, starševski genotipi, žlahtnjenje

Cross pollination of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the breeding programme at the Agricultural Institute of Slovenia

Abstract

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is due to its nutritional and medicinal properties the most important legume for human consumption. At the Agricultural Institute of Slovenia, we performed hand cross pollination of snap bean for the first time in 2016 and started with manual cross pollination of dry beans at larger extend including superior parental genotypes with characteristics wanted both by farmers and consumers. The success rate of hand cross pollination was more than 90 %. In 2016, in the breeding of dry beans 11 superior mother genotypes and 4 commercial father genotypes ('Etna', 'Parker', 'Nassau', 'Zorin') were included. Out of 44 combinations performed using hand cross pollination, a total of 198 pods were obtained containing 775 F1 seeds (an average of 3-4 seeds in a pod). In snap beans, there were 9 perspective mother genotypes and 3 commercial father genotypes ('Cobra', 'Golden gate', 'Algarve'). Out of the 27 combinations, in total 130 pods containing 602 F1 seeds (an average of 4-5 seeds in a pod) were obtained. Acquisition of a large amount of F1 seeds from superior parental genotypes by hand cross pollination represents an enviable genetic potential, which represents the diverse material for breeding applications to develop new Slovenian varieties of common bean.

Key words: bean, *Phaseolus vulgaris*, dry bean, snap bean, crossings, parental genotypes, breeding

⁹ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: barbara.pipan@kis.si;

¹⁰ Izr. prof. dr., prav tam

¹¹ Izr. prof. dr., prav tam

¹² Mag. kmet., Kmetijski inštitut Slovenije, IC Jablje, Grajska cesta 1, 1234 Mengeš

¹³ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana

¹⁴ Dr., prav tam

1 UVOD

Navadni fižol (*Phaseolus vulgaris* L.) je zaradi svoje prehranske vrednosti in zdravih učinkovin najpomembnejša stročnica v prehrani ljudi. Predstavlja bogat vir ogljikovih hidratov (v katerih je precej vlaknin) in beljakovin, vsebuje številne vitamine in minerale, antioksidante ter ima zelo nizko vsebnost maščob (Maras, 2007). Fižol prispeva tudi k izboljšanju kolobarja, saj s simbiotsko fiksacijo dušika obogati tla z dušikom.

Pridelovanje fižola ima v Sloveniji večstoletno tradicijo. Danes ga pridelujemo na okoli. 1500 ha površin (1000 ha za stročje in 500 ha za zrnje), kar je največ med zelenjadnicami. Poleg ostalih slovenskih sort, so bile v preteklosti kar štiri ('Zorin', 'Klemen', 'Jabelski pisanec', 'Jabelski stročnik') požlahtnjene na Kmetijskem inštitutu Slovenije (KIS). V preteklosti je žlahtnjenje na KIS potekalo predvsem z individualno odbiro iz avtohtonih populacij oziroma usmerjeno odbiro zelenih genotipov pri populacijskem žlahtnjenju. Kot rezultat dosedanjega dela smo z ročnim križanjem in z metodo selekcije enega semena (poleg tega smo v okviru preteklih raziskovalnih programov (CRP-ov) pridobili tudi linije za nadaljnja vrednotenja iz križanja na odpornost na fižolov ožig) vzgojili F9 generacijo križancev med na sušo tolerantno sorto 'Tiber' in občutljivo sorto 'Starozagorski črn'. Rekombinantne inbridirane linije predstavljajo potencial za odbiro genotipov z visokim pridelkom in vnesenimi viri za odpornost na sušni stres. Perspektivno linijo QTL59 smo kot genotip matere v letu 2016 vključili v križanja. V letu 2016 smo prvič uspešno začeli intenzivno in v večjem obsegu izvajati tudi ročna križanja visokega fižola (ob vzpostavitvi vse ustrezne infrastrukture) in iz teh kombinacij pridobili tudi prve F1 križance. Pomanjkljivost domačih sort se kaže v nezadostni odpornosti, saj so vse bolj ali manj občutljive na povzročitelje glivičnih in bakterijskih bolezni, ki zmanjšujejo količino in kakovost pridelka (Šuštar-Vozlič in sod., 2012). Na podlagi dosedanjih raziskav smo ugotovili, da se je v stoletjih pridelovanja v Sloveniji oblikovala raznolika dednina, ki jo je vredno uporabiti tudi kot vir za žlahtnjenje slovenskim razmeram prilagojenih, odpornih in slovenskemu potrošniku všečnih sort fižola (Šuštar-Vozlič in sod., 2006; Maras, 2007). Pri žlahtnjenju visokega fižola (*Phaseolus vulgaris* L. subsp. *vulgaris* var. *vulgaris*) želimo vzgojiti nove sorte v tipu »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 zrnja, bodo odporne na bolezni, prilagojene na spremenjene podnebne razmere, na potrebe slovenskega trga in potrebe pridelovalcev. Posredno pa bo to prispevalo tudi k povečanju semenarstva fižola v Sloveniji.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Ena izmed najpomembnejših zahtev pri križanju je vzgoja zdravih starševskih rastlin. V izogib bakterijskim okužbam na površini semena ter čim manjši pojavnosti okuženih rastlin z virusi, ki se prenašajo s semenom, smo seme vseh genotipov najprej izpostavili termoterapiji (v inkubatorju s suhim segrevanjem zraka 72 ur pri 43 °C) ter ga neposredno pred setvijo za 5 min potopili v 5 % raztopino NaClO. Vzgoja starševskih rastlin nizkega in visokega fižola za križanja je potekala v rastlinjakih. Sejali smo jih v lonce v štirih terminih (26.4., 3.5., 10.5., 17.5.), da smo lahko dosegli sinhronizacijo cvetenja vseh ranih in poznejših genotipov in si tako zagotovili zadostno količino cvetov za križanja. Pri visokih fižolah smo vsak genotip posadili v štiri lonce (ne glede na število terminov setve; matrne rastline 2 termina, očetove 4

termine setve), po 8 rastlin v lonec. Nizki genotipi so bili prav tako sejani v štirih terminih (26.4., 3.5., 10.5., 17.5.), v vsakem terminu po en lonec za rastline očeta in v dveh terminih po dva lonca na genotip za materno rastline, v manjše lonce po 5 rastlin. Pri obeh smo vzpostavili tudi sistem namakanja neposredno v lonce, saj je v fazi, ko izvajamo križanja, ključno, da je rastlina ustrezno preskrbljena z vodo. Od začetka cvetenja smo rastline začeli dodatno oskrbovati s hranili (z ureo in vodotopnim Ferticare 6-14-30 gnojilom). V začetku rasti starševskih rastlin smo bili še posebej pozorni na zdravstveno stanje, predvsem na pojav simptomov fižolovega ožiga, ki ga povzroča gliva *Colletotrichum lindemuthianum*, in vseh petih najpomembnejših virusov, ki se lahko pojavljajo pri fižolu (*Bean common mosaic virus*-BCMV, *Bean common mosaic necrosis virus*-BCMNV, *Bean yellow mosaic virus*-BYMV, *Cucumber mosaic virus*-CMV, *Alfalfa mosaic virus*-AMV). Zato smo pred začetkom križanj vse starševske rastline testirali z DAS-ELISA testom na prisotnost le-teh. Z antiserumom za potyvirus (BCMV, BCMNV, BYMV) ter posebej s protitelesi za CMV in AMV. Glede na dobljene rezultate smo okužene in simptome rastline izločili iz sheme križanj.

Ročna križanja so potekala vsakodnevno v plastenjaku na IC Jablje (sprotno križanje novonastalih maternih cvetov, ki so bili tik pred odprtjem po metodi, kot jo je opisal Ivančič (2002)) v obdobju enega meseca (od 7.6. do 8.7.). Tako smo lahko terminsko pokrili obdobje cvetenja vseh genotipov /sort/, vključenih v križanja.

Skupno smo v proces žlahtnjenja nizkega fižola s križanjem v letu 2016 vključili 11 superiornih genotipov mater in 4 komercialne genotipe očeta. Pri visokem fižolu smo imeli v križanjih 9 perspektivnih maternih in 3 komercialne genotipe očeta. V križanjih smo vsakemu genotipu očeta določili svojo barvo (trak iz bombažne preje), s katero smo označili križan cvet na maternih rastlinah. Rastline očeta smo po končanem cvetenju zavrgli, saj jih nismo več potrebovali. Začela pa se je intenzivna skrb ter nega maternih rastlin, na katerih so se začeli formirati stroki iz oprašenih cvetov. Ves čas smo rastline ohranjali zdrave in v kondiciji do fiziološke zrelosti, ko smo stroke sproti pobirali, kot so zoreli, to je v podobnem ciklu, kot so bili križani.

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

Ocenjujemo, da je bila uspešnost križanj v letošnjem letu tako za nizek kot tudi za visok fižol visoka, saj smo dosegli 92 % uspešnost pri nizkem fižolu in 91 % uspešnost pri visokem fižolu. Ivančič (2002) ob opisu metode navaja, da neizkušenim praviloma odpade več kot 90 % cvetov. Podrobnejši podatki za vsako kombinacijo križanj posebej so predstavljeni v preglednicah 1 in 2. Kot je mogoče prebrati v literaturi (Ivančič, 2002; Mikuž, 1967), je uspešnost križanj zelo odvisna tako od razmer v okolju kot tudi od starševskega genotipa. Opazili smo, da je zelo pomembno, da je cvet materno rastline tik pred odprtjem, da je rastlina dobro preskrbljena z vodo in da je cvet prožen in sočen. Ker se križanja izvajajo od začetka junija do začetka julija, je visoka uspešnost naših križanj zagotovo tudi posledica tega, da smo imeli vse starševske rastline v plastenjakih v kontroliranih pogojih. Tako smo lahko nadzorovali predvsem zalivanje rastlin in temperaturo okolja (vodne stene so učinkovito zniževale temperaturo, kar je posledično preprečilo odpadanje »dragocenih« ročno oprašenih cvetov zaradi visokih temperatur). Opazili smo tudi, da so se cvetovi nekaterih maternih rastlin tako pri visokem kot pri nizkem fižolu zelo težko odpirali, četudi so bili pripravljeni na oprašitev. To se je pri nizkem fižolu pokazalo pri večini rastlin genotipa PHA869, tako da nismo pridobili križancev z dvema linijama očeta ('Etna' in 'Nassau') (preglednica 2). Poleg tega z linijo očeta 'Nassau' nismo uspeli pridobiti križancev z akcesijama PHA131 in PHA416 (preglednica 2), kjer je kar nekaj rastlin izkazovalo simptome okužb z virusi in smo

jih zato iz križanj izločili. Pri visokem fižolu smo bili neuspešni pri križanju kombinacije genotipa očeta 'Cobra' in matrne akcesije Rihar, saj smo jo kot perspektivno vključili v križanja naknadno, nismo pa imeli na voljo dovolj semena (preglednica 1). Ob križanjih smo opazili, da je bilo pri visokem fižolu cvetove matere akcesij PHA708, PHA956 in PHA687 težje odpreti in tako uspešno pripraviti za križanja, kar se kaže tudi v številu strokov s kombinacijami omenjenih akcesij (preglednica 1). Pri nizkem fižolu so bile take akcesije PHA396, PHA896 in križanec QTL 59. Pri teh smo opazili, da je bilo poleg težjega odpiranja primernih cvetov problematično tudi izstopanje pestiča iz ladjice cveta (ob pritisku levega krilca), ki je pri omenjenih akcesijah prihajal skupaj s prašniki, kar je pomenilo takojšnjo samooprašitev matrne linije.

Pri visokem fižolu smo skupno pridobili 130 strokov, ki so vsebovali 602 F1 semeni (povprečno 4-5 semen v križanem stroku) iz 27 kombinacij križanj. Le za 1 kombinacijo nismo uspeli pridobiti F1 semena (preglednica 1).

Preglednica 1: Povzetek križanja visokega fižola v letu 2016

Genotip matere	Genotip očeta	Skupno št. križancev	Skupno št. semen	Št. odpadlih križanih cvetov	Št. pritlikavih strokov	Št. praznih strokov brez semena	Št. semen/strok skupaj
PHA708	'Cobra'	4	15	2	0	0	3,8
PHA960	'Cobra'	10	44	7	0	0	4,4
'Barianec'	'Cobra'	7	20	8	2	1	2,9
PHA956	'Cobra'	3	14	2	1	1	4,7
PHA201	'Cobra'	5	21	2	0	0	4,2
PHA202	'Cobra'	7	33	3	1	0	4,7
PHA687	'Cobra'	2	9	0	0	0	4,5
PHA59	'Cobra'	5	30	2	0	0	6,0
Rihar	'Cobra'	0	0	6	0	0	0,0
PHA708	'Algarve'	1	4	0	0	0	4,0
PHA960	'Algarve'	15	73	2	0	0	4,9
'Barianec'	'Algarve'	3	10	3	3	1	3,3
PHA956	'Algarve'	2	11	6	0	0	5,5
PHA201	'Algarve'	4	18	6	0	0	4,5
PHA202	'Algarve'	9	52	0	0	0	5,8
PHA687	'Algarve'	3	16	1	0	1	5,3
PHA59	'Algarve'	7	35	0	0	0	5,0
Rihar	'Algarve'	1	2	2	0	0	2,0
PHA708	'Golden	3	10	3	0	0	3,3
PHA960	'Golden	10	37	0	0	0	3,7
'Barianec'	'Golden	2	11	0	1	1	5,5
PHA956	'Golden	5	22	1	1	0	4,4
PHA201	'Golden	6	31	0	0	0	5,2
PHA202	'Golden	5	30	1	1	0	6,0
PHA687	'Golden	6	26	0	0	0	4,3
PHA59	'Golden	4	22	2	0	0	5,5
Rihar	'Golden	1	6	2	0	0	6,0
skupaj		130	602				

Preglednica 2: Povzetek križanja nizkega fižola v letu 2016

Genotip matere	Genotip očeta	Skupno št. križance v	Skupno št. semen	Št. odpadlih križanih cvetov	Št. pritlikavih strokov	Št. praznih strokov brez semena	Št. semen/str ok skupaj
PHA131	‘Parker’	2	12	0	0	0	6,0
PHA417	‘Parker’	7	23	1	1	1	3,3
Ribenčan Š.	‘Parker’	7	28	5	0	3	4,0
PHA356	‘Parker’	5	15	2	1	1	3,0
PHA332	‘Parker’	9	49	0	0	0	5,4
QTL59	‘Parker’	5	19	0	1	1	3,8
PHA416	‘Parker’	2	4	0	0	0	2,0
PHA498	‘Parker’	7	21	1	0	4	3,0
PHA1009	‘Parker’	8	34	0	0	0	4,3
PHA869	‘Parker’	2	6	2	0	0	3,0
PHA396	‘Parker’	3	9	0	0	0	3,0
PHA131	‘Nassau’	0	0	1	0	0	0
PHA417	‘Nassau’	6	23	1	0	0	3,8
Ribenčan Š.	‘Nassau’	8	33	1	0	0	4,1
PHA356	‘Nassau’	6	21	1	4	0	3,5
PHA332	‘Nassau’	7	33	2	0	0	4,7
QTL59	‘Nassau’	9	38	1	1	0	4,2
PHA416	‘Nassau’	0	0	1	0	0	0
PHA498	‘Nassau’	5	24	2	0	2	4,8
PHA1009	‘Nassau’	8	29	0	1	0	3,6
PHA869	‘Nassau’	0	0	2	1	0	0
PHA396	‘Nassau’	3	8	1	1	0	2,7
PHA131	‘Etna’	1	2	0	0	0	2,0
PHA417	‘Etna’	7	22	1	0	2	3,1
Ribenčan Š.	‘Etna’	12	60	4	0	2	5,0
PHA356	‘Etna’	4	12	1	3	2	3,0
PHA332	‘Etna’	4	18	1	0	0	4,5
QTL59	‘Etna’	6	23	0	0	1	3,8
PHA416	‘Etna’	2	5	0	0	0	2,5
PHA498	‘Etna’	3	8	4	1	3	2,7
PHA1009	‘Etna’	5	18	0	1	0	3,6
PHA869	‘Etna’	0	0	3	0	0	0
PHA396	‘Etna’	1	3	0	1	0	3,0
PHA131	‘Zorin’	1	4	1	0	0	4,0
PHA417	‘Zorin’	11	42	2	0	0	3,8
Ribenčan Š.	‘Zorin’	6	21	0	3	0	3,5
PHA356	‘Zorin’	2	8	2	2	1	4,0
PHA332	‘Zorin’	3	15	3	0	0	5,0
QTL59	‘Zorin’	5	22	0	0	0	4,4
PHA416	‘Zorin’	3	6	3	1	1	2,0
PHA498	‘Zorin’	2	14	2	0	5	7,0
PHA1009	‘Zorin’	7	32	2	1	0	4,6
PHA869	‘Zorin’	2	7	2	0	0	3,5
PHA396	‘Zorin’	2	4	1	0	0	2,0
skupaj		198	775				

Pri nizkem fižolu smo dobili skupno 198 strokov, ki so vsebovali 775 F1 semen (povprečno 3-4 semena v križanem stroku) iz 44-ih kombinacij križanj. Pri 4 kombinacijah nismo bili uspešni (preglednica 2).

Pri visokem fižolu smo bili najbolj uspešni v kombinacijah križanj, kjer je bila kot genotip matere vključena akcesija PHA960 v križanjih z vsemi tremi komercialnimi genotipi očeta ('Cobra', 'Algarve' in 'Golden gate'). Najbolj polne stroke smo dobili pri kombinacijah križanj »pravih maslencev«, in sicer med PHA59 x 'Golden gate', PHA202 x 'Golden gate' in Rihar x 'Golden gate' (preglednica 1). Pri nizkem fižolu je bilo največ križancev pridobljenih v kombinacijah križanj PHA332 x 'Parker', PHA417 x 'Zorin', Ribenčan Škoberne x 'Etna' in QTL59 x 'Nassau'. Najbolj polne stroke je oblikovala kombinacija križanja PHA498 x 'Zorin' (preglednica 2).

Večina maternih linij izhaja iz genske banke, kjer je lahko material tudi okužen. Ocenjujemo, da smo s kemičnim postopkom razkuževanja v kombinaciji s termoterapijo semena starševskih genotipov v križanjih učinkovito zmanjšali prisotnost okužb starševskih rastlin. Pri vsakem žlahtnjenju s križanji je namreč osnova vzgoja zdravih starševskih rastlin. Starševske rastline smo med rastno dobo ves čas spremljali in primerno oskrbovali. Kljub temu pa so nekateri oprášeni cvetovi odpadli, formirali so se tudi neustrezno razviti ali nepopolni (pritlikavi) in prazni stroki (kazalnika v preglednicah 1 in 2), kar je verjetno posledica nepopolnih oprášteev, inkompatibilnosti, letalnih mutacij in procesov, ki so se dogajali med rekombinacijo in se reproduktivni organi niso mogli primerno razviti. Uspešno pridobljeni F1 križanci (semena) tako nizkega kot visokega fižola bodo v naslednji rastni dobi vrednoteni kot posamezne rastline. Izvajali bomo fenotipsko selekcijo v kombinaciji z uporabo molekulskih markerjev, s katerimi bomo hitreje preverjali prisotnost genov za posamezne agronomsko in prehransko pomembne lastnosti v novonastalih križancih. Molekulski markerji so eno izmed učinkovitih orodij, ki smo jih tudi v našem laboratoriju že uporabili za vrednotenje genetske raznolikosti in populacijske strukture različnih (rastlinskih) vrst (Derlink in sod., 2014; Maras in sod., 2015; Pipan in sod., 2013, 2016; Rusjan in sod., 2012, 2015). Žlahtnjenje z uporabo molekulskih markerjev bo bistveno pripomoglo in pospešilo proces vzgoje superiornih novih sort nizkega in visokega fižola.

4 SKLEPI

V letu 2016 smo se na Kmetijskem inštitutu Slovenije prvič lotili žlahtnjenja s križanjem pri visokem fižolu; pri nizkem pa je to potekalo prvič v tako širokem obsegu, z vključenimi genotipi, ki izkazujejo lastnosti, ki so pomembne tako za pridelovalca kot tudi za potrošnika. Ugotovili smo, da je bila uspešnost pridobljenih F1 križancev nizkega in visokega fižola v procesu žlahtnjenja z uporabo ročnih križanj superiornih starševskih genotipov (sort in akcesij) v letu 2016 visoka, kar pomeni tudi, da so bili izbrani starševski genotipi v križanjih kompatibilni. Metoda ročnega križanja, ki smo jo uporabljali, se je izkazala kot uspešna, saj smo bili pri visokem in pri nizkem fižolu uspešni v več kot 90 % oprášteev. Ugotovili smo tudi, da se nekateri izmed genotipov matere težko ročno oprášujejo in bi jih v tem primeru lažje uporabljali kot genotipe očeta. Pridobljeni F1 križanci predstavljajo velik genetski potencial za vzgojo novih slovenskih sort, ki bodo vsečne tako pridelovalcem kot tudi potrošnikom.

Zahvala. Raziskava je bila financirana s strani MKGP v sklopu Strokovne naloge v rastlinski proizvodnji »Žlahtnjenje kmetijskih rastlin v Sloveniji« za del »Znate stročnice«.

5 LITERATURA

- Derlink, M., Pipan, B., Pavlovčič, P., Jones, L., Meglič, V., Symondson, W. O. C., Virant-Doberlet, M. 2014. Characterization of eleven polymorphic microsatellite markers for leafhoppers of the genus *Aphrodes* (Hemiptera: Cicadellidae). *Conservation genetics resources*, 6 (4): 933-935
- 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
- Maras, M. 2007. Karakterizacija slovenskih genskih virov navadnega fižola (*Phaseolus vulgaris* L.) z morfološkimi, biokemijskimi in molekulskimi markerji: doktorska disertacija. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, 134 str.
- Mikuž, F. 1967. Posebno žlahtnjenje rastlin, zelenjadnice. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, 127 str.
- 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., Meglič, V. 2016. 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*, 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
- Šuštar Vozlič, J., Maras, M., Javornik, B., Meglič, V. 2006. Genetic diversity and origin of Slovene common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm as revealed by AFLP markers and phaseolin analysis. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 131 (2): 242-249
- Šuštar-Vozlič, J., Maras, M., Munda, A., Zadražnik, T., Meglič, V. 2012. Raznolikost fižola v zbirki Kmetijskega inštituta Slovenije. *Acta agriculturae Slovenica*, 99 (3): 399-411

Vsebnost sekundarnih metabolitov – izoflavonov pri črni detelji (*Trifolium pratense* L.) za uporabo v farmacevtiki

Klavdija POKLUKAR¹⁵, Lovro SINKOVIČ¹⁶, Tanja ZADRAŽNIK¹⁷, Vladimir MEGLIČ¹⁸, Jelka ŠUŠTAR-VOZLIČ¹⁹

Izvleček

Črna detelja (*Trifolium pratense* L.) je pomembna krmna rastlina, v poljedelstvu pa je pomembna tudi zaradi sposobnosti simbiotske fiksacije dušika. V zadnjem času pridelovanje črne detelje na njivskih površinah pridobiva na pomenu, saj le-ta vsebuje veliko surovih beljakovin, številne vitamine in minerale. Črna detelja vsebuje tudi številne sekundarne metabolite, med katerimi so še posebej zanimivi izoflavoni, ki delujejo kot fitoestrogeni in s tem pomagajo pri lajšanju težav pri ženskah v menopavzi, težavah pri osteoporozi, astmatičnih težavah ter pri rakavih boleznih. Informacije o vsebnosti izoflavonov v slovenskih ekotipih in sortah bi bile nujne ter uporabne pri žlahtnjenju novih sort črne detelje. Črna detelja je visoko polimorfna diploidna vrsta z gametofitnim samoinkompatibilnim sistemom. Posledično je genetska raznolikost znotraj populacij zelo velika, med populacijami pa je genetska raznolikost manjša. S pomočjo morfološke in genetske karakterizacije raznolikosti slovenskih ekotipov črne detelje lahko pridobimo informacije, ki so potrebne v žlahtnjenju pri vzgoji novih sort. V prispevku so podani preliminarni rezultati analize izoflavonov slovenskih genskih virov črne detelje.

Ključne besede: črna detelja, genetska raznolikost, morfološka raznolikost, izoflavoni

Content of secondary metabolites - isoflavones in red clover (*Trifolium pratense* L.) for use in pharmaceuticals

Abstract

Red clover (*Trifolium pratense* L.) is an important forage crop for livestock and in arable farming, as it has the ability for symbiotic nitrogen fixation. Recently, the cultivation of red clover on arable fields is gaining in importance, since it contains high levels of crude proteins, many vitamins and minerals. Red clover contains several secondary metabolites, among which the most interesting are isoflavones. These act as phytoestrogens and thus help relieve the problems of women in menopause, difficulties with osteoporosis, asthma troubles and cancer diseases. Information on the isoflavones content of Slovenian ecotypes and varieties will be necessary and useful in further breeding of new varieties. Red clover is highly polymorphic diploid species with gametofit self-incompatibility system. Consequently, the genetic diversity within populations is very high, but there is less diversity between populations. Results of genetic and morphological characterization of Slovenian ecotypes of red clover can provide the information necessary for the breeding programs and exploitation of new varieties. In the paper preliminary results of the analysis of isoflavones of Slovene ecotypes of red clover are presented.

Key words: red clover, genetic diversity, morphological diversity, isoflavones

¹⁵ Dipl. bioteh. (UN), Študij biotehnologije, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana; e-pošta: klavdijapoklukar@gmail.com

¹⁶ Dr., Oddelek za poljedelstvo, vrtnarstvo, genetiko in žlahtnjenje, Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: lovro.sinkovic@kis.si

¹⁷ Dr., prav tam, e-pošta: tanja.zadraznik@kis.si

¹⁸ Izr. prof., dr., prav tam, e-pošta: vladimir.meglic@kis.si

¹⁹ Izr. prof., dr., prav tam, e-pošta: jelka.sustar-vozlac@kis.si

1 UVOD

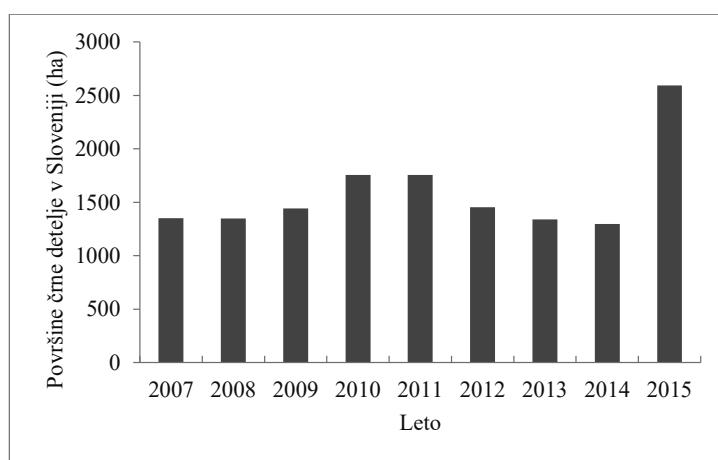
Liste črne detelje so v medicinske namene sprva uporabljali za zdravljenje najrazličnejših bolezni, kot so astma, oslovski kašelj, ekcemi ali rak (Krähmer in sod., 2013). Danes črna detelja velja za izredno bogat vir v vodi topnih sekundarnih metabolitov – predvsem izoflavonov, ki se uporabljajo kot alternativna hormonska terapija, za lajšanje simptomov menopavze, zniževanje krvnega holesterola ter pri zdravljenju luskavice, ekcemov in izpuščajev (Ramos in sod., 2007). Ekstrakti iz listov črne detelje so komercialno že na voljo v obliki bioaktivnih učinkovin. Visoke vsebnosti izoflavonov v črni detelji so v prehrani živali nezaželene, saj lahko povzročajo reproduktivne težave pri ovcah in kravah (Sivesind in Seguin, 2005).

Črna detelja (*Trifolium pratense* L.) je diploidna ($2n = 14$) tujeprašna rastlinska vrsta iz družine metuljnic (Fabaceae), vendar so sorte lahko tudi tetraploidne ($2n = 28$). Ima dvospolne cvetove, ki jih uspešno oprašujejo čmrlji (*Bombus* sp.) in nekatere divje čebele (npr. *Megachile rotundata*). Medonosne čebele (*Apis mellifera*) zaradi prekratkega rilčka oprašijo le od 10 do 30 % cvetov (Ivančič, 2002; Korošec, 1998). Zaradi tujeprašnosti je črna detelja znotraj in med populacijami ter sortami genetsko zelo variabilna (Čop, 2012; Grljušič in sod., 2008; Pagnotta in sod., 2011), saj je značilen gametofitni samoinkompatibilni sistem (Riday in Krohn, 2010). Z botaničnega vidika je črna detelja trajnica in lahko uspeva tudi do pet let (Korošec, 1998; Ulloa in sod., 2003). Raste lahko v različnih tipih tal, mešanih združbah, samostojno in v zelo različnih okoljskih razmerah. Črna detelja je pomembna rastlina v poljedelstvu in travništvu zaradi visokega pridelka zelene biomase, zmožnosti fiksacije dušika s pomočjo simbiotskih bakterij *Rhizobium* spp. (Smith in sod., 1985) in visoke krmne vrednosti. Na travnikih zmanjšuje potrebo po gnojenju z dušikom in izboljšuje hranilno vrednost travinja. Bogata je z beljakovinami, vitamini in rudninskimi snovmi (Kramberger, 2014). V svetu se največ črne detelje pridelava za krmo živali. Žlahtnjenje črne detelje je trenutno usmerjeno v povečevanje zelene biomase, na odpornost proti različnim boleznim in škodljivcem, prilagojenost na podnebne spremembe ter visok pridelek semena.

Na Kmetijskem inštitutu Slovenije (KIS) poteka vrednotenje vsebnosti izoflavonov pri izbranih genskih virih črne detelje. Obenem poteka tudi fenotipizacija in genotipizacija. Informacije o vsebnosti izoflavonov v genskih virih iz SRGB, ki so bili zbrani na različnih lokacijah po Sloveniji s specifičnimi rastnimi razmerami, bodo uporabne pri nadaljnjem žlahtnjenju novih sort.

2 ČRNA DETELJA V SLOVENIJI IN SLOVENSKI RASTLINSKI GENSKI BANKI (SRGB)

Pridelovanje črne detelje ima v Sloveniji več stoletno tradicijo; v okolici Ljubljane in drugod na Kranjskem naj bi jo sejali že okoli leta 1700 (Mikuž, 1973). V zadnjih letih se pridelava črne detelje povečuje. Površine, namenjene pridelavi črne detelje v Sloveniji, so se med letoma 2007 in 2014 v povprečju gibale med 1400 in 1600 ha (slika 1). V letu 2015 pa smo črno deteljo pridelovali že na skoraj 2.600 ha, kar je skoraj 100 % povečanje v primerjavi z letom 2014. Podoben trend se nadaljuje tudi v letu 2016 (Agencija RS..., 2007-2014; Agencija RS..., 2015). K povečanju pridelave so precej pripomogli ukrepi kmetijsko-okoljsko-podnebnih plačil (ukrepi KOPOP). V prihodnjih letih pa lahko ob pomoči kmetijske politike pričakujemo, da se bodo ob številnih pozitivnih lastnostih črne detelje pridelovalne površine še povečale.



Slika 1: Površine zemljišč (ha) s črno deteljo v Sloveniji v obdobju 2007-2015 (Agencija RS..., 2007-2014; Agencija RS..., 2015)

V Slovenski rastlinski genski banki (SRGB) na KIS in Biotehniški fakulteti se trenutno hrani 114 genskih virov črne detelje. S tem se ohranjajo številni pomembni genotipi ali aleli, ki bodo v prihodnjih letih lahko uporabni pri žlahtnjenju novih sort (Slovenska ..., 2016). V Sloveniji so na Sortno listo poljščin, zelenjadnic, sadnih rastlin in trte za leto 2016 vpisane tri sorte črne detelje: 'Poljanka', 'Zoja' in 'Global' (Sortna ..., 2016). Sorta 'Poljanka' je avtohtona slovenska sorta, ki je bila požlahtnjena v 70-letih prejšnjega stoletja na Kmetijskem Inštitutu Slovenije. V preteklosti je bilo avtohtonih sort črne detelje še več, med drugim 'Živa', ki pa danes ni več v pridelavi.

3 MORFOLOŠKA IN GENETSKA RAZNOLIKOST ČRNE DETELJE

Številni avtorji poročajo o veliki morfološki raznolikosti divjih tipov črne detelje ter manjši raznolikosti med samimi sortami. Dias in sod. (2008) so proučevali genetsko raznolikost 58 akcesij črne detelj iz 36 držav z uporabo 21 morfoloških lastnosti in 7 molekulskih SSP markerjev, ki so zbrane v jedrni genski zbirki NPGS-USDA, i.e. »National Plant Germplasm System of The United States Department of Agriculture«. Potrdili so visoko raznolikost pri populacijah za različne morfološke parametre, kot so površina listov, tip rasti, datum cvetenja, masa rastline in odpornost proti boleznim. Ugotovili so, da rastline z večjo površino listov kasneje cvetijo in imajo manjše cvetove kot rastline, ki cvetijo bolj zgodaj. Čop (2012) je na osnovi morfološke karakterizacije izbranih slovenskih ekotipov in sort iz Slovenske rastlinske genske banke (SRGB) ugotovil, da se pri črni detelji pojavlja ogromna raznolikost znotraj populacij, pri sortah pa je raznolikost nekoliko manjša. Pri ocenjevanju višine sta sorti 'Poljanka' in 'Živa' v povprečju višji od ostalih ekotipov, ki so shranjeni v SRGB. Tucak in sod. (2013) so pri ocenjevanju morfološke raznolikosti sort in populacij črne detelje prav tako opazili precejšno raznolikost med populacijami ter sortami črne detelje. Ugotovili so pozitivno korelacijo med količino zelene in suhe biomase ter korelacijo med zeleno biomaso in višino rastline, številom internodijev ter širino in dolžino osrednjega lista. Pri žlahtnjenju detelje za specifično lastnost je potrebno poznavanje povezav med različnimi lastnostmi, saj intenzivna selekcija na eno lastnost lahko vpliva na druge zelene ali nezelene lastnosti.

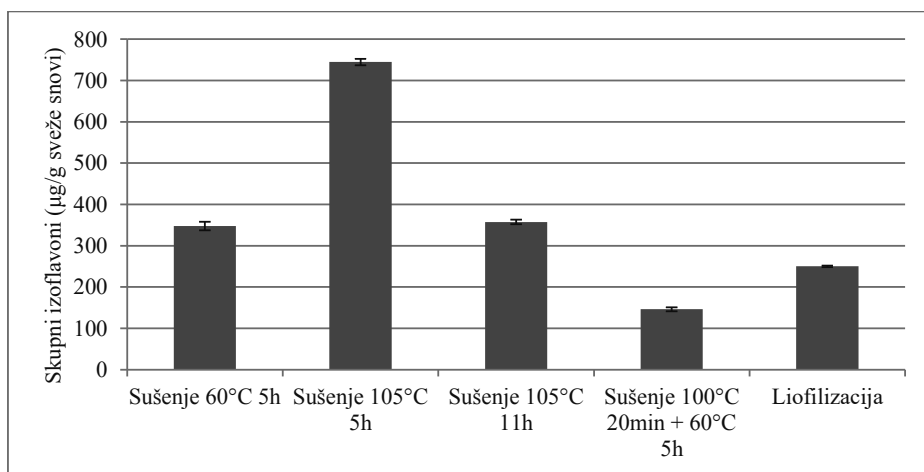
Za proučevanje genetske raznolikosti črne detelje so se v preteklosti večinoma uporabljali markerji naključno pomnožene polimorfne DNA (RAPD markerji) (Ulloa in sod., 2003) in polimorfizem dolžin namnoženih fragmentov (AFLP markerji) (Köllicker in sod., 2001), trenutno pa se največ uporabljajo mikrosatelitni markerji, saj je z njimi zaradi njihove kodominantne narave možno določiti večjo stopnjo polimorfizmov (Pagnotta in sod., 2011; Dugar in Popov, 2013). Različni avtorji poročajo o visoki genetski raznolikosti znotraj posameznih sort, krajevnih populacij, divjih sorodnikov ter drugimi genskimi viri (Ulloa in sod., 2003; Pagnotta in sod., 2011). Raznolikost med avtohtonimi populacijami in sortami je nižja kot znotraj samih populacij (Dugar in Popov, 2013; Dias in sod., 2008). V Sloveniji je na Kmetijskem inštitutu Slovenije in na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v letu 2013 potekala raziskava genetske raznolikosti črne detelje iz SRGB. S pomočjo mikrosatelitnih markerjev so proučili različne ekotipe iz različnih lokacij po Sloveniji. Potrdili so veliko genetsko raznolikost znotraj populacij ter manjšo genetsko raznolikost med populacijami (Meglič in sod., 2013). Trenutno na Kmetijskem inštitutu Slovenije poteka vrednotenje morfološke in genetske raznolikosti izbranih ekotipov črne detelje iz SRGB, vendar so trenutni rezultati še v fazi obdelave.

4 VSEBNOSTI SEKUNDARNIH METABOLITOV

Črna detelja vsebuje številne flavonoide, predvsem izoflavone, flavone in flavonole. Flavonoidi so široko razširjena in izredno raznolika skupina polifenolov, ki poleg številnih drugih funkcij rastlino ščitijo pred UV sevanjem in delujejo kot barvila pri rastlinah. V medicini se flavonoidi uporabljajo pri zdravljenju rakavih obolenj in srčnih boleznih (Taujenis in sod., 2015), zadnje čase pa se na trgu pojavlja vedno več prehranskih fitoestrogenskih dodatkov z ekstrakti črne detelje. Črna detelja postaja vedno bolj prepoznavna zaradi visoke vsebnosti v vodi topnih izoflavonov, na katerih v zadnjem času poteka vedno več kliničnih študij za alternativno zdravljenje simptomov menopavze. Izoflavoni se selektivno vežejo na β -estrogenski receptor. Pri tem pozitivno vplivajo na kardiovaskularni sistem, se uporabljajo pri preventivi in zdravljenju raka, lajšajo simptome menopavze, uporabljajo pa se tudi pri zdravljenju osteoporoze. Izoflavoni lahko delujejo tudi kot hormonski motilci. Vsebnost izoflavonov v črni detelji se določa s tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti (HPLC), tekočinsko kromatografijo sklopljeno z masno spektrometrijo (LC-MS) (Taujenis in sod., 2015; Gikas in sod., 2008) ali z infrardečo spektroskopijo (NIRs) (Krähermer in sod., 2013). Izoflavoni se v črni detelji nahajajo kot aglikoni, glikozidi ali glukozid malonadni estri (Swinny in sod., 2005). Oblika posameznih izoflavonov vpliva na dostopnost in aktivnost v telesu (Taujenis in sod., 2015). Raziskave kažejo, da črna detelja vsebuje največ formononetina in biochanina A, za razliko od soje, ki vsebuje največ daidzeina, gliciteina in genisteina (Delmonte in sod., 2006). Črna detelja vsebuje tudi izoflavone daidzein, daidzin, genistin, genistein, ononin, glicitein, sisotrin, prunetin, pseudobaptigenin, irilon, calcicosin in pratensein (Booth in sod., 2006; Sivesind in Seguin, 2006; Tsao in sod., 2006; Gikas in sod., 2008). Zaradi velike genetske raznolikosti in okoljskih dejavnikov je vsebnost izoflavonov med posameznimi populacijami in sortami zelo različna (Sivesind in Seguin, 2006). Gikas in sod. (2008) poročajo, da je vsebnost izoflavonov največja v vegetativni fazi, najmanj pa v fazi cvetenja. Tsao in sod. (2006) pa ugotavljajo, da je največ izoflavonov na koncu cvetenja, veliko manj pa v fazi tik pred cvetenjem. Način priprave črne detelje pri žetvi in po žetvi ter shranjevanje vzorcev vplivajo na profil glukozidov in njihovih konjugatov (Ramos in sod., 2008). Swinny in Ryan (2005) ugotavljata, da s procesom liofilizacije inhibiramo β -glukozidaze, zato se glukozidi ne pretvarjajo v aglikone. Pri vakuumskem sušenju se večji

delež izoflavonov pretvori v aglikonsko obliko, sušenje v sušilniku pri konstantni temperaturi pa spodbuja dekarboksilacijo malonil glukozidov v acetil glukozide. UV-B sevanje poveča vsebnost izoflavonov v detelji (Swinny in Ryan, 2005), na profil in vsebnost pa vplivajo tudi biotski stres, čas žetve, geografska lokacija, fotoperioda dnevne svetlobe, vreme in rodovitnost tal (Booth in sod., 2006). Tsao in sod. (2006) so največjo skupno vsebnost izoflavonov našli v listih, najmanj pa v cvetovih črne detelje. Vsebnost in profil izoflavonov so lahko pri nekaterih prehranskih dopolnilih iz ekstraktov črne detelje zelo variabilni, kar kasneje vpliva na stopnjo absorpcije in na metabolizem izoflavonov pri uživanju le-teh (Wang in sod., 2008). Omenjene razlike v vsebnosti in dostopnosti izoflavonov iz črne detelje kažejo, da je še precej nejasnosti, zato so potrebne nadaljnje raziskave, ki bodo nadgradile znanje na tem področju.

V letu 2016 smo na Kmetijskem inštitutu Slovenije začeli študijo, katere namen je ovrednotiti izbrane genske vire črne detelje iz zbirke SRGB na KIS na vsebnost izoflavonov. Zaradi neenotnih protokolov predpriprave vzorcev črne detelje, smo v preliminarni raziskavi preizkusili različne temperature in čas sušenja vzorcev. Uporabili smo liste črne detelje sorte 'Poljanka' v fazi pred cvetenjem, ki smo jo vzgojili v poljskem poskusu na lokaciji Infrastrukturnega centra Jabolje. Preizkusili smo pet različnih načinov sušenja: sušenje pri 60 °C/5 h; sušenje pri 105 °C/5 h; sušenje pri 105 °C/11 h; sušenje pri 100 °C/20 min + za 60 °C/5 h; in liofilizacijo. V vzorcih smo določili % sušine in jih homogenizirali z mletjem s pomočjo krogličnega mlina (Retsch MM 400). LC-MS/MS analizo smo izvedli na sistemu HPLC (Agilent 1290, Waldbronn, Nemčija) sklopljenim z Triple Quadropole LC-MS/MS. Za ekstrakcijo izoflavonov smo uporabili 10 mg homogeniziranega vzorca, dodali 1 ml 70 % metanola in sonificirali 1 h pri sobni temperaturi. Uporabili smo naslednje standarde za različne oblike izoflavonov proizvajalca Sigma (St. Louis, MO, USA): daidzein, genistein, prunetin, daidzin, ononin, genistin, glicitin, formononetin in biochanin A. Na sliki 4 so prikazane vsebnosti skupnih izoflavonov v odvisnosti od načina sušenja. Za najboljši način se je izkazalo sušenje pri 105 °C/5 h, saj je bila vsebnost skupnih izoflavonov daleč najvišja. Prevladujoči izoflavoni v črni detelji so bili formononetin, biochanin A in ononin, v manjši meri pa so bili prisotni prunetin, daidzin ter genistin. Vsebnost daidzeina, genisteina in glicitina je bila pod mejo detekcije.



Slika 4: Vsebnost skupnih izoflavonov (µg/g sveže mase) v črni detelji sorte 'Poljanka' v odvisnosti od načina sušenja oz. predpriprave vzorca

5 SKLEPI

Črna detelja je zelo bogat vir fitoestrogenskih izoflavonov, ki se v zadnjem času pojavljajo pri zdravljenju s starostjo povezanih in hormonsko odvisnih bolezni, zato so informacije o vsebnosti in samem profilu izoflavonov izredno uporabne pri nadaljnjem žlahtnjenju. Vsebnosti izoflavonov v genskih virih črne detelje in v posameznih fenofazah namreč izredno variirajo. Še posebej pomembno je, kako ravnamo z vzorci v fazi sušenja za nadaljnje analize, kar se je pokazalo tudi v našem primeru, saj so se vsebnosti skupnih izoflavonov pri petih različnih načinih sušenja močno razlikovale. Kot najboljši način se je izkazalo sušenje pri 105 °C/5 h. Na osnovi preliminarnih rezultatov predstavljene študije obstaja potencial za komercialno izkoriščanje izoflavonov v farmacevtiki, zato bomo s podrobnejšimi analizami nadaljevali v letu 2017. Preučili bomo, kakšna je vsebnost skupnih in posameznih izoflavonov med sortami in znotraj populacije ter preverili koliko je le teh v posameznih fenofazah (pred cvetenjem, cvetenje, po cvetenju). S poznavanjem genetske in morfološke raznolikosti črne detelje lahko določimo najbolj obetavne genske vire in lastnosti za bodoče žlahtnjenje. Na podlagi preliminarnih rezultatov raznolikosti slovenskih ekotipov črne detelje smo do sedaj ugotovili, da je zaradi tujeprašne narave črne detelje morfološka in genetska raznolikost znotraj in med ekotipi ter sortami velika.

Zahvala. Zahvaljujemo se dr. Špeli Velikonja Bolta za pomoč pri izvedbi LC-MS/MS analiz. Raziskava je bila opravljena s pomočjo sredstev ARRS, PS 'Agrobiodiverziteta' (P4-0072) ter opreme IS 'Ekofiziologija in varstvo okolja'.

6 LITERATURA

- Agencija RS za kmetijske trge in razvoj podeželja, baza Ukrepov, atributni podatki D obrazca zbirne vloge. 2007 – 2014
- Agencija RS za kmetijske trge in razvoj podeželja, baza Zahtev, atributni podatki obrazca zbirne vloge za glavni posevek. 2015
- Booth, N.L., Overk, C.R., Yao, P., Totura, S., Deng, Y., Bolton, J.L., Pauli, G.F., Farnsworth, N.R. 2006. Seasonal variation of red clover (*Trifolium pratense* L., Fabaceae) isoflavones and estrogenic activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 1277-1282
- Čop, J. 2012. Genska banka trpežne ljujke in črne detelje v Sloveniji. *Acta agriculturae Slovenica*, 99, 3: 339–346
- Gikas, E., Alesta, A., Economou, G., Karamanos, A., Tsarbopoulos, A. 2008. Determination of isoflavones in the aerial part of red clover by HPLC-diode array detection. *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies*, 31, 1181-1194
- Grljušič, S., Bolarić, S., Popović, S., Čupić, T., Tucak, M., Kozumplik, V. 2008. Comparison of morphological and RAPD markers in evaluation of red clover (*Trifolium pratense* L.) changes caused by natural selection. *Periodicum Biologorum*, 110, 3: 237-242
- Delmonte, P., Perry, J., Rader, J. I. 2006. Determination of isoflavones in dietary supplements containing soy, Red Clover and kudzu: Extraction followed by basic or acid hydrolysis, *Journal of Chromatography A*, 1107, 59-69
- Dias, P.M.B., Julier, B., Sampoux, J., Barre, P., Dall'Agnol, M. 2008. Genetic diversity in red clover (*Trifolium pratense* L.) revealed by morphological and microsatellite (SSR) markers. *Euphytica*, 160: 189–205
- Dugar, Y.N., Popov, V.N. 2013. Genetic structure and diversity of Ukrainian red clover cultivars revealed by microsatellite markers. *Open Journal of Genetics*, 3: 235-242
- Ivančič, A. 2002. Osnove rastlinske hibridizacije. Maribor, Fakulteta za kmetijstvo: 672 str.
- Korošec, J. 1998. Pridelovanje krme na travinju in njivah. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 279 str.

- Kramberger, B. 2014. Pomen metuljnic za pridelovanje krme na travinju. Naše travinje, 8: 3–4
- Klejduš, B., Vitamvásová-Štěrbová, D., Kubán V. 2001. Identification of isoflavone conjugates in red clover (*Trifolium pratense*) by liquid chromatography-mass spectrometry after two-dimensional solid-phase extraction. *Analytica Chimica Acta*, 450, 81-97
- Kölliker, R., Jones, E. S., Jahufer, M. Z. Z., Forster, J. W. 2001. Bulk AFLP analysis for the assessment of genetic diversity in white clover (*Trifolium repens* L.). *Euphytica*, 121: 305–315
- Krähmer, A., Gudi, G., Weiher, N., Gierus, M., Schütze, W., Schulz, A. 2013. Characterization and quantification of secondary metabolite profiles in leaves of red and white clover species by NIR and ATR-IR spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, 68: 96-103
- Meglič, V., Lukač, B., Maras, M., Rudolf Piliš, K., Rutar, R., Šušteršič, M., Šuštar-Vozlič, J., Ugrinović, K., Velikonja-Bolta, Š., Verbič, J., Žnidaršič-Pongrac, V., Gselman, A., Kramberger, B., Podvršnik, M., Čop, J., Štajner, N. 2013. Analiza avtohtonega materiala izbranih vrst metuljnic kot pomoč pri ohranjanju biodiverzitete in žlahtnjenju v spreminjajočih se podnebnih razmerah. Končno poročilo. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije, Biotehniška fakulteta, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede: 55 str.
- Mikuž, F. 1973. Posebno žlahtnjenje rastlin –Detelje in trave. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana: 7-52
- Mosjidis, J.A., Kligler, K.A. 2006. Genetic diversity in the core subset of the US red clover germplasm. *Crop Science*, 46: 758-762
- Pagnotta, M.A., Annicchiarico, P., Farina, A., Proietti, S. 2011. Characterizing the molecular and morphophysiological diversity of Italian clover. *Euphytica*, 179: 393-404
- Ramos, G.P., Dias, P.M.B., Morais, C.B., Fröhlich, P.E., Dall'Agnol, M., Zuanazzi, J.A.S. 2008. LC determination of four isoflavone aglycones in red clover (*Trifolium pratense* L.). *Chromatographia*, 67: 125-129
- Riday, H., Krohn, A.L. 2010. Genetic map-based location of the red clover (*Trifolium pratense* L.) gametophytic self-incompatibility locus. *Theoretical and Applied Genetics*, 121: 761-767
- Sivesind, E., Seguin, P. 2005. Effects of the environment, cultivar, maturity, and preservation method on red clover isoflavone concentration. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 53, 16: 6397-6402
- Slovenska rastlinska genska banka. 2016. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo in Kmetijski inštitut Slovenije (izpis iz baze podatkov; oktober 2016)
- Smith, R.R., Taylor, N.L., Bowley, S.R. 1985. Red clover. In: Taylor N.L. (ed.), *Clover science and technology*. Agron: 457-470.
- Sortna lista poljščin, zelenjadnic, sadnih rastlin in trte za leto 2016. 2016. Republika Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Uprava Republike Slovenije za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin: 31 str.
- Swinny, E.E., Tyan, K.G. 2005. Red clover *Trifolium pratense* L. phytoestrogens: UV-B radiation increases isoflavone yield, and postharvest drying methods change the glucoside conjugate profiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 8273-8278
- Taujenis, L., Padaraukas, A., Mikaliuniene, J., Cesevičiene, J., Lemežiene, N., Butkute, B. 2015. Identification of isoflavone and their conjugates in red clover by liquid chromatography coupled with DAD and MS detectors. *Chemija*, 26, 2:107-112
- Tsao, R., Papadopoulos, Y., Yang, R., Young, J. C., McRae, K. 2006. Isoflavone profiles of red clovers and their distribution in different parts harvested at different growing stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 5797-5805
- Tucak, M., Popović, S., Čupić, T., Španić, V., Meglič, V. 2013. Variation in yield, forage quality and morphological traits of red clover (*Trifolium pratense* L.) breeding populations and cultivars, *Zemdirbyste-Agriculture*, 100, 1: 63-70
- Ulloa, O., Ortega, F., Campos, C. 2003. Analysis of genetic diversity in red clover (*Trifolium pratense*) breeding populations as revealed by RAPD markers. *Genome*, 46: 529–535
- Wang, S.W.J., Chen, Y., Joseph, T., Hu, M. 2008. Variable isoflavone content of red clover products affects intestinal disposition of biochanin A, formononetin, genistein, and daidzein. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 14, 3: 287-297

Styrian Cardinal in Styrian Wolf – novi tržno zanimivi sorti hmelja

Andreja ČERENAK²⁰, Sebastjan RADISEK²¹, Iztok JOŽE KOŠIR²², Monika OSET LUSKAR²³

Izvleček

V letih od 2014 do 2016 smo na IHPS preizkušali dve novi sorti hmelja, ki sta bili leta 2016 tudi registrirani kot Styrian Cardinal in Styrian Wolf. V poljskih poskusih smo na treh lokacijah ugotavljali količino in kakovosti pridelka ter odpornost na bolezni. Pokazalo se je, da imata obe sorti pozitivne vrednosti vsebnosti alfa-kislin in količine pridelka ter izražata razločljivo dišavno aromo. Glede na njuno organoleptično oceno in pivovarsko vrednost so ju zelo dobro sprejeli slovenski pivovarji in pivovarska industrija po svetu.

Ključne besede: *Humulus lupulus*, hmelj, sorte, agronomske lastnosti, uporabna vrednost

Styrian Cardinal and Styrian Wolf – new interesting hop varieties for the market

Abstract

Two new hop varieties were tested from 2014 to 2016 at Slovenian Institute of Hop Research and Brewing, in 2016. They have been registered as Styrian Cardinal and Styrian Wolf. The yield and its quality and disease resistances were studied in field trials on three locations. It has been shown that both varieties have positive values regarding the alpha-acid content and yield, and they have distinctive flavour aroma. Based on their organoleptic and brewing value they were very well accepted by Slovenian craft brewers and worldwide brewing industry.

Key words: *Humulus lupulus*, hop, varieties, agronomy traits, market value

1 UVOD

Na inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije poteka vzgoja novih sort hmelja od leta 1952, to je od ustanovitve inštituta dalje. V tem času smo vzgojili 18 novih sort hmelja. Progam žlahtnjenja hmelja je uspešen tudi v zadnjih letih, saj smo v zadnjih 10 letih registrirali 6 sort hmelja, ki so v pridelavi v slovenskih hmeljiščih. V zadnjem letu smo na sortno listo vpisali sorti Styrian Cardinal in Styrian Wolf, ki obe spadata med novejšo klasifikacijo t.i. dišavnih sort hmelja, katerih značilnost je netipična hmeljska in močna sadno-cvetlična aroma, ki se odraža tudi v različnih tipih piv.

2 MATERIAL IN METODE

Metodologijo vzgoje novih sort hmelja v okviru žlahtnjenja hmelja smo že večkrat predstavili (Čerenak in sod. 2008, 2009, 2010; Čerenak in Košir, 2013). Po odbiri starševskih komponent za križanja, križanjih, vzgoji sejančkov in množični selekciji na najpomembnejše bolezni (Radišek in sod., 2007) smo uvedli tudi določanje spola sejančkom hmelja z molekulsko metodo (Čerenak in sod., 2015a; Čerenak in sod., 2015b). V hmeljiščih inštituta v nadaljnjih 10 letih ponovno odbiramo križance, le-ti so posajeni tudi v primerjalnih poskusih. Po oceni

²⁰ Doc. dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: andreja.cerenak@ihps.si

²¹ Dr., prav tam, e-pošta: sebastjan.radisek@ihps.si

²² Doc. dr., prav tam, e-pošta: iztok.kosir@ihps.si

²³ Univ. dipl. inž. kmet, prav tam, e-pošta: monika.oset-luskar@ihps.si

njihove pivovarske vrednosti ter skladiščne obstojnosti nastopi izbor tistih križancev, ki so primerni za preverjanje na treh lokacijah, torej z določanjem vrednosti za pridelavo in uporabo (VPU), kar je del registracije novih sort hmelja.

Poskus preizkušanja vrednosti za pridelavo in uporabo sort v preizkušanju 30/96 (Styrian Cardinal) in 74/134 (Styrian Wolf) je bil izvajan na treh različnih lokacijah: Žalec, Gomilsko in Turiška vas. V poskusu je bila posajena standardna sorta Aurora. Sadilni material je bil na vseh lokacijah posajen spomladi 2013. Preverjanje sort v preizkušanju je potekalo v letih 2014 in 2015. Vrednotenje poskusa je potekalo po metodi za preizkušanje vrednosti za pridelavo in uporabo (VPU) sort hmelja (UVHVVR-VPU/1/2), preizkušanje razločljivosti, izenačenosti in nespremenljivosti (RIN) pa po metodi, ki je v skladu tehničnim protokolom Urada Skupnosti za rastlinske sorte (dokument CPVO/TQ-227EN 15/11/2006).

Vsa poskusna hmeljišča so bila v letih preizkušanja obdelovana v skladu z ustaljeno tehnologijo pridelave ter z manjšimi odstopanji varovana v skladu z navodili opazovalno napovedovalne službe zdravstvenega varstva rastlin na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. Testiranje odpornosti na karantensko bolezen verticilijsko uvelost hmelja smo opravili na prostorsko izolirani Raziskovalni postaji IHPS z umetnimi okužbami z glivo *V. albo-atrum* patotip PG2, ki povzroča letalno obliko te bolezni. Z namenom dopolnitev ocen odpornosti na foliarne bolezni iz preizkusnih nasadov smo v letu 2016 izvedli testiranja tudi z umetnimi okužbami v rastlinjaku in v poljskih razmerah v ukorenišču.

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

3.1 Rast in razvoj rastlin

Na podlagi dvoletnih opazovanj smo zaključili, da so v vseh nasadih rastline sort Styrian Cardinal in Styrian Wolf do tehnološke zrelosti razvile cilindrično-kijasto obliko habitusa. Posebno negativnih odstopanj pri rasti in razvoju rastlin nismo opazili. Pri Styrian Cardinalu sta bili fenofazi razvoja začetek pojava cvetnih nastavkov in cvetenja v obeh letih opaženi v zamiku tedna dni v primerjavi s sorto Aurora, pri Styrian Wolfu pa do deset dni kasneje. Tehnološko zrelost so rastline Styrian Cardinala dosegle v povprečju v zadnjih dneh avgusta, oziroma prvih dneh septembra, zato spada sorta med srednje pozne sorte, medtem ko spada Styrian Wolf med pozne sorte, saj tehnološko dozori v prvi dekadi septembra. Karakteristike storžka (videz, zraščenos, aroma) so pri obeh sortah pozitivne, pri Styrian Wolfu so storžki značilno zbiti.

3.2 Količina pridelka, vsebnost alfa-kislin in aroma

Sorti v preizkušanju sta na vseh treh lokacijah v letu 2014 dosegli nižje in v letu 2015 v povprečju višje pridelke kot standardna sorta Aurora, vendar niso bili statistično značilni. Vsebnosti alfa-kislin obeh kandidatki so bile glede na sorto Aurora relativno višje v obeh letih, Styrian Cardinal statistično značilno v letu 2014 na eni lokaciji in v letu 2015 na dveh lokacijah (preglednica 1), medtem ko Styrian Wolf statistično značilno višje v obeh letih (preglednica 2).

Na osnovi analize eteričnega olja lahko rečemo, da imata obe sorti v preizkušanju specifično sestavo eteričnega olja, ki je različna od standardnih sort Savinjski golding, Aurora in Celeia. Pri organoleptični oceni suhih storžkov smo zasledili posebnost v vonju in sicer imata sorti izrazito izraženo sadno aromo. Pri Styrian Cardinalu smo zaznali več citrusnih not s

poudarkom na ananasu, pomaranči, limeti in mentolu, pri Styrian Wolfu pa izrazitejšo aromo tropskih sadežev s poudarkom na pasijonki, mango, meloni, limonski travi in mentolu.

Preglednica 1: Povprečje, standardni odklon ter koeficient variance za sorto Styrian Cardinal ter standardno sorto Aurora na lokacijah Žalec, Gomilsko in Turiška vas za pridelek (zračno suhih storžkov preračunan na 11% vlage v kg) in vsebnost alfa-kislin (% v SS); sklop 10 naključno izbranih rastlin; leto 2015

Sorta	Pridelek (kg)			Vsebnost alfa-kislin (% v SS)		
	X _{pov}	SD	KV (%)	X _{pov}	SD	KV (%)
Žalec						
Aurora	2,78a	0,90	32,25	7,53a	1,07	14,19
Styrian Cardinal	3,50a	0,39	11,23	8,30a	0,70	8,43
Gomilsko						
Aurora	6,04a	0,43	7,19	10,07a	0,15	1,52
Styrian Cardinal	7,47a	1,28	17,14	11,53b	0,42	3,61
Turiška vas						
Aurora	7,09a	0,71	10,0	10,27a	0,15	1,49
Styrian Cardinal	8,52a	2,09	24,55	11,87b	0,42	3,51

a – enaka črka znotraj stolpca pomeni, da se obravnavanji med seboj statistično značilno ne razlikujeta (Duncan-ov test mnogoterih primerjav, $p < 5 \%$)

Preglednica 2: Povprečje, standardni odklon ter koeficient variance za sorto Styrian Wolf ter standardno sorto Aurora na lokacijah Žalec, Gomilsko in Turiška vas za pridelek (zračno suhih storžkov preračunan na 11% vlage v kg) in vsebnost alfa-kislin (% v SS); sklop 10 naključno izbranih rastlin, leto 2015

	Pridelek (kg)			Vsebnost alfa-kislin (% v SS)		
	X _{pov}	SD	KV (%)	X _{pov}	SD	KV (%)
Žalec						
Aurora	2,78a	0,90	32,25	7,53a	1,07	14,19
Styrian Wolf	3,31a	0,39	11,65	12,70b	0,53	4,17
Gomilsko						
Aurora	6,04a	0,43	7,19	10,07a	0,15	1,52
Styrian Wolf	6,40a	0,42	13,24	17,80b	0,10	0,56
Turiška vas						
Aurora	7,09a	0,71	10,0	10,27a	0,15	1,49
Styrian Wolf	7,27a	0,45	6,18	16,57b	0,72	4,37

a – enaka črka znotraj stolpca pomeni, da se obravnavanji med seboj statistično značilno ne razlikujeta (Duncan-ov test mnogoterih primerjav, $p < 5 \%$)

3.3 Pojav bolezni in škodljivcev

Odpornost smo določali z opazovanjem in ocenjevanjem pojava bolezni, škodljivcev in fiziopatij v preskusnih nasadih, kjer je varstvo rastlin potekalo v skladu z navodili opazovalno napovedovalne službe IHPS. Poleg opazovanj v nasadih smo izvedli tudi nadzorovana testiranja odpornosti z umetnimi okužbami rastlin, ki so manj odvisna od pojava bolezni v

nasadih. Odpornost sort Styrian Wolf in Styrian Cardinal (preglednica 3) smo določili na osnovi primerjave s sortami z znano odpornostjo.

Preglednica 3: Odpornost sort Styrian Wolf in Styrian Cardinal na pomembnejše bolezni hmelja

Bolezen	Odpornost	
	Styrian Wolf	Styrian Cardinal
Verticilijska uvelost – blaga oblika	Srednja	Srednja
Verticilijska uvelost – letalna oblika	Nizka	Nizka
Hmeljeva peronospora – <i>primarna okužba</i>	Nizka	Srednja
Hmeljeva peronospora – <i>sekundarna okužba</i>	Visoka	Visoka
Hmeljeva pepelovka	Visoka	Srednja
Hmeljeva cerkosporna pegavost	Srednja	Srednja

Hmeljeva peronospora (*Pseudoperonospora humuli*)

Pojav primarne okužbe je bil pri Styrian Cardinalu primerljiv sorti Aurora, ki spada med srednje odporne, medtem ko je bil pri Styrian Wolfu primerljiv sorti Savinjski golding, ki spada med občutljive sorte. Povečan pojav primarne okužbe, ki je presegel prag škodljivosti je bil po uporabi fungicidov ustrezno saniran. Ocenjevanja sekundarnih okužb listja in storžkov so pri obeh sortah pokazala visoko odpornost.

Hmeljeva pepelovka (*Sphaerotheca humuli*)

Na osnovi pregledov nasadov, laboratorijskega pregleda storžkov in testiranj smo podali oceno, da sorta Styrian Wolf izraža visoko stopnjo odpornosti, medtem ko smo sorto Styrian Cardinal uvrstili med sorte s srednjo odpornostjo.

Verticilijska uvelost hmelja (*Verticillium albo-atrum*)

Na osnovi rezultatov umetnega okuževanja in primerjave s testnimi sortami, sorta Styrian Cardinal izraža občutljivost do srednje odpornost na letalni patotip PG2 glive *V. albo-atrum* in srednje odpornost na blagi patotip PG1 glive *V. albo-atrum*, medtem ko je se je sorta Styrian Wolf v istih poskusih izkazala za zelo občutljivo na letalni patotip PG2 glive *V. albo-atrum* in srednje odpornost na blagi patotip PG1 glive *V. albo-atrum*.

Ostale bolezni

Prisotnost infekcij gliv *Phoma exigua*, *Alternaria alternata*, *Cercospora cantuariensis* in *Fusarium* spp. v nasadih preskušanja nismo opazili v večjem obsegu. V okviru testiranj v ukorenitšču smo v letu 2016 zaznali pojav *C. cantuariensis*, pri čemur sta sorti v primerjavi z referenčnimi sortami izrazili srednjo odpornost. Pojava virusnih in viroidnih obolenj v nasadih nismo zaznali.

Fiziopatije

V letu 2014 smo opazili manjši pojav priraščencev pri sorti Styrian Cardinal, medtem ko v 2015 nismo zaznali fiziopatij pri nobeni sorti v poskusu.

Pojav škodljivcev

Pri opazovanju pojava škodljivcev v nasadih preizkušanja VPU nismo ugotovili posebnosti.

4 SKLEPI

Žlahtnjenje hmelja na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) je bilo v zadnjih letih ponovno uspešno, za Dano, Styrian goldom, Styrian Eureka in Styrian Eaglom smo v lanskem letu registrirali še sorti Styrian Cardinal in Styrian Wolf. Postopek vpisa

zaključuje sorta v preizkušanju z oznako 214/61, medtem ko 4 še nadaljujejo preverjanje v letu 2017.

Sorti Styrian Cardinal in Styrian Wolf sta zelo dobro skladiščno obstojni, zaradi zanimive tržne vrednosti, ki se kaže v hlapnih komponentah eteričnega olja in s tem njuni aromi svetujemo skladiščenje brez prisotnosti kisika in pri temperaturi od 0 – 4 °C. S strani pivovarjev doma in po svetu sta zelo dobro sprejeti, pivo varjeno z njunim hmeljenjem proizvajajo tako slovenski pivovarji in v ostalih državah po svetu. Posledično se tudi njuna pridelava v Sloveniji letno povečuje. Sorti sta v postopku zaščite intelektualne lastnine.

5 LITERATURA

- Čerenak, A., Jakše, J., Kolenc, Z., Škof, S., Koutoulis, A., Whittcock, S.P., Javornik, B. 2015a. Določanje spola sejancem hmelja z uporabo moško specifičnih molekulskih markerjev = Determination of sex in hop seedlings by using male-specific molecular markers. V: Čeh, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2015 : zbornik simpozija, Laško, [29. in 30. januar] 2015 = New challenges in agronomy 2015 : proceedings of symposium, [Laško, 2015]*. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, 2015, str. 157-161
- Čerenak, A., Jakše, J., Kolenc, Z., Škof, S., Koutoulis, A., Whittcock, S., Javornik, B. 2015b. Support of molecular approaches in classical hop breeding. V: Jakše, Jernej (ur.), et al. *Genetika 2015 : book of abstracts, 7th Congress of the Genetic Society of Slovenia and 7th Meeting of the Slovenian Society of Human Genetics, 20-23 September 2015, Rogaška Slatina, Slovenia*. Ljubljana: Genetic Society of Slovenia: The Slovenian Society of Human Genetics, 2015, str. 11
- Čerenak, A., Košir, I. J. 2013. Dišavne sorte hmelja - nov trend v pivovarstvu = Flavour hops - new trend in brewing industry. V: Čeh, Barbara (ur.), Dolničar, Peter (ur.), Mihelič, Rok (ur.). *Novi izzivi v agronomiji 2013 : zbornik simpozija, Zreče, [24. in 25. januar] 2013 = New challenges in agronomy 2013 : proceedings of symposium, [Zreče, 2013]*. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, 2013, str. 105-110
- Čerenak, A., Oset Luskar, M., Radišek, S., Košir, I.J. 2008. Rezultati žlahtnjenja novih sort hmelja in cilji v prihodnje = The results of new hop variety breeding with future aspects. V: Rak Cizej, Magda (ur.), Čeh, Barbara (ur.). *Zbornik simpozija = Proceedings of seminar, 45.Seminar o hmeljarstvu z mednarodno udeležbo = 45th Hop Seminar with International Participation, Portorož, 5. in 6. marec 2008. Žalec: Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije: = Slovenian Institute of Hop Research and Brewing: = Slowenisches Institut für Hopfenanbau und Brauereiwesen, 2008, str. 55-60*
- Čerenak, A., Radišek, S., Košir, I. J. 2009. Razvoj slovenskih sort hmelja - pomemben dejavnik za obstoj hmeljarske dežele = Development of Slovenian hop varieties - an important factor for existence of hop country. V: Rak Cizej, Magda (ur.), Čeh, Barbara (ur.). *Zbornik seminarja = Proceedings of seminar. Žalec: Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije: = Slovenian Institute of Hop Research and Brewing: = Slowenisches Institut für Hopfenanbau und Brauereiwesen, 2009, str. 88-98*
- Čerenak, A., Radišek, S., Košir, I. J., Oset Luskar, M. 2010. Razvoj slovenskih sort hmelja = Development of Slovenian hop varieties. V: Rak Cizej, Magda (ur.), Čeh, Barbara (ur.). *Zbornik seminarja = Proceedings of seminar. Žalec: Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije: = Slovenian Institute of Hop Research and Brewing: = Slowenisches Institut für Hopfenanbau und Brauereiwesen, 2010, str. 9-15*
- Radišek, S., Čerenak, A., Javornik, B. 2007. Selection methods in hop disease resistance breeding in Slovenia. V: *Proceedings of the Scientific Commission [of the] CICH - IHB - IHGC, International Hop Growers' Convention, Tettnang, Germany, 24-28 June 2007, (Proceedings of the Scientific Commission (International Hop Growers' Convention, ISSN 1814-2192). [S. l.: Scientific Commission, I.H.G.C., 2007, str. 26-29*

'Češnjevec pisani visoki' in 'Lišček rdeči marmorirani': novi ohranjevalni sorti fižola vpisani v Sortno listo Republike Slovenije

Jelka ŠUŠTAR-VOZLIČ²⁴, Kristina UGRINOVIC²⁵, Alenka MUNDA²⁶, Vladimir MEGLIČ²⁷

Izvleček

Zbirka fižola, ki jo na Kmetijskem inštitutu Slovenije hranimo v okviru Slovenske rastlinske genske banke in vsebuje preko 1000 genskih virov fižola, zbranih na območju Slovenije, predstavlja bogat genski potencial, uporaben za vzgojo novih sort. Na osnovi večletnega vrednotenja, selekcije in opravljenih analiz več kot 30 genskih virov tipov češnjevec in lišček smo odbrali dve akcesiji, ki sta bili leta 2016 kot ohranjevalni sorti 'Češnjevec pisani visoki' in 'Lišček rdeči marmorirani' vpisani v Sortno listo RS. Seme obeh sort bo na voljo slovenskim pridelovalcem oziroma vrtnikarjem.

Ključne besede: navadni fižol, ohranjevalna sorta, genska banka

'Češnjevec pisani visoki' and 'Lišček rdeči marmorirani': New conservation varieties inscribed in the National List of Varieties

Abstract

The collection of bean (*Phaseolus* sp.) accessions at the Agricultural Institute of Slovenia is part of the Slovene plant gene bank and it holds more 1,000 bean accessions collected in Slovenia in the last decades. It represents a rich genetic potential that is useful for breeding of new varieties. A multiyear field experiments and selection process of more than 30 different accessions of two types of common bean, češnjevec and lišček and a number of analyses performed, two genotypes were selected. In 2016, they were inscribed in the National list of varieties as conservation varieties 'Češnjevec pisani rdeči' and "Lišček rdeči marmorirani ". The seed of both varieties will be made available to growers.

Key words: common bean, conservation variety, gene bank

1 UVOD

Pridelovanje fižola ima v Sloveniji večstoletno tradicijo. Že Janez Vajkard Valvasor je v Slavi Vojvodine Kranjske zapisal, da je njegova pridelava razširjena po vsej deželi (Maras, 2007). V dolgi zgodovini pridelave so se ob različnih klimatskih in talnih razmerah, veliki pestrosti krajine, izoliranosti, različnih načinov uporabe in gojenja razvile številne avtohtone populacije in sorte fižola. Z zbiranjem po Sloveniji v devetdesetih letih prejšnjega stoletja je bilo zbrano preko 1000 avtohtonih genskih virov, ki jih danes hranimo v Slovenski rastlinski genski banki (SRGB) na Kmetijskem inštitutu Slovenije (KIS) (Šuštar-Vozlič in sod., 2012). Za vse shranjene genske vire imamo na voljo osnovne podatke o vzorcu, t.i. passport podatke, ki med drugim vsebujejo informacijo o tem, kdaj in kje smo vir pridobili in kako ga hranimo. Zbirko vzdržujemo v okviru programa strokovne naloge Slovenska rastlinska genska banka, uporabljamo pa jo tudi za različne raziskave in za žlahtnjenje novih sort (Šuštar-Vozlič in sod., 2006; Maras in sod., 2006; 2013; Zdražnik in sod., 2013). Zbirka fižola nam služi kot vir genov tako za žlahtnjenje novih sort fižola in tudi za postopek selekcije starih sort in njihovo reintrodukcijo v pridelavo.

²⁴ Izr. prof., dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: jelka.vozlic@kis.si

²⁵ Dr., prav tam, e-pošta: kristina.ugrinovic@kis.si

²⁶ Dr., prav tam, e-pošta: alenka.munda@kis.si

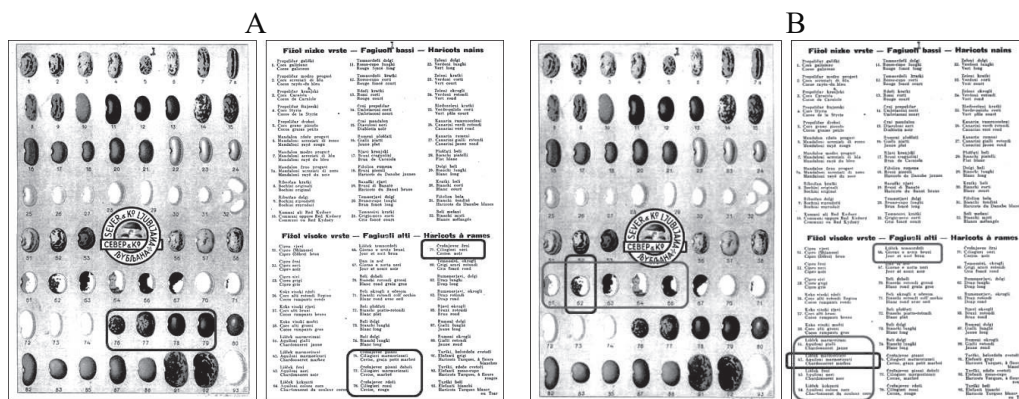
²⁷ Izr. prof., dr., prav tam, e-pošta: vladimir.meglic@kis.si

Češnjevec je bil v prvi polovici prejšnjega stoletja poznan kot visok fižol (Zaplotnik, 1952). Tudi v zbirki fižola, ki jo je zbrala Silva Avšič v šestdesetih letih prejšnjega stoletja (a se zaradi neprimerne hranjenja ni obdržala) in zbirki, ki je nastala v devetdesetih letih prejšnjega stoletja in jo hranimo v SRGB-KIS, prevladuje (je prevladoval) visok tip fižola z imenom češnjevec in sinonimi. Sorta Češnjevec, ki se trži danes, pa je nizka sorta fižola in se po barvi in obliki semena razlikuje od starih tipov češnjevca. Osnovna barva zrna je rjavo-rumena, krovna pa rdeče vijolična. Stari češnjevec pa je imel osnovno barvo vijolično in krovno barvo rjavo-rumeno oziroma je bil le enobarven, vijoličen oz. 'češnjevec'. Na osnovi teh podatkov smo ugotovili, da sorte, kot je bila poznana in so jo pridelovali v prejšnjem stoletju, danes ni več na trgu. Medtem ko so se v prejšnjem stoletju pridelovale različne sorte liščka (Zaplotnik, 1952), danes le-teh ni več na trgu oziroma nobena sorta z imenom lišček ali sinonimi, ni vpisana v Sortni listi Republike Slovenije.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 Izbor genskih virov za vrednotenje

Iz zbirke avtohtonih genotipov fižola, ki jo v okviru Slovenske rastlinske genske banke vzdržujemo na KIS, smo na osnovi passport podatkov izbrali avtohtone genske vire fižola tipa češnjevec, ki so ga v Sloveniji pridelovali že v začetku prejšnjega stoletja. Pri izbiri akcesij smo si pomagali s slikami iz Severjevega kataloga sort (slika 1A) in opisom po Zaplotniku (1952). Po enakem postopku smo na osnovi passport podatkov izbrali avtohtone genske vire fižola tipa lišček, ki so ga v Sloveniji pridelovali že v začetku prejšnjega stoletja (slika 1B).



Slika 1: Prodajni katalog Sever & Komp., Ljubljana, 1932. Sorte češnjevca, ki so bile osnova za izbor 'Češnjevec rdeči pisani', so na sliki levo (A) rdeče obkrožene. Na sliki desno (B) pa so različne sorte liščka obkrožene zeleno, rdeče pa je obkrožena sorta 'Lišček marmorirani', ki je bila osnova za izbor sorte 'Lišček rdeči marmorirani'.

2.2 Vrednotenje

Izbrane genske vire smo štiri leta vrednotili na poskusnem polju KIS v Jabljah pri Trzinu, dve leti pa tudi na drugih lokacijah v Sloveniji (Savinjska dolina, Prekmurje). V rastni dobi smo vrednotili morfološke lastnosti ter odpornost na bolezni, v tehnološki zrelosti pa smo ovrednotili pridelek. Vsako leto smo delali odbiro, izločali smo tudi netipične in slabe rastline.

V poskus so bile vključene tudi tri standardne sorte: Jabelski pisanec, Klemen in Semenarna 22.

2.2.1 ODPORNOST NA BOLEZNI IN ZDRAVSTVENO STANJE SEMENA

Fižolov ožig (*Coletotrichum lindemuthianum*): V laboratorijskih pogojih in na polju smo proučevali odpornost na štiri rase glive, ki smo jih predhodno identificirali v Sloveniji, in sicer 23, 55, 103 in 131 (Munda in sod, 2002).

Bakterije: Testiranje semena na prisotnost bakterij je bilo narejeno na Nacionalnem inštitutu za biologijo, ki je pooblaščen laboratorij za testiranje karantenskih bakterij na fižolu. Opravljen je bil test na prisotnost bakterije *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*.

Virusi: Testiranje semena na prisotnost virusov BCMV, BCMNV, BYMV in CMV je bilo narejeno v virološkem laboratoriju na KIS, uporabljena je bila serološka metoda ELISA.

2.3 Prehranska vrednost

Kemijske analize so bile narejene v Centralnem laboratoriju Kmetijskega inštituta, ki je akreditiran po standardu ISO17025. Uporabljene so bile standardne metode, ki so opisane bodisi v posameznih ISO standardih oziroma so bile interno validirane. Določili smo vsebnost naslednjih parametrov: suha snov (metoda po EC 152/2009), surove beljakovine (metoda po SIST EN ISO 5983-2), škrob (metoda po ISO 6493), surove vlaknine (modificirana metoda po SIST EN ISO 6865), skupni polifenoli (interno validirana metoda, prilagojena po metodi za določanje skupnih polifenolov v vinu), kalcij, magnezij, kalij, baker, železo, mangan, cink (metoda po SIST EN ISO 6869), fosfor (metoda po SIST ISO 6491).

2.4 Senzorična vrednost

Senzorično vrednost smo analizirali po metodi, ki smo jo povzeli in prilagodili po De La Cuadra in sod, (2001). Ocenjevali smo naslednje parametre: celost zrnja, tekstura semenskega plašča, trdota semenskega plašča in albumna ter vrednotili lastnosti kot so: maslen, zrnat, moknat, lepljiv, vleče.

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

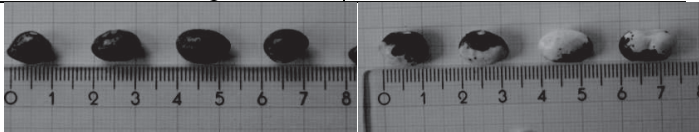
Skupno smo izbrali 16 genskih virov tipa češnjevec, ki so v SRGB KIS vključeni pod različnimi imeni (češnjevec, črešnjevec, črešnjak, ipd). Na osnovi rezultatov vrednotenja češnjevcov se je kot najboljša izkazala akcesija PHA153 (SRGB00155), ki smo jo pod imenom 'Češnjevec pisani visoki' prijavili kot ohranjevalno sorto za vpis v Sortno listo. Akcesija, iz katere smo vzgojili sorto 'Češnjevec pisani visoki', izvira iz Bele Krajine, iz vasi Brstovec pri Semiču. V Slovensko rastlinsko gensko banko je bila vključena leta 1995 s številko PHA153 (SRGB00155) pod imenom črešnjak.

Skupno smo izbrali 23 genskih virov tipa lišček. Na osnovi rezultatov vrednotenja liščkov se je kot najboljša izkazala akcesija PHA133 (SRGB00135), ki smo jo pod imenom 'Lišček rdeči marmorirani' prijavili kot ohranjevalno sorto za vpis v Sortno listo. Akcesija, iz katere smo vzgojili sorto 'Lišček rdeči marmorirani', izvira iz Bele Krajine, iz vasi Gaber pri Semiču. V Slovensko rastlinsko gensko banko je bila vključena leta 1995 s številko PHA133 (SRGB00135) pod imenom lišček.

3.1 Osnovni opis sort

Opis osnovnih morfoloških in fenoloških parametrov je podan v preglednici 1.

Preglednica 1: Osnovni morfološki in fenološki parametri za sorti 'Češnjevec pisani visoki' in 'Lišček rdeči marmorirani'

Lastnost	Češnjevec pisani visoki	Lišček rdeči marmorirani
Št. dni od setve do cvetenja	59 dni	52 dni
Trajanje cvetenja	14 dni	14 dni
Tip rasti	indeterminantna	indeterminantna
Barva jadra	bela	bela
Barva kril	bela	bela
Žile na jadrju	odsotne	odsotne
Oblika lista	jajčast	jajčast
Barva lista (klorofil)	srednje zelena	srednje zelena
Barva lista (antocijan)	odsoten	odsoten
Položaj stroka na rastlini	po celi rastlini	po celi rastlini
Vlaknatost	odsotna	prisotna
Nitavost	odsotna	prisotna
Barva svežega stroka	zelena	zelena
Oblika prereza stroka	zelo sploščen	zelo sploščen
Ukrivljenost	nekoliko kriva	nekoliko kriva
Položaj kljuna na stroku	hrbna	hrbna
Oblika semena	ovalen/krožen do eliptičen	ovalen/krožen do eliptičen
Teža 100 semen	68,0 g	84,92 g
Barva semena	vijolična (osnovna barva), rjavo-rumena (sekundarna osnovna barva)	bela (osnovna barva), rdeča (sekundarna in terciarna barva)
Dodatni parameter:	Fazeolin: tip C	-
Oblika, barva in velikost semena		

3.2 Odpornost na bolezni in zdravstveno stanje semen

Fižolov ožig: Na osnovi opazovanj v rastni dobi nobena sorta ni kazala občutljivosti na fižolov ožig. Akcesija PHA153, iz katere izhaja sorta 'Češnjevec pisani visoki', je bila vključena tudi v obsežno študijo odpornosti na fižolov ožig. Tako v laboratorijskih kot v poljskih poskusih se je sorta pokazala kot srednje odporna na raso 131, na ostale tri rase (23, 55 131) pa je občutljiva (Munda in sod., 2009).

Bakterije: Rezultat testa na prisotnost bakterije *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* je bil pri obeh sortah negativen.

Virusi: Rezultat testiranja na prisotnost virusov BCMV, BCMNV, BYMV in CMV je bil pri obeh sortah negativen.

3.3 Prehranska vrednost

Vsebnost surovih beljakovin je pri obeh sortah znašala 265 g/kg v suhi snovi (SS), podobne so bile tudi vsebnosti vlaknin (47 – 48 g/kg v SS), škroba (434 - 438 g/kg v SS) in železa (77 - 78 mg/kg SS). V ostalih analiziranih parametrih pa sta se sorti nekoliko razlikovali. 'Češnjevec pisani visoki' je imel višjo vsebnost polifenolov (galne kisline in katehina), kalija in fosforja, medtem ko je bila vsebnost ostalih makro in mikroelementov (kalcij, magnezij, baker, mangan, cink) višja pri sorti 'Lišček rdeči marmorirani'.

3.4 Senzorična vrednost

Obe sorti smo ocenili kot dobri, izstopali pa sta po okusu, ki je bil pri obeh sortah ocenjen kot zelo dober (slika 2).



'Češnjevec pisani visoki'



'Lišček rdeči marmorirani'

Slika 2: Kuhan fižol pripravljen za ocenjevanje senzorične vrednosti. Levo sorta 'Češnjevec pisani visoki', desno sorta 'Lišček rdeči marmorirani'

4 SKLEPI

Na osnovi večletnega vrednotenja 39 genskih virov tipov češnjevec in lišček, ki smo jih izbrali iz SRGB, smo odbrali dve akcesiji, ki sta bili v letu 2016 kot sorti 'Češnjevec pisani visoki' in 'Lišček rdeči marmorirani' vpisani kot ohranjevalni sorti v Sortno listo Republike Slovenije. Seme obeh sort bo v letu 2017 na voljo slovenskim pridelovalcem oziroma vrtničarjem.

Ocenjujemo, da zbirka genskih virov, ki jo v okviru SRGB hranimo na KIS, predstavlja potencial, iz katerega bomo v prihodnje še lahko odbrali nove ohranjevalne sorte fižola in jih ponudili slovenskim pridelovalcem. Prav tako pa nam zbirka služi tudi kot vir genskega materiala za žlahtnjenje novih slovenskih sort fižola s križanjem.

Zahvala. Zahvaljujemo se mag. Vidi Žnidaršič Pongrac in dr. Špeli Velikonja Bolta za izvedbo kemijskih analiz ter dr. Ireni Mavrič Pleško za izvedbo seroloških analiz. Delo je bilo financirano s strani ARRS in Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano v okviru CRP projektov V4-0335, V4-0482 in V4-1073 ter aplikativnega projekta L4-3284.

5 LITERATURA

- De La Cuadra, C., De Ron, A. M., Schachl R. 2001. Handbook on evaluation of *Phaseolus* germplasm: A Phaselieu publication. Phaselieu. Misión Biológica de Galicia (CSIC): 197-3463
- Maras, M., Sušnik Bajec, S., Meglič, V., Šuštar-Vozlič, J. 2006. Characterization and genetic diversity changes in the Slovenian common bean Češnjevce landrace. Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica, 48: 39-47
- Maras, M. 2007. Karakterizacija slovenskih genskih virov navadnega fižola (*Phaseolus vulgaris* L.) z morfološkimi, biokemijskimi in molekulskimi markerji : doktorska disertacija. Ljubljana, 134 s.
- Maras, M., Šuštar-Vozlič, J., Kainz, W., Meglič, V. 2013. Genetic diversity and dissemination pathways of Common bean in Central Europe. Journal of the American Society for Horticultural Science, 138: 297-305
- Munda, A., Radišek, S., Šuštar-Vozlič, J., Javornik, B. 2009. Genetic variability of *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Slovenia and resistance of local *Phaseolus vulgaris* germplasm. Journal of plant diseases and protection, 116: 23-29
- Munda, A., Žerjav, M., Šuštar-Vozlič, J. 2002. Identification of physiological races of *Colletotrichum lindemuthianum* occurring in Slovenia = Identifikacija fizioloških ras glive *Colletotrichum lindemuthianum* v Sloveniji. Acta biologica Slovenica, 45: 3-7
- Šuštar-Vozlič, J., Maras, M., Javornik, B., Meglič, V. 2006. Genetic diversity and origin of Slovene common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm as revealed by AFLP markers and phaseolin analysis. Journal of the American Society for Horticultural Science, 131: 242-249
- Šuštar-Vozlič, J., Dolničar, P., Rudolf Piliš, K., Žerjav, M., Bohanec, B., Munda, A. 2011. Uporaba genskega potenciala tradicionalnih slovenskih vrst kmetijskih rastlin za žlahtnjenje novih sort prilagojenih spremenjenim klimatskim razmeram : zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega dela na projektu v okviru ciljnega raziskovalnega programa (CRP) "Konkurenčnost Slovenije 2006-2013", (KIS - Poročila o raziskovalnih nalogah, 363). Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije, 1 zv.
- Šuštar-Vozlič, J., Maras, M., Munda, A., Zadražnik, T., Meglič, V. 2012. Raznolikost fižola v zbirki Kmetijskega inštituta Slovenije. Acta agriculturae Slovenica, 99: 399-411
- Zadražnik, T., Holllung, K., Egge-Jacobsen, W., Meglič, V., Šuštar-Vozlič, J. 2013. Differential proteomic analysis of drought stress response in leaves of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Proteomics, 78: 254-272
- Zaplotnik, J. 1952. Naš fižol. Založba Kmečka knjiga, Ljubljana 1952, 40-41

KIS Slavnik in KIS Savinja - novi sorti krompirja, vzgojeni na Kmetijskem inštitutu Slovenije

Peter DOLNIČAR²⁸, Marko MARAS²⁹, Vladimir MEGLIČ³⁰, Metka ŽERJAV³¹, Gregor UREK³², Saša ŠIRCA³³, Andrej SIMONČIČ³⁴

Izvilleček

V letih 2015 in 2016 smo na Kmetijskem inštitutu Slovenije (KIS) vzgojili dve novi sorti krompirja. Prva je bila potrjena zelo zgodnja sorta KIS Slavnik. Daje velik pridelek manj številnih, zelo debelih, dolgo ovalnih ter izenačenih gomoljev z gladko rumeno kožico, svetlo rumenim mesom in plitvimi očesi. Tehnološko zrelost doseže zgodaj, že pred 60. dnevom po saditvi. Je večnamenska sorta za kuhanje, pečenje in doma pripravljen pomfrit ter primerna za uporabo do novega leta. Druga novo vzgojena sorta je KIS Savinja. Je srednje zgodnja sorta, ki doseže tehnološko zrelost okoli 80 dni po saditvi. Tvori srednje veliko število debelih, okroglo ovalnih gomoljev s svetlo kožico in belim mesom. Je odlična jedilna sorta za kuhanje in pečenje, primerna za uporabo do aprila. Je odporna proti krompirjevi plesni na listih. Prikazujemo rezultate preskušanja sort v poljskih preskusih v letih od 2012 do 2014 v Lahovčah, na Grmu in v Rakičanu. Spremljali smo pridelek gomoljev, debelino in število gomoljev, vsebnost suhe snovi, povprečno število in težo gomoljev. Pridelek gomoljev smo statistično ovrednotili z LSD testom. Prikazani so rezultati triletnega preskušanja jedilne kakovosti kuhanega krompirja in pomfrita iz Lahovč, ter enoletni rezultati (2015) preskušanja odpornosti proti krompirjevi plesni na listih v rastlinjaku KIS.

Gljučne besede: *Solanum tuberosum*, krompir, sorte, agronomske lastnosti, odpornost na krompirjevo plesen

KIS Slavnik and KIS Savinja - new potato varieties bred at Agricultural Institute of Slovenia

Abstract

Two new potato varieties have been bred at Agricultural Institute of Slovenia (AIS) in the years 2015 and 2016. The first one was first early variety KIS Slavnik. It gives high yield of less numerous very large, long oval and uniform tubers with shallow eyes, smooth yellow skin and light yellow flesh. First harvests can be very early, less than 60 days after planting. It is multipurpose early variety suitable for cooking, baking and home made french fries until the New Year. The second variety is medium early KIS Savinja. The regular harvest can start around 80 days after harvest. It forms medium number of large round-oval tubers with light brown skin and white flesh. It is suitable for cooking and baking until april. It is resistant to late blight on leaves. The results of field trials from 2012 to 2014 in Lahovče, Grm and Rakičan are presented. Tuber yield, tuber size and number, dry matter content, average tuber weight and average tuber number were monitored. The quality tests of cooked and fried potatoes for all three years in Lahovče are presented. In 2015 late blight resistance tests were done in greenhouse at AIS. Tuber yield was statistically evaluated by LSD test.

Key words: *Solanum tuberosum*, potato, varieties, agronomy traits, resistance to late blight

²⁸ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: peter.dolnicar@kis.si

²⁹ Dr., KRKA, Novo mesto

³⁰ Izr. prof. dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: vladimir.meglic@kis.si

³¹ Mag., prav tam, e-pošta: metka.zerjav@kis.si

³² Dr., prav tam: gregor.urek@kis.si

³³ Dr., prav tam, e-pošta: sasa.sirca@kis.si

³⁴ Izr. prof. dr., prav tam, andrej.simoncic@kis.si

1 UVOD

Program žlahtnjenja krompirja na Kmetijskem inštitutu Slovenije poteka že 23. leto. V tem času smo uspeli vzgojiti 11 novih sort krompirja. O programu žlahtnjenja in sprotnih dosežkih smo že večkrat poročali, med drugim tudi na Novih izzivih (Dolničar, 2008; Dolničar s sod., 2012, Dolničar, 2015). Program žlahtnjenja je uspešen še naprej, tako da smo v letih 2015 in 2016 na Kmetijskem inštitutu Slovenije (KIS) vzgojili dve novi sorti krompirja: zelo zgodnjo sorto KIS Slavnik in sorto KIS Savinja. V nadaljevanju prikazujem rezultate preskušanja obeh sort v letih od 2012 do 2015.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Metode dela v programu vzgoje novih sort krompirja do preskušanja v poljskih poskusih v več ponovitvah so že bile podrobno opisane (Dolničar, 2002). Če na kratko povzamemo, gre za klasičen program žlahtnjenja, ki se prične z odbiro staršev, nadaljuje s križanji, setvijo sejancev v prvem letu, ter sajenjem na polje, kjer poteka odbira na izbrane lastnosti. V prvem letu v fazi sejancev opravimo množično odbiro na odpornost proti virusu Y krompirja (PVY) in tolerantnost na herbicid metribuzin. Na polju nato v naslednjih 6 do 8 letih sledi odbira na kvalitativne in kvantitativne lastnosti.

Preglednica 1: Ocenjevani parametri kuhanega krompirja in pomrita

Kuhan krompir			Pomfrit		
Lastnost		Ocena	Lastnost		Ocena
Barva mesa	BM	1 bela, 6 temno rumena	Barva	BA	000 do 4, 4 neprimerna
Barva prereza	BP	1 enakomerna, 4 neenak	Enakomernost barve	EB	1 enakomerna, 4 neenak.
Sprememba barve	SB	1 ni spremembe, 4 močna	Videz	VI	1 dober, 4 slab
Razkuhavanje	RA	1 ni razkuhan, 4 močno	Aroma	AR	1 odlična, 4 neprimerna
Konzistenca	KO	1 čvrsta, 4 rahla	Tekstura	TE	2 optimalna, 1 mehka, 3 trda
Moknatost	MO	1 ni moknat, 4 moknat	Oljavost	OL	1 ni oljav, 4 močno oljav
Vlažnost	VL	1 vlažen, 4 suh	Hrustljivost	HR	1 dobro hrustljiv, 4 slabo
Struktura	ST	1 fina, 4 groba	Skupni vtis	SV	1 odličen, 10 neprimeren
Aroma	AR	1 odlična, 6 neprimerna			
Tuje arome	TU	1 ni tujih arom, 4 močne			
Lepljivost	LE	1 ni lepljiv, 4 močno lepljiv			
Skupni vtis	SV	1 odličen, 10 neprimeren			
Tip kuhanja	TI	A - čvrst solatni tip, B - večnamenski tip, C - moknat tip, D - primeren za škrob			

2.1 Preskušanje križancev na polju

Preskušanje križancev na polju je potekalo v letih od 2012 do 2014 na treh lokacijah: v Lahovčah, na Grmu in v Rakičanu. Potekalo je v skladu z veljavno Metodo preizkušanja

vrednosti sorte za pridelavo in uporabo (VPU) za krompir (FURS-VPU/8/1, 2010). Na vsaki lokaciji je bil zasnovan bločni poskus v petih ponovitvah. Posadili smo po 72 (4 x 18) rastlin na parcelo velikosti 18,9 m² (gostota 3,8 rastline/m²). Spremljali smo razvojne faze, zdravstveno stanje, tolerantnost na metribuzin in zgodnost. Pridelek smo tehtali na celotnih parcelah v petih ponovitvah. Debelino in število gomoljev smo določali v treh ponovitvah tako, da smo prešteli gomolje 10 zaporednih rastlin, jih sortirali na kvadratni mreži po različnih kalibražah in določili suho snov na podlagi tehtanja podvodne teže (Haase, 2005). Jedilno kakovost kuhanega in ocvrtega krompirja smo ocenjevali po predpisani metodi (FURS-VPU/8/1, 2010). Preskušali smo le vzorce s preskusa v Lahovčah. Krompir smo olupili in kuhali na pari cca. 50 minut (odvisno od sorte). Cvrenje je potekalo 12 minut pri 180°C. Jedilno kakovost vzorcev smo ocenjevali s parametri, ki so navedeni v preglednici 1.

2.2 Preskus na odpornost proti krompirjevi plesni (*Phytophthora infestans* (MONT.) DE BARY)

V letu 2015 smo v rastlinjaku na KIS v Ljubljani posadili odporne sorte KIS Kokra, White Lady, Toluca Sarpo Mira, obe preskušani (KIS Slavnik, KIS Savinja) in standardni sorti (Adora in Frisia), in sicer po 3 gomolje vsake sorte. Rastline visoke v povprečju cca. 30 cm smo okuževali s škropljenjem z ročno škropilnico. Inokulum plesni smo pripravili v laboratoriju Oddelka za varstvo rastlin KIS. Za pripravo inokuluma za okuževanje rastlin s krompirjevo plesnijo smo uporabili mešanico izolatov PI18_04 (potomstvo klona 2_A1), PI10_07 (potomstvo klona 13_A2), PI09_07 (potomstvo klona 34_A1) in SI14_33 (neznano). Koncentracijo smo uravnavali na 5 × 10⁴ sporangijev/ml. Pripravili smo skupno 200 ml inokuluma, ki smo ga poškropili na rastline v preskusu. Po okužbi smo rastline 7 dni večkrat dnevno vlažili in pokrili s PVC folijo, da bi zagotovili čim višjo zračno vlago. Temperatura se je med poskusom gibala med 18 °C ponoči in 22 °C podnevi. Po inokulaciji so bile rastline 11 ur v temi. Prva bolezenska znamenja so bila dobro vidna že pet dni po inokulaciji, ko so posamezne pege že imele premer do 2 cm, nakar smo naredili prvo preliminarno oceno (okužen/neokužen). Za drugo in tretjo oceno okužbe s krompirjevo plesnijo 11 in 29 dni po okužbi smo uporabili skalo po Henflingu (1 odporna – 9 občutljiva) (Henfling 1982).

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

V preglednicah od 2 do 5 za obe sorti zaradi pomanjkanja prostora nismo uporabili kratice KIS in uporabljamo le imeli Slavnik in Savinja. Prvi pregled rezultatov pokaže, da je bilo po pridelkih daleč najslabše leto 2013, ki je bilo izjemno sušno.

Pokazalo se je, da je imela sorta KIS Slavnik v povprečju treh let na treh lokacijah neznačilno večji pridelek kot sorta Adora, večji je imela tudi pridelek suhe snovi, medtem ko je bila vsebnost sušine manjša (preglednica 2). Podobno je imela tudi KIS Savinja neznačilno večji pridelek od Frisie, vsebnost sušine pa je bila manjša (preglednica 3). KIS Slavnik se je že pokazal kot zgodnejši od Adore (Dolničar, 2015), enako smo ugotovili tudi pri KIS Savinji, ki je bila cca. 15 dni zgodnejša od Frisie. V preglednicah 4 in 5 predstavljamo rezultate deleža tržnih gomoljev (nad 45 mm), povprečne teže gomoljev in povprečnega števila gomoljev na rastlino. Obe sorti sta imeli večji delež tržnih gomoljev, ki so bili debelejši in manj številni kot pri standardnih sortah. Največji delež tržnih gomoljev smo v povprečju dosegli pri KIS Slavniku (82,5 %, v Lahovčah 2014 kar 96,4 %), pri Adori je bilo tržnih gomoljev 73,2 %, pri KIS Savinji 74,4 % ter pri Frisiji 62,3 %. Daleč najdebelejše gomolje tvori KIS Slavnik, ki je v letu 2014 v Lahovčah dosegel povprečno težo gomoljev kar 211,5 g.

Preglednica 2: Pridelek gomoljev in sušine ter vsebnosti suhe snovi pri sorti KIS Slavnik v primerjavi s sorto Adora na treh lokacijah v letih od 2012 do 2014

Lokacija	Leto	Pridelek gomoljev (t/ha)		Znač.	Vsebnost sušine (%)		Pridelek sušine (t/ha)		LSD	
		Slavnik	Adora		Slavnik	Adora	Slavnik	Adora	0,01	0,05
Lahovče	2012	44,0	40,8	o	16,3	16,0	7,2	6,5	9,0	6,4
	2013	19,7	18,1	o	18,4	20,8	3,6	3,8	6,0	4,3
	2014	51,8	44,7	+	16,9	17,5	8,8	7,8	9,2	6,6
	povprečje	38,5	34,5	o	17,2	18,1	6,5	6,0	8,1	5,8
Grm	2012	23,8	19,3	o	15,8	17,6	3,8	3,4	9,7	6,7
	2013	16,4	15,4	o	20,8	22,6	3,4	3,5	9,8	7,0
	2014	42,0	43,8	o	15,3	17,5	6,4	7,7	10,7	7,5
	povprečje	27,4	26,2	o	17,3	19,2	4,5	4,9	10,1	7,1
Rakičan	2012	32,2	23,5	++	15,0	16,5	4,8	3,9	6,0	4,2
	2013	20,1	19,0	o	19,5	18,7	3,9	3,6	12,0	8,9
	2014	25,9	22,3	o	17,1	19,1	4,4	4,3	8,0	5,6
	povprečje	26,1	21,6	o	17,2	18,1	4,4	3,9	8,7	6,2

Legenda znač.: ++ značilno večji pri $p = 0,01$, + značilno večji pri $p = 0,05$, o neznačilna razlika

Preglednica 3: Pridelek gomoljev ter sušine in vsebnosti suhe snovi pri sorti KIS Savinja v primerjavi s sorto Frisia na treh lokacijah v letih od 2012 do 2014

Lokacija	Leto	Pridelek gomoljev (t/ha)		Znač.	Vsebnost sušine (%)		Pridelek sušine (t/ha)		LSD	
		Savinja	Frisia		Savinja	Frisia	Savinja	Frisia	0,01	0,05
Lahovče	2012	52,7	48,9	o	18,8	21,4	9,9	10,5	6,8	4,8
	2013	41,0	40,2	o	19,5	19,7	5,9	7,9	6,8	4,9
	2014	63,2	63,0	o	15,9	20,9	10,1	13,2	9,6	6,9
	Povprečje	52,3	50,7	o	18,1	20,7	8,6	10,5	7,7	5,5
Grm	2014	66,5	58,0	+	15,6	21,6	10,4	12,5	10,7	7,5
	Povprečje	66,5	58,0	+	15,6	21,6	10,4	12,5	10,7	7,5
Rakičan	2012	33,8	23,4	++	16,2	15,5	5,5	3,6	9,2	6,5
	2013	20,9	17,0	o	19,1	22,8	4,0	3,9	14,5	10,3
	2014	48,2	37,7	+	17,3	21,2	8,4	8,0	10,6	7,5
	Povprečje	34,3	26,0	+	17,5	19,9	5,9	5,2	11,4	8,1

Po kakovosti kuhanega krompirja so bile sorte KIS Slavnik, KIS Savinja in Frisia izenačene (podobna ocena za skupni vtis), pri čemer Frisia velja za zelo kakovostno sorto (preglednicah 6 in 7). Sorta Adora je bila slabša, predvsem bolj moknata ter s kislim priokusom ($TU = 1,7$). Tip kuhanja je bil pri KIS Slavniku AB, enako pri Frisiji, medtem ko sta bili KIS Savinja in Adora v tipu B.

Preglednica 4: Tržni delež gomoljev debeline nad 45 mm ter povprečno število gomoljev na rastlino in povprečna teža gomoljev pri sorti KIS Slavník v primerjavi s sorto Adora

Lokacija	Leto	Debelina gomoljev v utežnih %				Povprečno število gomoljev /rastlino		Povprečna masa gomoljev (g)	
		nad 65 mm		45 mm-65 mm					
		Slavnik	Adora	Slavnik	Adora	Slavnik	Adora	Slavnik	Adora
Lahovče	2012	21,7	10,0	62,6	72,3	10,0	9,4	105,9	93,0
	2013	24,1	2,0	52,5	66,5	4,9	8,4	80,7	67,7
	2014	67,5	32,9	28,9	56,8	6,5	8,7	211,5	134,8
	povprečje	37,8	15,0	48,0	65,2	7,1	8,8	132,7	98,5
Grm	2012	15,6	1,0	68,2	64,6	9,0	9,4	96,9	69,2
	2013	22,6	3,1	60,7	71,4	6,9	11,5	96,8	71,1
	2014	61,8	33,0	33,2	57,3	10,1	9,8	177,3	125,6
	povprečje	33,3	12,4	54,0	64,4	8,7	10,2	123,7	88,6
Rakičan	2012	13,5	7,5	63,5	61,3	9,4	7,3	88,2	74,6
	2013	17,3	2,8	63,7	64,4	4,7	4,8	109,6	73,2
	2014	7,7	0,0	56,9	51,4	8,0	10,4	78,0	55,3
	povprečje	12,8	3,4	61,4	59,1	7,4	7,5	91,9	67,7

Preglednica 5: Tržni delež gomoljev debeline nad 45 mm ter povprečno število gomoljev na rastlino in povprečna teža gomoljev pri sorti KIS Savinja v primerjavi s sorto Frisia

Lokacija	Leto	Debelina gomoljev v utežnih %				Povprečno število gomoljev /rastlino		Povprečna masa gomoljev (g)	
		nad 65 mm		45 mm-65 mm					
		Savinja	Frisia	Savinja	Frisia	Savinja	Frisia	Savinja	Frisia
Lahovče	2012	26,2	28,4	58,4	60,6	13,8	12,1	88	104
	2013	20,7	8,2	61,3	65,6	9,8	16,3	80	64
	2014	42,3	43,2	47,3	50,2	15,9	12,9	115	129
povprečje		29,7	26,6	55,6	58,8	13,2	13,8	94	99
Grm	2014	46,4	29,5	46,5	62,2	16,6	14,8	126	116
Rakičan	2012	29,3	1,6	55,6	58,2	9,4	6,3	88	77
	2013	20,1	0,0	57,2	30,2	6,4	8,4	80	45
	2014	11,0	5,9	68,2	65,0	15,3	9,3	75	71
povprečje		20,1	2,5	60,3	51,1	10,4	8,0	81	64

Preglednica 6: Kakovost kuhanega krompirja sorte KIS Slavník v primerjavi s sorto Adora

Leto	BM	BP	SB	RA	KO	MO	VL	ST	AR	TU	LE	SV	TI
2012 KIS Slavník	4,0	1,0	1,0	1,0	3,2	2,3	1,8	1,0	3,0	1,0	2,0	2,8	AB
	Adora	3,0	2,0	1,0	1,5	4,0	2,0	2,0	1,0	4,0	2,0	4,0	B
2013 KIS Slavník	4,0	2,0	1,0	1,0	3,0	2,0	2,0	1,0	3,0	1,0	2,0	2,0	A
	Adora	2,0	2,0	1,0	1,0	2,0	3,0	2,5	1,0	2,0	1,0	2,0	AB
2014 KIS Slavník	3,0	1,0	1,0	1,0	2,5	2,0	2,5	1,0	3,0	1,0	1,0	3,0	B
	Adora	2,0	1,0	1,0	1,0	4,0	3,0	2,0	1,0	3,0	2,0	3,0	B
povp. KIS Slavník	3,7	1,3	1,0	1,0	2,9	2,1	2,1	1,0	3,0	1,0	1,7	2,6	AB
povp. Adora	2,3	1,7	1,0	1,2	3,3	2,7	2,2	1,0	3,0	1,7	3,0	3,7	B

Preglednica 7: *Kakovost kuhanega krompirja sorte KIS Savinja v primerjavi s sorto Frisia*

Leto	BM	BP	SB	RA	KO	MO	VL	ST	AR	TU	LE	SV	TI
2012 KIS Savinja	1,7	1,0	1,0	1,3	2,7	2,0	2,7	1,0	2,5	1,0	1,0	2,0	AB
Frisia	2,0	1,0	1,0	1,5	1,0	4,0	3,0	3,0	3,0	1,0	2,0	4,0	B
2013 KIS Savinja	2,0	2,0	1,0	3,0	4,0	2,0	1,0	1,0	3,0	1,0	2,0	4,0	BC
Frisia	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	4,0	2,5	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	AB
2014 KIS Savinja	2,0	1,0	1,0	1,0	3,0	2,0	2,5	1,0	2,5	1,0	3,0	2,0	A
Frisia	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	4,0	2,5	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	AB
povp. KIS Savinja	1,9	1,3	1,0	1,8	3,2	2,0	2,1	1,0	2,7	1,0	2,0	2,7	B
povp. Frisia	2,3	1,3	1,0	1,5	1,7	3,7	2,8	1,7	2,3	1,0	2,0	2,3	AB

V preglednicah 8 in 9 je prikazana primernost za pomfrit. Izkazalo se je, da je sorta KIS Slavník primerna za pripravo domačega pomfrija, medtem ko KIS Savinja ni. Pokazalo se je, da je zaradi nižje vsebnosti sušine pri KIS Slavníku pomfrit bolj oljavn kot pri Frisiji.

Preglednica 8: *Kakovost ocvrtega krompirja sorte KIS Slavník v primerjavi s sorto Adora*

Leto	VI	BA	EB	AR	TE	OL	HR	SV
2012 KIS Slavník	3,3	0,0	2,0	2,2	3,0	2,5	3,7	3,0
Adora	2,0	0,0	1,0	1,5	2,3	2,0	2,7	2,0
2013 KIS Slavník	1,0	0,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Adora	4,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	8,0
2014 KIS Slavník	2,0	1,0	2,0	2,5	3,0	3,0	2,5	4,0
Adora	1,5	0,0	1,0	1,5	3,0	2,0	2,5	2,5
povp. KIS Slavník	2,1	0,3	2,7	2,2	3,0	2,8	3,1	3,3
povp. Adora	2,5	0,3	1,3	2,0	2,8	2,3	2,7	4,2

Preglednica 9: *Kakovost ocvrtega krompirja sorte KIS Savinja v primerjavi s sorto Frisia*

Leto	VI	BA	EB	AR	TE	OL	HR	SV
2012 KIS Savinja	3,0	0,0	2,7	3,0	4,0	3,0	3,0	6,0
Frisia	2,0	0,0	1,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0
2013 KIS Savinja	1,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,0
Frisia	1,5	0	1,0	1,5	2,5	2,0	2,5	2,5
2014 KIS Savinja	3,0	4,0	1,0	4,0	4,0	3,0	3,0	7,0
Frisia	1,5	0,0	1,0	1,5	3,0	2,0	2,5	2,5
povp. KIS Savinja	2,3	2,0	1,9	3,3	3,3	2,7	2,7	5,3
povp. Frisia	1,7	0,0	1,0	1,5	2,5	2,3	2,2	2,4

Pri sorti KIS Savinja smo za križanja uporabili na plesen odporno madžarsko sorto White Lady. Preskušanja v letu 2015 so pokazala (preglednica 10), da se je odpornost na krompirjevo plesen na listih prenesla tudi na KIS Savinjo, ki je bila enako odporna kot standardne sorte vključno s sorto White Lady (1- odporna, 9 občutljiva). Poudariti je potrebno, da smo v mešanici uporabili tudi zelo agresiven izolat plesni (PI10_07 - potomstvo klona

13_A2), ki je že prešel vertikalno odpornost pri sorti Stirling (Bradshaw 2009). Sorta KIS Slavnik se je pokazala kot srednje odporna/občutljiva na krompirjevo plesen (ocena 5).

Preglednica 10: Rezultati preskušanja sort KIS Slavnik in KIS Savinja na odpornost proti krompirjevi plesni na listih v rastlinjaku Kmetijskega inštituta Slovenije v letu 2015

Preskušani kloni	Prva ocena 5.4.2015	Druga ocena 11.4.2015	Tretja ocena 29.4.2015
KIS Savinja	-	1	1
KIS Slavnik	-	1	5
Frisia	+	6	9
Sante	+	5	7
KIS Kokra	-	1	1
Sarpo Mira		1	1
Toluca	-	1	1
White Lady		1	1

4 SKLEPI

Program žlahtnjenja krompirja na Kmetijskem inštitutu Slovenije (KIS) je bil v zadnjih dveh letih ponovno uspešen, saj smo vzgojili dve novi sorti krompirja, skupno torej že enajst sort.

V letu 2015 je bila potrjena sorta KIS Slavnik. Je zelo zgodnja sorta, ki daje velik pridelek manj številnih, zelo debelih, dolgo ovalnih in izenačenih gomoljev z gladko rumeno kožico, svetlo rumenim mesom in plitvimi očesi. Tehnološko zrelost doseže zgodaj, že pred 60. dnevom po saditvi. Je večnamenska sorta za kuhanje, pečenje in doma pripravljen pomfrit in primerna za uporabo do novega leta. Je srednje občutljiva na krompirjevo plesen, kot večina zgodnjih sort.

Druga je bila v letu 2016 potrjena sorta KIS Savinja. Je srednje zgodnja sorta, ki doseže tehnološko zrelost okoli 80 dni po saditvi. Tvori srednje veliko število debelih okroglo ovalnih gomoljev s svetlo kožico in belim mesom. Je odlična jedilna sorta za kuhanje in pečenje, primerna za uporabo do pomladi. Je zelo odporna proti krompirjevi plesni na listih in zato primerna tudi za ekološko pridelavo, kjer plesen povzroča največ težav v pridelavi.

5 LITERATURA

- Bradshaw, J.E. 2009. Potato breeding at the Scottish plant breeding station and the Scottish Crop Research Institute: 1920-2008. *Potato Res.*, 52, 2: 141–172
- Dolničar, P. 2015. Določevanje zgodnosti izbranih slovenskih križancev in sort krompirja = Determination of earliness of selected Slovenian potato clones and varieties. V: Čeh, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2015 : zbornik simpozija, Laško, [29. in 30. januar] 2015 = New challenges in agronomy 2015 : proceedings of symposium, [Laško, 2015]*. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, 2015, str. 190-195
- Dolničar, P., Rudolf Piliš, K., Žerjav, M., Kozjak, P., 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.) = R genes involved in response to infection with late blight (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary) in potato (*Solanum tuberosum* L.). V: Kocjan Ačko, Darja (ur.), ČEH, Barbara (ur.). *Novi izzivi v poljedelstvu 2010 : zbornik simpozija = New challenges in field crop production 2010 : proceedings of symposium, Rogaška Slatina, [2. in 3. december] 2010*. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, 2010, str. 150-154

- Dolničar, P. 2008. Vzgoja proti krompirjevi plesni na listih odpornih sort krompirja na Kmetijskem inštitutu Slovenije = Breeding of potato varieties resistant to late blight on leaves at the Agricultural Institute of Slovenia. V: Tajnišek, Anton (ur.). *Novi izzivi v poljedelstvu 2008 : zbornik simpozija = New challenges in field crop production 2008 : proceedings of symposium, Rogaška Slatina, [4. in 5. december] 2008*. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, 2008, str. 103-107
- Dolničar, P. 2002. Bodoče nove slovenske sorte krompirja[,] vzgojene na Kmetijskem inštitutu Slovenije = Future new Slovenian potato varieties bred at the Agricultural Institute of Slovenia. V: Tajnišek, Anton (ur.), Šantavec, Igor (ur.). *Novi izzivi v poljedelstvu 2002 : zbornik simpozija = New challenges in field crop production 2002 : proceedings of symposium, [Zreče, 5. in 6. december 2002]*, ([Novi izzivi v poljedelstvu], ISSN 1408-0591). Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, 2002, str. 143-147
- FURS-VPU/8/1, 2010
http://www.uvhvvr.gov.si/fileadmin/uvhvvr.gov.si/pageuploads/ZAKONODAJA_IN_DOKUMENTI/Veljavni_predpisi/Rastlinski_semenski_material/Ostali_dokumenti/furs_VPU_8_krompir.pdf
- Haase, NU. 2005. Dry matter and starch estimation of potato tubers – new aspects of an old story. V: *Proceedings of 16th triennial conference of the EAPR*. Bilbao: 919–921
- Henfling, JW. 1982. Field screening procedures to evaluate resistance to late blight. CIP Technology Evaluation Series No. 1982: 5

Pridelava vrtnega maka (*Papaver somniferum* L.) v Sloveniji

Simon OGRAJŠEK³⁵, Darja KOCJAN AČKO³⁶

Izvleček

Vrtni mak (*Papaver somniferum* L.) je v Sloveniji redka in manj znana poljščina. V preteklosti je bil razširjen predvsem v višje ležečih krajih Pohorja in Koroške ter v Prekmurju. Po drugi svetovni vojni je bila pridelava maka pri nas skoraj povsem opuščena, v zadnjih letih pa se predvsem v Prekmurju v manjšem obsegu vrača na polja. Srečamo ga tudi na posameznih kmetijah drugod po Sloveniji. Glede na pridelke in obseg pridelave, ki ga dosegajo države v naši sosesčini s podobnimi rastnimi razmerami, smo se odločili, da ga podrobneje raziščemo. Na Dolenjskem smo v rastni sezoni 2013/14 zasnovali poljska poskusa, kjer smo preverili vpliv različnih rokov setve (jesenski in spomladanski) ter gnojenja z mineralnim dušikom na pridelek in morfološke lastnosti vrtnega maka avstrijske sorte 'Zeno 2002'. Pidelki v obeh rokih setve (jeseni 1545 kg/ha, spomladi 1742 kg/ha) so bili visoki in primerljivi s povprečnimi pridelki v najuspešnejših državah pridelovalkah v obdobju 2010-2014 (Nizozemska 1129 kg/ha, Španija 1090 kg/ha in Srbija 1075 kg/ha). Med različnimi dušikovimi mineralnimi gnojili: NPK 15-15-15, KAN (27 % N) in ENTEC® (26 % N) ni bilo statistično značilnih razlik v pridelku semen maka. Glede na rezultate poskusa in izsledke iz literature ugotavljamo, da bi v Sloveniji lahko sejali mak v precej večjem obsegu in tako z lastno pridelavo nadomestili uvoženega.

Ključne besede: *Papaver somniferum*, vrtni mak, poljski poskus, rok setve, gnojenje, pridelek semen, morfološke lastnosti

Growing of garden poppy (*Papaver somniferum* L.) in Slovenia

Abstract

Garden poppy (*Papaver somniferum* L.) is rare and less known crop in Slovenia. In the past it was cultivated mostly in high altitude areas of Pohorje and Koroška and also in Prekmurje region. Cultivation of garden poppy was nearly abandoned after the Second World War. In the last years poppy is returning on fields on small scale, mostly in Prekmurje region and on some farms in other parts of Slovenia. Regarding to the yields and cultivation area in our neighbouring countries with similar growing conditions, we decided to study it more in details. A field trials were designed in Dolenjska region in growing season 2013/14, where the impact of different sowing periods (autumn and spring), the effect of mineral nitrogen fertilization on yield and morphological characteristics of Austrian garden poppy variety 'Zeno 2002' were examined. Yields in both sowing periods (autumn 1545 kg/ha, spring 1742 kg/ha) were high and comparable with average yields in most successful poppy growing countries in 2010-2014 period (Netherlands 1129 kg/ha, Spain 1090 kg/ha, Serbia 1075 kg/ha). There were no statistically significant differences in poppy seeds yields between various types of N fertilizers: NPK 15-15-15, KAN (27 % N), and ENTEC® (26 % N). According to the results of the field trial and findings from the literature we could grow garden poppy on much larger scale in Slovenia and we could replace imported poppy seeds with domestic production.

Key words: *Papaver somniferum*, Garden poppy, field trial, sowing date, fertilizing, seed yield, morphological properties

³⁵ Mag., inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: simon.ograjsek@kis.si

³⁶ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: darja.kocjan.acko@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Vrtni mak (*Papaver somniferum* L.) je ena najstarejših kultiviranih rastlin. Je enoletnica iz družine makovk (Papaveraceae), ki sicer obsega okoli 200 različnih vrst. Predstavnike te botanične družine srečamo po vsem svetu; po času in rasti so tako enoletnice, dvoletnice, trajnice, zimzelene rastline in celo mala drevesa (Mihalik, 1998). Pri nas sta najpogostejša vrtni mak (*Papaver somniferum* L.) ter poljski mak (*Papaver rhoeas* L.), ki je plevelna vrsta. Glede izvora maka je precej neznank, vendar je njegova domovina najverjetneje Sredozemlje. Prvi so mak preučevali Stari Grki in Rimljani. Njihovi misleci so zbrali veliko znanja o botaniki, taksonomiji in uporabi maka. Rastlinski sok so večinoma uporabljali v medicinske namene, semena pa pri peki kruha in sladice ter za pridobivanje olja. V kasnejših stoletjih se je pridelovanje maka razširilo predvsem v subtropska območja za namen pridobivanja opija. To je mlečni sok, ki vsebuje številne alkaloidne. Botanično gledano gre pri obeh namenih pridelave maka, bodisi opijskega ali oljnega, za isto vrsto, vendar se zaradi različnih sort in okoljskih vplivov v rastlinskih delih pojavljajo različne koncentracije alkaloidov, največ pa jih je v zbirnem plodu, ki se imenuje glavica. Na območjih z zmernim podnebjem pridelujemo vrtni mak za semena, ki se uporabljajo v pekarski in živilski industriji za prehrano ter za olje stisnjeno iz makovih semen (Bernáth, 1998a).

Mak v vseh zelenih delih rastline vsebuje mlečni sok; vsi zeleni deli imajo tudi močan modrosiv popr. Koreninski sistem je slabo razvit in plitev z značilno vretenasto glavno korenino. Rastlina maka ima pokončno, gladko in krhko steblo, ki doseže višino od 70 do 160 cm – predvsem odvisno od rastnih razmer. Ob glavnem steblu se razvijejo tudi stranski poganjki (Đorđevski in Klimov, 1986). Listi vrtnega maka so tanki, gladki in neporaščeni, na steblo so nameščeni spiralno (Petri in Mihalik, 1998). Glavno in stranska stebela se končujejo s cvetnim brstom. Cvet je velik in dvojen, barva pa je odvisna od sorte. Cvet ne diši in ne izloča medicinske, ima pa obilo cvetnega prahu in zaradi atraktivne barve venčnih listov privablja žuželke (Sadar, 1951). Plod je glavica, ki je znotraj razdeljena na več prekatov, znotraj nje pa je navadno od šest do osemnajst tisoč drobnih semen. Semena so različnih barv, kar je odvisno od ekotipa in sorte. Znana so semena makov bele, rumene, sive, modre, rdeče in črne barve. Makovo seme je majhno, ledvičaste oblike in nekoliko sploščeno. V dolžino meri do 1,5 mm, v širino do 1,2 mm in je debelo do 0,9 mm. Površina semenske lupine je mrežasta. Absolutna masa semen znaša v povprečju okoli 0,45 g. Hektolitrška masa makovih semen pa je okoli 60 kg (Đorđevski in Klimov, 1986). Makovo seme vsebuje med 40 in 50 % maščob (olja) in med 20 in 30 % beljakovin (Swern, 1972).

Najboljša tla za gojenje maka so na aluvialnih nanosih, lahkih peščeno-ilovnatih tleh z rahlo bazično reakcijo (pH 7,6). Načeloma so to zemljišča, na katerih dobro uspevata pšenica in ječmen. Mak ne uspeva na zelo slanih in težkih tleh. Vsota vseh padavin za normalo rast in razvoj maka v rastni dobi je med 400 in 450 mm. Mak potrebuje največ vode v času od setve, vznika pa do začetka cvetenja (Đorđevski in Klimov, 1986).

Mak zahteva redno in precej obilno gnojenje, kar je posledica slabo razvitega koreninskega sistema. Zahteve po količini hranil so predvsem odvisne od talnega tipa, klime in prejšnje poljščine. Zaradi relativno kratke rastne dobe maka (zlasti jarega) je zaželen uporaba hitro dostopnih mineralnih gnojil. V poljskih poskusih (Földesi, 1992) je bilo posevku za pridelek 1200 kg semena dodanih 102,5 kg dušika, 192 kg fosforja (P_2O_5) in 114 kg kalija (K_2O) (Ruminska, 1973, cit. po Németh, 1998).

Mak je potrebno obvezno vključiti v kolobar, v nasprotnem primeru je velika nevarnost, da bo pridelek zaradi pojava različnih bolezni slab, pri čemer je najpogostejša makova plesen (*Peronospora arborescens* de Bary) (Maček, 1991). Veliko škode lahko povzroči tudi

škodljivec makovec (*Ceutorhynchus macula-alba* Hbst.) (Vrabl, 1992). Da se izognemo tem težavam se mak na istem zemljišču, ne sme sejati prej kot na tri do štiri leta.

Mak so kot poljščino v preteklosti dobro poznali tako kmetje kot tudi kmetijski strokovnjaki (Sadar, 1951), vendar pa je iz literature razvidno, da mak v Sloveniji ni imel nikoli pomembne vloge v rastlinski pridelavi. V drugi polovici 20. stoletja, ko je praktično vsa pridelava zamrla, je domače potrebe po maku nadomestil uvoz semen iz Avstrije, Madžarske in Češke, ki mak pridelujejo v večjem obsegu (Kocjan Ačko, 2015). Iz dostopne literature je razvidno, da so naše rastne razmere za gojenje maka dovolj ugodne, da lahko pristopimo k ponovni setvi. Hektarski pridelki držav s podobnimi rastnimi razmerami kažejo, da ga je smiselno gojiti. V zadnjih letih se mak vrača na polja v Prekmurju, v manjšem obsegu pa tudi na druga območja Slovenije, zato smo se ga odločili podrobneje preučiti.

V prispevku je predstavljen obseg pridelave vrtnega maka (*Papaver somniferum* L.) za seme in olje v svetu. Prav tako je na kratko predstavljen nabor sort iz Skupnega kataloga sort poljščin Evropske unije. Glavni del prispevka pa predstavljajo izsledki iz poljskega poskusa z gojenjem vrtnega maka avstrijske sorte 'Zeno 2002' na kmetiji Ograjšek na Dolenjskem (Ograjšek, 2015). V poskusu smo preučili jesenski in spomladanski rok setve ter vpliv gnojenja z mineralnimi dušičnimi gnojili na pridelek semen maka.

2 MATERIALI IN METODE

2.1 Predstavitev pridelave vrtnega maka v svetu in sortiment v EU

Podatke za požete površine in količine pridelka semen maka smo analizirali s pomočjo statističnih podatkov, ki so na voljo na spletni strani FAO (FAOSTAT, 2016). Podatke smo ustrezno razvrstili in jih s pomočjo grafikonov ustrezno prikazali. Poiskali smo zbrane podatke o registriranih sortah vrtnega maka v Skupnem katalogu sort EU.

2.2 Poljska poskusa z vrtnim makom (*Papaver somniferum* L.)

Poljska poskusa z makom (*Papaver somniferum* L.) smo izvedli v rastni sezoni 2013/2014 na njivah kmetije Ograjšek v Cerkljah ob Krki. Zasnova poskusov je bila bločna s tremi ponovitvami v obeh rokih setve. Velikost posamezne parcelice je bila 6 m x 4,6 m, to je 27,6 m². Znotraj posameznega bloka so bila po 4 obravnavanja: dognojevanje v fenofazi, ko je rastlina dosegla 20 % končne višine (BBCH 32) s tremi različnimi mineralnimi gnojili (NPK 15-15-15, KAN in ENTEC® (N-26)), v vseh treh primerih je bil odmerek dušika 60 kg/ha in kontrolna parcela brez dognojevanja z dušikom.

Poskus smo posejali z žitno sejalnico za strnjeno setev, medvrstna razdalja je bila 12,5 cm. Posejali smo 2 kg/ha semena maka sorte 'Zeno 2002'. Mak smo ob setvi posejali po celotni parceli, poskusne parcelice pa smo oblikovali, ko so rastline začele podaljševati stebila, torej pred dognojevanjem.

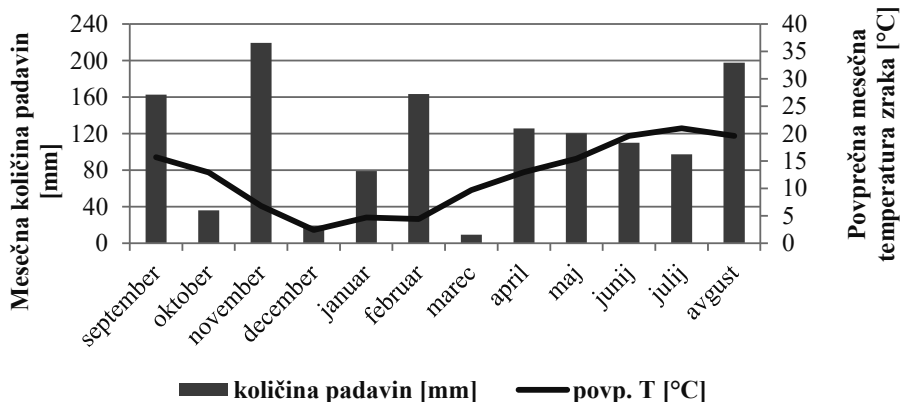
Po oranju smo tla obdelali s predsetvenikom. Pred setvijo smo založno gnojili s 500 kg/ha NPK 5-20-30 ter fino obdelali setvišče z vrtavkasto brano. Jesensko setev smo izvedli 14. septembra 2013. Oblikovanje parcelic in ročno dognojevanje s prej naštetimi gnojili, smo izvedli 22. marca 2014. Rastline maka so imele v tem času več kot dvajset listov, steblo pa se je začelo podaljševati. Tehnološka zrelost maka za spravilo je bila dosežena konec junija, glavice pa smo pobrali 1. julija. Agrotehnika pri pomladanski setvi maka je bila enaka. Oranje smo izvedli v jeseni, tako da je bila večja možnost priprave dobre strukture tal. Pred setvijo smo prav tako založno dodali 500 kg gnojila NPK 5-20-30 na hektar. Setev smo izvedli z

enako sejalnico in nastavitvami, posejana količina semena je znašala 2 kg/ha. Mak smo posejali 22. marca 2014. Razmejitev parcelic in dognojevanje smo izvedli 31. maja. Mak v spomladanski setvi je dosegel tehnološko zrelost konec julija, spravilo smo opravili 29. julija 2014.

Za zatiranje plevelov v posevku smo uporabili pri nas edini registriran pripravek z aktivno snovjo mezotrion (Fitoinfo, 2016). Pri jesenski setvi smo ga uporabili že v jeseni (26. oktober 2013 – BBCH 18), pri spomladanski pa v enaki fenofazi 22. maja 2014.

Spravilo je bilo izvedeno ročno, tako da smo porezali glavice na posamezni parcelici ter jih nato strli, da smo iz njih pridobili seme. Pred tehtanjem smo seme presejali s sitom dimenzij mreže 1,5 x 1,5 mm, da smo se znebili rastlinskih delov, sten glavic in drugih primesi. Ob spravilu smo s posamezne parcelice naključno odbrali po 20 rastlin, na katerih smo izvedli meritve višine rastline, števila razvejitev, premera in višine glavice ter mase semena v posamezni glavici. Rezultate poskusa (pridelek semen na poskusno parcelo, število rastlin na m², višina rastlin, pridelek semen na posamezno glavico) smo obdelali z analizo variance za slučajne bloke za dvofaktorski (rok setve in gnojenje) poskus. Statistično analizo smo naredili s programom R.

Rastna sezona 2013/14 po vseh kazalcih dejavnikov vremena ni bila tipična, saj je bilo nadpovprečno veliko padavin. Tudi zima je bila nadpovprečno topla (povprečna januarska temperatura je bila 4,7 °C – povprečje 1981-2010 je - 0,1 °C). Tako topla zima je ugodno vplivala na prezimitev jesenskega posevka maka. Na sliki 1 so prikazane mesečne količine padavin in povprečne mesečne temperature v rastni sezoni 2013/14.



Slika 1: Količina padavin in povprečne mesečne temperature v Cerkljah ob Krki v času izvajanja poskusov (ARSO, 2016)

Preglednica 1: Rezultati analize talnega vzorca v Cerkljah ob Krki na njivi z makom (*Papaver somniferum* L.) pred setvijo

Dejavnik stanja v tleh	Meritev	Stanje preskrbljenosti tal (Mihelič in sod., 2010)
pH	5,64	pH rahlo prenizek, potrebno apnjenje
P ₂ O ₅ (po AL- metodi)	23,14 mg/100 mg tal	dobra preskrbljenost tal s fosforjem
K ₂ O (po AL- metodi)	19,21 mg/100 mg tal	srednje dobra preskrbljenost tal s kalijem

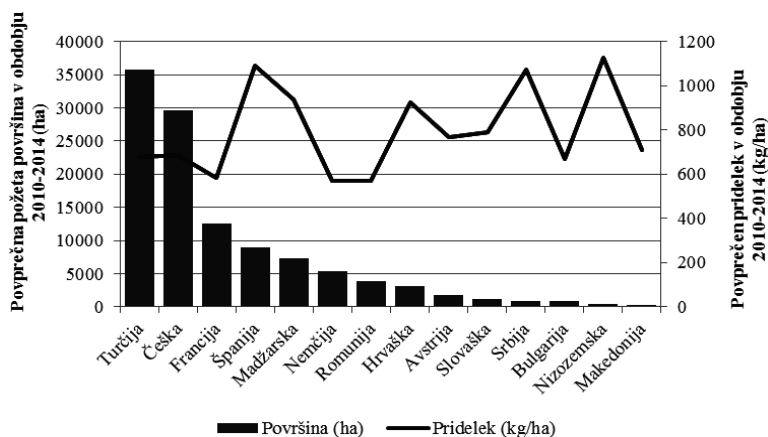
Tla na parceli, kjer sta bila izveden poskusa, uvrščamo med evtrična rjava tla, ki so zelo pogosta v ravninah Slovenije in so nastala na nanosih večjih rek. Teksturno se ta tla uvršča med peščeno-ilovnate. Rezultati analize tal so predstavljeni v preglednici 1.

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

3.1 Razširjenost vrtnega maka v svetu in sortiment v EU

V preučevanem obdobju (1961-2014) so se površine zasejane z vrtnim makom spreminjale od 70 do 160 tisoč hektarjev. V zadnjem petletnem obdobju 2010-2014 je bilo v povprečju požetih približno 113 tisoč hektarjev maka. Tudi hektarski pridelki semena so se v tem obdobju zelo spreminjali. Opazno je rahlo povečanje pridelkov v obdobju 1961-2014. Na začetku preučevanega obdobja so bili pridelki v povprečju okoli 500 kg/ha, v zadnjih letih pa so vendarle nekoliko večji, to je 700 kg/ha.

S slike 2 je razvidno, da so glavne pridelovalke vrtnega maka za seme in olje večinoma evropske države. Največja pridelovalka maka v obdobju 2010-2014 je bila Turčija s povprečnim pridelkom približno 670 kg/ha. Sledijo ji Češka, Francija, Španija in Madžarska. Največji povprečni hektarski pridelki so v zadnjem petletnem obdobju na Nizozemskem znašali 1129 kg/ha, v Španiji 1090 kg/ha in v Srbiji 1075 kg/ha. Med državami z majhnimi pridelki so Nemčija s 570 kg/ha, Romunija s 572 kg/ha in Francija s 585 kg/ha.



Slika 2: Največje države pridelovalke oljnega maka (*Papaver somniferum* L.) in povprečni hektarski pridelki v obdobju 2010-2014 (FAOSTAT, 2016)

Sortiment maka v EU je precej pester in obširen, kar priča o pomembnosti pridelave te rastline. Trenutno je v Skupni katalog sort poljščin EU vpisanih 55 sort vrtnega maka. Največ sort je Madžarskih (20), sledijo Češke (14) ter Avstrijske in Slovaške (8) (Skupni katalog ... , 2016). Sorta 'Zeno 2002' je plod žlahtniteljskega dela dr. Georga Dobosa. Sorta je bila na evropsko sortno listo vpisana leta 2002. Gre za eno izmed najpogostejse sejanih sort predvsem za jesensko setev, saj zelo dobro prezimi. Tudi pri nas je najpogostejše sejana sorta. Sorta ima glavice zaprtega tipa, torej gre za mlatni mak, primeren za strojno spravilo. Gre za sorto, ki hitro dozori, kar je še ena dobra lastnost za kraje z značilnim poletnim primanjkljajem talne vlage. Za doseganje dobrih pridelkov je potrebno dodati med 70 do 80 kg čistega dušika na hektar posevka (Backsaaten ... , 2015).

3.2 Poljski poskus z makom

Poleg fenofaz (Pospišil in Pospišil, 2013) sta v preglednici 1 predstavljena tudi dva pomembna meteorološka podatka (količina padavin in vsota efektivnih temperatur), ki odločilno vplivata na dolžino rastne dobe in intenzivnost proizvodnje suhe snovi pri rastlinah

maka. Dolžina rastne dobe jarega maka je bila krajša za več kot polovico rastne dobe ozimnega, saj je od setve do zrelosti preteklo le 130 dni, medtem ko je mak, posejan jeseni, rasel 288 dni.

Preglednica 2: Primerjava fenofaz pri jesenski (14. 9. 2013) in spomladanski setvi (22. 3. 2014) maka (*Papaver somniferum* L.) sorte 'Zeno 2002', trajanje posameznih razvojnih faz, količina padavin ter vsota efektivnih temperatur

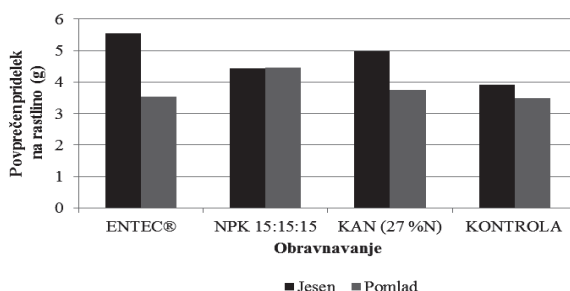
BBCH	Opis fenofaze	Datum		Količina padavin [mm]		Vsota efekt. temp. [°C]	
		jesen	pomlad	jesen	pomlad	jesen	pomlad
00	Suho seme (setev)	14. 9. 13	22. 3. 14	-	-	-	-
09	Vznik (vidni klični listi)	22. 9. 13	6. 4. 14	37,5	7,2	80,5	100,1
12	Razvita dva prava lista	5. 10. 13	26. 4. 14	44,9	95,9	95,5	144,7
18	Razvitih 8 listov - škropljenje	26. 10. 13	22. 5. 14	35,0	112,7	165,3	244,1
32	20 % končne višine - dognojevanje	22. 3. 14	31. 5. 14	486,0	35,4	328,0	118,9
51	Vidni cvetni brsti	26. 4. 14	8. 6. 14	103,1	4,9	244,8	97,1
61	Začetek cvetenja	6. 5. 14	12. 6. 14	54,7	0	91,0	76,8
67	Konec cvetenja	25. 5. 14	1. 7. 14	58,1	105,1	216,6	273,2
89	Tehn. zrelost - spravilo	1. 7. 14	29. 7. 14	146,8	90,7	516,0	466,4

Z metodo analize variance nismo ugotovili statistično značilnih razlik v pridelku med obravnavanji ($\alpha=0,05$). Prav tako ni bila statistično značilna ($p=0,8142$) interakcija med obema dejavnikoma (rok setve, gnojenje). Pridelek semen vrtnega maka (*Papaver somniferum* L.) je bil v obeh poskusih velik in je presegal povprečne hektarske pridelke v analiziranih državah po dostopnih statističnih podatkih FAO. Pregled pridelkov pri ostalih pogostih sortah vrtnega maka po Evropi (Németh, 1998) kaže, da so takšni pridelki povsem pričakovani, pri nekaterih sortah navajajo tudi pridelke okoli dveh ton semen na hektar. V tem pogledu sta oba poskusa pokazala, da so razmere za pridelavo in doseganje visokih pridelkov maka v vzhodni Sloveniji dobri. Med rokoma setve pa ni bilo statistično značilnih razlik. V dosegljivi literaturi nismo našli poskusov, ki bi primerjali jesensko in spomladansko setev iste sorte, vendar avtorji (Bernáth in Tétényi, 1982) navajajo, da se v nam primerljivih klimatskih razmerah zmerne pasu (južnejši deli Madžarske in Avstrije) lahko odločamo za jesensko setev, vendar moramo v zakup vzeti tveganje slabe prezimitve rastlin. V severnejših območjih Evrope pa jesenske setve ne svetujejo (Ruminska, 1973., cit. po Németh 1998). Sorta 'Zeno 2002' je po navedbah žlahtnitelja (Zeno projekte, 2015) najpogostejša sorta maka v Avstriji za jesensko setev. Rezultati se torej ujemajo s temi navedbami, saj je bila prezimatev jesenske setve ustrezna in temu primeren tudi pridelek. Z vidika doseganja ustrezne gostote ob spravilu je tako spomladanska setev ustrenejša, v kolikor vremenske razmere spomladi omogočajo čim bolj zgodnjo setev (v marcu). Na drugi strani pa lahko pozna spomladanska setev in poletna suša zelo zmanjšata na pridelek, zlasti če površin ni mogoče namakati.

Preglednica 3: Povprečna vlažnost semena ob spravilu in pridelek semen vrtnega maka (*Papaver somniferum* L.) po obravnavanjih v Cerkljah ob Krki v letih 2013/14

Rok setve	Gnojenje	Povprečna vlažnost (%)	Povprečen pridelek na parcelo (g)	Povprečen pridelek na hektar (kg)
Jeseni	NPK 15-15-15	8,2	3107	a
	ENTEC®	8,4	3234	a
	KAN	8,1	2858	a
	Kontrola	8,0	2601	a
	Povprečje	8,2	2950	a
Spomladi	NPK 15-15-15	9,5	3286	a
	ENTEC®	9,1	3677	a
	KAN	9,6	2965	a
	Kontrola	9,0	3377	a
	Povprečje	9,3	3326	a

Povprečja označena z enako črko se ne razlikujejo statistično značilno glede na analizo variance ($\alpha=0,05$).



Slika 3: Povprečni pridelek semen maka (*Papaver somniferum* L.) na rastlino po obravnavanjih v poskusih v Cerkljah ob Krki v letih 2013/14

Pomemben del poskusa je bil ugotoviti razlike med isto količino dodanega dušika (60 kg/ha) z različnimi mineralnimi gnojili in kontrolo brez dognjevanja. Glede na rezultate obeh poskusov se lahko vprašamo ali je za dobre pridelke maka v danih razmerah smiselno dognjevanje z dušikom - po analizi mineralnega dušika v ornici (0-30 cm) pred dognjevanjem je ta znašala 2,2 mg/kg suhe snovi tal. Rezultati preteklih poskusov na Tasmaniji (Laughlin, 1978) so pokazali pozitivne učinke gnojenja z dušikom na pridelek glavic. Razlogi za tako majhne razlike so lahko različni. Količina dodanega dušika je bila mogoče premajhna, da bi se pokazal učinek le-tega. Drugi razlog je lahko v izbiri termina dognjevanja; obstaja verjetnost, posebej pri amonijskih in počasi dostopnih oblikah dušika, da le-ta rastlinam ni bil na voljo v času najbolj intenzivne rasti (Morasz, 1979, cit. po Bernáth in Németh). So pa raziskave v več evropskih državah, ki so primerjale pridelke pomembnejših poljščin in dinamiko rasti le-teh ter v zadnjih 40-ih letih pokazale, da je ravno pri maku odziv na dodana mineralna gnojila najmanjši (Chloupek in sod., 2004).

Na sliki 3 so prikazani povprečni pridelki semen maka na rastlino po obravnavanjih. Meritve različnih parametrov (pridelek na rastlino, število vej, premer glavic) na posameznih rastlinah so v vseh merjenih vrednostih pokazale boljše rezultate pri jesenski setvi, saj je bil povprečen pridelek semen na rastlino pri jesenski setvi večji. Iz tega lahko sklepamo, da je bil glavni problem manjšega skupnega pridelka jesenske setve slabša prezimitev posevka - manjša gostota ob spravilu. Ob boljši prezimitvi ali večji gostoti setve bi bil pridelek maka sejaneja jeseni verjetno večji.

Med jesensko in spomladansko setvijo je bila ugotovljena značilna razlika v višini rastlin. Rastline so bile statistično značilno višje pri maku, posejanem jeseni ($\alpha = 0,05$ znaša $p = 0,0000$). Mak, ki je bil sejan jeseni (139 cm), je bil v povprečju od spomladanskega (81 cm) višji za skoraj 60 cm. Različno velikost rastlin so v preteklosti že pojasnili, predvsem z različnimi temperaturami v obdobju rasti in s tem povezanim trajanjem določenih razvojnih faz. V 80. letih 20. stoletja so s poskusi dokazali, da višje temperature v zgodnjih fazah razvoja pospešujejo razvoj in vplivajo na višino rastlin. Vse skupaj vodi tudi v hitrejše cvetenje. Do teh ugotovitev sta prišla Bérnath in Tétényi (1981), saj so poskusi pokazali da so ob hitrem dvigu temperatur z 12 °C na 26 °C rastline zacvetele 10 do 15 dni prej. Njihova končna višina je bila za 10 do 15 cm nižja, vpliva na pridelek glavic in semen pa niso zaznali.

4 SKLEPI

Vrtni mak v svetovnem merilu ni zelo razširjena poljščina, je pa njegova pridelava in uporaba pomembna v državah z dolgo tradicijo pridelave in uporabe makovih semen, to je predvsem v evropskih državah (posebno v srednji, južni in jugovzhodni Evropi). Poljski poskus je pokazal, da so razmere v jugovzhodni Sloveniji primerne za doseganje visokih pridelkov maka. Povprečna pridelka jesenske (1545 kg/ha) in spomladanske setve (1742 kg/ha) sta glede na povprečne pridelke (Faostat (2010-2014): 700 kg/ha) v državah pridelovalkah maka visoka. Glede izbire roka setve je izvedeni poskus ponudil premalo odgovorov, da bi lahko z gotovostjo trdili, da je kateri od preučevanih rokov setve značilno boljši. Svojevrsten izziv predstavlja tudi ustrezna sejnalna tehnika in doseganje optimalne gostote rastlin. Tudi zatiranje plevelov v posevku je lahko oteženo, še posebno zaradi ozkega nabora pripravkov, ki so pri nas dovoljeni. V sosednji Avstriji je nabor precej širši. V poskusu smo potrdili relativno ekstenzivnost pridelave maka in ob dejstvu, da je nabor registriranih FFS že tako zelo omejen, bi ga zato bilo smiselno pridelovati tudi na ekološki način. Za večji razmah pridelave maka v Sloveniji bi bilo tako potrebno odgovoriti na kar nekaj tehnoloških, in ne nazadnje tudi ekonomskih vprašanj. Vsekakor so razmere za pridelavo ugodne, uporaba makovih semen je dokaj razširjena, le-ta pa večinoma uvozimo iz bližnjih in daljnih držav z dolgoletno tradicijo pridelave. V manjšem obsegu lahko mak obogati na splošno precej ozek kolobar na slovenskih kmetijah. Vsekakor pa z naraščajočo usmeritvijo uživanja domače in lokalno pridelane hrane spodbujamo lokalno pridelavo in uporabo makovega semena in olja, ki sta lahko vir dodatnega zaslužka na kmetijah. Po podatkih s konca devetdesetih let 20. stoletja v Avstriji porabijo med 1700 in 2300 ton makovih semen letno leto (Steidl in Gressl, 1992, cit. po Bérnath, 1998b). Iz tega podatka lahko sklepamo, da je poraba makovih semen pri nas okoli 500 ton letno. Zato se ponuja razmislek o širitvi pridelave.

5 LITERATURA

ARSO: Agencija RS za okolje, Meteo.si.

<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/> (oktober 2016)

Backsaaten (Mohn, Kümmel und Leinsamen). 2015. Linz, Saatbau Linz: 4 str.

http://www.saatbau.com/uploads/magazine/backsaaten_2015_vs1_SCREEN.pdf (maj 2015)

Bérnath, J. 1998a. Introduction. V: Poppy: the genus papaver. Bérnath J. (ed.). Amsterdam, Harwood Academic Publishers: 1-7

Bérnath, J. 1998b. Utilization of poppy seed. V: Poppy: the genus papaver. Bérnath J. (ed.).

Amsterdam, Harwood Academic Publishers: 337-342

Bérnath, J., Németh, E. 1998. Physiological – ecological aspects. V: Poppy: the genus papaver.

Bérnath, J. (ed.). Amsterdam, Harwood Academic Publishers: 65-92

- Bernáth, J., Tétényi P. 1981. The effect of environmental factors on growth, development and alkaloid production of poppy (*Papaver somniferum* L.) I. Interaction of light and temperature. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen*, 176, 7: 599-605
- Bernáth, J., Tétényi, P. 1992. Production characteristic of *Papaver somniferum* L. cultivars of different origin and vegetation cycles. *Bulletin of Narcotics*, 34, 3-4: 113-127
- Chloupek, O., Hrstkova, P. in Schweigert, P. 2004. Yield and its stability, crop diversity, adaptability and response to climate change, weather and fertilisation over 75 years in the Czech Republic in comparison to some European countries. *Field Crops Research*, 85:167-190
- Đorđevski, J. in Klimov, S. 1986. Mak. V: Posebno ratarstvo. Deo 2. Dončev N. (ur.). Beograd, Naučna knjiga: 7-84
- FAOSTAT: Food and Agriculture organization. 2016.
<http://faostat.fao.org/> (oktober 2016)
- FITO-INFO: Slovenski informacijski sistem za varstvo rastlin. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Uprava za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin. <http://www.fito-info.si/index.asp?ID=FFS/index.asp> (oktober 2016)
- Földesi, D. 1992. Poppy. V: Cultivation and processing of medical plants. Hornok L. (ed.). Budapest, Akadémiai Kiadó: 119-128
- Kocjan Ačko, D. 2015. Vrtni mak. V: Poljščine. Ljubljana, Založba Kmečki glas: 111-116
- Laughlin, J. C. 1978. The effect of band placed nitrogen and phosphorus fertiliser on the yield of poppies (*Papaver somniferum* L.) grown on krasnozem soil. *Acta horticulturae*, 73: 165-172
- Maček, J. 1991. Bolezni poljščin. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 267 str.
- Mihalik, E. 1998. Biology of poppy – Taxonomy. V: Poppy: the genus papaver. Bernáth J. (ed.). Amsterdam, Harwood Academic Publishers: 7-45
- Németh, E. 1998. Cultivation of poppy in the temperate zone. V: Poppy: the genus papaver. Bernáth J. (ed.). Amsterdam, Harwood Academic Publishers: 219-235
- Ograjšek, S. 2015. Vpliv agrotehničnih ukrepov na lastnosti vrtnega maka (*Papaver somniferum* L.) sorte 'Zeno 2002'. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 41 str.
- Petri, G. in Mihalik, E. 1998. Morphological – Anatomical aspects. V: Poppy: the genus papaver. Bernáth J. (ed.). Amsterdam, Harwood Academic Publishers: 47-63
- Pospíšil, A., Pospíšil, M. 2013. Faze rasta i razvoj maka prema BBCH skali. V: Ratarstvo – praktikum. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet: 70-72
- Sadar, V. 1951. Mak. V: Oljnice, Korenovke, predivnice in hmelj. Ljubljana, Kmečka knjiga: 54-56
- Skupni katalog sort poljščin. 2015. 280-282. Uradni list Evropske unije. 2015.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:C2015/404/01&from=SL>
- Swern, D. 1972. Industrijski proizvodi ulja i masti po Baileyu. Zagreb, Znanje: 847 str.
- Vrabl, S. 1992. Škodljivci poljščin. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 142 str.
- Zeno projekte. Dr. Georg Dobos. 2015. <http://members.aon.at/gdobos/mohn.html> (april 2015)

Pridelek navadne konoplje (*Cannabis sativa* L.) iz introdukcije tujih sort glede na namen pridelave (seme in stebila) ter lokacijo

Marko FLAJŠMAN³⁷, Janko VERBIČ³⁸, Igor ŠANTAVEC³⁹, Darja KOCJAN AČKO⁴⁰

Izvelek

V Ljubljani (Biotehniška fakulteta) in v Rakičanu (Kmetijski inštitut Slovenije) sta bila v letu 2016 izvedena dva poljska poskusa, v katerih smo posejali skupno 11 različnih sort konoplje (Fedora 17, Santhica 27, Futura 75, Monoica, KC Dóra, Finola, Kompolti hibrid TC, USO-31, Tiborszallasi, sorta 1, sorta 2) v dveh načinih setve glede na namen pridelave (setev večje količine semena in pri ožji medvrstni razdalji – pridelava za stebila, setev manjše količine semena in pri večji medvrstni razdalji – pridelava za seme). Ugotavljali smo pridelek semena, suhih stebel, sveže mase rastlin in absolutno maso pridelanega semena. Rezultati poljskega poskusa v Ljubljani so pokazali, da je največji povprečen pridelek semena (1573 kg/ha) kot tudi stebel (3248 kg suhe snovi/ha) dosegla sorta Futura 75. Sorta je imela statistično značilen vpliv na merjene dejavnike, način setve je imel značilen vpliv samo na pridelek stebel. Vpliv interakcije načina setve glede na namen pridelave (seme in stebila) in sorte na merjene dejavnike ni bil statistično značilen. Na lokaciji Rakičan je pri načinu setve za seme največji pridelek semena dosegla sorta Kompolti hibrid TC (837 kg/ha), največji pridelek sveže mase rastlin pa sorta Futura 75 (26.521 kg/ha). Na tej lokaciji smo pridelek sveže mase rastlin ugotavljali še pri štirih sortah, ki so bile posejane na drug način, to je po načinu setve za pridelavo stebel. Pokazalo se je, da se je pridelek svežih rastlin pri sortah Futura 75, sorta 1 in USO-31 v tem primeru zmanjšal, pri sorti Santhica 27 pa povečal. Preliminarne ugotovitve kažejo, da se sorte različno odzivajo na uporabljeno agrotehniko.

Ključne besede: navadna konoplja, *Cannabis sativa*, sorte, poljski poskus, način setve

Yield of foreign varieties of hemp (*Cannabis sativa* L.) in relation to the end-uses (seeds and stems) and location

Abstract

At Ljubljana (Biotechnical Faculty) and Rakičan (Agricultural Institute of Slovenia) two field trials with hemp were conducted in 2016. Total of 11 different varieties of hemp (Fedora 17, Santhica 27, Futura 75, Monoica, KC Dóra, Finola, Kompolti hibrid TC, USO-31, Tiborszallasi, variety 1, variety 2) were used which were sown using two sowing method, regarding to the end-uses of crop (lower sowing density for production of seeds and higher sowing density for production of stems). Yield of seeds, dry stalks, plant fresh weight and the 1000-seed weight were determined. In field trial in Ljubljana, the greatest yield of seed (1573 kg/ha) and stems (3248 kg dry weight/ha) reached variety Futura 75. The impact of the variety was significant on the measured parameters, but sowing method influences only the yield of stems. The impact of the interaction of variety and sowing method on the measured parameters was statistically not confirmed. Using sowing method for seed production at field trial in Rakičan, the greatest yield of seed reached variety Kompolti hibrid TC (837 kg/ha) the highest yield of fresh weight of plants had variety Futura 75 (26.521 kg/ha). At this location, four varieties were also sown using sowing method for stems production and yield of fresh weight of plants were decreased for varieties Futura 75, variety 1 and USO-31 and yield was increased for the variety Santhica 27. Preliminary results indicate that varieties respond differently to applied agrotechnology.

Key words: hemp, *Cannabis sativa*, varieties, field trial, sowing density

³⁷ Dr., Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marko.flajsman@bf.uni-lj.si

³⁸ Univ. dipl. inž. kmet., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: janko.verbic@kis.si

³⁹ Dr., Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: igor.santavec@bf.uni-lj.si

⁴⁰ Doc., dr., prav tam, e-pošta: darja.kocjan.acko@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Čeprav je konoplja z industrijskega vidika pomembna predivnica, s prehranskega pa pomembna oljnica, se je pridelava te poljščine v 19. stoletju začela zmanjševati zaradi uspešne industrijske predelave bombaža (Sadar, 1935). V 20. stoletju se je zmanjševanje pridelave nadaljevalo zaradi uporabe umetnih polimernih vlaken (Kocjan Ačko, 1999), v posameznih obdobjih pa je bila konoplja celo prepovedana, predvsem zaradi vsebnosti psihotropnega kanabinoida delta-9-tetrahidrokanabinola (Δ^9 THC), ki ga je nekaterih kemotipih precej več kot v drugih (Kocjan Ačko, 1999). Na začetku 21. stoletja konoplja ponovno pridobiva pomen, vendar jo spremljajo težave pri pridelavi in predelavi, predvsem pomanjkljiva strojna oprema tako v tujini kot tudi v Sloveniji (Kocjan Ačko, 2015). Leta 2011 je bil sprejet »Pravilnik o pogojih za pridobitev dovoljenja za gojenje konoplje in maka«, ki dopušča gojenje konoplje, kar je prispevalo k povečevanju zanimanja za konopljo. Leta 2015 so njive pod konopljo v Sloveniji dosegle rekordnih 469 ha (v Evropi jih je bilo skupno 25.000 ha (EIHA, 2016)), na katerih je bilo posejanih 18 različnih sort (MKGP, neobjavljen vir, 2016).

Nameni uporabe posameznih sort so lahko uporaba za seme, vršičke (socvetja), stebila in kombinirana uporaba, kjer se lahko rastline izkoristijo v več namenov (najbolj pogosta kombinacija je seme in stebila) (Berenji in sod., 2013; Amaducci in sod., 2015). Enodomna konoplja izvira iz dvodomne in je posledica spontane naravne mutacije (Berenji in sod., 2013). Razvoj enodomnih sort je pomenil velik napredek v pridelavi konoplje, saj so enodomne sorte bolj primerne za pridelavo za seme ter za kombinirano uporabo, medtem ko imajo dvodomne sorte večje pridelke sredike (pezdirja) in vlaken (Watson in Clarke, 1997), na primer genetski potencial dvodomnih sort je 38 do 40 % vlaken v stebelu (Berenji in sod., 2013).

Žlahtnjenje sort konoplje je potekalo predvsem v smeri povečanja pridelka stebel (Salentijn in sod., 2015) in semena (Callaway and Laakkonen, 1996). Namenu končne uporabe konoplje je prilagojena agrotehnika. Rastline, ki imajo več življenjskega prostora, razvijejo debelejša stebila (tudi 3 do 4 cm), kar ni zaželeno pri pridobivanju vlaken, in velik cvetni nastavek, zato je setev manjše količine semena (do 20 kg/ha) pri večji medvrstni razdalji priporočljiva za pridelavo za seme (Legros in sod., 2013). Težave se pojavljajo pri plevelih, ki jih je treba mehansko zatirati, saj herbicidi za uporabo v konoplji nikjer na svetu niso registrirani (Desanlis in sod., 2013). Debelejša stebila tudi močno otežujejo mehansko spravilo. Setev večje količine semena (50 kg/ha ali več) pri manjši medvrstni razdalji ugodno vpliva na pridelek stebel, ki so tanjša in daljša. Pri večjem številu rastlin na površino se povečuje tudi delež vlaken v stebelu. Izkušnje iz Francije kažejo, da je za kombinirano rabo konoplje (uporaba za seme in stebila) priporočljiva količina semena za setev 50 do 60 kg/ha (Legros in sod., 2013).

V Sloveniji se v praksi konopljo največ seje na medvrstno razdaljo 12,5 cm in uporablja količino semena za setev okoli 30 kg/ha (ustni viri, 2016). Namen pridelave je v večini primerov pridelava za vršičke in seme, kjer po žetvi stebila ostanejo na njivi in se jih ne uporablja za nadaljno predelavo (ustni viri, 2016). Namen našega poljskega poskusa je bil izmeriti pridelek semena in stebel različnih tujih sort navadne konoplje pri dveh načinih setve (za namen pridelave semena in stebel) na dveh lokacijah s ciljem prispevati k izboljšanju tehnologije pridelave navadne konoplje v Sloveniji.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Izvedba poljskih poskusov

Poljska poskusa s konopljo sta bila izvedena na eksperimentalnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani in v Rakičanu na šolskem posestvu Biotehniške šole Rakičan, kjer ima Kmetijski inštitut Slovenije uradne poljske poskuse za introdukcijo sort. V preglednici 1 so prikazane značilnosti obeh poskusov.

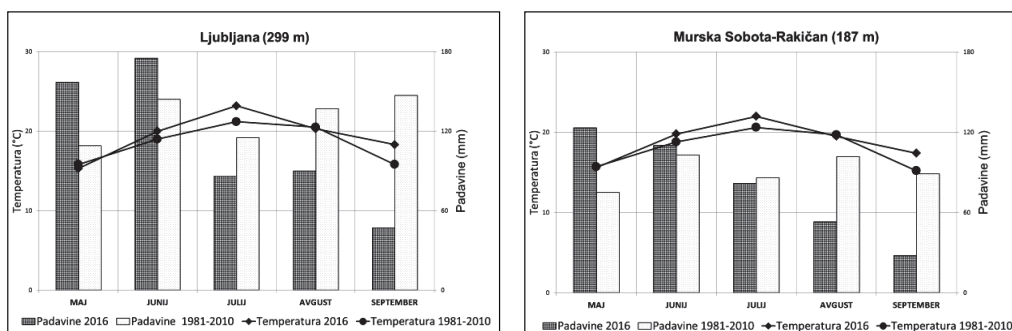
Preglednica 1: Značilnosti poljskih poskusov s konopljo na eksperimentalnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani in Biotehniške šole Rakičan

Dejavnik pridelka			Ljubljana	Rakičan
Sorte			Enodomne: Fedora 17, Santhica 27, Futura 75, Monoica; dvodomne: KC Dóra, Finola, Kompolti hibrid TC	Enodomne: USO-31, Fedora 17, Santhica 27, Futura 75, Monoica; dvodomne: KC Dóra, Kompolti hibrid TC, Finola, Tiborszalasi, sorta 1*, sorta 2*
Čas setve			19. maj 2016	10. maj 2016
Setev			Sejalnica za strnjeno setev Wintersteiger	
Zasnova poskusa			split-plot poskus v 4 blokih (sorte na glavnih parcelah, način setve na podparcelah)	dva ločena podposkusa (način setve glede na namen pridelave semena ali stebel), vsak v zasnovi blokov v štirih ponovitvah z enim faktorjem (sorta)
Gnojenje (datum)			400 kg/ha NPK (15:15:15); 1. junij 2016	600 kg/ha NPK (5:15:30); 150 kg/ha N-GOOO 32N; osnovno
Način setve glede na namen pridelave	za seme	količina semena	25 kg/ha	25 kg/ha
		medvrstna razdalja	50 cm	25 cm
		št. vrst in dolžina	4 vrste → dolžina 4,9 m	5 vrst → dolžina 6 m
	za stebila	količina semena	35 kg/ha	35 kg/ha
		medvrstna razdalja	12,5 cm	12,5 cm
		št. vrst in dolžina	10 vrst → dolžina 4,9 m	10 vrst → dolžina 6 m
Mehansko zatiranje plevela			13. junij 2016	-
Varstvo pred ptiči (mreža)			da	ne
Čas spravila			15. in 27. do 29. septembra	3. oktobra
Način spravila pridelka			ročno rezanje rastlin, seme omlateno z žitno mlatilnico, stebila sušena 48 h na 65 °C za izračun suhe snovi stebel/ha	rastline ročno porezane, ugotovljena sveža masa celih rastlin, nato mlačev socvetij s kombajnom za žita
Določanje vlage semena			ISTA protokol (ISTA, 1999), pridelek semena preračunan v kg na hektar pri 9 % vlažnosti	
Absolutna masa semen			ISTA protokol (ISTA, 1999)	

* izvor: Novi Sad

2.2 Vremenske razmere

Vremenske razmere za obe lokaciji so prikazane na sliki 1. V primerjavi z dolgoletnim povprečjem sta bila v Ljubljani maj in junij bolj mokra meseca. Predvsem maja je bilo v prvi polovici meseca veliko padavin, kar je onemogočalo setev, ki se je zaradi tega pomaknila na začetek tretje deкаде maja. Na začetku aktivne rasti rastlin (junij) je bilo padavin dovolj, občasno zastajanje vode na površini je oviralo rast in razvoj konoplje. Nato sta bila tako julij kot prva polovica avgusta podpovprečna glede količine padavin. Temperature so bile leta 2016 primerljive z dolgoletnim povprečjem, nekoliko je odstopal julij, ki je bil toplejši za 2 °C, in september, ko je bila temperatura za 2,5 °C višja od dolgoletnega povprečja. Septembra je bilo le 47 mm padavin. Podobno razporeditev padavin lahko opazimo tudi na lokaciji Rakičan, kjer pa so bile količine padavin precej manjše; septembra je padlo samo 28 mm dežja. Glede temperatur na lokaciji Rakičan se maj, junij in avgust niso bistveno razlikovali od dolgoletnega povprečja; v juliju je bila povprečna temperatura višja za eno stopinjo, september pa je bil toplejši za 2,1 °C.



Slika 1: Primerjava povprečnih mesečnih temperatur in mesečnih padavin v rastni dobi konoplje (maj – september) za leto 2016 z dolgoletnim obdobjem (1981 - 2010) za lokaciji Ljubljana in Rakičan (ARSO, 2016)

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

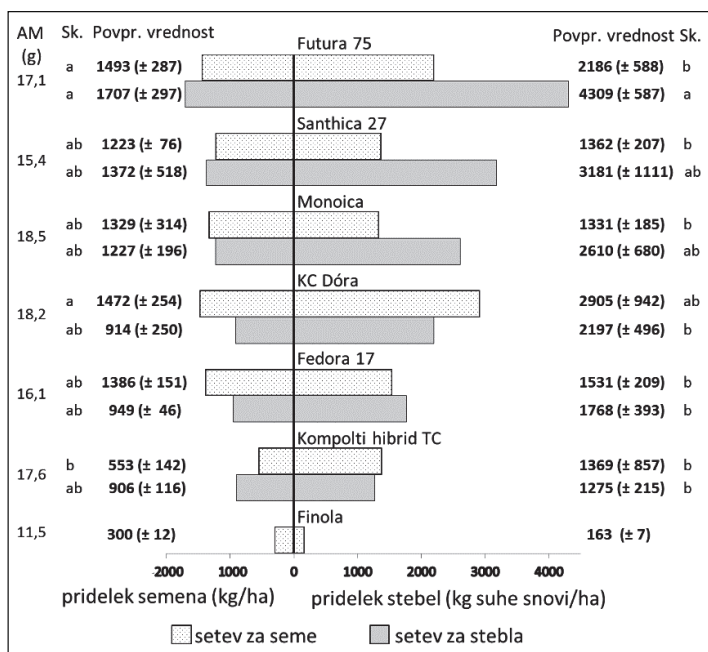
3.1 Lokacija Ljubljana

Na Biotehniški fakulteti v Ljubljani smo preučevali vpliv načina setve na pridelek semena in stebel (slika 2). Pri sorti Finola (žetev 15. septembra) smo pridobili samo pridelek semena pri načinu setve za seme (redka setev), kjer smo plevale ročno populili. Pri načinu setve za pridelavo stebel (gosta setev) posevkov nismo okopali, toda samo sorto Finola so plevli zaradi nizke rasti, ki je sortna lastnost (Callaway, 2004), že v mladostnem razvoju prerasli. S statistično analizo pridelkov ostalih sort (žetev 27. do 29. septembra) smo ugotovili, da na pridelek semena in na absolutno maso semen način setve glede na namen pridelave (seme in stebila) ni imel vpliva, prav tako pa ni bilo interakcije med načinom setve in sorto. Na pridelek stebel ima način setve glede na namen pridelave (seme in stebila) statistično značilen vpliv ($p=0,0313$), interakcija med načinom setve in sorto ni bila statistično značilna. Razlike med povprečnimi pridelki so statistično značilne. Največji povprečni pridelek semena smo izmerili pri sorti Futura 75 (1573 kg/ha), podobno velik povprečni pridelek sta imeli še sorti Santhica

27 in Monoica. Sledijo KC Dóra, Fedora 17 in Kompolti hibrid TC. Finola je imela najmanjši pridelek (300 kg semena/ha).

Tudi razlike med pridelki stebel so statistično značilne. Sorta Futura 75 je imela največji povprečni pridelek stebel (3248 kg suhe snovi/ha). Sledijo sorte KC Dóra, Santhica 27 in Monoica ter Fedora 17 in Kompolti hibrid TC. Finola je imela najmanjši pridelek stebel (163 kg suhe snovi /ha). Čeprav je bilo že ugotovljeno, da sorta Finola ni primerna za pridelavo za stebila na območju ljubljanske kotline (Flajšman in sod., 2016), bi bilo s testiranje le-te smiselno nadaljevati, saj se iz njenih stebel pridobiva najbolj fina vlakna, tudi olje iz semen ima visoko prehransko vrednost (Callaway, 2004). Čeprav so bile vremenske razmere v letu 2016 na lokaciji Ljubljana relativno ugodne za rast konoplje, so bili pridelki stebel majhni v primerjavi z nekaterimi drugimi podobnimi poljskimi poskusi (Struik in sod., 2000; Kocjan Ačko in sod., 2002; Cosentino in sod., 2012; Tang in sod., 2016), verjetno predvsem zaradi pozne žetve stebel.

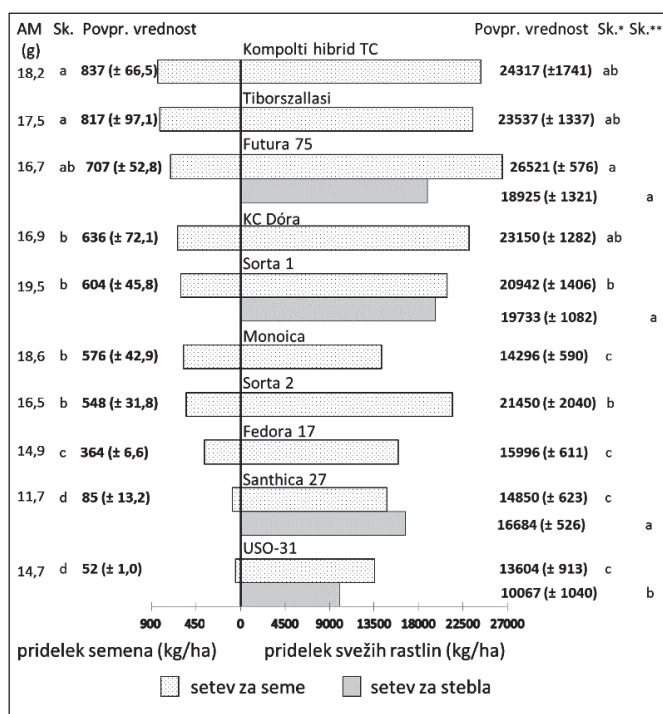
Slika 2: Pridelek semen, stebel in absolutna masa semena (AM) za 7 sort konoplje glede na način setve (pridelava za stebila - sivi stolpci ali pridelava za seme - pikčasti stolpci) na lokaciji Ljubljana. Različne črke pri povprečnih pridelkih semen/stebel označujejo statistično značilno razliko med obravnavanji (Duncan, $p < 0,05$). Poleg povprečnih vrednosti je navedena standardna napaka (v oklepaju).



3.2 Lokacija Rakičan

Na lokaciji Rakičan smo vrednotili pridelek semena in celih rastlin pri medvrstni razdalji 25 cm in setveni količini 25 kg/ha za 11 sort (namen pridelave za seme). Poleg tega je bil za štiri sorte (Futura 75, sorta 1, Santhica 27 in USO-31) narejen vzporeden poskus, kjer je bila uporabljena medvrstna razdalja 12,5 cm in količina semena za setev 35 kg/ha (namen pridelave za stebila), vrednotili pa smo samo pridelek celih svežih rastlin (slika 3).

Slika 3: Povprečni pridelek semena, svežih rastlin (pikčasti stolpci) in absolutna masa (AM) za 10 sort konoplje pri setvi za pridelavo semena ter povprečni pridelek svežih rastlin za 4 sorte konoplje pri setvi za stebila (sivi stolpci). Različne črke pri povprečnih pridelkih semena/svežih rastlin označujejo statistično značilno razliko med obravnavanji (Duncan, $p < 0,05$). Poleg povprečnih vrednosti je navedena standardna napaka (v oklepaju)



Sk.* - skupina pri setvi za seme, Sk.** - skupina pri setvi za stebila

V poskusu je bila posejana tudi sorta Finola, kjer so bile rastline nizke in ob spravilu preraščene s plevli, zato pridelkov ni bilo. Pridelki semena ostalih sort na lokaciji Rakičan so bili majhni. Razlog je premalo razpoložljive vode v rastni dobi, poleg tega pa so bile poskusne parcele močno zapleveljene. Razlike med povprečnimi pridelki semena so statistično značilne. Največji povprečni pridelek je dosegla sorta Kompolti hibrid TC (837 kg/ha), najmanjšega pa USO-31 (52 kg/ha). Čeprav večjih napadov ptičev ni bilo, so verjetno manjše ptice v času odsotnosti ljudi zobale semena konoplje in tako pridelek dodatno zmanjševale. Pri načinu setve za seme je bila največja količina svežih rastlin pri sorti Futura 75 (26.521 kg/ha), najmanjša pa pri sorti USO-31 (13.604 kg/ha).

Vzporedno so bile za namen pridelave uporabljene sorte Futura 75, sorta 1, Santhica 27 in USO-31. Samo pri sorti Santhica 27 se je pridelek svežih rastlin z načinom setve za stebila povečal, pri ostalih treh sortah pa v primerjavi z načinom setve za seme zmanjšal. Če upoštevamo zapleveljenost posevka, ki je zmanjševala pridelek semen, je ta rezultat nekoliko presenetljiv, saj naj bi gostejši posevki konoplje bolj učinkovito zatirali plevle, kar omogoča preživetje več rastlinam (Vera in sod., 2006; Kocjan Ačko in sod., 2002). Po drugi strani pa lahko zaradi prevelike gostote posevka veliko rastlin tudi odmre, kar zmanjšuje pridelek (van der Werf in sod., 1995). To se je verjetno zgodilo v našem poskusu.

4 SKLEPI

V Ljubljani način setve glede na namen pridelave ni statistično značilno vplival na pridelek semena. Zato predvsem z vidika varstva pred plevli priporočamo uporabo večje količine semena za setev na manjši medvrstni razdalji. Pri sorti Futura 75 je bil pridelek stebel pri setvi za pridelavo vlaken statistično značilno višji od pridelka stebel pri setvi za pridelavo semena. Zato tudi za pridelavo vlaken priporočamo gostejšo setev. Verjetno so predvsem vremenske

razmere prispevale k temu, da so bili pridelki semena in absolutna masa semena štirih sort (od šestih), ki so bile uporabljene na obeh lokacijah, večji v Ljubljani kot v Rakičanu. V Rakičanu je vzporeden poskus s štirimi sortami, ki so bile posejane za pridelavo za stebila, pokazal, da se je v primerjavi z načinom setve za pridelavo za seme pridelek svežih rastlin trem sortam zmanjšal, eni sorti pa povečal. Sorta Finola se je zaradi nizke rasti na obeh lokacijah v gosti setvi izkazala za neprimerno za pridelavo brez mehanskega varstva pred pleveli.

Zahvala. Predstavljeni rezultati so del CRP V4-1611 »Pridelava industrijske konoplje (*Cannabis sativa* L.) v Sloveniji«, ki ga financirata ARRS in MKGP.

5 LITERATURA

- Amaducci, S., Scordia, D., Liu, F.H., Zhang, Q., Guo, H., Testa, G., Cosentino, S.L. 2015. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. *Industrial Crops and Products*, 68: 2-16
- ARSO. 2016. Agencija Republike Slovenije za okolje. www.arso.gov.si (sept. 2016)
- Berenji, J., Sikora, V., Fournier, G., Beherec, O. 2013. Genetics and selection of hemp. V: Boulou, P., Allegret, S., Laurent, A. (ur.). *Hemp: industrial production and uses*. CABI, Wallingford, Boston: 72-97
- Callaway, J.C. 2004. Hemp seed production in Finland. *Journal of Industrial Hemp*, 9(1): 97-103
- Callaway, J., Laakkonen, T., 1996. Cultivation of *Cannabis* oil seed varieties in Finland. *Journal of the International Hemp Association*. 3: 32-34
- Cosentino, S.L., Testa, G., Scordia, D., Copani, V. 2012. Sowing time and prediction of flowering of different hemp (*Cannabis sativa* L.) genotypes in southern Europe. *Industrial Crops and Products*, 37(1): 20-33
- Desanlis, F., Cerruti, N., Warner, P. 2013. Hemp agronomics and cultivation. V: Boulou, P., Allegret, S., Laurent, A. (ur.). *Hemp: industrial production and uses*. CABI, Wallingford, Boston: 98-124
- EIHA, 2016. European Industrial Hemp Association. <http://eiha.org/> (nov. 2016)
- Faostat. 2016. Food and Agriculture Organization of The United Nations Statistics Division. <http://faostat3.fao.org/home/E> (nov. 2016)
- Flajšman, M., Jakopič, J., Košmelj, K., Kocjan Ačko, D. 2016. Morfološke in tehnološke lastnosti sort navadne konoplje (*Cannabis sativa* L.) iz poljskega poskusa Biotehniške fakultete v letu 2016. *Hmeljarski bilten*, 23: 88-104
- ISTA. 1999. International Rules for Seed Testing. *Seed Science Technology*, 27: 1-333
- Kocjan Ačko, D., Baričević, D., Rengeo, D., Andrenšek S. 2002. Gospodarsko pomembne lastnosti petih sort konoplje (*Cannabis sativa* L. var. *sativa*) iz poljskih poskusov v Markišavcih pri Murski Soboti. *Acta agriculturae slovenica*, 79(1): 237-252
- Kocjan Ačko, D. 1999. Pozabljene poljščine. *Kmečki glas*, Ljubljana: 187 str.
- Kocjan Ačko, D. 2015. Poljščine, pridelava in uporaba. *Kmečki glas*, Ljubljana: 187 str.
- Legros, S., Picault, S., Cerruti, N. 2013. Factor affecting the yield of industrial hemp – experimental results from France. V: Boulou, P., Allegret, S., Laurent, A. (ur.). *Hemp: industrial production and uses*. CABI, Wallingford, Boston: 72-97
- Sadar, V. 1935. Lan in konoplja. *Kmetijska matica*. Ljubljana: 78 str.
- 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
- Struik, P.C., Amaducci, S., Bullard, M.J., Stutterheim, N.C., Venturi, G., Cromack, H.T.H. 2000. Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. *Industrial Crops and Products*, 11(2): 107-118
- Tang, K., Struik, P.C., Yin, X., Thouminot, C., Bjelková, M., Stramkale, V., Amaducci, S. 2016. Comparing hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars for dual-purpose production under contrasting environments. *Industrial Crops and Products*, 87: 33-44
- Van der Werf, H.M., Wijnhuizen, M., De Schutter, J.A.A. 1995. Plant density and self-thinning affect yield and quality of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). *Field Crops Research*, 40(3): 153-164
- Vera, C.L., Woods, S.M., Raney, J.P. 2006. Seeding rate and row spacing effect on weed competition, yield and quality of hemp in the Parkland region of Saskatchewan. *Canadian journal of plant science*, 86(3): 911-915
- Watson D.P., Clarke R.C. 1997. The genetic future of hemp. *Journal of International Hemp Association*, 4: 32-36

Raznolikost hranilne sestave navadne konoplje (*Cannabis sativa* L. var. *sativa*)

Anita KUŠAR⁴¹, Barbara ČEH⁴², Marko FLAJŠMAN⁴³, Darja KOCJAN AČKO⁴⁴ in Igor PRAVST⁴⁵

Izvleček

Seme navadne konoplje (*Cannabis sativa* L. var. *sativa*) je zelo dober vir beljakovin in olja z ugodno maščobno-kislinsko sestavo. V raziskavo je bilo vključenih 15 različnih sort navadne konoplje, katerih semena so bila pridelana v Sloveniji ali pridobljena preko semenarskih hiš (pridelana v drugih državah Evrope). Rezultati analiz kažejo na opazne razlike v vsebnosti beljakovin in olja v semenih konoplje glede na sorto in okoljske dejavnike. Nadpovprečna vsebnost beljakovin (od 25,6 % do 28,8 % v suhi snovi) ali olja (od 35,2 % do 37,7 % v suhi snovi) v konopljinih semenih, glede na druge v raziskavo vključene sorte, je bila izmerjena pri sortah Antal, Fedora 17, Ferimon, Finola, Futura 75, Helena, KC Dora, Kompolti hibrid TC, Lipko, Monoica, in Santhica 27 in Tiborszallasi. Sorte, ki so se že pridelovale v Sloveniji in so se pokazale v raziskavi s prehranskega vidika kot najbolj obetavne glede na preučevana parametra, so Antal, Ferimon, Helena, KC Dora, Kompolti hibrid TC, in Lipko, Monoica in Tiborszallasi. Rezultate o variabilnosti med sortami je mogoče izkoristiti pri optimizaciji pridelovanja navadne konoplje za doseganje zelenih lastnosti v povezavi s hranilno sestavo.

Glavne besede: navadna konoplja, *Cannabis sativa*, hranilna sestava, beljakovine, konopljino olje

Variability in the nutritional composition of hemp (*Cannabis sativa* L. var. *sativa*)

Abstract

Seed of hemp (*Cannabis sativa* L. var. *sativa*) is a highly nutritious food and a good source of proteins and oil with a favourable fatty-acid composition. 15 different varieties of hemp seeds were included in this study. Seeds have been produced in Slovenia or obtained from foreign seed companies from other European countries. The results of the analysis of the hemp seeds show significant differences in proteins and oil content, depending on the variety and environmental factors. Based on the results of varieties included in this study, above-average content of the proteins (from 25.6 % to 28.8 % of dry matter) or oil (from 35.2 % to 37.7 % of dry matter) in hemp seeds has been detected in varieties Antal, Fedora 17, Ferimon, Finola, Futura75, Helena, KC Dora, Kompolti hibrid TC, Lipko, Monoica, in Santhica 27 in Tiborszallasi. Varieties, which have been already used in Slovenia and have emerged as the most promising in this survey, are Antal, Ferimon, Helena, KC Dora, Kompolti hibrid TC, in Lipko, Monoica in Tiborszallasi. The results of the variability among varieties can be used for the optimization of hemp production in order to achieve the desired characteristics in relation to the nutritional composition.

Key words: hemp, *Cannabis sativa*, nutritional composition, protein, hemp oil

1 UVOD

Navadna konoplja (*Cannabis sativa* L. var. *sativa*) je rastlina, ki izvira iz centralne Azije in se že stoletja prideluje širom po svetu. Je enoletna rastlina iz družine konopljevok (*Cannabaceae*), kamor spada tudi indijska konoplja (*Cannabis sativa* L. var. *indica*) (Čeh in sod., 2009). V začetku 20. stoletja je na zmanjšanje pridelave v Evropi pomembno vplivala prepoved gojenja

⁴¹ Doc. dr., Inštitut za nutricionistiko, Tržaška 40, 1000 Ljubljana, e-pošta: anita.kusar@nutris.org

⁴² Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Zalec, e-pošta: barbara.ceh@ihps.si

⁴³ Dr., asist., Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marko.flajsman@bf.uni-lj.si

⁴⁴ Doc., dr., prav tam, e-pošta: darja.kocjan.acko@bf.uni-lj.si

⁴⁵ Doc. dr., Inštitut za nutricionistiko, Tržaška 40, 1000 Ljubljana, e-pošta: igor.pravst@nutris.org

konoplje zaradi vsebnosti psihoaktivnih snovi, predvsem tetrahidrokanabinola (THC). Navadno konopljo so gojili le še v nekaterih vzhodnoevropskih državah (Kocjan Ačko, 1999). Ob koncu 20. stoletja se je zanimanje za navadno konopljo izjemno povečalo zaradi njene vsestranske uporabnosti, tudi ugodnih prehranskih lastnosti. Postopoma je bila v Evropi ukinjena prepoved gojenja (Kocjan Ačko, 2015). V Sloveniji je danes dovoljeno pridelovati konopljo za pridelavo semen, nadaljnje razmnoževanje, proizvodnjo hrane in pijač, pridobivanje snovi za kozmetične namene, pridelavo vlaken, krmo živali in druge industrijske namene (Pravilnik o pogojih ..., 2011). V pridelavi so lahko sorte konoplje vpisane v Skupni katalog sort poljščin (EC Plant variety database, 2016), pri katerih vsebnost THC v suhi snovi zgornje tretjine rastline ne sme presegati vrednosti 0,2 %. Sprememba Pravilnika iz leta 2015 predstavlja možnost pridelave navadne konoplje za seme, vendar je razpoložljivost podatkov o agrotehničnih parametrih za doseganje kakovostnega in visokega pridelka v naših pridelovalnih razmerah precej omejena (Čeh in Čremožnik, 2016).

S prehranskega vidika so najbolj zanimiva semena, ki so vir nenasičenih maščobnih kislin, beljakovin, prehranskih vlaknin ter nekaterih vitaminov in mineralov (OPKP, 2016; Kriese in sod., 2004; Leizer in sod., 2000; Callaway in sod., 2004). Semena navadne konoplje običajno vsebujejo 25 do 35 % olja, 20 do 25 % beljakovin, 20 do 30 % ogljikovih hidratov, 10 do 15 % prehranskih vlaknin ter nekatere vitamine, predvsem vitamina A in E, in minerale (magnezij, baker, cink in železo). Za beljakovine v semenu konoplje je značilna ugodna aminokislinska sestava, ki spominja na beljakovine živalskega izvora (Russo in Reggiani, 2015). Konopljina semena in iz njih iztisnjeno olje odlikuje tudi maščobno kislinska sestava. Med njimi sta najbolj zastopani linolna (omega-6) in α -linolenska (omega-3) kislina. Vsebnost večkrat nenasičenih maščobnih kislin v olju običajno znaša okoli 80 %. Posebnost konopljinca olja je tudi ugodno razmerje linolne in α -linolenske kisline, to je 3 do 5:1 (EFSA, 2009). Običajno je namreč v prehrani omenjeno razmerje precej višje, kar povečuje tveganje za razvoj številnih nenalezljivih bolezni, tudi srčno-žilnih bolezni (Simopoulos, 2008; Gomez Candela in sod., 2011).

Raziskave pridelovanja navadne konoplje v različnih Evropskih državah, vključno s Slovenijo, kažejo na to, da je hranilna sestava konopljinih semen močno odvisna od sorte in agrotehničnih ukrepov (Galasso in sod., 2016; Kriese in sod. 2004; Vogl in sod., 2008), dodatno pa se sorte med seboj lahko zelo razlikujejo tudi glede velikosti pridelka semena (Kocjan Ačko in sod., 2002).

Zaradi velikega povpraševanja po semenih in olju navadne konoplje, je zanimanje za pridelavo tudi v Sloveniji vse večje. Podatki o hranilni sestavi sort navadne konoplje, ki se v Sloveniji že pridelujejo ali pa so glede na svoje lastnosti za gojenje pri nas zanimive, še niso razpoložljivi, vendar so, zaradi pestrosti sort, nujno potrebni za zagotavljanje optimalne kakovosti in količine pridelka. Prispevek predstavlja rezultate vrednotenja hranilne sestave semen nekaterih sort konoplje, ki so bile v preteklih dveh letih pridelane v Sloveniji, in nekaterih sort, pridelanih v tujini, ki so potencialno zanimive za pridelovanje pri nas. Pričakovano pa je tudi nihanje sestave znotraj posamezne sorte zaradi vpliva dejavnikov okolja.

2 MATERIALI IN METODE

V preizkušanje je bilo vključenih 19 različnih vzorcev semen navadne konoplje (*Cannabis sativa* L. var. *sativa*), med katerimi je bilo 15 različnih sort, v štirih primerih pa je šlo za dva različna vira iste sorte. Vzorce semena smo pridobili od slovenskih pridelovalcev in semenskih hiš v tujini. Preučevane sorte so vključene na Evropsko sortno listo (Antal,

Carmagnola, Fedora 17, Ferimon, Finola, Futura 75, KC Dora, Kompolti hibrid TC, Lipko, Monoica, Santhica 27, Tiborszallasi, Tisza, USO 31), razen sorte Helena, ki je še v preizkušanju. Semena so bila pridelana v letih 2014 - 2016 v Sloveniji, v razmerah ekstenzivne pridelave, to je brez uporabe mineralnih gnojil in fitofarmacevtskih sredstev, v nekaterih primerih pa je bila uporabljena gnojevka. Za vzorce semen iz tujine podatki o načinu pridelave niso razpoložljivi, saj gre za vzorce semen semenarskih hiš. Razpoložljivi podatki o izvoru, lokaciji gojenja, tipu tal in letu pridelave semen so predstavljeni v preglednici 1.

V vzorcih semen preučevanih virov sta bili v Agrokemijskem laboratoriju Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije analitsko določeni vsebnost olja po metodi SIST EN ISO 659:1998 in vsebnost beljakovin po metodi Analytica-EBC, 3.3.1.

Ugotavljanje vsebnosti olja po Soxhletu (SIST EN ISO 659:1998) je potekalo tako, da smo konopljinna semena zmleli v mlinčku do granulacije pod 2 mm. 10 g zmletega vzorca smo prenesli v bučko, ki smo jo opremili s Soxhletovim aparatom in dodali 150 ml topila heksan (Sigma-Aldrich). Ekstrakcijo smo izvajali 6 ur. Topilo smo odstranili iz vzorca s sušenjem pri 105 do 107 °C do konstantne mase. Iz razlike mas smo izračunali vsebnost olja. Vsak vzorec smo analizirali v dveh ponovitvah.

Določanje vsebnosti beljakovin po metodi Analytica-EBC, 3.3.1. pa je potekalo tako, da smo konopljinna semena zmleli v mlinčku do granulacije pod 2 mm. 1 g zmletega vzorca smo prenesli v razklopne kivete, dodali 10 g katalizatorske zmesi ($\text{Se}:\text{CuSO}_4:\text{Na}_2\text{SO}_4 = 6:6:375$) in 20 ml 98 % H_2SO_4 . Sledil je razklop 4 h pri 110 °C. Ohlajeni razklopni zmesi smo dodali raztopino NaOH (450 g/l) in destilirali. Destilat smo uvajali v raztopino H_3BO_3 (20 g/l) z dodatkom indikatorja bromkrezol zeleno. Sledila je titracija z 0,5 M raztopino HCl. Iz porabe kisline in ob upoštevanju ustreznega faktorja 14 smo izračunali vsebnost beljakovin v vzorcu. Vsi reagenti so bili kupljeni pri proizvajalcu Sigma-Aldrich. Vsak vzorec smo analizirali v dveh ponovitvah.

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

V raziskavi so bila analizirana semena 15 različnih sort navadne konoplje (*Cannabis sativa* L. var. *sativa*). Pri štirih sortah smo razpolagali s semenskim materialom, ki je bil pridelan na dveh različnih lokacijah, kar je omogočilo obravnavo vpliva lokacije pridelovanja na sestavo semen. Kot kažejo rezultati kemijskih analiz vsebnosti beljakovin in olja v konopljinah semenih, predstavljeni v preglednici 1, je bila vsebnost beljakovin in olja v konopljinah semenih različna tako glede na sorto kot izvor.

Vsebnost beljakovin v semenih preučevanih sort je bila med 22,4 % in 28,8 %, kar se ujema z literaturnimi vrednostmi (OPKP, 2016; Galasso in sod., 2016). Najvišjo vsebnost beljakovin v semenih so dosegale sorte Kompolti hibrid TC (27,4 %), Finola (28 %), Santhica 27 (28,8 %), najmanj pa sorti Antal (22,4 %) in USO 31 (22,6 %). Povprečna vsebnost beljakovin v konopljinah semenih je znašala 25,3 %, pri čemer je bilo 7 sort nadpovprečnih (Fedora 17, Ferimon, Finola, Helena, Kompolti Hibrid TC, Lipko, Santhica 27), 7 sort pa podpovprečnih (Antal, Carmagnola, Futura 75, Monoica, Tiborszallasi, Tisza, USO 31). Pri sorti KC Dora je vsebnost beljakovin v semenih pogojevala lokacija gojenja; v primeru gojenja v Domajincih na težkih, ilovnatih tleh je bila vsebnost beljakovin nad povprečjem, medtem ko je bila vsebnost beljakovin v semenih, pridelanih v Zlatoličju na lahkah, prodnatih tleh, pod povprečjem. Med sortami, ki so že bile v pridelavi v Sloveniji, so z vidika visoke vsebnosti beljakovin zanimive predvsem sorti Kompolti hibrid TC in Helena, med sortami semenarskih hiš pa Santhica 27, Finola in Fedora 17.

Preglednica 1: Vsebnost beljakovin (% v suhi snovi) in olja (% v suhi snovi) v semenih preučevanih sort navadne konoplje (*Canabis sativa* L. var. *sativa*) ter razpoložljivi podatki o namenu pridelave in izvoru vzorcev

Sorta	Namen pridelave	Leto pridelave	Lokacija pridelave	Tla	Beljakovine (%)	Olje (%)
Antal	np*	2016	M. Sobota	sr. težka - lahka tla	22,4	36,3
Carmagnola	vlakna	2015	Prekmurje	np*	24,9	35,2
Carmagnola	vlakna	2015	M. Sobota	sr. težka - lahka tla	23,6	33,5
Fedora 17	seme/vlakna	2015	Francija	np*	26,6	33,5
Ferimon	vlakna	2015	Ljubno ob Savinji	np*	25,6	35,1
Finola	seme	2015	Finska	np*	28,0	34,7
Futura 75	seme/vlakna	2014	Francija	np*	24,6	37,6
Helena	np*	2015	Noršinci	težka tla	26,8	35,6
KC Dora	seme/vlakna	2016	Zlatoličje	lahka, prodnata	24,4	37,5
KC Dora	seme/vlakna	2016	Domajinci	težka, ilovnata	25,7	34,2
Kompolti Hibrid TC	vlakna	2014	Melinci	lahka tla	27,4	35,8
Lipko	vlakna	2015	M. Sobota a	sr. težka - lahka tla	26,0	34,9
Monoica	seme/vlakna	2016	Zlatoličje	lahka, prodnata	23,6	37,7
Santhica 27	seme/vlakna	2015	Francija	np*	28,8	34,5
Santhica 27	seme/vlakna	2015	Francija	np*	26,7	32,9
Tiborszallasi	vlakna	2016	Otovci	težka, ilovnata	25,1	37,5
Tiborszallasi	vlakna	2016	M. Sobota	težka, ilovnata	23,7	36,1
Tisza	seme/vlakna	2015	Koroška	np	25,0	34,2
Uso 31	seme/vlakna	2015	Nemčija	np*	22,6	32,5

* np = ni podatka

Vsebnost olja v semenih preučevanih sort navadne konoplje je bila med 32,5 in 37,7 %, v povprečju je znašala 35,2 %, kar je primerljivo z rezultati raziskave Kriese in sod. (2004). Največ olja je vsebovala sorta Monoica (37,7 %), najmanj pa sorta USO 31 (32,5 %). Nadpovprečno vsebnost olja je doseglo kar 7 sort (Antal, Futura 75, Helena, KC Dora, Kompolti Hibrid TC, Monoica, Tiborszallasi). Pri sorti KC Dora pa je vsebnost olja v semenih pogojevala lokacija gojenja, zaradi česar so bile izmerjene vrednosti nad oz. pod povprečjem. Pri štirih obravnavanih sortah (Carmagnola, KC Dora, Santhica 27, Tiborszallasi) so podatki o vsebnosti olja razpoložljivi za dva različna izvora semen. Vsebnost olja se je glede na lokacijo pridelave razlikovala za najmanj 2 %, z izjemo sorte Tiborszallasi, pri kateri

je razlika manjša. Med vzorci semen, ki so bili pridelani v Sloveniji, so največ olja vsebovale sorte Tiborszallasi, KC Dora in Monoica.

Nadpovprečna vsebnost beljakovin ali olja v konopljinih semenih je bila izmerjena pri sortah Antal, Fedora 17, Ferimon, Finola, Futura75, Helena, KC Dora, Kompolti hibrid TC, Lipko, Monoica, Santhica 27 in Tiborszallasi, kar v praksi pomeni, da je lahko sorta nadpovprečna v vsebnosti olja, podpovprečna pa pri vsebnosti beljakovin, le sorti Helena in Kompolti hibrid TC sta bili pri obeh parametrih nadpovprečni. Sorte, ki so že bile v pridelavi v Sloveniji in so se pokazale kot najbolj obetavne (nadpovprečne v vsebnosti enega od obravnavanih parametrov), so Antal, Ferimon, Helena, KC Dora, Kompolti hibrid TC, Lipko, Monoica in Tiborszallasi, preostale (Fedora 17, Finola, Futura 75, Santhica 27) pa je potrebno še preizkusiti. Glede na to, da so bili v raziskavo vključeni vzorci semen pridelani v Sloveniji v ekstenzivnih razmerah, je lahko pričakovana vsebnost beljakovin in olja v primeru intenzivne pridelave večja v primerjavi s predstavljenim rezultati. Posebej pa je pri sortah Ferimon, Lipko in Kompolti Hibrid TC, ki so primarno namenjene pridelavi konopljinih vlaken, potrebno preučiti ali je pridelek semen, kljub ugodni hranilni sestavi, dovolj velik za ekonomsko upravičenost pridelave za ta namen. Za ekonomsko upravičenost pridelave je poleg visoke vsebnosti beljakovin in olja potrebno zagotoviti tudi ustrezno višino pridelka, kar lahko ugotovimo šele pri introdukciji tujih sort v naš prostor. Po najnovejših podatkih enoletnega poljskega poskusa na Biotehniški fakulteti v Ljubljani, se je kot najbolj rodna izkazala sorta Futura 75 s povprečnim pridelkom skoraj 1600 kg semena/ha. Sorti Santhica 27 in Monoica sta dosegli pridelek skoraj 1300 kg semena/ha, sorti KC Dora in Fedora 17 pa slabih 1200 kg semena/ha. Najmanj rodna je bila sorta Finola s 300 kg semena/ha (Flajšman in sod., 2016). Predstavljeni podatki o pridelani količini semen so zgolj enoletni rezultati, zato bomo s poskusom introdukcije sort v pridelavo v Sloveniji nadaljevali, prav tako bomo v poskus vključili še preostale v prispevku obravnavane sorte.

Rezultati poljskih poskusov v Sloveniji in drugod po Evropi kažejo na to, da se sorte, pridelane pod enakimi pogoji, pomembno razlikujejo glede pridelka semen in njihove hranilne sestave, okoljski dejavniki pa še dodatno vplivajo na variabilnost (Vogl in sod., 2004; Kriese in sod., 2004). Za optimizacijo pridelave semen navadne konoplje v Sloveniji so z vidika zagotavljanja kakovosti, višine pridelka in ekonomičnosti pridelave torej nujno potrebne nadaljnje raziskave. Pri tem je glede hranilne sestave, poleg vsebnosti beljakovin in maščob, posebej smiselno dodatno preučiti še maščobno-kislinsko sestavo konopljinega olja (Vogl in sod., 2004; Kriese in sod., 2004; Dimić in sod., 2008), ki ima v prehrani ljudi pomembno varovalno vlogo, še posebej pri zmanjševanju tveganja za razvoj številnih bolezni zaradi optimalnega razmerja omega-6 in omega-3 maščobnih kislin.

4 SKLEPI

Na vsebnost beljakovin in olja v konopljinih semenih vplivajo tako sorta kot rastne razmere, kar se je pokazalo tudi v naši raziskavi. Ker na vsebnost beljakovin in olja v konopljinih semenih torej ne vplivamo samo z izbiro sorte, bodo morale biti nadaljnje raziskave usmerjene tudi v preučitev najbolj ustreznih lokacij pridelave in agrotehnike za posamezno sorto z namenom doseganja ekonomičnosti pridelave ob upoštevanju kakovosti in velikosti pridelka. Od analiziranih sort sta bili nadpovprečna vsebnost beljakovin ali olja v konopljinih semenih določeni pri sortah Antal, Fedora 17, Ferimon, Finola, Futura75, Helena, KC Dora, Kompolti hibrid TC, Lipko, Monoica Santhica 27 in Tiborszallasi, kar v praksi pomeni, da je lahko sorta nadpovprečna v vsebnosti olja, podpovprečna pa pri vsebnosti beljakovin, le sorti Helena in Kompolti hibrid TC sta bili pri obeh parametrih nadpovprečni. Vendar se podpovprečne sorte

iz naše analize hranilne sestave v prihodnjih raziskavah lahko pokažejo kot perspektivne za setev pri nas, predvsem zaradi večjega pridelka, ki se lahko odrazi v večjem pridelku beljakovin in olja na enoto zemljišča. Ker ima konoplino olje pomembno varovalno vlogo v prehrani, bomo nadaljnje raziskave usmerili tudi v preučevanje maščobno-kislinske sestave konopljinega olja, saj se glede na literaturne podatke sorte navadne konoplje med seboj lahko razlikujejo.

Zahvala. Predstavljeni rezultati so del CRP V4-1611 »Pridelava industrijske konoplje (*Cannabis sativa* L.) v Sloveniji«, ki ga financirata ARRS in MKGP. Zahvaljujemo se zadrugi in socialnem podjetju Ekoci Coop ter Dejanu Rengeu za sodelovanje in za posredovanje vzorcev semen različnih sort navadne konoplje, pridelanih v Sloveniji.

5 LITERATURA

- Callaway, J.C. 2004. Hempseed as nutritional resource: An overview. *Euphytica*, 140: 65-72
- Čeh, B., Čeh, K. 2009. Oljnice. <http://www.dlib.si> (12.12.2016)
- Čeh, B., Čremožnik, B. 2016. Vpliv sorte in količine semena za setev na pridele vršičkov in stebel navadne konoplje (*Cannabis sativa* L.). *Hmeljarski bilten*, 23(2016): 80-87
- EC Plant variety database. 2016.: http://ec.europa.eu/food/plant/plant_propagation_material/plant_variety_catalogues_databases/search/public/index.cfm?event=SearchVariety&ctl_type=A&species_id=240&variety_name=&listed_in=0&show_current=on&show_deleted= (12.12.2016)
- EFSA. 2009. Scientific Opinion of the Panel on Dietetic products, Nutrition and Allergies on a request from European Commission related to labelling reference intake values for n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids. *The EFSA Journal*, 1176: 1-11
- Flajšman M., Jakopič J., Košmelj K., Kocjan Ačko D. 2016. Morfološke in tehnološke lastnosti sort navadne konoplje (*Cannabis sativa* L.) iz poljskega poskusa Biotehniške fakultete v letu 2016. *Hmeljarski bilten*, 23: 88-104
- Galasso, I., Russo, R., Mapelli, S., Ponzoni, E., Brambilla, I.M., Battelli, G., Reggiani, R. 2016. Variability in seed traits in a collection of *Cannabis sativa* L. genotypes. *Frontiers in Plant Science*, 7(688): 9 str.
- Gómez Candela, C., Bermejo López, L.M., Loria Kohen, V. 2011. Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health: nutritional recommendations. *Nutr. Hosp.*, 26: 323-329
- Kocjan Ačko, D. 1999. Konoplja. V: Pozabljene poljščine. Ljubljana, Kmečki glas: 101-118
- Kocjan Ačko, D., Baričević, D., Rengeo, D., Andrenšek, S. 2002. Gospodarsko pomembne lastnosti petih sort konoplje (*Cannabis sativa* L. var. *sativa*) iz poljskih poskusov v Markišavcih pri Murski Soboti. *Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo*, 79 (1): 237-252
- Kocjan Ačko D. 2015. Poljščine, pridelava in uporaba. Kmečki glas, Ljubljana: 187 str.
- Kriese, U., Schumann, E., Weber, W., Beyer, M., Bruhl, L., Matthaus, B. 2004. Oil content, tocopherol composition and fatty acid patterns of the seeds of 51 *Cannabis sativa* L. genotypes. *Euphytica*, 137: 339-351
- Leizer, C., Ribnicky, D., Poulev, A., Dushenkov, S., Raskin, I. 2000. The composition of hemp seed oil and its potential as an important source of nutrition. *Journal of Nutraceuticals, functional & medical foods*, 2(4): 35-53
- OPKP – Odprta platforma za klinično prehrano (IJS). 2016. <http://www.opkp.si> (12.12.2016)
- Pravilnik o pogojih za pridobitev dovoljenja za gojenje konoplje in maka. 2016. Uradni list RS, št. 40/11 in 36/15. : <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV10544> (12.12.2016)
- Russo, R., Reggiani, R. 2015. Evaluation of protein concentration, amino acid profile and antinutritional compounds in hemp seed meal from dioecious and monoecious varieties. *Am. J. Plant Sci.*, 6: 14-22
- Simopoulos, A.P. 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Exp. Biol. Med.*, 233: 674-688
- Vogl, C.R., Molleken, H., Lissek-Wolf, G., Sutboch, A., Kobert, J. 2004. Hemp (*Cannabis sativa* L.) as a Resource for Green Cosmetics. *Journal of industrial hemp*, 9(1): 51-67

Vpliv sorte, gnojenja z organskimi gnojili in mineralnega dušika na pridelek in izbrane kakovostne parametre dveh ozimnih krušnih pšenice

Aleš KOLMANIČ⁴⁶, Andrej ZEMLJIČ⁴⁷

Izvleček

V sezoni 2015/2016 smo v Rakičanu spremljali odziv dveh sort pšenice ('Vulkan', 'Olimpija') z različno genetsko predispozicijo glede pridelka in kakovosti, na gnojenje z organskimi gnojili (hlevski gnoj in zaoravanje koruznice) ter na različne intenzivnosti gnojenja z mineralnim dušikom (0, 65, 130 in 195 kg N/ha). V prispevku prikazujemo vpliv dejavnikov na pridelek zrnja, hektolitrsko maso, vsebnost beljakovin in sedimentacijsko vrednost. Največji vpliv sta imela sorta in gnojenje z mineralnim N, opazili smo tudi značilne interakcije med glavnimi dejavniki. Pridelki zrnja in kakovost so se s povečevanjem količine dodanega N večinoma povečevali. Izjema je bilo gnojenje s 65 kg N/ha, kjer sta se vsebnost beljakovin in sedimentacijska vrednost zmanjšali. Povprečni pridelki so bili pri 6115 kg SS/ha ('Vulkan') in 3735 kg SS/ha ('Olimpija'). 'Olimpija' je imela povprečno vsebnost beljakovin 145 g/kg SS in sedimentacijsko vrednost 62 ml. Kakovostni razred A smo dosegli že pri dvakratnem dognojevanju (skupno 130 kg N/ha). 'Vulkan' je imel povprečno vsebnost beljakovin 119 g/kg SS in sedimentacijsko vrednost 45 ml. Kakovost A smo dosegli le v primeru gnojenja s hlevskim gnojem in tremi dognojevanji (skupno 195 kg N/ha). Kljub temu pa so bili pridelki beljakovin na hektar v vseh obravnavanjih večji pri sorti 'Vulkan'.

Ključne besede: krušna pšenica, gnojenje, pridelek, hektolitrska masa, beljakovine, sedimentacija

Effects of cultivar, organic fertilisation and mineral nitrogen on yield and selected baking qualities of two winter wheat cultivars

Abstract

The response of two cultivars ('Vulkan', 'Olimpija'), with different genetic predisposition for yield and quality, to fertilisation with organic fertilizers (manure and maize straw) and different rates of mineral nitrogen (0, 65, 130 and 195 kg N/ha) was evaluated in Rakičan in 2015/2016. Parameters observed in the study were grain yields, test weight, protein content and the sedimentation value. Cultivar and fertilization with mineral nitrogen had significant effect, significant interactions between the cultivars and organic or mineral fertilization were also observed. Grain yields and quality increased with increased N rate. Exception was observed with 65 kg N/ha, causing a reduction of the protein content and sedimentation value. Average yields were 6115 kg DM/ha and 3735 kg DM/ha for 'Vulkan' and 'Olimpija', respectively. 'Olimpija' showed significantly higher quality, average protein content was 145 g/kg DM and sedimentation value 62 ml. Quality class A was achieved with two fertilizations (total of 130 kg N/ha). 'Vulkan' average protein content and sedimentation value were 119 g/kg DM and 45 ml, respectively. Quality class A was achieved only with manure incorporation and three N applications (total 195 kg N/ha). Nevertheless, protein yields per hectare were higher with 'Vulkan' in all treatments.

Key words: wheat, fertilisation, grain yield, test weight, protein, sedimentation value

1 UVOD

Ozimna pšenica (*Triticum aestivum* L. var. *aestivum*) je globalno med najpomembnejšimi poljščinami (Shiferaw in sod., 2013). Tudi v slovenskem poljedelstvu je med najpogostejšimi poljščinami in letno posejemo z njo približno 30 % vseh njiv. Ob tem ne pridelamo potrebnih

⁴⁶ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: ales.kolmanic@kis.si

⁴⁷ Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: andrej.zemljic@kis.si

količin za samooskrbo, npr. v letu 2015 je bila stopnja samooskrbe s pšenico približno 61 %. Letni odkup krušne pšenice naj bi se do leta 2020 povečal na 130.000 t (Strategija, 2014). Da smo še daleč od tega cilja, nakazuje podatek o približno 65.800 t odkupljene krušne pšenice v letu 2016 (Bizjak, 2016).

Količina in kakovost pridelka sta rezultat tesno povezanih interakcij med genotipom, okoljem ter ukrepi, ki jih izvedemo med rastno dobo in/ali po njej. Žlahtniteljski programi so v zadnjih 60 letih dosegli izjemne uspehe pri povečevanju količine in kakovosti pridelka (Fischer in Edmeades, 2010). Kljub temu obstajajo med sortami razlike glede primernosti za pridelovanje z različno intenzivnostjo (Murphy in sod., 2007; Guarda in sod., 2004). Sorte, ki so bile požlahtnjene za intenzivne pridelovalne sisteme, imajo lahko v razmerah manjše intenzivnosti slabše rezultate kot sorte, ki so bile požlahtnjene za manj intenzivno pridelavo. Ker je na splošno intenzivnost pridelave pšenice v Sloveniji v primerjavi s tujino manjša (Kocjan Ačko, 2015), bi bilo zanimivo spremljati, kako se nekatere novejšje sorte odzivajo glede na intenzivnost pridelave v naših razmerah. Da bi dosegli zastavljene cilje o pridelanih količinah krušne pšenice bo potrebno povečati intenzivnost pridelave ter/ali izbrati intenzivnosti in namenu pridelave primerne sorte. Ker je v naših pridelovalnih razmerah predvsem dušik (N) omejujoč dejavnik pri pridelavi pšenice, je intenzivna pridelava močno povezana z vnosi mineralnega N. N je pomemben v številnih rastnih procesih in ima posreden in/ali neposreden vpliv na višino pridelka, parametre kakovosti ter posledično na stabilnost pridelave (Buranova, 2015; Xue in sod., 2016). Po drugi strani pa je intenzivna pridelava pogosto povezana z neželenimi okoljskimi problemi, predvsem izpiranjem N v podzemno vodo (Van Grinsven, 2013). Med genotipi so pomembne razlike glede sprejemanja ter izkoristka N in v zadnjih letih je veliko raziskav namenjenih izboljševanju učinkovitosti črpanja in izkoristka N, predvsem na tleh s pomanjkanjem N (Noureldin in sod., 2013).

Namen prispevka je pri dveh sortah ozimne pšenice, z različno genetsko zasnovo za doseganje krušne kakovosti zrnja, analizirati vpliv dveh načinov gnojenja z organskimi gnojili in gnojenja s štirimi stopnjami mineralnega N na pridelek in izbrane kakovostne parametre.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Raziskavo smo izvedli v okviru statičnega trajnega poskusa IOSDV v Rakičanu (severovzhodna Slovenija, 46°39'N, 16°11'E, nadmorska višina 186 m). V prispevku prikazujemo rezultate iz rastne sezone pšenice 2015/2016. Ker je bila metodologija in zasnova poskusa objavljena že v mnogih prispevkih (Tajnšek in sod., 2013; Tajnšek, 2003), navajamo le osnovne značilnosti poskusa, namenjene hitrejšemu razumevanju. Dolgoletno povprečje temperatur (1981-2010) je 9,77 °C in dolgoletno povprečje padavin je 811 mm. V letu 2016 so bile razmere za pridelavo dobre (ARSO, 2016), spomladanska zmrzal ni povzročila škode. Tla spadajo po slovenski klasifikaciji v skupino izpranih rjavih tal, v zgornjem horizontu prevladuje ilovnat pesek. Kolobar sestavljajo koruza, ozimna pšenica in ozimni ječmen, pšenica zmeraj sledi koruzi. Poskus je zasnovan tako, da je vsaka od navedenih vrst posejana vsako leto. Osnovna parcela se deli na dve pod-parceli, kjer so razporejena obravnavanja. Osnovna velikost vsakega obravnavanja je bila 15 m² (2,5 m x 6 m). Zasnovan je v obliki deljenk (split-split-plot) s tremi preučevanimi glavnimi dejavniki v treh ponovitvah z naključno razporeditvijo. Preučevani dejavniki so bili: dejavnik A - sorta ('Vulkan', 'Olimpija'); dejavnik B - gnojenje z organskimi gnojili (sistem B in C); ter dejavnik C - gnojenje z mineralnim N (stopnje N0, N1-65, N2-130 in N3-195 kg/ha). Sorti pšenice spadata v različni kakovostni skupini glede pekovskih lastnosti. 'Vulkan' je resnica, primerna za pridelovanje na lahkih tleh in ima potencial za velik pridelek B kakovosti, izjemoma tudi A.

Sorta 'Olimpija' je resnica, primerna za pridelovanje na lažjih tleh s potencialom za pridelavo zrnja kakovosti A (Zemljič, 2016). Z mineralnim N smo gnojili v fenofazah BBCH 21/22 (N1, N2, N3), BBCH 31/32 (N2, N3) ter BBCH 45/50 (N3). Za dognojevanja smo uporabili KAN (27 % N). Vsa ostala agrotehnika je bila enaka za vse parcele. Fungicid smo aplicirali dvakrat v rastni dobi. V tehnološki zrelosti smo vsako parcelico poželi s parcelnim kombajnom Wientersteiger, stehali pridelek zrnja in slame ter izmerili vlago, absolutno in hektolitrsko maso. Požeta površina vsake parcelice je bila $6 \times 1,5$ m. Za nadaljnje analize smo iz vsakega obravnavanja odvzeli 2 kg vzorca. Vzorce smo posušili in skladiščili pri sobni temperaturi v temnem prostoru ter nato zmelili z mlinom Retsch ZM 200 in homogenizirali. Vsebnost beljakovin in sedimentacijsko vrednost smo analizirali s pomočjo NIR analizatorja. Podatke smo statistično obdelali s programom Statgraphics Centurion XVI. Uporabili smo multifaktorsko analizo variance ($\alpha=0,05$), model smo specificirali v GLM. V modelu smo upoštevali dejavnik bloka (kot naključno spremenljivko) ter dejavnike A, B in C (kot fiksne spremenljivke) in njihove interakcije. Kjer je analiza variance pokazala statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$), smo razlike med obravnavanji ovrednotili s pomočjo Tukey-evega HSD testa za primerjavo mnogoterih obravnavanj. Za preverjanje medsebojnega vpliva neodvisnih dejavnikov in preučevanih parametrov smo pri nekaterih dejavnikih izvedli linearne regresijske analize, za analizo korelacijskih koeficientov smo izvedli Pearsonovo korelacijsko analizo ($p \leq 0,05$).

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

Vpliv glavnih dejavnikov in interakcij na preučevane parametre je prikazan v preglednici 1.

3.1 Pridelek zrnja

Pridelki zrnja (preračunani na suho snov - SS) so prikazani na sliki 2. Med preučevanimi dejavniki sta imela značilen vpliv na pridelek gnojenje z mineralnim N ($F(3,24)=1077,1$; $p=0,000$) in sorta ($F(1,24)=809,7$; $p=0,001$). Do podobnih rezultatov so v svoji študiji prišli Guarda in sod. (2004). Organsko gnojenje kot samostojen dejavnik ni imelo značilnega vpliva. Nasprotno pa je bila interakcija sorte in gnojenja z organskimi gnojili značilna ($F(1,24)=46,5$; $p=0,021$). Ta interakcija je lepo vidna na sliki 2, kjer smo pri sorti 'Vulkan' pri odmerku N 0 in 65 kg/ha opazili večje pridelke pri hlevskem gnoju. Pri gnojenju s 65 kg N/ha smo celotni odmerek N dodali v fazi razraščanja in rastline so verjetno ta N lahko deloma porabile za razraščanje. Potrditev te domneve se kaže v številu klasov na m^2 (podatki niso prikazani) in verjetno močnejšo korelacijo med številom klasov na m^2 ter pridelkom pri sorti 'Vulkan'. Pridelek zrnja je običajno tesno povezan s številom klasov na m^2 (Shearman in sod., 2005). Domnevamo, da je nato zaradi razgrajevanja koruznice prišlo do imobilizacije N, kar je vplivalo na manjše pridelke pri sorti 'Vulkan' v primerjavi s hlevskim gnojem in 65 kg N/ha. Tega pri sorti 'Olimpija' nismo opazili. Pri večjih odmerkih N, razlike v pridelkih med pridelovalnima sistemoma ni. Značilne interakcije so bile tudi med sorto in mineralnim N ($F(3,24)=28,3$; $p=0,000$), organskim gnojenjem in mineralnim N ($F(3,24)=7,96$, $p=0,001$) ter med vsemi dejavniki ($F(3,24)=6,64$; $p=0,002$). Največje pridelke smo pri obeh sortah dosegli v obravnavanjih s hlevskim gnojem in 195 kg N/ha (8875 kg SS/ha, 'Vulkan'; 5868 kg SS/ha, 'Olimpija'), pridelki so nad dolgoletnim povprečjem poskusa IOSDV (Kolmanič, 2016). Opazili smo, da so pridelki naraščali do 195 kg dodanega N/ha. To ni značilno za ta poskus v Rakičanu, Tajnšek in sod. (2013) ter Šantavec (2003) so na osnovi večletnih podatkov poročali o značilnem naraščanju pridelkov le do 130 kg/ha. Sorta 'Vulkan' je imela značilno

večje povprečne pridelke zrnja (6115 kg SS/ha) kot 'Olimpija' (3735 kg SS/ha.). Med pridelkom in mineralnim N ter hektolitrsko maso obstaja močna pozitivna korelacija, med pridelkom in sorto ter pridelkom in vlago zrnja pa zmerna negativna korelacija (preglednica 2). Regresijska analiza je pokazala, da je kg dodanega mineralnega N pri sorti 'Vulkan' v povprečju povečal pridelek za 31,2 kg (sistem B, $r^2=0,91$) in 39,6 kg (sistem C, $r^2=0,97$). Pri sorti 'Olimpija' je kilogram dodanega mineralnega N v povprečju povečal pridelek za 25,6 kg (sistem B, $r^2=0,97$), 25,8 kg (sistem C, $r^2=0,94$) in 26,27 kg (sistem A, $r^2=0,99$).

Preglednica 1: Analiza vpliva glavnih dejavnikov in njihovih interakcij na izbrane agronomske lastnosti in parametre kakovosti pšenice

	Višina rastlin cm	Vlaga %	Pridelek kg/ha SS	Absolutna masa g	Hektolitrska masa kg	Beljakovine g/kg SS	Sedimentacija ml
Sorta (A)							
'Vulkan'	70,7 ^{a*}	13,41	6115,1 ^b	39,2	81,9	118,8 ^a	45,0 ^a
'Olimpija'	84,8 ^b	13,49	3735,2 ^a	39,5	81,8	145,2 ^b	61,7 ^b
<i>p vrednost:</i>	0,009	<i>n.s.</i>	<0,001	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,000	<0,001
Organsko gnojenje (B)							
žetveni ostanki	76,0	13,46	4729,47	38,84	82,0	131,6	53,3
hlevski gnoj	79,6	13,44	5120,79	39,81	81,7	132,3	53,3
<i>p vrednost:</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
Mineralni dušik (C)							
0 kg – N0	63,5 ^a	14,14 ^a	1616,6 ^a	36,4 ^a	80,0 ^a	131,2 ^b	50,4 ^b
65 kg – N1	79,0 ^b	13,51 ^b	4511,3 ^b	39,8 ^b	81,5 ^b	112,7 ^a	38,2 ^a
130 kg – N2	83,9 ^c	13,15 ^c	6273,8 ^c	40,1 ^b	82,9 ^c	130,2 ^b	52,7 ^b
195 kg – N3	84,7 ^c	13,02 ^c	7298,9 ^d	40,9 ^b	82,9 ^c	153,9 ^c	71,8 ^c
<i>p vrednost:</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Interakcije:							
A×B	0,024	<i>n.s.</i>	0,021	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,001	<i>n.s.</i>
A×C	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009
B×C	0,044	<i>n.s.</i>	0,021	<i>n.s.</i>	0,044	0,036	0,040
A×B×C	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,002	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

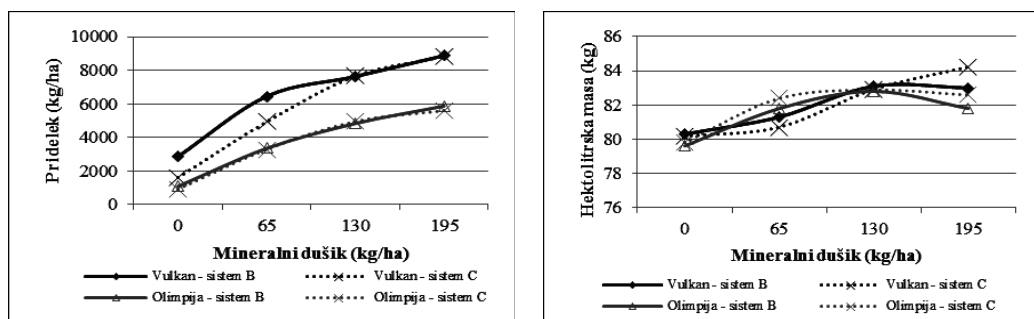
* Povprečja, označena z enako majhno črko, se med seboj ne razlikujejo statistično značilno glede na rezultate Tukey HSD testa ($p \leq 0,05$).

n.s. - ni statistično značilno

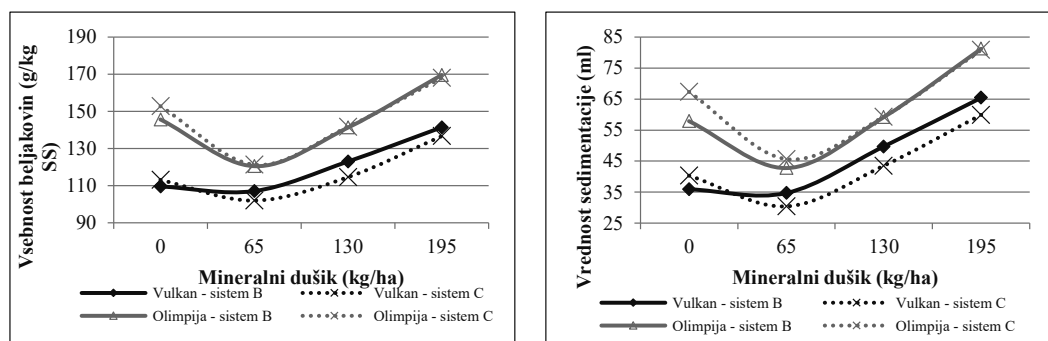
3.2 Hektolitrska masa

Hektolitrska masa (HM) je masa enega hektolitra zrnja, izražena v kilogramih. Praviloma je povezana z izmeljavo moke iz zrnja (Murphy in sod., 2007). Rezultati so prikazani na sliki 3. Na ta parameter so imeli značilen vpliv gnojenje z mineralnim N ($F(3,24)=88,7$; $p=0,000$), interakcija sorte in mineralnega N ($F(3,24)=12,36$, $p=0,000$) ter interakcija gnojenje z organskimi gnojili in mineralnim N ($F(3,24)=3,14$; $p=0,044$). Značilne interakcije kažejo, da sta se sorti drugače odzivali na dodani mineralni N. Na splošno je HM z dodajanjem mineralnega N naraščala do 130 kg N/ha, razen pri sorti 'Vulkan', kjer se je v kombinaciji s slamo HM povečala tudi pri gnojenju s 195 kg N/ha. V ostalih obravnavanjih smo opazili zmanjšanje HM pri 195 kg/ha, izraziteje pri sorti 'Olimpija' v kombinaciji s hlevskim gnojem. Opazili smo močni pozitivni korelaciji med HM in mineralnim N ter HM in pridelkom

(preglednica 2). Glede na dobljene vrednosti sta obe sorti v vseh obravnavanjih ustrezali merilom za kakovostni razred A za hektolitrsko maso.



Sliki 2 in 3: Pridelak zrnja in hektolitrska masa glede na sistem organskega gnojenja, količino mineralnega N in sorto



Sliki 4 in 5: Vsebnost beljakovin in vrednost sedimentacije glede na sistem organskega gnojenja, mineralni N in sorto

3.3 Vsebnost beljakovin

Vsebnosti beljakovin so prikazane na sliki 4. Značilen vpliv so imeli sorta ($F(1,24)=2725,5$; $p=0,000$), mineralni N ($F(3,24)=145,5$; $p=0,000$) ter interakcije med sorto in organskim gnojenjem ($F(3,24)=867$; $p=0,000$), sorto in mineralnim N ($F(3,24)=9,85$; $p=0,000$) ter organskim gnojenjem in mineralnim N ($F(3,24)=3,34$; $p=0,036$). Podobne ugotovitve so dobili Chope in sod. (2014) ter deloma Tajnšek in sod. (2004), kjer npr., med preučevanima sortama, zaradi podobnega genetskega potenciala krušne kvalitete, niso opazili značilnega vpliva sorte na beljakovine. Zelo velik vpliv sorte v naši raziskavi nam pove, da je vsebnost beljakovin močno genetsko določena lastnost. 'Olimpija' je imela večjo vsebnost beljakovin v vseh obravnavanjih. Z dodajanjem mineralnega N se je vsebnost povečevala, izjemo smo opazili le pri odmerku 65 kg N/ha, kjer se je vsebnost zmanjšala glede na kontrolo. Sklepamo, da je bil razlog to, da smo celotni odmerek N dodali v fazi razraščanja. S prvim dognojevanjem namreč močno vplivamo na pridelek (Fischer in Edmeades, 2010). Predvidevamo, da je N v poznejših fazah, ko je potreben za tvorbo in skladiščenje beljakovin, primanjkovalo. Največjo vsebnost beljakovin smo dosegli pri odmerku 195 kg N/ha; pri sorti 'Olimpija' 167,9 g/kg SS (sistem C) in 169,5 g/kg SS (sistem B). Pri sorti 'Vulkan' smo ob enakem gnojenju dosegli 136,6 g/kg SS

(sistem C) in 141,3 g/kg SS (sistem B). Vsebnost beljakovin se je povečevala s pridelki, kar je na prvi pogled neobičajno, saj sta pridelek in vsebnost beljakovin večinoma obratno sorazmerna (Kettlwell, 1996). Sklepamo, da je do tega prišlo zaradi specifične sheme dognojevanja. Tretje dognojevanje smo namreč izvedli samo pri N3 stopnji, vpliv tretjega dognojevanja na vsebnost in sestavo beljakovin je pa razmeroma dobro dokazan (Xue in sod., 2016). Med beljakovinami in sorto ter beljakovinami in mineralnim N smo opazili zmerni korelaciji (preglednica 2). Pri sorti 'Olimpija' smo vsebnosti beljakovin za kakovost A dosegli že z dvakratnim dognojevanjem, s skupno količino 130 kg N/ha. Pri sorti 'Vulkan' smo kakovost A dosegli le v primeru, če smo leto prej zaorali hlevski gnoj ter gnojili s 195 kg N/ha v treh odmerkih, v ostalih obravnavanjih smo dosegali kakovosti B/C.

Preglednica 2: Pearsonova analiza korelacijskih koeficientov

	Pridelek	HL	Beljakovine	Sedimentacija	Višina rastlin	Vlaga zrnja	ABS
Sorta	-0,47***	-0,09	0,64***	0,54***	0,59***	0,09	0,05
Org. gnojenje	-0,08	0,09	-0,01	-0,01	-0,15	0,02	-0,19
Mineral. N	0,84***	0,83***	0,45***	0,55***	0,65***	-0,92***	0,62***
Pridelek		0,79***	0,01	0,14	0,33*	-0,85***	0,51***
HL			0,15	0,26	0,57***	-0,87***	0,65***
Beljakovine				0,98***	0,48***	-0,21	0,10
Sedimentacija					0,48***	-0,32*	0,16
Višina rastlin						-0,62***	0,56***
Vlaga zrnja							-0,66***

***: $p \leq 0,001$; *: $p \leq 0,05$

3.4 Sedimentacija

Sedimentacijska vrednost je pokazatelj kakovosti beljakovin, natančneje vsebnosti in kakovosti glutenskih beljakovin (Carter in sod., 1999). Glutenske beljakovine v grobem delimo na gliadine in glutenine in vsebnost ter razmerje med njimi določa plastično-elastične lastnosti, pomembne pri peki. Med sortami obstajajo pomembne razlike. Nekatere sorte imajo lahko dobre pekovske lastnosti zaradi boljše kakovosti beljakovin že pri nižji skupni vsebnosti beljakovin ter obratno (Xue in sod., 2016). Vrednosti sedimentacije so prikazane na sliki 5. Značilen vpliv so imeli sorta ($F(1,24)=2512,5$; $p<0,001$), mineralni N ($F(3,24)=112,5$; $p=0,000$) in interakciji med sorto in mineralnim N ($F(3,24)=4,85$; $p=0,009$) ter med organskim gnojenjem in mineralnim N ($F(3,24)=3,23$; $p=0,040$). Iz rezultatov lahko sklepamo, da imata lahko obe sorti ustrezen delež kakovostnih beljakovin ob ustreznem gnojenju. Vseeno pa je iz sedimentacijskih vrednosti razvidno, da ima 'Olimpija' bistveno boljšo kakovost beljakovin. Kakovost A (>40 ml) je presegla v vseh obravnavanjih, ne glede na gnojenje. Močan vpliv sorte namiguje, da je tudi sedimentacija močno genetsko določena lastnost. Z dodajanjem mineralnega N so se vrednosti sedimentacije povečevale, izjeme smo opazili le pri odmerku 65 kg N/ha, ki je povzročil zmanjšanje glede na kontrolo. Podobne rezultate so v svojem poskusu dobili Johansson in sod. (2001). Pri sorti 'Vulkan' smo sedimentacijske vrednosti >40 ml dosegli šele pri odmerku 130 kg N/ha ali več, ne glede na gnojenje z organskimi gnojili, a smo nekoliko večje vrednosti vseeno opazili pri kombinaciji s hlevskim gnojem. Pri obeh sortah smo imeli največje vrednosti pri kombinaciji hlevskega gnoja in 195 kg N/ha ('Olimpija' 81,1 ml; 'Vulkan' 65,4 ml). Med sedimentacijo in beljakovinami smo opazili močno korelacijo ter zmerni korelaciji med sedimentacijo in sorto ter sedimentacijo in mineralnim N.

4 SKLEPI

Največji vpliv na preučevane parametre sta imela sorta s svojimi genetskimi predispozicijami in gnojenje z mineralnim, gnojenje z organskimi gnojili ni imelo vpliva na preučevane parametre. Opazili smo značilne interakcije, a so bile večinoma manjše, in nakazujejo, da obstajajo med sortama razlike v vplivu organskega in mineralnega gnojenja na preučevane parametre. Pridelki in parametri kakovosti so se pri obeh sortah s povečevanjem količine N povečevali. Izjema smo opazili pri odmerku 65 kg mineralnega N/ha (dodan samo v fazi razraščanja), kjer so se vsebnosti beljakovin in sedimentacijske vrednosti zmanjšale glede na kontrolo. Povprečni pridelki zrnja so bili pri 6115 kg SS/ha ('Vulkan') in 3735 kg SS/ha 'Olimpija'. Potencial pridelka zrnja je bil v vseh obravnavanjih značilno večji pri sorti 'Vulkan'. Nasprotno je 'Olimpija' imela značilno boljše parametre kakovosti; povprečna vsebnost beljakovin 145 g/kg SS in vrednost sedimentacije 62 ml. Kakovost A smo dosegli že pri dvakratnem dognojevanju (skupno 130 kg N/ha), s tremi dognojevanji (skupno 195 kg N/ha) so se parametri kakovosti in pridelek zrnja še povečali. 'Vulkan' je v povprečju imel vsebnost beljakovin 119 g/kg SS in sedimentacijsko vrednost 45 ml. Kakovost A je sorta dosegla le v primeru gnojenja s hlevskim gnojem in tremi dognojevanji (skupno 195 kg N/ha), v ostalih obravnavanjih pa je dosegala kakovost B/C. Kljub temu pa so bili pridelki beljakovin na hektar večji pri sorti 'Vulkan' v vseh obravnavanjih.

5 LITERATURA

- ARSO-Agencija Republike Slovenije za okolje. 2016. Arhiv meteoroloških podatkov. <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/>. 15.12.2016.
- Bizjak, M. 2016. Stanje na trgu z žiti. Žitna konferenca, 23. 11. 2016.
- Buranova, Š., Černy, J., Kulhanek, M., Vašak, F., Balik, J. Influence of mineral and organic fertilizers on yield and nitrogen efficiency of winter wheat. *International Journal of Plant Production*, 9, 2: 257–271.
- Carter, B. P., Morris, C. F., Anderson, J. A. 1999. Optimizing the SDS Sedimentation Test for End-Use Quality Selection in a Soft White and Club Wheat Breeding Program. *Cereal Chemistry*, 76, 9: 907–911.
- Chope, G. A., Wan, Y., Penson, S. P., Bhandari, D. G., Powers, S. J., Shewry, P. R., Hawkesford, M. J. 2014. Effects of Genotype, Season, and Nitrogen Nutrition on Gene Expression and Protein Accumulation in Wheat Grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 19: 4399–4407.
- Fischer, R. A., Edmeades, G. O. 2010. Breeding and cereal yield progress. *Crop Science*, 50, 1: 85–98.
- Guarda, G., Padovan, S., Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *European Journal of Agronomy*, 21, 2: 181–192.
- Johansson, E., Prieto-Linde, M. L., Jönsson, J. Ö. 2001. Effects of Wheat Cultivar and Nitrogen Application on Storage Protein Composition and Breadmaking Quality. *Cereal Chemistry*, 78, 1: 19–25.
- Kettlewell P. S. 1996. *Agronomy and cereal quality*. V: Henry R. J. (ur.), Kettlewell P. S. (ur.). *Cereal Grain Quality*. Chapman and Hall. London: 407–437.
- Kocjan Ačko, D. 2015. Poljščine: pridelava in uporaba. *Kmečki glas*: 187 str.
- Kolmanič, A., Lukač, B., Sinkovič, L., Meglič, V. 2016. Bread wheat yields and yield trends in different management systems of long-term trials in Slovenia. V: Đugarić, O. (ur.). *Celebrating food: proceedings*. Novi Sad: Institute of Food Technology: 468–473.
- Ministrstvo za kmetijstvo in okolje. 2014. Strategija za izvajanje resolucije o strateških usmeritvah razvoja slovenskega kmetijstva in živilstva do leta 2020. 172 str. www.mkgp.gov.si/fileadmin/.../Kmetijstvo/strategija_razvoj_slo_kmetijstva_2020.pdf

- Murphy, K. M., Campbell, K. G., Lyon, S. R., Jones, S. S. 2007. Evidence of Varietal Adaptation to Organic Farming Systems. *Field Crops Research*, 102, 3: 172–177.
- Noureldin, N. A., Saudy, H. S., Ashmawy, F., Saed, H. M. 2013. Grain yields response index of bread wheat cultivars as influenced by nitrogen levels. *Annals of Agricultural Science*, 58, 2: 147–152.
- Shearman, V. J., Sylvester–Bradley, R., Foulkes, M. J. 2005. Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. *Crop Science* 45: 175–185.
- Shiferaw, B., Smale, M., Braun, H. J., Duveiller, E., Reynolds, M., Muricho, G. 2013. Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Security*, 5, 3: 291–317.
- Šantavec, I. 2003. Pridelki zrnja v IOSDV poskusih v Sloveniji. V: Tajnšek, A. (ur.), Čeh–Brežnik, B. (ur.), Kocjan Ačko, D. (ur). *Zbornik posveta Deset let trajnih poskusov IOSDV v Sloveniji, Jablje in Rakičan 1993–2003*: 35–44.
- Tajnšek, A. 2003. Namen in cilj trajnih poljskih poskusov IOSDV Jablje in IOSDV Rakičan. V: Tajnšek, A. (ur.), Čeh Brežnik, B. (ur.), Kocjan Ačko, D. (ur). *Zbornik posveta Deset let trajnih poskusov IOSDV v Sloveniji, Jablje in Rakičan 1993–2003*: 7–22.
- Tajnšek, A., Čergan, Z., Čeh, B. 2013. Results of the long–term field experiment IOSDV Rakičan at the beginning of the 21st century. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59, 8: 1109–1119.
- Tajnšek, L., Tajnšek, A. 2004. Vpliv gnojenja pšenice na nekatere pekarske lastnosti pšenice in odkupno ceno pri interventnem odkupu. V: Tajnšek, A. (ur.). *Novi izzivi v poljedelstvu 2004 : zbornik simpozija*: 240–245.
- Van Grinsven, H. J. M., Spiertz, J. H. J., Westhoek, H. J., Bouwman, A. F., Erisman, J. W. 2014. Nitrogen use and food production in European regions from a global perspective. *Journal of Agricultural Science*, 152: 9–19.
- Xue, C., Erley, G. S., Rossmann, A., Schuster, R., Koehler, P., Mühling, P. 2016. Split Nitrogen Application Improves Wheat Baking Quality by Influencing Protein Composition Rather Than Concentration. *Frontiers in Plant Science*, 7: 1–11.
- Zemljič, A. 2016. Izbor in opis ozimnih žit za setev v letu 2016/17. *Kmečki glas*, 73, 38: 10–11.

Estimation of nitrogen nutrition of winter barley by rapid, field based nitrogen tests

Boris LAZAREVIĆ⁴⁸, Tomislav KARAŽIJA⁴⁹, Marko PETEK⁵⁰, Toni SAFNER⁵¹, Vedran RUBINIĆ⁵², Milan POLJAK⁵³

Abstract

The goal of a successful nitrogen (N) management program is to match plant-available N with crop needs. In this study we evaluated the convenience of chlorophyll content index (CCI) and plant sap nitrate (NO_3^-) test as a rapid field test for estimation of barley crop N status. Eighteen barley varieties were side dressed with 4 different N rates (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ KAN (27 % N)). Measurements of CCI, plant sap NO_3^- concentration, plant N concentration, and dry matter content (DM) were obtained at 4 different measurement times. The responsiveness of measured variables to N fertilization treatments were tested, and the correlation coefficients among plant N concentration, CCI, plant sap NO_3^- concentration and DM were calculated. Results showed that measurement of both CCI and plant sap NO_3^- concentration responded to increasing nitrogen fertilization rates. In addition, both CCI and NO_3^- concentration were positively correlated with the plant N concentration. The highest correlation coefficient ($r=0.6769$) was found between plant N concentration and plant sap NO_3^- concentration.

Key words: barley nitrogen fertilization, chlorophyll content index, plant sap nitrate concentrations, leaf nitrogen concentration

Ocena prehrane ozimnega ječmena z dušikom na podlagi hitrih poljskih testov

Izvleček

Cilj uspešnega gospodarjenja z dušikom (N) je, da se količine rastlinam dostopnega dušika uskladijo s potrebami posevka. V tej študiji smo ocenjevali primernosti indeksa vsebnosti klorofila (CCI) in testa nitrata v rastlinskem soku (NO_3^-) kot hitra poljska testa za oceno statusa dušika v ječmenu. Osemnajst sort ječmena smo gnojili s 4 različnimi stopnjami N (0, 60, 120 in 180 kg ha⁻¹ KAN (27% N)). Meritve CCI, vsebnosti NO_3^- v rastlinskem soku, vsebnosti skupnega N v rastlini in vsebnosti suhe snovi (SS) so bili pridobljeni v 4 različnih terminih. Testirali smo odzivnost izmerjenih spremenljivk za gnojenje z N in izračunali korelacijske koeficiente med koncentracijo N v rastlinah, CCI, vsebnost NO_3^- v rastlinskem soku in vsebnost SS. Rezultati so pokazali, da sta se meritvi tako CCI kot vsebnosti NO_3^- v rastlinskem soku pozitivno odzvali na povečanje stopnje gnojenja z dušikom. Poleg tega sta bila CCI in vsebnost NO_3^- v rastlinskem soku v pozitivni korelaciji s koncentracijo N v rastlini. Najvišji koeficient korelacije ($r = 0,6769$) je bil med koncentracijo N v rastlini in vsebnostjo NO_3^- v rastlinskem soku.

Glavne besede: ječmen, gnojenje z dušikom, indeks vsebnosti klorofila, koncentracije nitratov v rastlinskem soku, koncentracija dušika v listih

⁴⁸ Doc. dr. sc., Department of Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Croatia, e-mail: blazarevic@agr.hr

⁴⁹ Doc. dr. sc., the same address, e-mail: tkarazija@agr.hr

⁵⁰ Doc. dr. sc., the same address, e-mail: mpetek@agr.hr

⁵¹ Doc. dr. sc. Department of Plant Breeding Genetics, Biometrics and Experimentation, Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Croatia, e-mail: tsafner@agr.hr

⁵² Doc. dr. sc. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Croatia, vrubinic@agr.hr

⁵³ Prof. dr. sc. Department of Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Croatia, e-mail: mpoljak@agr.hr

1 INTRODUCTION

Nitrogen (N) is one of the major essential elements for plant growth and development and it is heavily used in crop production to maximize yields (Lemaire and Gastal, 1997). However, less than a half of applied N is recovered in the grain of cereals (Raun and Johnson, 1999; Tilman et al., 2002). Application of N at rates exceeding plant utilization, represent an unnecessary input cost for producers and may harm environment, through a combination of leaching, surface runoff, gaseous release from plants, and denitrification processes (Tilman et al., 2002). Because of these negative effects, and due to increase in prices of N fertilizers farmers are under increasing pressure to reduce N application and N losses (Anbessa and Juskiw, 2012).

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is the third most widely produced cereal crop in European Union (Eurostat, 2016). It is used for malting, feedstock and human consumption. The rate of N fertilizer application is critical for cereal crop production, especially for barley. Excessive plant-available N produces barley plants that are susceptible to lodging and disease, resulting with decreased yields and increased input costs. Whereas, insufficient N availability to barley plants results in low yields and significantly reduced profits compared to a properly fertilized crop (Alley et al., 2009). Nitrogen management, rate and timing of N application are critical factors in optimizing barley yield and quality. The goal of a successful N management program is to match plant-available N with barley crop needs (Alley et al., 2009). As was stated by Olf et al. (2005) plant itself is the best indicator for the N supply from any source within the growth period and the chemical determination of the total N concentration is an accurate and reliable method for estimation N needs of a crop. However, this technique requires an expensive analysis in the laboratory, it is costly, time-consuming, and therefore not appropriate for standard farm practice. Therefore, several semi quantitative rapid field tests, such as plant sap nitrate concentration and relative chlorophyll content of leaves, were proposed for the estimation of plant and crop N status. Chlorophyll content of a plant is a good qualitative indicator for leaf N concentration due to strong correlation between chlorophyll and leaf N concentration, whereas plant sap nitrate test is widely accepted for assessment of the crops N status (Olf et al., 2005).

The aim of this study was to evaluate the convenience of rapid field tests, namely chlorophyll content index (CCI) and plant sap nitrate (NO_3^-) test for estimating barley crop N status.

2 MATERIALS AND METHODS

Field experiment was conducted at Botinec, near Zagreb (North West region of Croatia), in 2015/2016 growing season, on 18 barley varieties (Table 1). Before setting up the experiment, soil samples were collected from the experimental site for the physical and chemical analysis (Table 2). The previous crop was... Experimental design was set out as a split-plot with the fertilization treatments as a main-plot and barley varieties as a sub-plot. The experiment was replicated two times in the field. The size of the main experimental plot (variety $\times$ fertilization treatment) was 5 m² (5 $\times$ 1 m).

Before sowing 200 kg ha⁻¹ NPK (8:24:24) and 100 kg ha⁻¹ UREA (N 46 %) was applied. Fertilization treatments were obtained by side dressing with 0, 60, 120, and 180 kg ha⁻¹ KAN (N 27%) (giving 0, 16.2, 32.4 and 48.6 kg ha⁻¹ of N, respectively) applied at the 25 growing stage (GS), from Zadoks scale (Zadoks et al., 1974). Chlorophyll content index (CCI) and plant sap NO_3^- concentration were measured by Chlorophyll content meter (CCM-200 by Opti-Sciences, Inc.) and Cardy twin nitrate meter (Spectrum Technologies, Inc.), respectively.

Measurements were performed fourtimes during the vegetation: I (25 GS) (just before the side dressing), II (30 GS), III (41-45 GS), and IV (51-55 GS). Third and fourth measurements were not taken at the same GS for the all varieties due to differences in the vegetation among used barley varieties.

Chlorophyll content index was measured on youngest fully developed leaves from the main stem collected from 5 plants per experimental plot. Nitrate concentration was measured in the squeezed sap from the stems of the same plants used for CCI measurement, and the same plant material was used for the determination of plant N concentration. Plant N concentration was determined in a dried and grounded plant material by Kjeldahl procedure after decomposition of samples at 230 °C in the presence of sulphuric acid and hydrogen peroxide.

Data were analysed using the SAS system for Windows 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2012). To evaluate the effect of fertilization treatments on measured variables (CCI, plant sap NO_3^- concentration, plant N concentration, and dry matter content) at different measurement times, repeated measures in Proc mixed was performed and Tukey's Honestly Significant Difference Test was used for comparison of the pairwise differences. The effect of varieties was excluded from the analysis, and only the effect of fertilization was tested. Relationship among measured variables (CCI, plant sap NO_3^- concentration, plant N concentration and dry matter content) were estimated by Pearson's correlation coefficient and tested by t-test.

Table 1: List of barley varieties used in experiment.

Barley variety		
Antonella	Bingo	NS 519
Barun	Favorit	NS 529
BC 4643/10	Javor	Plaisant
Bc 4645/10	KWS Lomerit	Somborac
Bc Bosut	Lord	Vanessa
Bc Vedran	Mombasa	Zlatko

Table 2: Physical and chemical properties of the soil at the experimental site

Sand ^a	Silt ^a	Clay ^a	pH ^b		C _{org} ^c	N _{min} ^d	K ₂ O ^e	P ₂ O ₅ ^e
—%	—%	—%	H ₂ O	KCl	%	—	mg 100 g ⁻¹	—
4.8	60	35.2	7.1	6.2	1.6	1.4	29.5	12.9

Basic soil characteristics were determined by standard methods: ^aSoil particle size distribution was determined by pipette-method with sieving and sedimentation (HRN ISO 11277:2004); ^bpH in H₂O and in 1 M KCl potentiometrically (1:2.5) (HRN ISO 11464:2006); ^cOrganic carbon content (C_{org}) according to Tjuri (JDPZ 1966); ^dMineral nitrogen is sum of nitrate and ammonium nitrogen (N_{min} = NO₃-N + NH₄-N determination of nitrate and ammonium in field-moist soils by extraction with KCl solution (HRN ISO 14256-2:2009) ^ePotassium and phosphorus by ammonium lactate method in accordance with Egnér-Riehm-Domingo (Egnér et al. 1960).

3 RESULTS AND DISCUSSION

Repeated measures in Proc mixed were used in order to test the sensitivity of rapid field tests (CCI and plant sap NO_3^- concentrations) and the accumulation of nitrogen and plant dry matter during the vegetation to the nitrogen fertilization treatments. Significant effect of the measurement time, fertilization treatment and their interaction was found for all measured variables (Table 3). Chlorophyll content index increased during the vegetation and highest average CCI values were found in IV measurement time (60.6) compared to 33.1, 34.4 and 51.7 determined at I, II, and III measurement time, respectively (Figure 1 (1)). Similar pattern was found for DM accumulation. Namely, highest average DM content (30.0 %) was found in IV measurement time compared to earlier measurements (21.5 %) in III measurement time and 17.3 % and 17.5 % determined in II and I measurement time, respectively (Figure 1(4)).

Opposite trend was found for N concentration and plant sap NO_3^- concentration. Highest average plant N concentration (5.7%) was determined in I and lowest (2.7 %) in IV measurement time (Figure 1 (3)). Highest average plant sap NO_3^- concentration (1399 ppm) was found in I measurement time, and no differences were found among other three measurement times (1172, 1178, and 1226 ppm in II, III, and IV measurement time, respectively) (Figure 1 (2)). This observed increase in DM production with the concomitant decrease in plant N concentration are in line with the previously observed data by Lemarie et al. (2008), who stated that plant N concentration decreases monotonically as crop grows because of the ontogenetic decline in leaf area per unit of plant mass, and the remobilization of N from shaded leaves at the bottom of the canopy to well illuminated leaves at the top. The remobilization of the N from older leaves to younger, upper leaves are in line with the observed CCI increase, since CCI are measured at youngest fully developed leaves.

Fertilization treatments had significant effect on all measured variables, however significant measurement time $\times$ fertilization treatment interaction (Table 1) suggest that changes caused by fertilization differ among different measurement time. Namely, significant fertilization effect on CCI and DM could be observed at III and IV measurement time, whereas significant fertilization effect on plant N concentration and plant sap NO_3^- concentration could be observed at II, III and IV measurement time (Figure 1). At III measurement time higher CCI were determined for plants grown on treatment with 120 kg ha⁻¹ (58.1) compared to control (44.9) and 60 kg ha⁻¹ (49.7), and for plants grown on treatment with 180 kg ha⁻¹ (54.1) compared to control. At IV measurement time, only observed differences in CCI were between control (52.5) and treatment with 60 (61.1), 120 (63.3) and 180 kg ha⁻¹ (65.6) (Figure 1 (1)). Similarly, higher DM content at III measurement time was determined for plants grown on treatment with 180 kg ha⁻¹ (22.9 %) compared to control (20.5 %), and at IV measurement time for plants grown at 180 (31.9 %) and 120 kg ha⁻¹ (30.6 %) compared to 60 kg ha⁻¹ (28.9 %) and control treatment (28.6 %) (Figure 1 (4)). At II measurement time higher N concentration was found in plants grown on treatment with 180 kg ha⁻¹ (3.89 %) compared to all other fertilization treatments. At III measurement time lower N concentration was found in plants grown on control treatment (2.87 %) compared to all other fertilization treatments, and at IV measurement time higher N concentration was found in plants grown on 180 kg ha⁻¹ (3.13 %) compared to plants from 60 kg ha⁻¹ (2.70 %) and control treatment (2.26 %), and differences were also found between 120 (2.77 %) and 60 kg ha⁻¹ when compared with control treatment (Figure 1 (3)). Similarly, higher plant sap NO_3^- concentration was determined in plants from 180 (1430 ppm) and 120 kg ha⁻¹ (1431 ppm) compared to 60 kg ha⁻¹ (950 ppm) and control (856 ppm) treatments at II measurement time. At III and IV measurement time highest plant sap NO_3^- concentration was determined in plants grown on treatment 180 kg ha⁻¹

(1831 and 1769 ppm, respectively), and the lowest was determined in plants from 60 kg ha⁻¹ (712 and 900 ppm, respectively) and control (861 and 988 ppm, respectively) treatments (Figure 1 (2)).

These results suggest that direct chemical measurement of N concentration in plant material and measurement of NO₃⁻ concentration in plant sap respond more quickly to nitrogen fertilization, or in other words these two methods are more sensitive and have faster response to differences in nitrogen availability from the soil, compared to measurement of CCI or DM. Such results have logical explanation since nitrogen is very mobile element in the soil and is readily absorbed by roots after fertilization (Marschner, 1995). In addition, nitrogen is also very mobile within the plant, and if it is up taken in the form of nitrate it has to be rapidly reduced in the plant (Marschner, 1995). Compared to processes of uptake, transport, and reduction of nitrogen, processes like chlorophyll synthesis and incorporation of nitrogen within the chlorophyll molecule, and DM synthesis and accumulation are considerably slower. Thus, measurement of CCI could not respond to nitrogen fertilization as quick as measurement of N concentration in plant tissue and measurement of NO₃⁻ concentration in plant sap.

Table 3: Analysis of variance for chlorophyll content index (CCI), plant sap nitrate concentration (ppm NO₃⁻); plant nitrogen concentration (N %); and plant dry matter content (DM %), measured four time during vegetation of eighteen barley varieties.

Source of variability	N-1	CCI	ppm NO ₃ ⁻	N %	DM %
Measurement time (MT)	3	<.0001	0.0008	<.0001	<.0001
Fertilization treatment (FT)	3	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
MT × FT	9	0.0045	<.0001	<.0001	0.0391

Relationship among measured variables at each measurement time estimated by Pearson's correlation coefficient and tested by t-test are shown in Table 4.

Table 4: Pearson's correlation coefficients among plant nitrogen concentration (N %) chlorophyll content index (CCI), plant sap nitrate concentration (NO₃⁻), and dry matter content (DM %) and t-test for correlation coefficients.

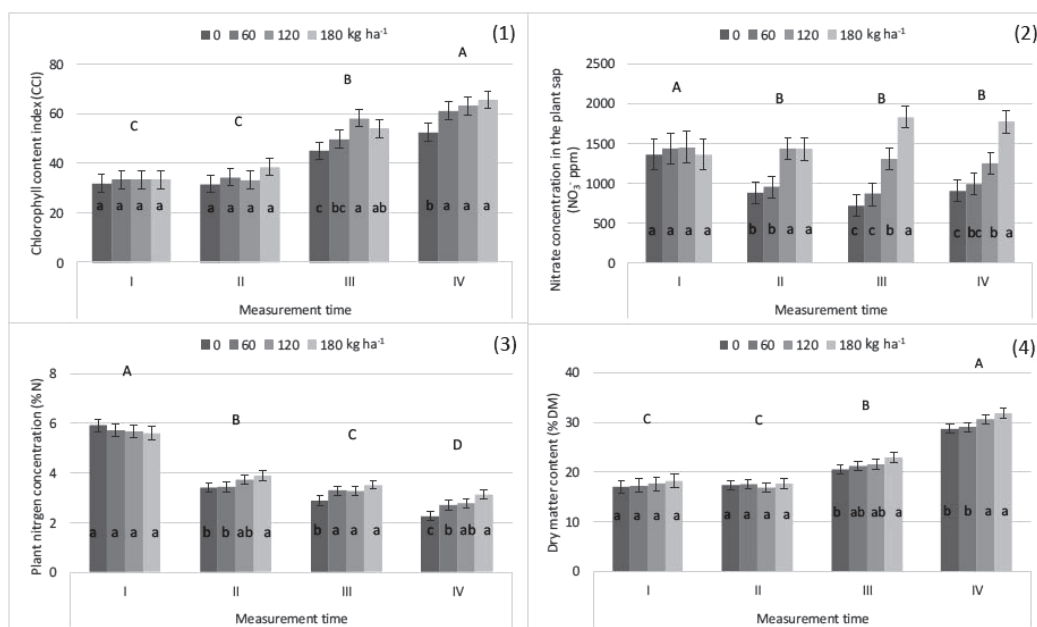
	Measurement time			
	I	II	III	IV
CCI	-0.1491 0.2092	0.4858 <.0001	0.2061 0.0013	0.4670 <.0001
NO ₃ ⁻	0.4615 0.0001	0.6105 <.0001	0.5117 <.0001	0.6769 <.0001
DM %	0.3328 0.0042	-0.2636 0.0014	0.1252 0.1349	0.1257 0.1333

Significant positive correlation between plant N concentration and CCI was found at II, III and IV measurement time. In addition, highest correlation coefficient was found at II measurement time (r=0.4858). There were significant correlations between plant N

concentration and plant sap NO_3^- concentration at all measurement times, and highest correlation coefficient was found at IV measurement time ($r=0.6769$) (Table 4). No significant correlation was found between plant N concentration and DM.

Lower correlation coefficients found between N% and CCI compared to correlation coefficients found between N% and NO_3^- arises from the facts that i) during the vegetation period CCI are increasing whereas plant N concentrations is decreasing, as was explained by N dilution curves (Lemarie and Gastal, 1997); ii) NO_3^- and N concentrations have faster response to nitrogen availability in the soil (to the nitrogen fertilization), whereas increase in CCI due to N fertilization occurs with the certain delay; and iii) CCI could be affected by different environmental conditions as well as by genotypic differences among varieties (Schröder et al., 2000 Olf et al., 2005).

Figure 1: Chlorophyll content index (CCI) 1), plant sap nitrate (NO_3^-) concentration 2); plant nitrogen (N%) concentration 3); and plant dry matter content (DM %) 4), of eighteen barley varieties fertilized with 0, 60, 120 and 180 kg ha^{-1} KAN (27 %N), measured four times during vegetation.



Legend: The vertical bars represent means $\pm$ double standard error of the mean. Different capital letters denote significant differences between measurement time; different small letters denote significant differences between fertilization treatments within each measurement time. Means with the same letter are not significantly different by Tukey's Honestly Significant Difference Test.

4 CONCLUSIONS

Estimation of nitrogen nutrition is crucial for obtaining higher productivity at economical costs and environment protection. Chemical determination of the total N concentration is expensive and laborious, whereas, non-destructive, field based methods are rapid and less expensive. Results of this experiment showed that measurement of both CCI and plant sap NO_3^- concentration responded to increasing nitrogen fertilization rates. In addition, both CCI

and NO_3^- concentration were positively correlated with the plant N concentration, wherein the plant sap NO_3^- respond more quickly to nitrogen fertilization and could be more directly correlated to current N status of the plant. These two methods could serve as a reliable, rapid field based tests for estimation of barley N nutrition.

5 REFERENCES

- Alley, M. M., Pridgen, T. H., Brann, D. E., Hammons, J. L., Mulford, R. L. (2009). Nitrogen Fertilization of Winter Barley: Principles and Recommendations. Virginia Cooperative Extension, Publication 424-801: 1-4
- Anbessa, Y., Juskiw, P. (2012). Review: Strategies to increase nitrogen use efficiency of spring barley. Canadian Journal of Plant Sciences 92: 617-625
- ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agricultural_production_-_crops#Cereals
- Egnér, H., Riehm, H., Domingo, W. R. (1960). Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. K. Lantbr. Högsk. Annl. 26: 199-215
- HRN ISO 10390 (2005). Soil quality - Determination of pH (ISO 10390:2005)
- HRN ISO 11277 (2004). Soil quality - Determination of particle size distribution in mineral soil material. Method by sieving and sedimentation (ISO 11277:1998+Cor 1:2002)
- HRN ISO 14256 (2005). Soil quality – Determination of nitrate and ammonium in field-moist soils by extraction with potassium chloride solution (HRN ISO 14256-2:2009)
- Lemarie, G., Gastal, F. (1997). Nitrogen uptake and distribution in plant canopies. In: Diagnosis of The Nitrogen status in Crops (G. Lemarie eds), Springer-Verlag, Berlin pp 3-43
- Lemarie, G., Jeufroy, M.-H., Gastal, F. (2008). Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage: Theory and practices for crop N management. European Journal of Agronomy 28: 614-624
- Olfs, H. W., Blankenau, K., Brentrup, F., Jasper, J., Link, A., Lammel, J. (2005). Soil- and plant-based nitrogen-fertilizer recommendations in arable farming. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 168: 414-431
- Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants, second ed. Academic Press, London
- Raun, W. R., Johnson, G. V. (1999). Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal 91: 357-363
- SAS Institute. (2012). The SAS system for Windows. Release 9.4. SAS Institute, Cary
- Schröder, J. J., Neeteson, J. J., Oenema, O., Struik, P. C. (2000). Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. Field Crop Research 66: 151-164
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature 418: 671-677.
- Zadoks, J. C., Chang, T. T., Konzak, C. F. (1974). A Decimal Code for the Growth Stages of Cereals. Weed Research 14: 415-421

Morfološke lastnosti rastlin in pridelek lubenic (*Citrulus lanatus* L.) v odvisnosti od načina gnojenja ter vrste zastirke

Lovro SINKOVIČ⁵⁴, Dragan ŽNIDARČIČ⁵⁵

Izvleček

Namen raziskave je bil preveriti vpliv tehnologije pridelave na morfološke lastnosti rastlin in pridelek lubenic (*Citrulus lanatus* L.) sorte 'Crimson Sweet'. V letu 2010 smo na kmetiji v okolici Izole izvedli dva poljska poskusa. V prvem smo za pridelavo lubenic poleg osnovnega gnojenja uporabili tri načine dognojevanja z dušikom na golih tleh (60, 120 in 180 kg N/ha), v drugem pa le ob osnovnem gnojenju preverili učinke zastiranja tal (gola tla, slama in polietilenska (PE) folija). Skupaj je bilo v obeh poskusih 6 obravnavanj, pri čemer je bilo vsako ponovljeno na treh parcelicah. Za osnovno gnojenje smo v obeh poskusih uporabili 42 kg N/ha, med rastno dobo pa smo poskus z različnimi ravnmi dušika še 9-krat dognojili z ustreznimi količinami N. Predhodno vzgojene sadike lubenic so bile v sredini maja ročno presajene na medvrstno razdaljo $1,5 \times 1$ m. Zgodnji pridelek smo pobirali v sredini avgusta in pozni v sredini septembra. Analize so pokazale, da največji odmerek N in zastiranje tal s PE folijo vplivata na boljšo vegetativno rast rastlin, saj se poveča dolžina glavnih vrež, število listov na glavnih vrežah in število stranskih vrež. Vsebnost N v listih rastlin se je med rastno dobo zmanjševala pri vseh obravnavanjih. Višji odmerki N (120 in 180 kg N/ha) in uporaba PE zastirke so vplivali na večje število in tržni pridelek plodov. Lubenice, ki so prejele največji odmerek N, so imele najvišjo vsebnost topne suhe snovi mesa (sladkost).

Ključne besede: lubenica, morfološke lastnosti, pridelek, topna suha snov, dušik, zastirka.

Morphological characteristics and yield of watermelons (*Citrulus lanatus* L.) as influenced by fertilisation and mulch type

Abstract

The aim of the study was to examine the influence of the production technology on the morphological characteristics of plants and yield of watermelons (*Citrulus lanatus* L.) of cultivar 'Crimson Sweet'. In 2010, on a farm near Isola, we performed two field trials. In the first, was for cultivation of watermelons besides basic fertilization, used three nitrogen fertilization levels (60, 120 180 kg N/ha). In the second, was examined the effects three types of mulches (bare soil, straw in polyethylene (PE) film) at basic fertilization. A total of 6 treatments were performed in both trials, each was repeated on three experimental plots. The basic fertilisation of both trials consisted of 42 kg N/ha. The trial using different N levels was fertilised with the adequate quantity of N, 9-times during the growth period. Pre-grown seedlings of watermelons were manually transplanted at distance of $1,5 \times 1$ m in the middle of May. The early crop yield was harvested in mid-August and the late crop yield in mid-September. The analysis showed that the addition of highest N rate and PE mulch influenced the vegetative growth of the plants. The main vines were longer with higher number of leaves and side vines. The N content in leaves decreased during the growth period for all treatments. Higher rates of N (120 in 180 kg N/ha) and PE mulch resulted in higher number of fruits and marketable fruit yield. Watermelons, that received the highest rate of N, had the highest content of soluble dry matter of flesh (sweetness).

Key words: watermelon, morphological characteristics, yield, soluble dry matter, nitrogen, mulch.

⁵⁴ Dr., Oddelek za poljedelstvo, vrtnarstvo, genetiko in Zlahtnjenje, Kmetijski Inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: lovro.sinkovic@kis.si

⁵⁵ Doc. dr., Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: dragan.znidarcic@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Lubenica (*Citrullus lanatus* L.) je enoletna zelnata rastlina iz družine bučevk (Cucurbitaceae), ki je v Sloveniji postala v zadnjih letih priljubljena poletna vrtnina. V prehrani se uporablja že od pradavnine, saj so njene sledi našli celo v 4000 let starih egipčanskih grobnicah. Izvira iz stepskih območij vzhodne Afrike, od koder se je s karavanskimi potmi razširila na Bližnji vzhod, v Indijo in na Kitajsko. V srednjem veku se je pojavila v južni Evropi, skupaj z afriškimi sužnji pa je dosegla Ameriko in se hitro razširila na subtropska območja (Sauer, 1993). Po podatkih Svetovne organizacije za prehrano in kmetijstvo (FAO) se v svetu pridelava skoraj 110 mio t lubenic na več kot 3,5 mio ha površin. Vodilna celina v pridelavi lubenic je Azija (91,2 mio t), sledijo ji Afrika (6,4 mio t), Evropa (5,5 mio t), Severna in Srednja Amerika (3,3 mio t), ter Južna Amerika (3,1 mio t). V Evropi največ lubenic pridelajo v Španiji (869.500 t) in Grčiji (620.600 t), na območju nekdanje skupne države pa v Srbiji (254.533 t) (FAOSTAT, 2013). V Sloveniji je pridelava lubenic manj razširjena in po ocenah zajema nekaj 10 ha površin, predvsem na Primorskem (Jakše, 2002).

Plod je lahko različnih velikosti, oblik, barv in teže. Plodovi lahko tehtajo od 5 do 20 kg. Iz semen lubenic, predvsem v zahodni Afriki, stiskajo olje, ki je bogato z nenasičenimi maščobnimi kislinami, predvsem linolensko in oleinsko. Plodovi lubenic so zelo sočni in navadno vsebujejo preko 90 % vode (Yau in sod., 2010). Kvaliteta lubenic je opredeljena kot kombinacija pomembnih prehranskih faktorjev, ki so lahko posledica vodnega režima in agronomске pridelovalne prakse. Meso lubenic ima malo kalorij in je naravni vir nekaterih mineralov, kot so kalij, fosfor in magnezij, ter spojini z antioksidativnim delovanjem, kot sta likopen in vitamin C (Proietti in sod., 2008). Prehranska vrednost plodov je v veliki meri povezana z vsebnostjo sladkorjev, predvsem saharoze, ki predstavlja do 40 % skupnih sladkorjev. Sladkost je pomemben dejavnik zrelosti plodov in kakovosti, z močnim vplivom na tržno vrednost lubenic. K osvežujočemu okusu prispeva vsebnost vitamina C (okrog 20 mg/100 g sveže mase).

Lubenica izvira iz tropskih in subtropskih krajev, zato jo na prostem lahko pridelujemo le v toplotno ugodnih območjih. Za uspešno gojenje imajo lubenice v slovenskem pridelovalnem prostoru omejene možnosti za gojenje na prostem. Uspešno jih lahko gojimo v zavarovanih prostorih in na toplejših območjih, ponekod na Dolenjskem in Primorskem (Osvald in Kogoj Osvald, 2003). Zaradi vse večje tržne konkurence so pridelovalci postavljeni pred zahteve po velikih in kakovostnih pridelkih, tako da morajo iskati rešitve v primernih tehnologijah gojenja. Količina dušičnega gnojila in uporaba primernih materialov za zastiranje tal so odločilni dejavniki, ki vplivajo na rast in pridelek lubenic. V literaturi najdemo širok razpon priporočljivih količin dušičnih gnojil za gojenje lubenic, in sicer od 115 do 300 kg/ha (Goreta in sod., 2005; Lu in sod., 2003). Tolikšen razpon potrjuje dejstvo, da ima vsako pedoklimatsko območje specifične zahteve glede gnojenja z dušikom. Viri priporočajo uporabo polietilenskega (PE) filma kot talne zastirke, ki vpliva na zgodnejši in večji pridelek (Soltani in sod., 2003).

V naši raziskavi smo želeli preveriti vpliv tehnologije pridelave z različnimi količinami dušika (60, 120 in 180 kg N/ha) in z uporabo zastirk (gola tla, slama in PE folija) na morfološke lastnosti in pridelek lubenic sorte 'Crimson Sweet'.

2 MATERIAL IN METODE DELA

V letu 2010 smo na kmetiji v okolici Izole (45°32' N, 13°39' E) na območju, za katerega je značilno submediteransko podnebje, izvedli dva poljska poskusa. V prvem smo za pridelavo

lubenic poleg osnovnega gnojenja uporabili tri načine dognojevanja z dušikom na golih tleh (60, 120 in 180 kg N/ha), v drugem pa le ob osnovnem gnojenju preverili učinke zastiranja tal (gola tla, slama in polietilenska (PE) folija). Skupaj je bilo v obeh poskusih 6 obravnavanj, pri čemer je bilo vsako ponovljeno na treh parcelicah. Za osnovno gnojenje smo v obeh poskusih uporabili 42 kg N/ha, med rastno dobo pa smo poskus z različnimi ravni dušika še 9-krat dognojili z ustreznimi količinami N (glej v nadaljevanju). V poskus smo vključili sorto lubenic 'Crimson Sweet' (Royal seeds), ki ima naslednje značilnosti: je srednje pozna (90 dni); plodovi so okrogli, svetlo zeleni s temnimi progami in težki 9-11 kg; primerna je za vzgojo pod tuneli in na prostem; zahteva tople in sončne lege ter globoka, topla tla, pognojena s hlevskim gnojem.

Analiza tal je pokazala, da ta vsebujejo: 2,49 % humusa; pH vrednost 6,06; 37,5 mg K₂O/100 g in 11,2 mg P₂O₅/100 g (po AL-metodi). Pred oranjem zemljišča smo zgodaj spomladi dodali 40 t/ha uležanega hlevskega gnoja. Pred samim sajenjem sadik smo za osnovno gnojenje uporabili 600 kg/ha mineralnega gnojila (NPK 7-14-21), tla poškropili s herbicidom Treflan EC (2 l/ha) in postavili cevi za namakanje T-tape s kapaciteto 4 l/h. Skupna površina poljskega poskusa je znašala 1530 m² in površina parcele za vsako posamezno obravnavanje 85 m². Parcele predvidene za zastiranje smo prekrili s slamo (debeline 10 cm) in črno PE folijo. Za vzgojo sadik smo uporabili gojitvene plošče s 40 celicami in Klasman TS 3 substrat. 50 dni stare sadike, vzgojene v rastlinjaku, smo ročno presadili na prosto v sredini maja. Razmik med posameznimi rastlinami je znašal 1,5 m × 1 m. Z osnovnim gnojenjem smo v obeh delnih poskusih dodali 42 kg N/ha, za vsa naslednja dognojevanja pri gnojenju z različnimi ravni N pa smo uporabili mineralno gnojilo UREA (46 % N) v raztopljeni obliki. Gnojilo smo aplicirali s fertigacijo v naslednjih koncentracijah: 1 g/l za obravnavanje s 60 kg N/ha; 4,35 g/l za obravnavanje s 120 kg N/ha; in 7,65 g/l za obravnavanje s 180 kg N/ha. Parcele vključene v preverjanje učinkov zastiranja tal se niso dodatno dognojevale. Dognojevali smo 1-krat tedensko od 18. maja do 12. julija po priporočilih Hartz in Hochmuth (1996). Med rastno dobo smo tako opravili 9 dognojevanj z UREO v raztopljeni obliki, pri čemer je bila za vsako obravnavanje dodana ustrezna količina gnojila, da je ob upoštevanju osnovnega gnojenja skupna količina gnojila ustrezala obravnavanju: 18 kg N/ha za obravnavanje s 60 kg N/ha; 78 kg N/ha za obravnavanje s 120 kg N/ha; in 138 kg N/ha za obravnavanje s 180 kg N/ha.

V rastni dobi smo 2-krat (25 in 40 dni po presajanju) izmerili dolžine glavnih vrež ter prešteli število listov in število stranskih vrež. Po 30, 45 in 60 dneh smo z metodo po Kjeldahl-u analizirali vsebnost N v posušenih in homogeniziranih polno razvitih listih (n = 3). Pridelek smo pobirali ročno v dveh terminih: 20. avgusta – zgodnji pridelek in 15. septembra – pozni pridelek. Plodove smo sortirali na tržne in netržne. Med tržne smo prišteli plodove z maso nad 3 kg in brez vidnih poškodb. Pri vsakem obravnavanju smo v treh naključnih plodovih v mesu z digitalnim refraktometrom ATAGO PE-1 izmerili vsebnost topne suhe snovi (% Brix). V poskusu pridobljene podatke smo statistično analizirali z ANOVA za slučajne skupine. Povprečne vrednosti so bile primerjane s testom mnogoterih primerjav po Duncanu pri 5 % tveganju. Primerjave so bile izvedene posebej za dognojevanje z različnimi ravni dušika in posebej za učinke zastiranja tal.

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

V preglednici 1 so zbrane morfološke lastnosti rastlin (dolžina glavne vreže, število listov/glavna vreža, število stranskih vrež) izmerjene 25 in 40 dni po presajanju. Rezultati so pokazali, da na vegetativno rast rastlin vplivata tako količina dodanega N kot uporaba

zastirke. Dolžina glavnih vrež se je sorazmerno podaljševala z dodano količino dušičnega gnojila. Podobno se je povečevalo število listov na glavni vreži. Do podobnih rezultatov so v svoji raziskavi prišli Goreta in sod. (2005) pri gojenju lubenic v hrvaškem primorju. Pri primerjavi uporabe zastirk smo ugotovili, da so rastline, ki so rasle na PE foliji imele najdaljše vreže z največjim številom listov in največ stranskih vrež. Najkrajše dolžine glavnih vrež z najmanj listi so imele rastline gojene na zastirki iz slame. O intenzivni vegetativni rasti na PE zastirki v primerjavi s slamo so poročali tudi Ban in sod. (2008) na primeru paradižnika. Slabša rast rastlin pri zastirki s slamo je lahko povezana z dejstvom, da se zemlja pod slamo počasneje segreva (Roe in sod., 1994).

Preglednica 1: Morfološke lastnosti rastlin v odvisnosti od gnojenja z dušikom in vrste zastirke

Parameter/ obravnavanje	Dolžina glavne vreže (cm)		Število listov/glavna vreža		Število stranskih vrež	
	25 dni po presajanju	40 dni po presajanju	25 dni po presajanju	40 dni po presajanju	25 dni po presajanju	40 dni po presajanju
60 kg N/ha	26,8 ±1,3c	74,5 ±0,9c	5,6 ±0,2b	11,4 ±0,1b	1,7 ±0,6	7,8 ±0,8
120 kg N/ha	29,8 ±0,4b	98,9 ±1,5b	6,4 ±0,2a	12,6 ±0,3a	1,8 ±0,8	7,8 ±1,8
180 kg N/ha	30,6 ±1,3a	103,8 ±2,4a	6,4 ±0,2a	12,8 ±0,3a	2,4 ±0,5	7,9 ±1,4
<i>P</i>	***	***	**	***	Ns	Ns
Gola tla	21,4 ±1,2b	74,5 ±1,9b	5,8 ±0,4b	10,8 ±0,6b	1,7 ±0,8b	6,8 ±1,3b
Slama	11,2 ±0,2c	43,2 ±0,4b	3,6 ±0,2c	8,4 ±0,2c	1,2 ±0,3b	4,5 ±1,3b
PE zastirka	56,3 ±2,2a	160,1 ±3,2a	8,7 ±0,6a	15,4 ±0,2a	3,2 ±0,4a	12,6 ±2,3a
<i>P</i>	***	***	***	***	**	***

Rezultati prikazujejo povprečne vrednosti s standardno napako ($n=3$). *** $P < 0.001$; ** $P < 0.01$; Ns, ni statistično značilno. Različne črke (a,b,c) v stolpcu pomenijo statistično značilne razlike med obravnavanji za posamezni parameter (gnojenje z dušikom, uporaba zastirke).

V preglednici 2 so zbrani podatki o vsebnosti N v listih v različnih časovnih obdobjih po presajanju (po 30, 45 in 60 dneh). V začetnem obdobju rasti (30 dni po presajanju) je bila vsebnost skupnega N v listih največja pri vseh obravnavanjih. Z daljšanjem rastne dobe se je vsebnost N zmanjševala in je ob zadnji meritvi po 60 dneh dosegla najnižje vrednosti.

Preglednica 2: Vpliv gnojenja in uporabe zastirk na vsebnost dušika v listih

Parameter/ obravnavanje	Koncentracija N v listih (g/kg suhe snovi)		
	30 dni po presajanju	45 dni po presajanju	60 dni po presajanju
60 kg N/ha	56,5 ±0,1c	55,3 ±0,5c	46,1 ±0,3c
120 kg N/ha	59,8 ±0,1b	56,4 ±0,2b	47,2 ±0,4b
180 kg N/ha	61,2 ±0,3a	57,3 ±0,2a	48,9 ±0,2a
<i>P</i>	***	***	***
Gola tla	57,3 ±0,4b	54,2 ±0,3b	51,2 ±0,7
Slama	57,6 ±0,2b	53,7 ±0,3b	46,3 ±0,3
PE zastirka	59,7 ±0,2a	55,1 ±0,2a	47,2 ±0,3
<i>P</i>	***	**	Ns

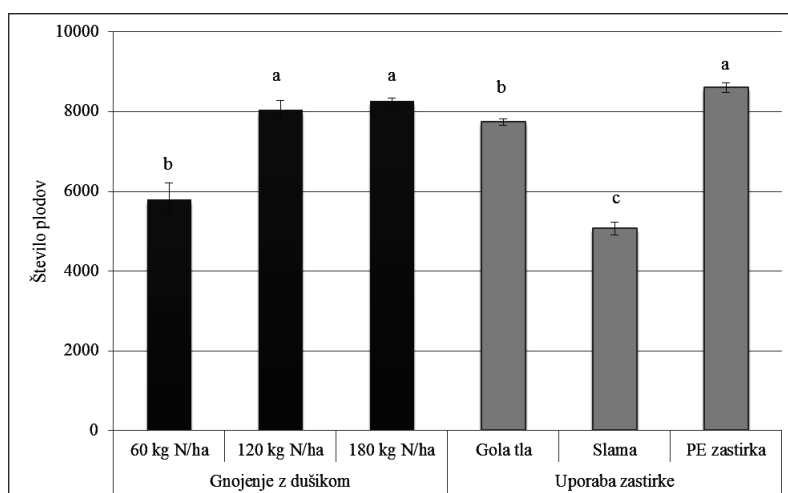
Rezultati prikazujejo povprečne vrednosti s standardno napako ($n=3$). *** $P < 0.001$; ** $P < 0.01$; Ns, ni statistično značilno. Različne črke (a,b,c) v stolpcu pomenijo statistično značilne razlike med obravnavanji za posamezni parameter (gnojenje z dušikom, uporaba zastirke).

V preglednici 3 so zbrani rezultati o povprečni masi tržnih plodov, tržnem pridelku in vsebnosti topne suhe snovi posebej za zgodnji in pozni pridelek. Skupno število plodov (zgodnji in pozni skupaj) za posamezno obravnavanje je prikazano na sliki 2. Gnojenje z večjimi odmerki N je najbolj vplivalo na večjo maso zgodnjih plodov in večji tržni pridelek zgodnjih plodov. Zastiranje tal je na število plodov in tržni pridelek vplivalo podobno kot na vegetativno rast, saj je bilo največ plodov pri gojenju na PE foliji, najmanj pa pri zastirki s slamo (slika 1). Počasnejši razvoj vegetativnega dela rastlin je vplival na počasnejši razvoj generativnih delov rastline oziroma plodov. Podoben učinek kot na število plodov je imelo gnojenje in zastiranje na povprečno maso tržnih plodov. Količina dodanega N je vplivala na topno suho snov mesa plodov, ki je tako pri zgodnjem kot poznem pridelku, naraščala z večanjem odmerka gnojila. Od zastirk je najslabše na sladkorno stopnjo mesa plodov vplivala zastirka s slamo.

Preglednica 3: Vpliv gnojenja in uporabe zastirk na značilnosti pridelka (posebej za zgodnji in pozni) lubenic

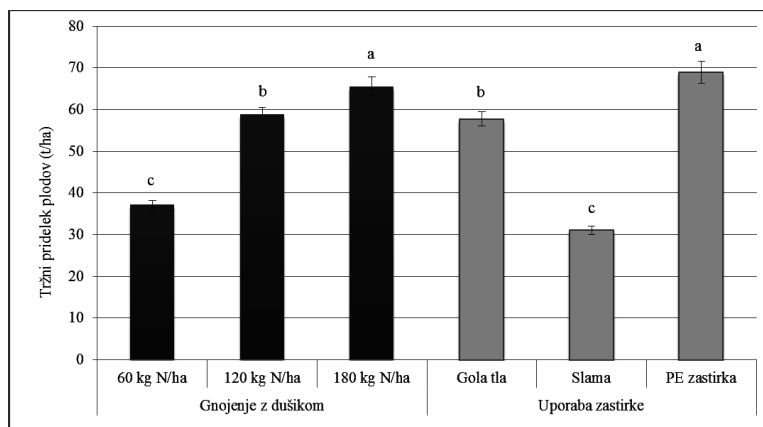
Parameter/ obravnavanje	Povprečna masa tržnih plodov (kg)		Tržni pridelek plodov (t/ha)		Topna suha snov (% Brix)	
	Zgodnji	Pozni	Zgodnji	Pozni	Zgodnji	Pozni
60 kg N/ha	4,58 ±0,35b	6,82 ±0,68c	4,75 ±0,17c	32,41 ±0,78c	10,2 ±0,3b	11,7 ±0,4b
120 kg N/ha	6,74 ±0,80a	7,46 ±0,44b	9,58 ±0,36b	49,11 ±1,18b	10,4 ±0,3b	11,7 ±0,1b
180 kg N/ha	6,82 ±0,64a	7,84 ±0,50a	13,58 ±0,95a	49,53 ±1,11a	11,5 ±0,5a	12,4 ±0,2a
<i>P</i>	***	***	***	***	*	*
Gola tla	7,68 ±0,55b	7,42 ±0,73b	9,32 ±0,45b	48,43 ±1,15b	11,2 ±0,3	13,4 ±0,1a
Slama	5,54 ±0,40c	6,14 ±0,40c	4,54 ±0,82c	30,61 ±0,88c	10,7 ±0,3	11,4 ±0,3b
PE zastirka	9,08 ±0,99a	8,46 ±0,87a	18,02 ±0,93a	50,86 ±1,52a	11,8 ±0,8	12,9 ±0,9a
<i>P</i>	***	***	***	***	Ns	**

Rezultati prikazujejo povprečne vrednosti s standardno napako ($n = 3$). *** $P < 0.001$; ** $P < 0.01$; * $P < 0.05$; Ns, ni statistično značilno. Različne črke (a,b,c) v stolpcu pomenijo statistično značilne razlike med obravnavanji za posamezni parameter (gnojenje z dušikom, uporaba zastirke).



Slika 1: Vpliv gnojenja in uporabe zastirk na skupno število plodov lubenic sorte 'Crimson Sweet'. Rezultati prikazujejo povprečne vrednosti s standardno napako ($n = 3$).

Vpliv gnojenja z N in uporaba zastirk na skupni tržni pridelek lubenic je prikazan na sliki 2. Gnojenje z večjimi odmerki N (180 kg/ha) je vplivalo na večji skupni tržni pridelek lubenic (> 65 t/ha), ki je bil skoraj 1,8-krat večji v primerjavi s tržnim pridelkom pri uporabi najnižjega odmerka (60 kg N/ha). Med odmerki 120 in 180 kg N/ha so bile razlike v tržnem pridelku manjše ($< 10\%$). Med uporabo zastirk je bil največji skupni tržni pridelek pri uporabi PE zastirke (68 t/ha) in najnižji pri zastirki iz slame (31 t/ha). Zanimivo je, da je bil pridelek lubenic pri gojenju na PE foliji, kjer smo uporabili le osnovno gnojenje (42 kg N/ha), večji kot pri pridelavi brez zastirke ob najvišjem odmerku dušika (180 kg N/ha). Sklepamo, da je prav zaradi toplejših tal pod PE folijo, prišlo do boljše mineralizacije organske snovi v tleh, kar je posledično vplivalo na večji pridelek. Velik pridelek lubenic je odvisen predvsem od stalne in pravočasne oskrbe rastlin z dušikom, še posebej v kritičnih fenofazah (razraščanje, cvetenje, razvoj plodu,...). Ob optimalnem načinu dognojevanja lahko celo pri 30 % manj dodanega skupnega N uspemo vzgojiti podobno količino tržnega pridelka lubenic (Burst, 2008). Iz naših rezultatov je razvidno, da pridelovanje lubenic na PE foliji bistveno poveča pridelek, ki ga je na golih tleh ob dodanih visokih količinah dušika (120 in 180 kg N/ha) težko preseči.



Slika 2: Vpliv gnojenja in uporabe zastirk na skupni tržni pridelek lubenic sorte 'Crimson Sweet'. Rezultati prikazujejo povprečne vrednosti s standardno napako ($n = 3$).

4 SKLEPI

Na podlagi rezultatov raziskave smo prišli do naslednjih sklepov:

- Gnojenje z dušikom vpliva na vegetativno rast rastlin (dolžina glavnih vrež se je podaljševala sorazmerno z večanjem količine gnojila, posledično se je razvilo večje število listov);
- Večji odmerek dušika je vplival na višje skupno število plodov in posledično večji tržni pridelek;
- Lubenice, ki prejmejo večji odmerek dušika, vsebujejo več topne suhe snovi;
- Zastiranje tal s PE folijo vpliva na dolžino glavne vreže in večje število stranskih vrež. Na omenjena parametra ima negativen vpliv zastiranje s slamo, saj je bila rast rastlin slabša tudi v primerjavi z golimi tlemi;
- Največje število plodov z največjo maso oz. največji tržni pridelek dobimo pri gojenju na PE zastirki.

5 LITERATURA

- Ban D., Goreta Ban S., Novak B., Žanić K., Žnidarčič D. 2011. Growth and yield response of watermelon to in-row plant spacing and mycorrhiza. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71, 4: 497-502
- Burst G. 2008. Reducing nitrogen applications in watermelon while increasing yields. Proceedings of the 39th Annual Midatlantic Vegetable Workers Conference, University of Delaware. <http://ag.udel.edu/> (13.10.2016)
- FAOSTAT 2013. <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E> (11.10.2016)
- Goreta S., Perica S., Dumičić G., Bučan L., Žanić K. 2005. Growth and yield of Watermelon on polyethylene mulch with different spacings and nitrogen rates. *HortScience*, 40, 2: 366-369
- Hartz T.K., Hochmuth G.J. 1996. Fertility management of drip-irrigated vegetables. *HortTechnology*, 6: 168-172
- Jakše M. 2002. Gradivo za vaje iz zelenjadarstva. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 49 str.
- Lu W., Edelson J. V., Duthie J. L., Roberts B. W. 2003. A comparison of yield between high- and low-intensity management for three watermelon cultivars. *HortScience*, 38: 351-356
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 2003. Integrirano pridelovanje zelenjave. Ljubljana. ČZP Kmečki glas: 295 str.
- Proietti S., Roupael Y., Colla G., Cardarelli M., De Agazio M., Zacchini M., Rea E., Moscatello S., Battistelli A. 2008. Fruit quality of mini-watermelon as affected by grafting and irrigation regimes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(6): 1107-1114
- Roe N.E., Stoffella P.J., Bryan H.H. 1994. Growth and yields of bell pepper and winter squash grown with organic and living mulches. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119: 1193-1199
- Sauer J.D. 1993. Historical geography of crop plants: a select roster. Boca Raton, Florida, CRC press: 311 str.
- Soltani N., Anderson J. L., Hamson A.R. 1995. Growth analysis of watermelon plants grown with mulches and rowcovers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120: 1001-1009
- Yau E.W., Shamsudin R., Muda N., Chin N.L., Hassan O. 2010. Physico-chemical compositions of the red seedless watermelons (*Citrullus Lanatus*). *International Food Research Journal*, 17, 2: 327-334

Razvoj listne površine pri različnih hibridih koruze

Jernej ŠIJANEC⁵⁶, Klemen ELER⁵⁷, Dominik VODNIK⁵⁸

Izvleček

Zeleni listi predstavljajo površino, s katero rastlina prestreza svetlobo in asimilira ogljik, ter prek katere v ozračje oddaja vodo. Skupna listna površina je odraz vegetativne rasti, povezana pa je tudi z reproduktivnim razvojem oz. s tvorbo plodov. Pri poljščinah je listna površina posevka odvisna predvsem od temperature, prehranskega statusa (razpoložljivosti mineralnih hranil) in razpoložljivosti vode; pogojena je z gostoto setve in z genotipom rastline. Ocenimo jo lahko z indeksom listne površine (LAI), ki odraža površino listov nad določeno površino tal. Za optimalen pridelek mora posevek doseči določen LAI, saj je obseg listne površine tesno povezan s produktivnostjo. V raziskavi smo z meritvami LAI spremljali sezonski razvoj listne površine pri treh hibridih koruze na njivah v bližini Murske Sobotne. Sezonski hod LAI komentiramo glede na okoljske razmere.

Ključne besede: koruza, LAI, primarna proizvodnja, tla, namakanje

Leaf area development in different hybrids of maize

Abstract

Green leaves of the plant present an area which intercepts radiation, assimilates carbon and loses water to atmosphere. Total leaf area directly reflects vegetative growth but is related also to reproductive development and fruiting. In crops, leaf area depends primarily upon interactions of crop ontogeny with temperature, nutritional status (availability of mineral nutrients, especially nitrogen) and water availability. It is directly related to density of plants and to genotype. Total leaf area of the crop can be estimated by leaf area index (LAI) and index expressing the total area of leaves above a certain ground area. For optimal yield, crop has to develop certain LAI which reflects tight connection of vegetative and reproductive growth. In this study leaf area development was followed by LAI measurements in different hybrids of maize sown on fields close to Murska Sobota. Seasonal changes of LAI are discussed with respect to environmental conditions.

Key words: maize, LAI, primary production, soil, irrigation

1 UVOD

Sklenjeni rastlinski sestoji tvorijo kompleksen asimilacijski sistem, ki ga sestavlja več plasti listov, ki se med seboj delno prekrivajo in senčijo. Od površine listov, njihovega položaja in absorpcijskih lastnosti je odvisno, koliko fotosintetsko aktivnega sevanja (PAR) lahko sestoj prestreže in potencialno uporabi za asimilacijo ogljika. Iz tega izhaja zelo tesna povezanost listne površine in stopnje primarne produkcije. Listna površina oz. parametri, ki jih uporabljamo za njeno oceno ali kot njene surogate, so pomembni vhodni podatki za modele, s katerimi napovedujemo rast in pridelek kmetijskih rastlin (Baez-Gonzalez in sod. 2005).

Eden takšnih parametrov je indeks listne površine (LAI), ki predstavlja celotno enostransko površino listov nad določeno površino tal ($LAI = \text{skupna površina listov} / \text{površina tal}$). Sestoj, katerega LAI je enak 1 ima skupno površino listov enako veliko, kot je območje, na katerem rastline tega sloja rastejo. Ne pomeni pa to, da so listi nujno enakomerno razporejeni po površini in da prestrežajo celotno fotosintetsko aktivno sevanje.

⁵⁶ Študent BSc študija Kmetijstvo - Agronomija in hortikultikultura, Biotehniška fakulteta, UL, Jamnikarjeva 101, Ljubljana

⁵⁷ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, UL, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, e-pošta: klemen.eler@bf.uni-lj.si

⁵⁸ Prof. dr., prav tam, e-pošta: dominik.vodnik@bf.uni-lj.si

LAI lahko merimo z neposrednimi meritvami površine povzorčenih listov, ter posredno, z optičnimi metodami kot sta na primer hemisferična fotografija in ceptometrija (Larcher, 2003). Zelo so se razmahnile tudi meritve LAI z uporabo metod daljinskega zaznavanja (Jones in Vaughan, 2010).

Poljščine v razmerah, ki omogočajo dobro rast, hitro povečajo LAI do maksimuma, ki je od tri do sedem (odvisno od vrste) (Atwell in sod., 1999). Izkaže se, da je za optimalno prestrazanje svetlobe in s tem pridelek potrebno, da je dosežen določen LAI. Tako Maddonni in Otegui (1996) za koruzo poročata, da je optimalen izkoristek svetlobe dosežen z LAI > 4, pri čemer LAI vrednotita le za zelene liste.

Namen naše raziskave je bil ovrednotiti sezonske spremembe LAI pri različnih hibridih koruze, posejanih na različnih tleh (lahka in težka tla) in ob različnih režimih namakanja (namakano, nenamakano) na njivah v Prekmurju. Hibridi se lahko razlikujejo v intenzivnosti rasti, fenološkem razvoju in odpornosti na sušo, ki je na tem področju pogost pojav.

2 MATERIALI IN METODE

2.1 Lokacija poskusa

Raziskava je bila izvedena na njivah podjetja Panvita (Rakičan) in sicer na lahkih, nenamakanih tleh (M. Sobota), lahkih, namakanih tleh (Beltinci) ter na težkih, nenamakanih ter težkih namakanih tleh (Ižakovci) (Preglednica 1). Na vsaki od njiv so bile zakoličene štiri merilne ploskve velikosti 20 m x 20 m, ki skupaj sestavljajo kvadrat velikosti 40 m x 40 m.

Preglednica 1: Pregled lokacij in uporabljenih hibridov

Lokacija	Ime njive	Tla/namakanje	Hibrid koruze
Murska Sobota	Ribiški dom	Lažja/nenamakana	P9241
Beltinci	Velka	Lažja/ namakana	P0216
Ižakovci	Nemščak IV	Težja/nenamakana	PR 31Y43
Ižakovci	Nemščak IV	Težja/namakana	PR 31Y43

P9241: trda zobanka, zrnje, silaža, tolerira sušo in mokra tla, hiter mladostni razvoj

P0261: zobanka, zrnje silaža, večja toleranca na sušo

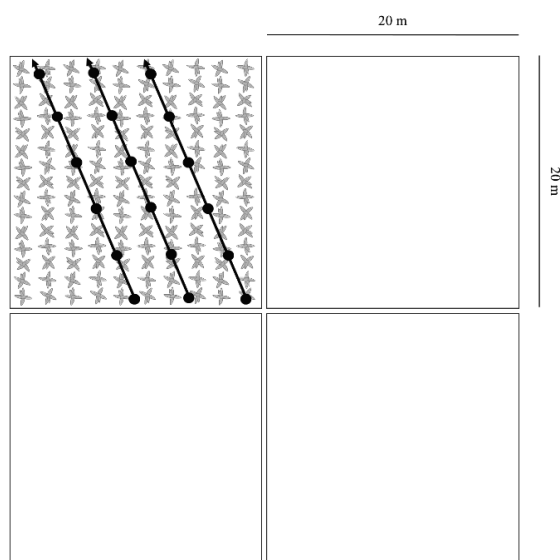
PR 31Y43: zrnje (Primorska), drugje silaža, toleranca na sušo, pozen

Na proučevanih parcelah so bili posejani trije hibridi koruze (Preglednica 1). Setev je bila opravljena 4. 4. (P0216), 7. 4. (PR 31Y43) ter 13. 4. 2016 (P9241). Posevek je bil povsod tretiran s herbicidom Adengo (7. - 9. 5. 2016), ter v času od 26. do 31. 5. 2016 okopan in dognojen.

2.2 Meritve in obdelava podatkov

Meritve LAI smo opravili s ceptometrom LAI-2200 (LiCor, Lincoln, NE ZDA). Gre za aparat, ki s širokokotno lečo (148°) zajema svetlobo in meri količino modre svetlobe (320-490 nm) v petih kotnih območjih. S primerjavo meritev nad sestojem oz. na odprtem, kjer ni senčenja vegetacije, ter meritev pod sestojem lahko pridobimo vrednost LAI.

Na poskusnih njivah smo meritve LAI opravili 9x v rastni sezoni 2016 in sicer 17. 6., 25. 6., 4. 7., 15. 7., 25. 7., 4. 8., 14. 8., 24. 8. in 3. 9. 2016. Na vsaki ploskvi smo najprej posneli svetlobo nad sestojem, nato smo od južne stranice proti severu opravili 3 diagonalne prehode, ob katerih smo na nivoju tal na šestih približno enako oddaljenih točkah posneli še svetlobo na dnu sestoja (Slika 1). Po tem smo na ceptometru LAI-2200 opravili preračun povprečja izmerjenih vrednosti in tako za ploskev dobili eno vrednost LAI. Za vsako njivo smo izmerili 4 LAI vrednosti (4 ploskve).



Slika 1: Shema poskusa oz. razporeditve poskusnih ploskev. Način merjenja LAI je prikazan za eno od ploskev, z nakazanimi smermi prehodov in točk meritev (puščice in krogi). Slika posevka je simbolična in ne odraža dejanske smeri in gostote setve.

Preglednica 2: Vremenske razmere v času poskusa (merilna postaja Murska Sobota)

	Povprečna T zraka [°C]	Odklon povp. T od dolgoletnega povprečja [°C]	Povprečni temperaturni maksimum [°C]	Povprečni temperaturni minimum [°C]	Število ur sončnega obsevanja	Sončno obsevanje v % od povprečja	Padavine [mm]	Padavine v % od povprečja	Število padavinskih dni
Maj	15,6	-0,1	20,9	10,2	231	95	123	165	11
Junij	19,6	0,8	25,8	14,2	238	97	110	107	12
Julij	21,2	2,0	27,2	15,4	241	93	122	117	11
Avgust	19,5	-0,2	26,3	13,9	257	101	53	52	6
September	17,4	2,2	25,5	11,7	114	116	28	31	4

2.3 Vremenske razmere v času poskusa

Pomlad 2016 je zaznamoval precej deževen maj, ko je na območju merilne postaje Murska Sobota padlo 65 % več padavin od dolgoletnega povprečja (Slika 2). Junija je povprečna temperatura za 0,8 °C presegala dolgoletno povprečje in to predvsem na račun 4 vročih dni ob koncu meseca. Padavine so po količini dosegale oz. malenkostno presegale dolgoletno povprečje. Julij je bil topel, s povprečno temperaturo, ki je za 2 °C presegala dolgoletno povprečje. Padavine so bile relativno pogoste, zabeleženih je bilo 11 padavinskih dni in skupno 122 mm padavin. Mnogo sušnejši je bil avgust. Padavinskih dni je bilo le 6 s skupno 53 mm padavin, kar je za 48 % manj od dolgoletnega povprečja. Suša se je nadaljevala v septembru, ki je z manjšo količino padavin (skupno 28 mm) še močnejše (-69 %) odstopal od dolgoletnega povprečja. Za 2,2 °C je bila višja tudi temperatura (Mesečni bilten, 2016). Pomembno je omeniti, da je bila 13. 7. 2016 na območju njive Ribiški dom nevihta s točo, ki je dodobra poškodovala koruzo, medtem ko ostale tri njive niso bile prizadete.

2.4 Statistično vrednotenje rezultatov

Značilnost razlik med tipoma tal in režimom namakanja ter značilnost njune interakcije smo vrednotili po metodi analize variance s ponovljenimi meritvami (repeated-measures ANOVA) pri stopnji značilnosti 0.05. Homogenost varianc smo preverili grafično. Podatkom LAI smo kot generalizacijo prilagodili polinomsko krivuljo (spline); zaradi precej različnih potekov krivulj med obravnavanji nismo mogli uporabiti enotne, bolj mehanistične zveze med časom in LAI. Statistične analize so bile narejene v programskem okolju R (R Development Core Team, 2011).

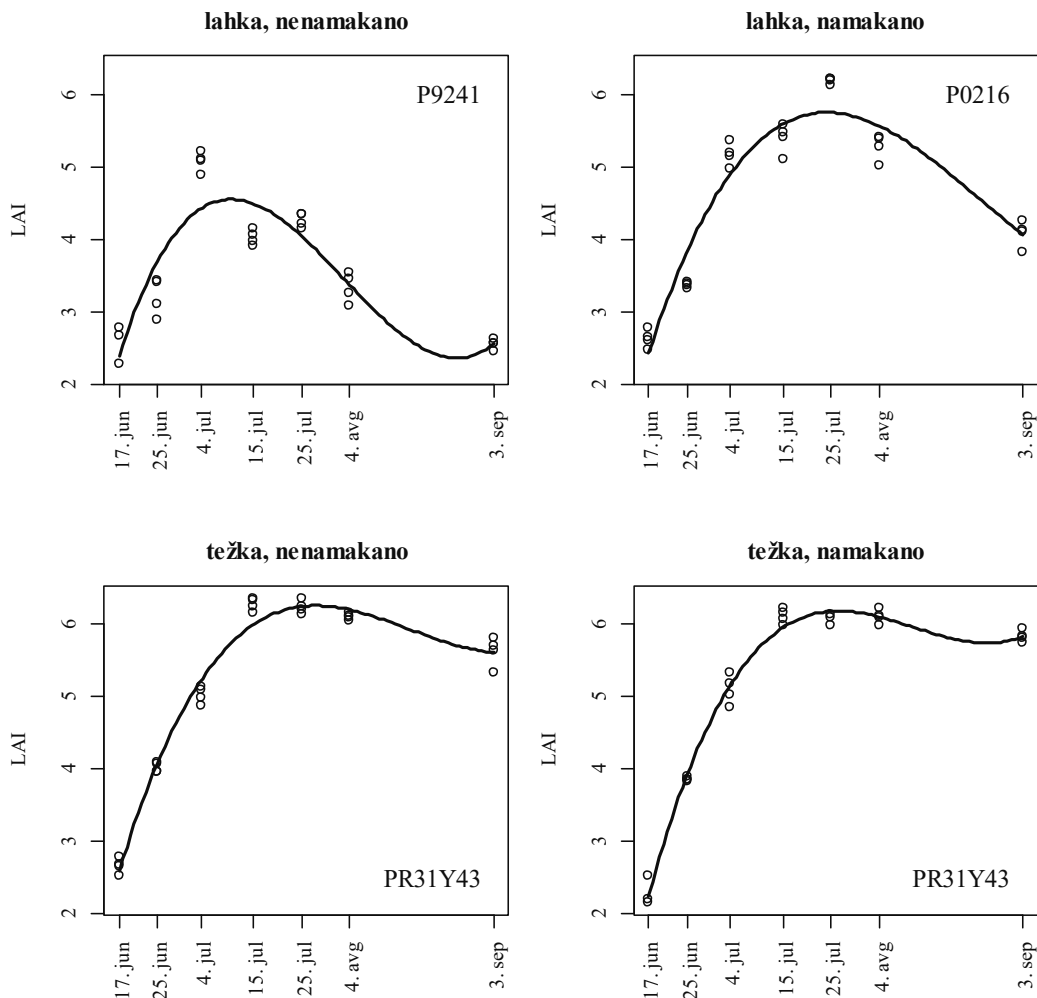
3 REZULTATI Z DISKUSIJO

Meritve smo začeli v juniju, ko je bil posevek že dodobra razvit. Vrednosti LAI so bile od 2,5 do 3, nekaj manjše vrednosti smo zabeležili le na težkih, namakanih tleh. Sledil je hiter porast LAI, ki odraža intenzivno rast v zgodnjepoletnem obdobju, ko so bile rastne razmere zelo ugodne. Temperature so bile razmeroma visoke, padavine pa redne in obilne. Največjo povprečno vrednost LAI smo pri koruzi na lahkkih, nenamakanih tleh izmerili 4. julija, znašala je 5,1. Na ostalih njivah je maksimum izmerjen ob 4. oz. 5. meritvi, t.j. 15. oz. 25. julija, povsod je presegal vrednost 6. Na lahkkih tleh je maksimumu takoj sledil upad LAI, ki je bil posebej hiter in izrazit na nenamakanih tleh. Na težkih tleh smo manjši padec LAI zaznali šele ob septemberski meritvi.

Analiza variance je pokazala, da je LAI v povprečju večji na težkih tleh. K temu bi lahko bistveno prispevale vodnozadrževalne sposobnosti tal, vendar ne smemo pozabiti, da so bili v raziskavi uporabljeni različni hibridi. Zelo verjetno je, da k maksimalni doseženi vrednosti LAI bistveno prispeva genotip, saj je bila do sredine julija razpoložljivost vode dobra, posevki pa so bili na vseh njivah enako, optimalno agrotehnično oskrbovani. Možno je, da so vodnozadrževalne lastnosti tal pomemben dejavnik kasneje v sezoni, in da pomembno prispevajo k vzdrževanju doseženega LAI. Vendar pa tudi v tem času na rezultate lahko pomembno vplivajo lastnosti rastlin, npr. različna toleranca na sušo ali zgodnost hibrida koruze.

V povprečju smo večji LAI izmerili na namakanih parcelah. Značilna interakcija med tlemi in namakanjem kaže, da LAI ni enak po tipih tal za vsako raven namakanja - na lahkkih nenamakanih tleh je LAI manjši. Vendar tega rezultata, kljub temu, da je bila v drugi polovici

avgusta na lokaciji Ribiški dom lokaciji izmerjena manjša vsebnost vode v tleh kot drugod (glej Pintar in sod., ta zbornik), ne moremo nedvoumno povezati z namakanjem, saj je ta posevek sredi julija precej prizadela toča.



Slika 2: Sezonske spremembe indeksa listne površine (LAI) koruze (*Zea mays*) na različnih poskusnih površinah (lahka in težka tla, namakano in nenamakano) in v različnih hibridih koruze.

4 SKLEPI

Meritve indeksa listne površine tekom rastne dobe koruze so razkrile sezonske vrednosti tega parametra, ki so podobne literaturnim. Razlike v vrednostih LAI za lahka in težka oz. za namakana in nenamakana tla so pričakovane, vendar je potrebno njihovo pravo osnovo pojasniti v dodatnih raziskavah. V načrtu so nadaljnji poskusi, v katerih bomo vpliv tipa tal in namaknja proučevali z uporabo istega hibrida na vseh lokacijah, ob kontinuiranem spremljanju vsebnosti vode v tleh. Končni cilj teh je pridobiti podatke o stanju posevkov za

potrebe kalibracije metod daljinskega zaznavanja, ki jih nameravamo uporabljati za zaznavanje oz. sledenje suše (glej prispevek Pintar in sod., ta zbornik).

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. Boštjanju 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

- Atwell B. J., Kriedemann P. E., Turnbull C.G.N. 1999. Plants in action: Adaptation in nature performance in cultivation. Australian society of plant scientists in New Zealand Society of Plant Biologists in New Zealand Institute of Agricultural and Horticultural Science. Macmillan Education Australia Pty Ltd, Melbourne: 664 str.
- Baez-Gonzalez, A. D., Kiniry, J. R., Maas, S. J., Tiscareno M. L., Macias, J. C., Mendoza, J. L., Richardson, C. W., Salinas, J. G., Manjarrez, J. R. 2005. Agronomic Modeling: Large-area maize yield forecasting using leaf area index based yield model. *Agronomic Journal*, 97:418–425.
- Hay R. K. M., Porter J. 2006. The physiology of crop yield. 2nd ed. Blackwell publishing, Oxford: 330 str.
- Larcher, W. 200. Physiological Plant Ecology, Springer, Berlin, 513 str.
- Maddonni, G. A., Otegui, M. E. 1996. Leaf area, light interception, and crop development in maize. *Field Crop Research* 48, 81-87.
- Mesečni bilten za leto 2016, Agencija Republike Slovenije za okolje, 2016 <http://www.arso.gov.si/o%20agenciji/knjiznica/mesečni%20bilten/bilten2016.htm> (13.11.2016)
- R Development Core Team. 2011. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. ISBN 3-900051-07-0 [www dokument]. URL <http://www.Rproject.org/> (6.1.2017)

Določanje območja rasti gomoljev krompirja

Rajko BERNIK⁵⁹, Jošt POTRPIN⁶⁰, Uroš BENEČ⁶¹

Izvleček

Za določevanje območja rasti gomoljev krompirja smo razvijali in nadgrajevali metodo s pomočjo podatkov iz poskusov v obdobju od leta 2008 do leta 2015. Sprva smo določali le prečni in vodoravni položaj gomoljev v lehi. Ker smo želeli natančneje določiti območje rasti gomoljev v lehi glede na sorto, smo začeli razvijati model, ki omogoča določitev rastnega območja gomoljev v lehi. V letih 2011 in 2012 smo opredelili in preučili naslednje parametre: površino elipse okoli gomoljev, površino prečnega preseka lehe krompirja, vertikalni in horizontalni razpon gomoljev v lehi krompirja, dolžino obeh polosi elipse, najmanjša oddaljenost gomoljev od zunanje stranice lehe krompirja in najmanjšo oddaljenost elipse od zunanje stranice lehe krompirja. Ker je bila prvotna metoda določanja površine oblike okrog gomoljev (elipsa) premalo natančna, saj zajemala preveč praznega prostora, smo razvili novo metodo, ki v izračun območja okrog gomoljev (ogrinjača-prej oblak) vključuje tudi maso gomoljev. V letu 2015 smo razvili še računalniški model za vzdolžno, prečno in navpično merjenje s 3D prikazom pozicij gomoljev v lehi. Ta model smo razvili in preizkusili do te mere, da je pripravljen za določanje območja rasti gomoljev v lehi krompirja.

Ključne besede: krompir, leha, površina, elipsa, ogrinjača

Determination of the area of potato tuber growing

Abstract

A method for determination the area of potato tuber growing has been developed on the basis of field trial results from 2008 to 2015. At the beginning only vertical and horizontal span of tubers in the ridge was determined. Later, we started to develop a model to measure and specify the growing area of tubers in the ridge according to variety. 2011 and 2012 the following parameters were defined and studied: area of the ellipse around the tubers, cross-section area of the ridge, vertical and horizontal tuber span in the ridge, lengths of semi-axes of the ellipse, minimal distance of tubers and ellipse from the outer ridge sides. The first method was found not to be sufficiently accurate for determining the surface shape around the tubers (ellipse), because it contained too much empty space. Therefore, a new method to calculate the shape around the tubers (span) has been developed, that also include the tuber weight. In 2015, we upgraded and developed a computer based model for longitudinal, transverse and vertical measurement of the 3D display positions tubers in potato ridge. The model was developed and tested so it is now ready for the determination of growing area of tubers in potato ridges.

Key words: potatoes, ridge, surface, ellipse, cloud

1 UVOD

Na tržišču se pojavlja vedno več novih sort krompirja, ki omogočajo doseganje visokih pridelkov, vendar pa pridelovalci novim sortam še niso dovolj prilagodili tehnologije. Novejše, bolj rodne sorte, imajo namreč večji pridelek in zato širšo porazdelitev gomoljev v lehi krompirja. Pridelovalec krompirja mora zagotoviti večjo medvrstno razdaljo, saj le tako doseže povečanje prostornine lehe in s tem večjo pokritost krompirjevih gomoljev s tlemi. Večja medvrstna razdalja ima prednosti tudi pri kemični zaščiti nasada in nanosu

⁵⁹ Prof., dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1111 Ljubljana, Slovenija, e-pošta: rajko.bernik@bf.uni-lj.si

⁶⁰ Dr., Podkum 69, 1414 Podkum, e-pošta: jost.potrpin@gmail.com

⁶¹ Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, Slovenija, e-pošta: uros.benec@kis.si

fitofarmacevtskega sredstva na rastlino. Ker se vrste krompirja kasneje strnejo, imamo na razpolago več časa za mehansko zatiranje plevelov z okopavanjem in osipanjem. Pri večji medvrstni razdalji so vrste bolj zračne, pogoji za razvoj krompirjeve plesni pa manj ugodni.

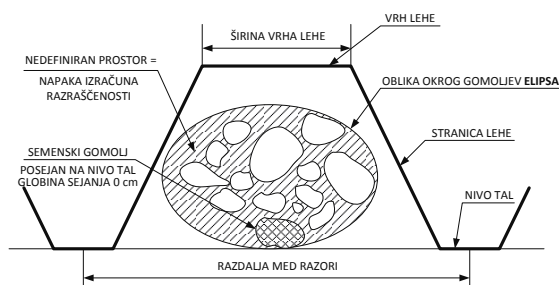
2 MATERIAL IN METODE

2.1 Razvoj modela

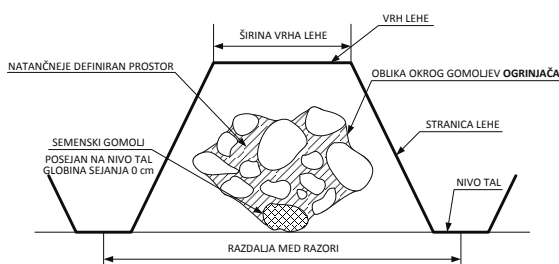
Metodo smo razvijali in nadgrajevali glede na v poskusih pridobljene podatke v obdobju od leta 2008 do leta 2015. Razvoj metode je potekal v štirih korakih (Preglednica 1). S prvimi raziskavami rasti gomoljev smo začeli v letu 2008 in 2009 (Vučajnk, 2009), ko smo v poskusu poskušali izboljšati pokritost gomoljev z zemljo v lehi krompirja ter znižati odstotek netržnih zelenih gomoljev. Med seboj smo primerjali različne globine sajenja in širine vrha leh. V letih 2011 in 2012 smo raziskave nadgradili s preučevanjem razlik v rastnih zahtevah različnih sort po prostoru v lehi krompirja. V ta namen smo določili in podrobno analizirali naslednje parametre: površino oblike okrog gomoljev v lehi (elipsa in oblak), površino prečnega preseka lehe krompirja, navpični in prečni razpon gomoljev, dolžini obeh polosi elipse, najmanjšo oddaljenost gomoljev od zunanje stranice lehe in najmanjšo oddaljenost elipse od lehe (Potrpin in sod., 2014) (slika 1). V letu 2012 smo ugotovili, da obstoječa metoda določanja površine oblike okrog gomoljev (elipsa) ni dovolj natančna, saj zavzame preveč praznega prostora. Zato smo razvili novo metodo, ki v izračun oblike okrog gomoljev (ogrinjača-prej oblak) vključuje tudi maso gomoljev. Preko specifične gostote smo izračunali volumen gomolja krompirja (Potrpin, 2016) (slika 2). V letu 2015 smo metodo še dodatno nadgradili in sicer tako, da le ta sedaj omogoča 3D zajem podatkov (Benec, 2016). Na ta način lahko še natančneje opredelimo preučevane parametre. Na novo pa smo določili in podrobno analizirali še dodaten parameter vzdolžni razpon gomoljev v lehi krompirja.

Preglednica 1: Časovnica razvoja metode

Leto	Preučevali smo
2008-2009	- vpliv različne globine sajenja krompirja na pojav zelenih gomoljev, - vpliv različne širine vrha lehe na pojav zelenih gomoljev
2009	- navpični in prečni razpon gomoljev v lehi - površina prečnega preseka lehe - površino oblike okrog gomoljev – vpeljemo pojem ELIPSA
2012-2013	- ugotovimo, da je model ELIPSA premalo natančen, zato v izračun vključimo tudi maso gomoljev – vpeljemo pojem OGRINJAČA
2015	- model OGRINJAČA, nadgradimo tako, da omogoča 3D zajem - vzdolžni razpon gomoljev v lehi

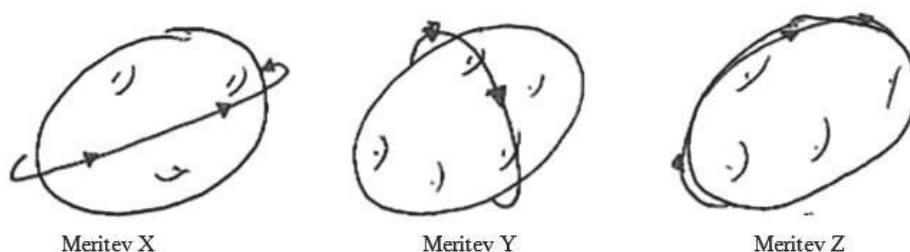


Slika 1: Razporeditev gomoljev v lehi krompirja – elipsa



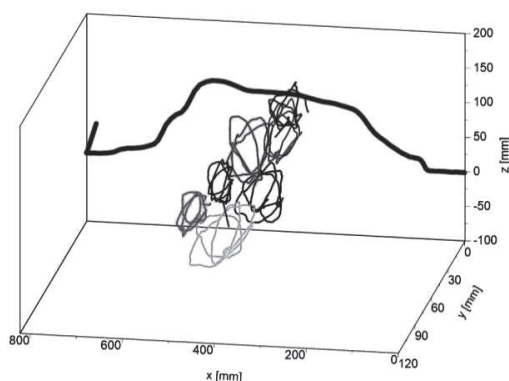
Slika 2: Razporeditev gomoljev v lehi krompirja – ogrinjača

Poleg vertikalnega in horizontalnega razpona, smo v letu 2015 začeli preučevati tudi vzdolžni razpon. S tem namenom smo nadgradili programsko opremo, ki sedaj omogoča zajem celotne razporeditve gomoljev v tleh, v vseh treh dimenzijah (x, y, z), kar pomeni, da določimo razporeditev gomoljev znotraj lehe navpično, prečno in vzdolžno (slika 3).



Slika 3: Meritev gomolja v vseh treh straneh (X, Y, Z)

Na ta način dobimo tridimenzionalno sliko razporeditve gomoljev znotraj lehe. Na podlagi tega smo izračunali obliko, ki omogoča zajem vseh gomoljev v prostoru, in jo poimenovali pahljača. Model smo najprej preizkusili v laboratoriju Biotehniške fakultete, njegovo praktično vrednost pa na poskusnem polju (slika 4).



Slika 4: 3D grafični prikaz enega izmed merilnih mest



Slika 5: Tridimenzionalna koordinatna merilna naprava

2.2 Merilna naprava

Za meritve natančnih lokacij posameznih gomoljev in oblike lehe smo razvili namensko napravo za tridimenzionalno koordinatno merjenje položajev gomoljev. Naprava omogoča absolutno ali relativno merjenje razdalj v danem obsegu (prečno 1000 mm, vzdolžno 450 mm in navpično 600 mm z natančnostjo 0,5 mm). Naprava je sestavljena iz ogrodja, koordinatnih vodil, merilnega pretvornika in računalniško podprtega sistema z namensko merilno programsko opremo (slika 5).

2.3 Zasnova poskusov

Poljski poskusi so bili izvedeni na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani v letih 2008, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014 in 2015. Tekstura tal je pečeno glinena (27,5 % gline, 58,7 % melja in 13,8 % peska). Vsako leto smo opravili tudi analizo tal. V poskusu so bile vedno uporabljene iste sorte, in sicer Faluka Manitou, Madeleine in Stirling. Poskusi so bili zasnovani v slučajnih blokih s petimi ponovitvami. Vsak posamezen blok je bil dolg 12 m in širok 10 m ter je vseboval štiri naključno razporejene sorte krompirja, posajene v štirih vrstah. Meritve so bile opravljene na notranjih dveh vrstah krompirja. Z lokalne meteorološke postaje na Biotehniški fakulteti smo pridobili podatke o povprečnih mesečnih temperaturah zraka v vegetacijskem obdobju ter o povprečnih mesečnih količinah padavin od 1. aprila do 30. septembra. Vse meritve smo opravili tik pred izkopom krompirja. Poleg meritev, opravljenih z merilno napravo, smo vsak gomolj označili ter ga nato v laboratoriju stehali.

2.4 Obdelava podatkov

Z uporabo programske opreme LabView smo izvedli meritve in shranili merjene veličine ter delno obdelali podatke. Podatke, pridobljene z različnimi matematičnimi modeli, smo statistično analizirali s programom Statgraph 4.0, po postopku, ki velja za slučajne bloke.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

V času razvoja metode določanja območja rasti gomojev smo pridobili številne rezultate, ki so bili deloma že objavljeni.

V poskusih leta 2008 in 2009 smo ugotovili, da je bil pri globini sajenja 0 cm v primerjavi z globinama 5 cm in 10 cm pridelek zelenih gomoljev v obeh letih statistično značilno največji. Med globinama 5 cm in 10 cm ni bilo statistično značilnih razlik, čeprav zelenih gomoljev pri globini saditve 10 cm skoraj ni bilo. Se pa pri izkopu zelo poveča masa zemljine, ki jo mora stroj obdelati, kar lahko povzroči poškodbe gomoljev na traku kombanja (Vučajnk, 2009).

Pri poskusu z različnimi širinami vrha lehe (10 cm, 28 cm in 38 cm) nismo pri površini prečnega preseka lehe ugotovili nobenih statistično značilnih razlik. V obeh letih je bil pri najmanjši širini vrha lehe (10 cm) pridelek zelenih gomoljev statistično značilno večji kot pri drugih dveh širinah (28 in 38 cm), med katerima ni bilo statistično značilnih razlik (Vučajnk, 2009).

V poskusu v letu 2012 smo dokazali, da med različnimi sortami krompirja obstajajo različne rastne zahteve po prostoru v lehi krompirja. Vse obravnavane sorte krompirja so bile pridelovane na isti način, z vsako leto popolnoma enakimi agrotehničnimi deli. Pri sorti Faluka so bile v povprečju ugotovljene večje potrebe po prostoru v lehi krompirja kot pri ostalih sortah, kar se kaže v 65,09 cm² večji površini elipse okrog gomoljev, 28,89 cm² večji površini oblaka okrog gomoljev ter 49,12 cm² večji površini prečnega preseka lehe, kot pri sorti Madeleine, ki je imela v povprečju najmanjše potrebe po prostoru v lehi krompirja. Sorta Faluka je v povprečju imela tudi največji navpični razpon gomoljev (za 6,24 cm večji od sorte Manitou z najmanjšim), večjo polos elipse (za 1,86 cm večji od sorte Manitou z najmanjšim) ter največji povprečni pridelek (za 32,46 t/ha večji od sorte Stirling z najmanjšim) (Potrpin in sod., 2014).

V letu 2009 smo določili obliko (Elipsa), znotraj katere se nahajajo vsi gomolji ene rastline v lehi. V programskem okolju GNU Octave smo zato razvili kompakten matematični model, ki temelji na metodi najmanjše vsote kvadratov (Fitzgibbon in sod., 1999). Z njegovo pomočjo smo izračunali površino oblike okrog gomoljev v lehi (elipsa in oblak). Natančno delovanje navedene metode je opisal Potrpin in sod. (2014).

Preglednica 2: *Vzdolžni razpon gomoljev sorte Faluka v lehi (v mm) v letu 2015*

Merilno mesto	Vzdolžni razponi (mm)
1	241
2	234
3	134
4	248
5	284
6	292
7	335
8	215
Povprečno (mm)	248

V letu 2012 smo razvili natančnejšo metodo določanja površine okrog gomoljev (ogrinjača), ki zavzame manj praznega prostora. V programskem okolju Matlab smo razvili kompakten matematični model, s katerim izračunamo površino ogrinjače okrog gomoljev v lehi krompirja (Bernik in sod., 2015). Novo razviti model temelji na metodi minimalnih konveksnih poligonov (Burgman in sod., 2003) in izračuna ekvivalentni volumen, ki ga predstavlja krogla. Glede na polmer krogle matematični model izračuna pozicijo posameznega gomolja in površino ogrinjače okrog gomoljev.

V letu 2015 smo začeli s preučevanjem novega parametra - vzdolžni razpon gomoljev v lehi krompirja. Istočasno smo nadgradili programsko opremo Labview in razvili program za

opravljanje 3D meritev, ki beleži še vzdolžne pozicije gomoljev v lehi. Na podlagi meritev smo ugotovili, da je bil povprečni vzdolžni razpon pri sorti Faluka 248 mm (preglednica 2). Vzdolžni razpon omogoča določitev primerne medvrstne razdalje, in sicer tako da je možnost za pojav zelenih gomoljev čim manjša.

4 SKLEPI

Izmerjena horizontalna, vertikalna in vzdolžna razporeditev gomoljev krompirja v tleh ter določitev vertikalne pokritosti gomoljev in površina ogrinjače okrog gomoljev so ključni parametri, ki jih je potrebno upoštevati, da lahko optimalno opravimo delovne procese pri pridelavi krompirja. Z dobljenimi parametri lahko nastavimo sadilec, osipalnik ter izkopalnik za krompir tako, da omogočimo krompirju optimalne pogoje za rast, razvoj in izkop. S tem zmanjšamo izgube na polju ter posledično povečamo gospodarnost pridelave krompirja.

Ker se pri povečani prečni površini lehe (večja globina, širši vrh lehe) pojavijo tudi povečani stroški pridelave krompirja (zaradi obdelave večje količine tal), je potrebno natančno določiti potrebe rastočega krompirja po prostoru v lehi. To lahko storimo le z natančnim poznavanjem pozicij gomoljev v lehi.

Dokazali smo, da je metoda, ki upošteva maso gomoljev, natančnejša in uporabnejša pri določanju potreb gomoljev po prostoru v lehi, kot predhodno razvite metode, ki temeljijo samo na volumnu tal okoli gomoljev krompirja.

Obstoječe metode smo v letu 2015 nadgradili z vzdolžno dimenzijo in 3D meritvami pozicij gomoljev v lehi. Na podlagi opravljenih meritev in izračunanih podatkov lahko trdimo, da model omogoča pridobiti vse potrebne podatke, s katerimi lahko merimo in določimo razporeditev gomoljev krompirja v tleh. V prihodnje bi lahko te parametre določili za vsako sorto krompirja posebej.

5 VIRI

- Benec U. 2016. Uporaba modela za ugotavljanje razporeditve gomoljev krompirja (*Solanum tuberosum* L.) v tleh. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani. Biotehniška fakulteta: 62 str.
- Bernik R., Demšar I., Potrpin J. 2015. Growth requirements of different potato cultivars. *Plant Soil Environ*, 61, 12: 553-559
- Burgman, M. A., & Fox, J. C. 2003. Bias in species range estimates from minimum convex polygons: implications for conservation and options for improved planning. *Animal Conservation*, 6(01), 19-28.
- Fitzgibbon A., Pilu M., Fisher B. R. 1999. Direct least square fitting of ellipses. *Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 21: 476 – 480
- Potrpin J. 2016. Mehansko optimiranje položajev gomoljev v lehi krompirja: Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani. Fakulteta za strojništvo:
- Potrpin J., Bernik R. 2014. Requirements for the growth with regard to the space in the ridge with different potato cultivars. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 12, 1: 1532-1537
- Stallham M., Allison M. Improving cultivation practices in potatoes to increase window of workability and soil structural stability, <https://potatoes.ahdb.org.uk/publications/r459-improving-cultivation-practices-potatoes> (20.12.2016)
- Vucajnk F. 2009. New methods of potato planting and ridge formation: Doctoral dissertation. Ljubljana, University of Ljubljana. Biotechnical Faculty: 302 str. (Slovene)

Učinkovitost sredstev za zmanjševanje populacij strun (Elateridae)

Magda RAK CIZEJ⁶², Iris ŠKERBOT⁶³, Silvo ŽVEPLAN⁶⁴, Igor ŠKERBOT⁶⁵

Izvleček

Strune, ličinke hroščev pokalic (Elateridae), so škodljivci številnih kmetijskih rastlin. V letu 2015 in 2016 smo različne hrošče pokalic spremljali s feromonskimi vabami v posevku koruze v Silovi pri Velenju in v Tepanju. Na omenjenih lokacijah smo preizkušali tudi učinkovitost sredstev za zmanjševanje populacij strun. Pri spremljanju smo na obeh lokacijah ulovili štiri različne vrste pokalic. Najbolj zastopana je bila poljska pokalica (*Agriotes lineatus*), sledila je motna (*A. obscurus*), nato solatna (*A. sputator*) in žitna pokalica (*A. ustulatus*). V prispevku predstavljamo rezultate učinkovitosti sredstev za zmanjševanje številčnosti strun in posledično škode, ki jo povzročajo na rastlinah. Najboljše rezultate smo dosegli s sredstvom, ki je vsebovalo aktivno snov teflutrin.

Ključne besede: strune, družina Elateridae, *Agriotes* spp., feromonske vabe, insekticidi

Efficacy of products for reducing populations of wireworms (Elateridae)

Abstract

Wireworms – the larvae of click beetles (Elateridae) are pests of many agricultural crops. In years 2015 and 2016 different click beetles were monitoring with pheromone traps in maize fields on location Silova by Velenje and Tepanje, where also carried out insecticide trials against larvae of click beetles. On both locations trapped four different click beetles. The most represented click beetle was *Agriotes lineatus*, followed *A. obscurus*, than *A. sputator* and less present was *A. ustulatus*. The paper presents the results of efficacy of different insecticides and soil improver against wireworms and damages on plants. The most effective active substance was teflutrin.

Key words: wireworms, family Elateridae, *Agriotes* spp., pheromone traps, insecticides

1 UVOD

Strune, ličinke hroščev pokalic, v Sloveniji prištevamo med najpomembnejše talne škodljivce okopavin in vrtnin. Njihova prisotnost je najpogostejša na zemljiščih, ki so več kot eno rastno dobo poraščena s strnjenim rastlinskim pokrovom (travniki, detelje, travno-deteljne mešanice) ter na zapleveljenih strniščih. Če takšna zemljišča preorjemo, ter jih zasadimo z okopavinami, ki imajo redek sestoj, lahko z veliko verjetnostjo pričakujemo velike izgube rastlin zaradi poškodb od strun. Gospodarsko so najbolj pomembne pokalice iz rodu *Agriotes*, drugim rodovom pripisujejo manjšo vlogo, čeprav so tudi škodljivi. Med številnimi vrstami rodu *Agriotes* so zelo škodljive zlasti žitna pokalica (*Agriotes ustulatus*), motna pokalica (*A. obscurus*), poljska pokalica (*A. lineatus*) in solatna pokalica (*A. sputator*) (Vrabl, 1992). Razvoj pokalic traja od 3 do 5 let. Prezimujejo lahko ličinke različnih stadijev ali hrošči, odvisno od vrste. Za vrste iz rodu *Agriotes* je značilno, da se ličinke v tleh hranijo s koreninami, živicami, koreninami in gomolji različnih rastlinskih vrst in posledično povzročajo škodo skozi vso rastno dobo. Letno običajno zasledimo dve obdobji njihovega aktivnega hranjenja in sicer od začetka aprila do sredine maja in od sredine avgusta do začetka oktobra.

⁶² Dr. univ. dipl. inž. agr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Oddelek za varstvo rastlin, C. Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: magda.rak-cizej@ihps.si

⁶³ Mag. univ. dipl. inž. agr., KGZS-Zavod Celje, Trnoveljska cesta 1, 3000 Celje, e-pošta: iris.skerbot@ce.kgzs.si

⁶⁴ Univ. dipl. inž. agr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Oddelek za varstvo rastlin, C. Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: silvo.zveplan@ihps.si

⁶⁵ Univ. dipl. inž. agr., KGZS-Zavod Celje, Trnoveljska cesta 1, 3000 Celje, e-pošta: igor.skerbot@ce.kgzs.si

S svojim aktivnim objedanjem vplivajo na gostoto in vitalnost rastlin, posledično tudi na višino in kakovost pridelka.

Cilj raziskave je bilo primerjati različna sredstva, ki bi bila učinkovita za zmanjševanje populacij strun in posledično zmanjševanje škode, povzročene na kmetijskih rastlinah.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Spremljanje hroščev pokalic s feromoni

Z namenom, da bi ugotovili populacijo posameznih vrst hroščev pokalic na njivi, kjer je rastla koruza, smo v letu 2015 na lokaciji Silova pri Velenju in v letu 2016 v Tepanjah, uporabili feromonske vabe proizvajalca Csalomon z Madžarske. Spremljali smo poljsko, motno, solatno in žitno pokalico. Za spremljanje posamezne pokalice smo uporabili feromon skupaj s talnimi vabami YATLORf, proizvajalca Csalomon; žitno pokalico pa smo spremljali s feromonom, katerega smo dali v vabo VaRb3, proizvajalca Csalomon, katero smo izobesili 0,8 do 1 m nad tlemi. Na obeh njivah smo feromonske vabe za pokalice postavili v začetku maja, populacijo pokalic smo spremljali vse do avgusta. Sočasno smo na izbrani njivi spremljali vse štiri, zgoraj navedene vrste pokalic. Različne vrste feromonov za spremljanje pokalic so bile na posamezni lokaciji medsebojno oddaljene 50 m, postavljene so bile v obliki kvadrata. Menjava feromonov je bila na 4 tedne. Vabe smo pregledovali enkrat tedensko.

2.2 Učinkovitost sredstev za zmanjševanje populacij strun

2.2.1 PODATKI O POSKUSU V SILOVI PRI VELENJU LETA 2015

V letu 2015 smo v Silovi pri Velenju na 0,74 ha njive, na kateri so pridelovali koruzo za silažo, izvedli poskus, v katerem smo proučevali učinkovitost insekticidov za zatiranje strun. Na njivi je bil predposevek pet let deteljno-travna mešanica. V poskus smo vključili aktivno snov (a.s.) tiakloprid (Sonido) in a.s. teflutrin (Force 1,5 G in Force 20 CS) (preglednica 1). V poskusu sta bila uporabljena dva odmerka sredstva Force 1,5 G. V vseh obravnavanjih, tudi na kontrolni parceli, je bil 24. aprila 2015 posejan isti hibrid koruze (NK Lucius).

2.2.2 PODATKI O POSKUSU V TEPANJU LETA 2016

V letu 2016 smo v Tepanju na njivi v velikost 1 ha, na kateri so pridelovali koruzo za zrnje, izvedli poskus za zatiranje strun. V poskusu smo proučevali učinkovitost uporabe talnih insekticidov in zeolita, obdelanega z rastlinskimi ekstrakti (deklariran kot izboljševalec tal). Poskusna parcela je bila več let zatravljena s travno-deteljno mešanico. V poskus smo vključili a.s. teflutrin (Force 1,5 G in Force 20 CS) in zeolit obdelan z rastlinskimi ekstrakti (SoilTonic G) (preglednica 2). V vseh obravnavanjih, tudi na kontrolni parceli, je bil 19. maja 2016 posejan isti hibrid koruze (NK Lucius).

Preglednica 1: Uporabljena sredstva v poskusu v Silovi pri Velenju leta 2015

Št. obr.	Sredstvo	Aktivna snov (a.s.)	Formulacija	Odmerek	
				ml, g a.s./ha	količina sredstva
1	kontrola	-	-	-	-
2	Sonido*	tiakloprid	FS	212,5 ml	125 ml/50.000 semena
3	Force 20 CS*	teflutrin	CS	72 ml	300 ml/100 kg semena
4	Force 20 CS*	teflutrin	CS	72 ml	300 ml/100 kg semena
	Force 1,5 G**	teflutrin	G	105 g	7 kg/ha
5	Force 1,5 G**	teflutrin	G	150 g	10 kg/ha

Opombe: * obdelava semena z insekticidom (v tovarni), ** aplikacija insekticida (granulata) ob setvi koruze

Preglednica 2: Uporabljena sredstva v poskusu v Tepanju leta 2016

Št. obr.	Sredstvo	Aktivna snov (a.s.)	Formulacija	Odmerek	
				ml, g a.s./ha	količina sredstva
1	kontrola	-	-	-	-
2	SoilTonic G**	zeolit obdelan z rastlinskimi ekstrakti	G	/	12,5 kg/ha
3	Force 20 CS*	teflutrin	CS	72 ml	300 ml/100 kg semena
4	Force 20 CS*	teflutrin	CS	72 ml	300 ml/100 kg semena
	Force 1,5 G**	teflutrin	G	75 g	5,0 kg/ha
5	Force 1,5 G**	teflutrin	G	181,5 g	12,1 kg/ha

Opombe: * obdelava semena z insekticidom (v tovarni), ** aplikacija zeolita in insekticida, v obliki granulata, ob setvi koruze

2.2.3 PROUČEVANJE UČINKOVITOSTI SREDSTEV ZA ZMANJŠEVANJE POPULACIJ STRUN

V skladu z EPPO smernico PP 1/46(3) smo na poskusu v Silovi pri Velenju in v Tepanjah na več različnih mestih vzorčili in ocenjevali vznik, rast in razvoj koruze. V Silovi pri Velenju smo ocenjevanje opravili 20. maja 2015, v Tepanju pa 9. in 23. junija 2016. V času prvega ocenjevanja je imela koroza na obeh lokacijah v povprečju 5 pravih listov (BBCH 15), pri drugem ocenjevanju, v Tepanju, pa 8 listov (BBCH 18). 6. junija 2015 smo v Silovi pri Velenju in 23. junija 2016 v Tepanju, znotraj vsakega obravnavanja izmerili višino 25-im rastlinam koruze na štirih različnih mestih. Tako smo na posamezno obravnavanje izmerili višino 100 rastlinam koruze.

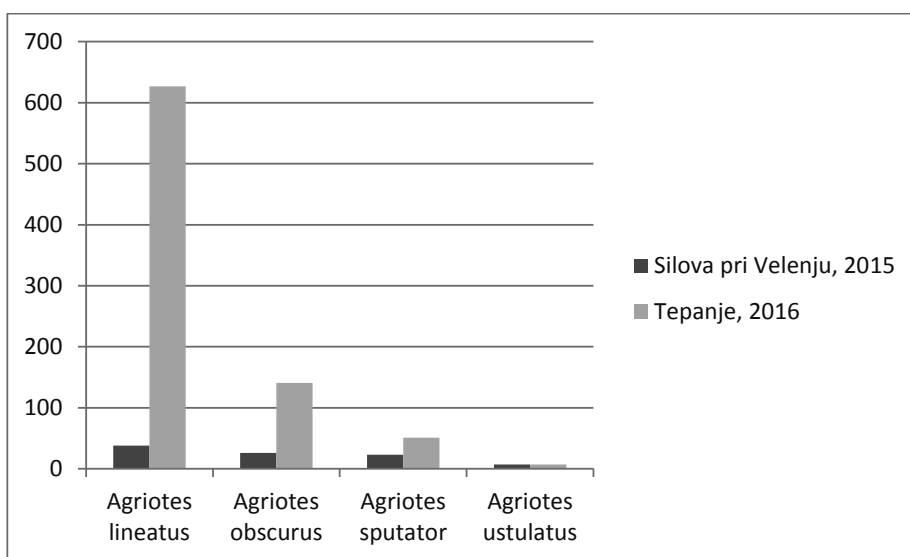
V Silovi pri Velenju smo 2. september 2015 stehali pridelek silažne koruze po posameznih obravnavanjih. 13. oktobra 2016 smo na poskusu v Tepanju, ko je koroza dosegla fiziološko zrelost, ugotavljali pridelek zrnja koruze. V laboratoriju smo vzorcem zrnja izmerili tudi vlago, tako da smo lahko poenoteno po vseh obravnavanjih podali pridelek zrnja koruze s 14 % vlago.

Za statistično analizo smo uporabili program Statgraphics Centurion XVI, s pomočjo katerega smo ugotavljali vpliv različnih sredstev na gostoto, višino in pridelek koruze. Poskus, ki je bil zasnovan v bločni zasnovi, smo analizirali z analizo variance. Razlike med povprečji za statistično značilne dejavnike smo preverili z Duncan-ovim testom s 5 % stopnjo zaupanja.

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

3.1 Spremljanje pokalic s feromoni

S feromonskimi vabami smo na lokaciji Silova pri Velenju v letu 2015 skupno ulovili 94 hroščev pokalic, v Tepanju pa smo v letu 2016 ulovili 826 pokalic. Pokalice so pripadale štirim različnim vrstam. Na obeh lokacijah se je izkazalo, da je bila najpogosteje zastopana solatna pokalica (*A. sputator*), nato so sledile motna (*A. obscurus*), poljska (*A. lineatus*) in najmanjši delež je pripadal žitni pokalici (*A. ustulatus*) (slika 1).



Slika 1: Število različnih vrst hroščev pokalic ulovljenih na feromonske vabe na lokaciji Silova pri Velenju v letu 2015 in v Tepanju v letu 2016

3.2 Proučevanje učinkovitosti sredstev za zmanjševanje populacij strun

3.2.1 POSKUS SILOVA PRI VELENJU V LETU 2015

Na poskusu smo ocenjevali sklop in razvoj posevka koruze in zaznali, da je bilo največ vzniklih rastlin na obravnavanju 5, kjer smo uporabili 150 g a.s. teflutrin/ha (Force 1,5 G je bil apliciran neposredno ob setvi koruze). Rastline na tem obravnavanju so imele na dan ocenjevanja razvit en list več, kot rastline na preostalih obravnavanjih. Število rastlin na 10 dolžinskih metrih se je statistično razlikovalo med posameznimi obravnavami. Statistično značilno največ rastlin je bilo na obravnavanju 5, sledilo je obravnavanje 4, kjer smo uporabili 177 g a.s. teflutrin/ha, pa je bil slabši rezultat kljub uporabi višjega odmerka a.s. teflutrin/ha (+27 g) kot v primerjavi z obravnavanjem 5. Med obravnavanji 2 (Sonido) in 3 (Force 20 CS)

ni bilo statistično značilnih razlik v povprečnem številu koruze na 10 dolžinskih metrov (preglednica 3). Na poskusu smo 6. junija 2015 merili povprečno višino koruze. V višini rastlin koruze ni bilo statistično značilnih razlik med kontrolo in obravnavanjem 3, kjer smo uporabili a.s. teflutrin v CS formulaciji (Force 20 CS). Povprečna višina rastlin na obravnavanjih 2 je bila 23,29 cm, na obravnavanju 4 pa 23,30 cm, med katerima ni bilo statistično značilnih razlik. Najvišje in najbolj razvite rastline koruze so bile na obravnavanju 5 (Force 1,5 G uporabljen v odmerku 10 kg/ha), kar se je tudi statistično značilno razlikovalo od ostalih obravnavanj (preglednica 3).

Preglednica 3: Povprečno število rastlin koruze na 10 dolžinskih metrih, razvojna faza koruze po BBCH 13-14; 20. maj 2015, in povprečna višina koruze (v cm), razvojna faza koruze po BBCH 17-19; 6. junij 2015, Silova pri Velenju

Št. obr.	Insekticid	Odmerek	Povp. št. rastlin koruze na 10 dolžinskih metrov	Povprečna višina koruze (v cm)
1	kontrola	-	32,50 ^a	17,49 ^a
2	Sonido	125 ml/50.000 semena	38,25 ^{ab}	23,29 ^b
3	Force 20 CS	300 ml/100 kg semena	42,25 ^{bc}	19,15 ^a
4	Force 20 CS + Force 1,5 G	300 ml/100 kg semena+7 kg/ha	47,25 ^c	23,30 ^b
5	Force 1,5 G	10 kg/ha	54,25 ^d	28,32 ^c

^{a,b,c,d} Skupine z enako črko v indeksu znotraj stolpca pri posameznem obravnavanju se med seboj statistično značilno ne razlikujejo (Duncan, $p < 0,05$)

Na poskusu v Silovi pri Velenju smo 2. septembra 2015 ovrednotili pridelek silažne koruze. Ob spravilu je koruza dosegla fenološki razvoj 87 po BBCH. Pridelek je bil statično značilno različen pri vseh obravnavanjih, najvišji je bil pri obravnavanju 5 (45,6 t/ha), najnižji pa na kontroli (32,7 t/ha). Od uporabljenih talnih insekticidov je bil najnižji pridelek na obravnavanju 2 (35,9 t/ha), kjer je bil na seme koruze tovarniško nanesen insekticid, ki je vseboval a.s. tiaklopid (Sonido). V primeru sočasne uporabe Force 20 CS in Force 1,5 G, je bil pridelek silažne koruze najvišji in sicer v povprečju 43,2 t/ha, nižji pridelek (41,1 t/ha) pa je bil pridelek, kjer je bil insekticid Force 20 CS obdelan na seme koruze.

3.2.2 POSKUS V TEPANJU V LETU 2016

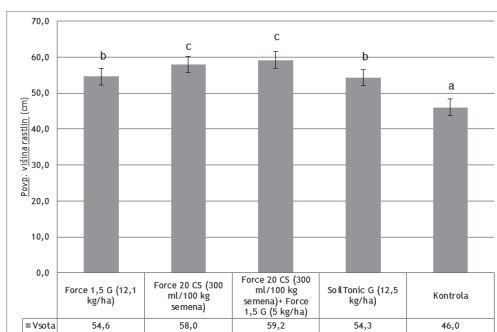
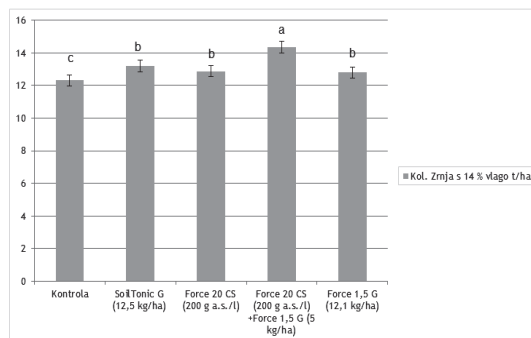
Na poskusu v Tepanju smo ocenjevali sklop in razvoj posevka koruze za zrnje. Največ vzniklih rastlin, katere so bile tudi najbolj razvite, smo zabeležili na obravnavanju 4, kjer smo uporabili Force 20 CS v kombinaciji s Force 1,5 G (v odmerku 5 kg/ha), ki smo ga aplicirali neposredno ob setvi koruze. Število rastlin na 10 dolžinskih metrov se je statistično značilno razlikovalo le med kontrolo, med uporabljenimi sredstvi pa ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 4).

Preglednica 4: Povprečno število rastlin korusa na 10 dolžinskih metrov, razvoja faza korusa po BBCH 15 in BBCH 18; Tepanje 2016

Št. obr.	Insekticid	Odmerek	Povp. št. rastlin korusa na 10 dolžinskih metrov				
			I	II	III	IV	Povp.
1	Kontrola	-	47,5	55,0	47,5	45,0	48,0 ^a
2	SoilTonic G	12,5 kg/ha	52,5	62,5	52,5	51,3	54,4 ^b
3	Force 20 CS	300 ml/100 kg semena	55,0	57,5	60,0	51,3	55,0 ^b
4	Force 20 CS + Force 1,5 G	300 ml/100 kg semena + 5 kg/ha	52,5	57,5	62,5	55,0	56,5 ^b
5	Force 1,5 G	12,1 kg/ha	42,5	55,0	62,5	56,3	54,5 ^b

^{a,b} Skupine z enako črko v indeksu znotraj stolpca pri posameznem obravnavanju se med seboj statistično značilno ne razlikujejo (Duncan, $p < 0,05$)

Višina korusa je bila statistično značilno najnižja na kontrolnih parcelah. Povprečna višina rastlin (54,4 cm) je bila na obravnavanju, kjer smo uporabili SoilTonic G v odmerku 12,5 kg/ha in 56,5 cm na obravnavanju, kjer smo uporabili Force 1,5 G v odmerku 12,5 kg/ha. Med njima ni bilo statistično značilnih razlik. Najvišje in najbolj razvite rastline korusa so bile na obravnavanju, kjer smo uporabili Force 20 CS in na obravnavanju, kjer smo poleg Force 20 CS uporabili Force 1,5 G (5 kg/ha). Med njima ni bilo statistično značilnih razlik (slika 2).

**Slika 2:** Povprečna višina korusa (v cm); razvojna faza korusa po BBCH 18; 23. junij 2016, Tepanje**Slika 3:** Pridelek zrnja korusa (v t/ha), razvojna faza korusa po BBCH 95; 13. oktober 2016, Tepanje

Na poskusu v Tepanju smo določevali pridelek zrnja korusa 13. oktobra 2016, ko je bila korusa fiziološko zrela. Zrnju smo v laboratoriju izmerili vlago. Na sliki 3 je prikazan pridelek zrnja/ha preračunan na 14 % vlago. Pridelek se je statično značilno razlikoval med obravnavanji. Najnižji je bil na kontrolni parceli, najvišji na obravnavanju, kjer smo uporabili Force CS v kombinaciji Force 1,5 G (5 kg/ha). Ni pa bilo statistično značilnih razlik v pridelku zrnja korusa pri uporabi SoilTonic G, Force CS in Force 1,5 G (slika 3).

4 SKLEPI

Najboljše rezultate, tako v številu rastlin, v višini rastlin in posledično tudi v količini pridelka, smo na poskusu v Silovi pri Velenju dosegli na obravnavanju 5, kjer smo uporabili ob setvi koruze talni granulat Force 1,5 G v odmerku 10 kg/ha. Sledilo je obravnavanje 4, kjer smo skupaj s Force 20 CS (a.s. teflutrin tovarniško dodana na seme koruze) in Force 1,5 G (a.s. teflutrin dodana ob setvi koruze) uporabili skupaj 177 g a.s. teflutrin na hektar, a je bil rezultat slabši kot v obravnavanju 5, kjer smo uporabili samo 150 g a.s. teflutrin na hektar. Ker je bila populacija strun v tleh velika, pripravek Sonido (a.s. tiaklopid tovarniško dodana na seme koruze), ni bil dovolj učinkovit. Ko med sabo primerjamo učinkovitost a.s. tiaklopid in a.s. teflutrin, bi se na podlagi rezultatov pridobljenih v poskusu v letu 2015, odločili za slednjo. Na poskusu v Tepanju smo v letu 2016 najboljše rezultate (gostoto rastlin, višino in posledično pridelek) dosegli na obravnavanju 4, kjer smo uporabili Force 20 CS, poleg pa je bil ob setvi koruze dodan talni granulat Force 1,5 G v odmerku 5 kg/ha, pri čemer smo skupaj uporabili 147 g a.s. teflutrin. V poskusu smo dosegli dobre rezultate tudi s sredstvom SoilTonic G (12,5 kg/ha), ki je deklariran kot izboljševalec tal (zeolit na katerega so nanesena rastlinska eterična olja), ki naj bi imela funkcijo repelenta. Opomniti je potrebno, da je bila populacija strun na kontrolnih parcelah v Tepanju, v primerjavi z lokacijo Silova pri Velenju, manjša.

Poleg uporabljene količine aktivne snovi na hektar, je zelo pomembna tudi formulacija in način nanosa posameznih sredstev. Kot je razvidno iz poskusov, dosežemo zelo dober rezultat z uporabo talnih granulatov ob setvi koruze. S tem dobimo plinski plašč okrog semena in preprečimo dostop strun do semena koruze in posledično uničenja oziroma propada rastline, vendar le če so tla dovolj vlažna. Na podlagi preliminarne rezultatov, pridobljenih v letu 2016, smo ugotovili, da bi tudi SoilTonic G lahko imel svoje mesto pri zmanjševanju populacije strun v vrtninah in pri drugih gojenih rastlinah, kjer trenutno nimamo na razpolago nobenega sredstva. V prihodnje bi bilo potrebno njegovo učinkovitost še preveriti na posameznih gojenih rastlinah.

5 LITERATURA

- 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, Kmečki glas: str 108-111.
- EPPO, 2005. Wireworms. PP 1/46(3), OEPP/EPPO Bulletin 35, 1: 179-182.
- Škerbot, I., Jesenko, T. 2011. Talni škodljivci v pridelavi poljščin (november 2011). <http://www.kgzs.si/gv/kmetijstvo/tehnoloska-navodila-in-kalkulacije.aspx> (23. 12. 2014)
- Vrabl., S., 1992. Škodljivci poljščin. Ljubljana, Kmečki glas: str. 10-19

Excellent bread making wheat germplasm released for sale – the last results

Marijan JOŠT⁶⁶, Vesna SAMOBOR⁶⁷

Abstract

Since 1984 at Križevci an intensive study of available wheat germplasm has been conducted to define promising parents and breed new disease resistant, high yielding and good bread making quality cultivars. Some data from this research have been published periodically.

The first cultivar released in 1980 was cv. Pitoma (pedigree Zlatna Dolina × Kavkaz) with 1B/1R translocation, and improved, but not satisfied, grain yield and bread making quality. The best Croatian quality cultivar Divana was released in 1995. In the period of twenty years it has been quality standard in Croatian State Commission Trials for Cultivar Release. The thorough investigation of domestic and World wheat germplasm was the first step for selecting parents for crosses, and large progenies have been developed and selected each year.

Finally, only a dozen of the best F9 lines has been selected and tested for yield and quality. The summary of achieved results is presented.

Key words: wheat, grain yield, bread making quality

Žlahtnjenje pšenice za visoko kakovost kruha – zadnji rezultati

Izvelek

Od leta 1984 smo v Križevcih izvajali intenzivne raziskave genskih virov pšenice, ki so bili na voljo, da bi določili perspektivne starše in požlahtnili nove na boleznih odporne sorte pšenice z visokim pridelkom in dobro kakovostjo za peko kruha. Do danes smo že objavili nekaj izsledkov raziskav. V letu 1980 je bila registrirana prva sorta Pitoma (pedigree Zlatna Dolina × Kavkaz) z 1B/1R translokacijo ter izboljšanim (ne pa zadovoljivim) pridelkom in kakovostjo za peko kruha. Najbolj kakovostna hrvaška sorta Divana je bila registrirana leta 1995. in od tedaj se rabi kot standard za kakovost v sortnih poskusih Hrvaške državne komisije za registracijo novih sort. Temeljite raziskave domačih in svetovnih genskih virov pšenice so bile prvi korak pri odbiru staršev za križanja, iz katerih smo vsako leto pridobili in odbrali veliko uspešnih potomcev. Ob koncu smo odbrali le ducat najboljših F9 linij, ki smo jih testirali na pridelek in kakovost. Povzetek rezultatov je predstavljen v nadaljevanju.

Ključne besede: pšenica, pridelek zrnja, kakovost za peko kruha

1 INTRODUCTION

Each breeding program tends to represent a pool of regional divergence, and this suggests that maintenance of crop diversity as a whole would benefit from an increase in the number of regional breeding programs rather than the consolidation that is often seen - particularly in commercial breeding (Novoselović et al., 2016).

In wheat cultivars a high grain yield is usually, but not necessary, associated with low protein content and according to literature, decisive success in breeding for high, protein yield in cereals has not yet been achieved (Scholz, 1980). The energy requirements for protein biosynthesis is about twice as high as for carbohydrates. There is an opinion that a protein yield can be increased in two ways: a) by improved nitrogen uptake from the soil and/or b) by improved nitrogen translocation from vegetative organs to the grain (Bhatia and Rabson, 1976). However, within reasonably wide limits, high yield and high grain protein content

⁶⁶ Prof., JOST Seeds-Research, p.p. 16, Križevci, Croatia, e-mail: marijan.jost@kc.t-com.hr

⁶⁷ Prof. Agricultural College Križevci, M. Demerca 1, Croatia, e-mail: vsamobor@vguk.hr

could be compatible (Johnson et al., 1972). Total protein variation among common wheat in the World Collection ranged from 7-22%, and wheat genotypes with increased protein content provide more of each of the essential amino acids and, therefore should be more nutritious than lower protein wheat. Besides, studies on high-protein cultivar Atlas 66 have identified chromosome 5D as a carrier of two linked protein genes. One of these genes is closely linked with a gene that confers adult plant resistance to some physiologic races of leaf and stem rusts. Scientists have also determined the existence of some association of the high protein with tolerance to aluminum toxicity (Johnson et al., 1975).

2 MATERIAL AND METHODS

The project of building heterozygotic effect for good bread-making characteristics, based on far suited regional breeding programs from USA, Argentina, Romania, New Zealand was initiated many years ago.

The germplasm of elevated grain protein NE7060 from the International wheat nursery (Kuhr and Johnson, 1980), has been used for crossing and further selection of locally adapted high protein lines from segregating progenies.

In the last decade of the past century an extensive examination of 142 wheat cultivars from former Yugoslavia, released from 1967 to 1986 were conducted. The pedigrees (Jošt and Cox, 1989; Jošt and Jošt, 1989), their coefficients of parentage and cluster analysis (Jošt and Cox, 1989), their identification by gliadin electrophoresis (Javornik, 1989) and determination of their genetic variability of HMV glutenins (Jošt et al., 1989; Samobor et al., 2000; Vapa, 1989) were examined. The first high protein wheat Divana has been released in 1996 (Jošt, 1996).

Besides, a limited number of domestic and foreign wheat cultivars or lines from Argentina (grain quality), USA (high protein and disease resistance), Romania (grain quality) and New Zealand (high grain yield and disease resistance) were studied, and some of them were selected for crossing with selected domestic germplasm (Jošt et al., 2002; Samobor et al., 2005, 2006).

3 RESULTS AND DISCUSSION

According to program (Samobor et al., 1993), a large number (over one thousand) of F5 wheat lines were grown and preliminary investigation of grain protein and gluten content has been performed since 2012. Finally, in 2015/16 only twenty best-selected wheat germplasms have been grown in replicated (five reps.) small plots (5 sqm) yield test in comparison with check cultivar (Bologna), and summary results has been presented in Tab.1.

Just for illustration, the data and picture of the best new wheat line J 57:5-1 in comparison with the best cultivar Divana are shown in Fig.1. Excellent farinogram and extensogram of cultivar Divana are shown in Fig. 2.

In the growing season 2016/17 the grain yield, protein content and baking properties of the best 17 lines in comparison with cvs. Bologna, Falado and Ingenio will be tested. The final goal is to select a few of the best yielding, excellent quality wheats and offer their grains on a free market.

Table 1: Average value for grain yield, disease resistance and quality performance of twenty F9 lines in comparison with check cultivar Bologna - Križevci, 2016.

No.	Characteristics	F9 gen		BOLOGNA
		Mean	Variation width	Mean
1	Plant height - cm	102	96 - 109	83
2	Earlines - May	19	May 10 - 22	11
3	Population density - plants/sqm	655	481 - 789	906
4	Powder mildew – 1-5	1	1 - 2	-
5	Leaf rust -	0	0	-
6	Stem rust -	0	0	-
7	Yellow rust - 1-5	4	0 - 5	-
8	Fusarium - 1-5	1	0 - 2	-
9	Grain yield - t/ha	7.699	5.87 - 9.03	8.244
10	TKW - g	44.46	38.75 - 52.89	31.79
11	Volume weight - kg/hl	79.73	79.12 - 81.92	81.52
12	Grain protein - % DM	15.76	14.74 - 20.56	12.15
13	Wet Gluten - %	30.05	24.08 – 42.60	23.84

* Legend according EPPO: 1 = no attack, 5 = severe attack

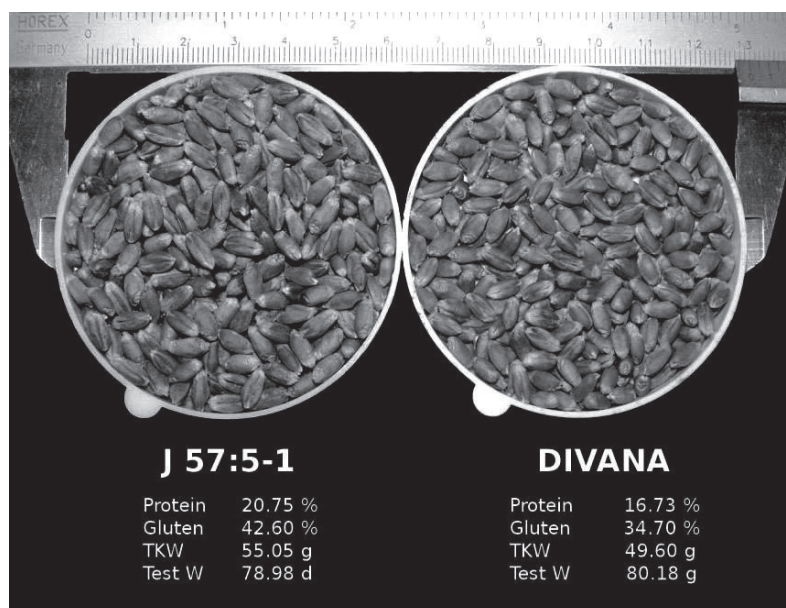


Figure1: The best high protein record of the wheat line J 57:5-1 in comparison with the best cv. Divana

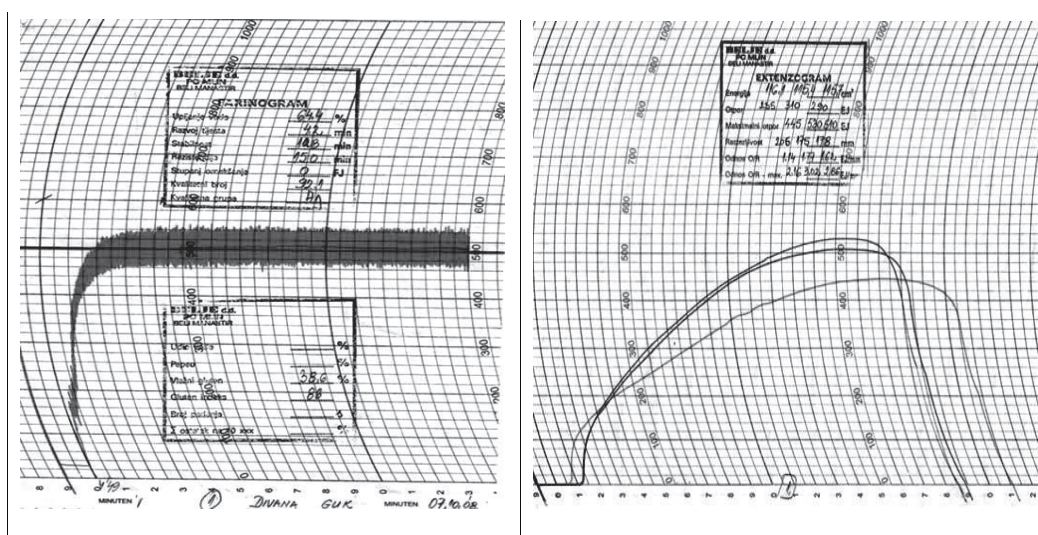


Figure 2: Farinograf and extensograf of the best-registered cultivar DIVANA

4 CONCLUSIONS

The final results of over 20 years wheat breeding for increased grain yield, better disease resistance and better grain quality were presented, and documented by table, pictures and graphs.

5 LITERATURE

- Bhatia, O.E., Rabson, A. 1976. Bioenergetic considerations in cereal breeding for protein improvement, Science 194:1418-21
- Johnson V.A., P.J. Mattern, J.W. Schmidt and J.E. Stroike. 1972. Nutritional research on wheat at the University of Nebraska. Proc. 1st International wheat conference, 1972 Ankara, p.p 110-126
- Johnson V.A., P.J. Mattern, J.E. Stroike and K.D. Wilhelm. 1975. Breeding for improved nutritional quality in wheat. Proc. 2nd International wheat conference, 1975, Zagreb, p.p 316-333
- Javornik Branka. 1989. Wheat cultivar identification by gliadin electrophoresis. Podravka 7(1):63-67
- Jošt M. and Thomas S. Cox. 1988. Cluster analysis of Yugoslavian wheat cultivars based upon coefficients of parentage. Proc. of the 7th International Wheat Genetics Symp. Cambridge, 2:1119-1123
- Jošt M. and T.S. Cox. 1989. History of wheat breeding in Yugoslavia. Podravka, Koprivnica, 7(1):1-18
- Jošt M. and Milica Jošt. 1989. Pedigrees of 142 Yugoslav winter wheat cultivars released from 1967 till 1986. Podravka (7)1:19-29
- Jošt M. and T. S. Cox. 1989. Coefficients of parentage and cluster analysis of 142 Yugoslav winter wheat cultivars. Podravka(7)1:69-115
- Jošt M., Ljiljana Vapa and Branka Javornik. 1989. Correlation between HMW glutenin subunits composition and bread making quality in progeny of two wheat crosses possessing 1B/1R chromosome translocation.. XII EUCARPIA Congress: Science for Plant Breeding, Göttingen, Germany
- Jošt M., Ž. Vukobratović, Vesna Samobor-Galović, Milica Glatki-Jošt, S. Redžepović i D. Sertić, Blaženka Šebečić. 1996. Development of plant ideotype for sustainable agriculture. 2. Comparison of intensive (cv. Široka) and extensive type (cv. Divana) of winter wheat grown at four levels of nitrogen fertilization. Sjemenarstvo, 13(1-2):7-23

- Jošt M. 1996. Breeding wheat for high quality in Croatia. 5th International Wheat Conference. Ankara, Turkey, p.p. 244-245
- Jošt M., Vesna Samobor, Marija Vukobratovic and Marijana Ivanek-Martincic. 2002. Breeding wheat for high quality and disease resistance. ICC / IRTAC Cereal Conference, Paris, France
- Kuhr S.L. and V.A. Johnson. 1980. Performance of high protein lines in international trials. Proc. 3rd International wheat conference, 1980, Madrid, p.p 781-796
- Novoselović D, Bentley AR, Šimek R, Dvojković K, Sorrells ME, Gosman N, Horsnell R, Drezner G and Šatović Z. 2016. Characterizing Croatian Wheat Germplasm Diversity and Structure in a European Context by DarT Markers Plant Sci. 7:184
- Samobor Vesna, Marija Vukobratović, Marijana Ivanek-Martinčić i M. Jošt. 1993. Oplemenjivanje pšenice na pekarsku kakvoću. Sjeminarstvo 22:(1-2)
- Samobor Vesna, Zorica Jurković, Ž. Vukobratović and M. Jošt. 2000. Grain protein content and HMW Glu subunits composition at 26 genotypes of winter wheat cultivars (*Tr. aestivum* ssp. *Vulgare*). 36th Croatian Symp. on Agriculture with an International Particip. 'Achievements and Perspectives of Croatian Agriculture', Opatija, Croatia
- Samobor Vesna, Marija Vukobratović i M. Jošt. 2005. The effect of fungicide on rheological parameters and experimental. bread baking. 3rd International Congress FLOUR-BREAD '05 - 5th Croatian Congress of cereal technologists Opatija, Oct. 26-29, 2005
- Samobor Vesna, Marija Vukobratović and M. Jošt. 2006. Effect of powdery mildew attack on quality parameters and experimental bread baking of wheat. Acta agriculturae Slovenica, 87-2, september, str. 381-391
- Scholz F. 1980. Problems and possibilities in genetic improvement of protein yields in cereals. Induced mutants for cereal grain protein improvement. Proc. Res. Co-ord. Meet. FAO/IAEA Division, Cyprus, 21-25 April, p.p. 71-80
- Vapa Ljiljana. 1989. Genetic variability of HMV glutenins in Yugoslav winter wheat cultivars. Podravka (7)1:31-43

Conflict of Interest Statement:

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2016 Jost

Uporaba široke genetske raznolikosti tribusa *Triticeae* za indukcijo sterilnosti pri navadni pšenici (*Triticum aestivum* L.)

Primož TITAN⁶⁸, Vladimir MEGLIČ⁶⁹

Izvleček

Za tribus *Triticeae* je značilna široka genetska raznolikost, ki jo oblikujejo diploidne, tetraploidne, heksaploidne in oktaploidne vrste. Pri sodobnem žlahtnjenju pšenice se široko genetsko raznolikost tribusa *Triticeae* med drugim uporablja tudi za preučevanje indukcije moške sterilnosti, ki je osnovni pogoj za razvoj hibridnih sort pšenice. V naši študiji je bila možnost uporabe široke genetske variabilnosti tribusa *Triticeae* za indukcijo sterilnosti pri navadni pšenici preverjena s križanjem med linijskimi sortami navadne pšenice in medrodovnimi križanci. Popolna sterilnost je bila dosežena pri vseh križanjih, ki so temeljila na citoplazmi vrste *Aegilops crassa* Boiss. in pri recipročnih križanjih, ki so temeljila na citoplazmi $\times$ *Tritordeum*. Predvidevamo, da je pri križanjih z medrodovnimi križanci, ki vsebujejo citoplazmo vrste *Aegilops crassa* Boiss. prišlo do oblikovanja fotosenzitivne citoplazemsko-genetske moške sterilnosti (angl. PCMS), pri uporabi medrodovnih križancev, ki vsebujejo citoplazmo $\times$ *Tritordeum* pa do oblikovanja foto-termično citoplazemsko-genetske moške sterilnosti (angl. PTCMS). V nadaljne študije uporabe heterozisa za izboljšanje kvantitativnih lastnosti pšenice bomo zaradi lažjega vzdrževanja žlahtniteljskih materialov vključevali medrodovne križance, ki temeljijo na citoplazmi $\times$ *Tritordeum*.

Glavne besede: tribus *Triticeae*, citoplazma, medrodovni križanec, pšenica, sterilnost

Use of wide genetic variability in the tribe *Triticeae* for the sterility induction in the common wheat (*Triticum aestivum* L.)

Abstract

For the tribe *Triticeae* wide genetic variability is typical which is formed by the diploid, tetraploid, hexaploid and octaploid species. In the modern wheat breeding is the wide genetic variability of the tribe *Triticeae* often used as a tool for the male sterility induction, which is a prerequisite for the development of hybrid wheat varieties. To check the performance of this genetic variability as a tool for the sterility induction in the common wheat we carried out crosses between wheat inbreds and intergeneric hybrids. The complete sterility was achieved by all crosses which were based on the *Aegilops crassa* Boiss. cytoplasm and reciprocal crosses which were based on $\times$ *Tritordeum* cytoplasm. We assume that the crosses with intergeneric hybrids based on *Aegilops crassa* Boiss. cytoplasm led to the creation of photoperiod-sensitive cytoplasmic male sterility (PCMS), while the crosses between wheat inbreds and $\times$ *Tritordeum* cytoplasm based intergeneric hybrids led to the formation of photo thermo cytoplasmic male sterility (PTCMS). Due the simplicity of the breeding material maintenance we will carry out further studies for the wheat yield enhancement with the intergeneric hybrids based on $\times$ *Tritordeum* cytoplasm.

Key words: tribe *Triticeae*, cytoplasm, intergeneric hybrid, wheat, sterility

1 UVOD

Za vrste, ki botanično pripadajo tribusu *Triticeae* je skupno, da imajo osnovno število kromosomov $x = 7$, socvetje, ki botanično predstavlja sestavljen klas, klaski, ki se nahajajo na kolencih klasnega vretena pa so obdani z dvema ogrinjalnima plevama. Tribus *Triticeae*

⁶⁸ Dr., RGA, raziskovalna genetika in agrokemija, d.o.o., Brodarska ulica 27, 9000 Murska Sobota, e-pošta: primo.z.titan@rga.si

⁶⁹ Izr. prof. dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: vladimir.meglic@kis.si

obsega več gospodarsko pomembnih rodov kot so *Triticum* L., *Secale* L., *Hordeum* L. in najožje sorodnike pšenice, ki pripadajo rodu *Aegilops* L. Zanj je med drugim značilna tudi zelo raznolika stopnja ploidije, ki obsega diploide, tetraploide, heksaploide in oktaploide (Ivančič, 2002).

Široka genetska variabilnost omenjenega tribusa je bila že v preteklosti pogosto uporabljena za razvoj gospodarsko zanimivih medrodovnih križancev kot je tritikale ($\times$ *Triticosecale* Wittmack ex Camus) in razvoja odpornosti na določene patogene (npr. fuzarioze, rje, pegavosti) (Melchinger, 1999). Pri sodobnem žlahtnjenju pšenice, ki med drugim doživlja »renesanso« razvoja F1 hibridov se široko genetsko raznolikost tribusa *Triticeae* spet pogosteje uporablja za preučevanje indukcije moške sterilnosti, ki je osnovni pogoj za razvoj heterotičnih hibridnih kombinacij. V tem primeru torej ne gre za pristope na kemični (uporaba sredstev za kemično hibridizacijo) in/ali transgeni osnovi (npr. split gene approach) temveč za regulacijo fertilitnosti na ravni citoplazme (citoplazemska-genetska moška sterilnost – CMS) in/ali celičnega jedra (jedrna-genetska moška sterilnost – GMS) (Whitford, 2013).

V preteklosti so genetski pristopi za indukcijo moške sterilnosti pri navadni pšenici (*Triticum aestivum* L.) temeljili predvsem na uporabi citoplazme timofejeve pšenice (*Triticum timopheevii* (Zhuk.) Zhuk. ssp.). Glavni slabosti pri vnosu citoplazme timofejeve pšenice v sodobno dednino navadne pšenice sta potreba po večkratnem povratnem križanju s prejemnikom citoplazme, da se ponovno vzpostavi genetski potencial, ki je pomemben pri testiranju kombinacijske sposobnosti starševskih komponent in kompleksen sistem, ki je povezan z vzdrževanjem matrne komponente in obnovo fertilitnosti v F1 generaciji (Gils in sod., 2008). Posledično je cilj sodobnih genetskih pristopov za indukcijo moške sterilnosti razvoj enostavnega in učinkovitega sistema, ki za razliko od klasičnega CMS sistema (citoplazemska-genetska moška sterilnost pogojena s citoplazmo timofejeve pšenice) ne predvideva uporabe fertilitnega analoga za vzdrževanje matrne komponente in ki hkrati temelji na učinkovitem sistemu obnove fertilitnosti v F1 generaciji (Cui in sod., 2011). V nadaljevanju je namen naše raziskave predstaviti možnost uporabe široke genetske variabilnosti znotrajvrstnih, medvrstnih in medrodovnih križancev, ki botanično pripadajo tribusu *Triticeae*, za razvoj učinkovitega genetskega pristopa indukcije moške sterilnosti pri sodobni dednini navadne pšenice.

2 MATERIAL IN METODE DELA

V predstavljeni študiji je bila možnost uporabe široke genetske variabilnosti tribusa *Triticeae* za indukcijo sterilnosti pri navadni pšenici preverjena s križanjem med desetimi sortami navadne pšenice in štiridesetimi medrodovnimi križanci, ki so opisani v preglednici 1.

Križanja med akcesijami, navedenimi v preglednici 1, so bila izvedena v letu 2014 z uporabo klasične emaskulacije. Križanja, pri katerih je bilo pridobljeno seme prve filialne generacije, so predstavljena v preglednici 2.

Preglednica 1: Seznam akcesij uporabljenih pri preučevanju vpliva genetske raznolikosti tribusa *Triticeae* na indukcijo moške sterilnosti pri navadni pšenici

Ime akcesije	Genetska struktura	Vzdrževalec akcesije
Xt 86, Xt 9.23, Xt 9.24, Xt 810, Xt 16.01D, Xt 85.1, Xt 88.9, Xt 81, Xt 88.5, Xt 9.28	Linijaska sorta (<i>Triticum aestivum</i> L.)	RGA
CIGM90.865, CIGM90.898, CIGM92.1647, CIGM92.1667, CIGM92.1682, CIGM92.1713, CIGM92.1721, CIGM92.1727, CIGM92.1747, CIGM93.202, CASW96Y00529S, CASW98B00017S, CASW98B00040S, CASW98B00049S, CASW98B00063S, CASW98B00072S, CIGM89.479-0Y, CIGM89.561-0Y, CIGM90.543, CIGM89.564-0Y	Medrodovni križanec (<i>Triticum durum</i> Desf. × <i>Aegilops squarrosa</i> L.)	CIMMYT
RG 13.07, RG 13.11, RG 13.17, RG 14.14, RG 14.124, RG 14.235, RG 14.333, VURV 0007, VURV 000G01, VURV 1000T1	Medrodovni križanec (× <i>Tritordeum</i> = <i>Hordeum chilense</i> Roem. et Schult. × <i>Triticum durum</i> Desf.)	RGA, VURV
PCMS 2013.1, PCMS 2013.2, PCMS 2013.3, PCMS 2013.4, PCMS 2013.5, RGPCMS 14.14, RGPCMS 14.22, RGPCMS 14.101, RGPCMS 14.211, RGPCMS 14.234	Medrodovni križanec (<i>Aegilops crassa</i> Boiss. × <i>Triticum durum</i> Desf.)	RGA

RGA – Raziskovalna genetika in agrokemija; VURV – Výzkumný Ústav Rostlinné Výroby, angl. Crop Research Institute; CIMMYT – Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, angl. International Maize and Wheat Improvement Center

Preglednica 2: Pridobljene F1 generacije za preučevanje indukcije moške sterilnosti pri navadni pšenici

Enačba F1 generacije	Recipročno križanje
Linijaska sorta × Medrodovni križanec (<i>Triticum durum</i> Desf. × <i>Aegilops squarrosa</i> L.): Xt 86 × CIGM90.865, Xt 86 × CIGM90.898, Xt 86 × CIGM92.1667, Xt 86 × CASW96Y00529S, Xt 810 × CIGM92.1647, Xt 810 × CIGM92.1713, Xt 810 × CASW98B00017S, Xt 88.5 × CASW98B00049S, Xt 88.5 × CASW98B00040S, Xt 88.5 × CIGM89.561-0Y, Xt 88.9 × CASW98B00017S, Xt 88.9 × CASW98B00072S, Xt 88.9 × CASW98B00072S, Xt 88.9 × CIGM89.479-0Y, Xt 88.9 × CIGM92.1721, Xt 9.28 × CIGM92.1713, Xt 9.28 × CIGM92.1727, Xt 9.28 × CIGM92.1727, Xt 9.28 × CIGM90.543, Xt 9.28 × CIGM89.564-0Y, Xt 9.28 × CIGM92.1682, Xt 9.24 × CIGM92.1682, Xt 9.24 × CIGM92.1727, Xt 9.24 × CIGM92.1727, Xt 85.1 × CIGM90.543, Xt 85.1 × CIGM93.202, Xt 85.1 × CIGM92.1747, Xt 85.1 × CASW98B00063S	CIGM90.865 × Xt 86, CASW96Y00529S × Xt 86, CASW98B00049S × Xt 88.5, CIGM89.561-0Y × Xt 88.5, CASW98B00017S × Xt 88.9, CASW98B00072S × Xt 88.9, CIGM92.1721 × Xt 88.9, CIGM92.1713 × Xt 9.28, CIGM92.1727 × Xt 9.28, CIGM92.1682 × Xt 9.28, CIGM92.1682 × Xt 9.24, CIGM92.1727 × Xt 9.24, CIGM92.1727 × Xt 9.24, CIGM90.543 × Xt 85.1, CIGM92.1747 × Xt 85.1, CASW98B00063S × Xt 85.1
Linijaska sorta × Medrodovni križanec (× <i>Tritordeum</i> = <i>Hordeum chilense</i> Roem. et Schult. × <i>Triticum durum</i> Desf.): Xt 86 × RG 13.07, Xt 86 × RG 13.11, Xt 86 × RG 13.17, Xt 9.28 × RG 14.14, Xt 9.28 × RG 14.124, Xt 9.28 × RG 14.235, Xt 85.1 × RG 14.333, Xt 85.1 × VURV 0007, Xt 85.1 × VURV 000G01, Xt 85.1 × VURV 1000T1	RG 13.07 × Xt 86, RG 13.11 × Xt 86, RG 13.17 × Xt 86, VURV 0007 × Xt 85.1, VURV 000G01 × Xt 85.1, VURV 1000T1 × Xt 85.1
Fotosenzitivna linija × linijaska sorta: PCMS 2013.1 × Xt 9.23, PCMS 2013.2 × Xt 9.23, PCMS 2013.3 × Xt 810, PCMS 2013.4 × Xt 810, PCMS 2013.5 × Xt 9.24, RGPCMS 14.14 × Xt 9.24, RGPCMS 14.22 × Xt 88.5, RGPCMS 14.101 × Xt 88.5, RGPCMS 14.211 × Xt 88.5, RGPCMS 14.234 × Xt 88.5	/

Ena polovica semena prve filialne generacije je bila posejana v jeseni 2014, druga polovica pa spomladi 2015. Setev je bila opravljena ročno na poskusnem polju podjetja RGA. V letu 2015 je bila v času cvetenja za vsak posamezen križanec določena hitrost ekstruzije prašnic in sterilnost. Zaradi preprečevanja nenadzorovane oprašitve s sosednjimi rastlinami pšenice je bilo 30 klasov posameznega križanca pred cvetenjem izoliranih z za ta namen prirejeno belo papirnato vrečo.

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

Preučevanje vpliva široke genetske raznolikosti tribusa *Triticeae* na pojav sterilnosti pri navadni pšenici je temeljil izključno na tistih vrstah pri katerih genom sestoji iz treh različnih garnitur kromosomov, se pravi da gre v diploidnem stanju za heksaploide (medrodovni križanci) oziroma psevdohexaploide (v primeru linijskih sort navadne pšenice). Na ta način je bilo možno izključiti stanje, ko bi prišlo do pojava sterilnosti zaradi neujemanja v številu kromosomov preučevanih akcesij. Recipročna križanja in setev v dveh rokih so bila izvedena z namenom, da bi se lahko po vzoru japonskih znanstvenikov (Murai in sod., 2008) v nadaljnjih raziskavah omejili zgolj na tiste oblike sterilnosti katerih pojavnost je v odvisnosti od temperaturnega in/ali svetlobnega režima (pogojena citoplazemska-genetska moška sterilnost). Pri razvoju F1 hibridov navadne pšenice bi bilo na ta način možno moško sterilno materno komponento vzdrževati v odsotnosti od fertilnega analoga. Pridelava hibridnega semena navadne pšenice bi tako temeljila na dvo-komponentnem sistemu, ki je pri poljščinah, ki botanično predstavljajo hermafroditne vrste trav zaenkrat uveljavljen le pri pridelavi hibridnega semena riža (Longin in sod., 2012). Dosežena stopnja sterilnosti pri izvedenih križanjih je predstavljena v preglednici 3.

Popolna sterilnost je bila dosežena pri vseh križanjih, ki so temeljila na citoplazmi vrste *Aegilops crassa* Boiss. in pri recipročnih križanjih, ki so temeljila na citoplazmi $\times$ *Tritordeum*. Po poročanju japonskih avtorjev (Murai in sod., 2008) je z vnosom citoplazme vrst iz rodu *Aegilops* L. v dednino navadne pšenice možno doseči oblikovanje fotosenzitivne citoplazemsko-genetske moške sterilnosti (angl. Photoperiod-sensitive Cytoplasmic Male Sterility – PCMS). Torej gre za citoplazemsko-genetsko moško sterilnost, ki je pogojena z dolžino dnevne osvetlitve. Popolna moška sterilnost bi naj bila tako dosežena pod pogojem, da mikrosporogeneza poteka v času, ko se začne dan občutno daljšati (Murai, 2001). Tudi v našem primeru se je izkazalo, da je citoplazmo vrste *Aegilops crassa* Boiss. možno uporabiti za indukcijo sterilnosti pri dednini navadne pšenice. Na osnovi podatka, da tudi v naših razmerah mikrosporogeneza pšenice ne glede na datum setve (jesen ali pomlad) poteka v času, ko se dan začne občutno daljšati, domnevamo, da je s križanjem med medrodovnimi križanci, ki vsebujejo citoplazmo vrste *Aegilops crassa* Boiss. in linijskimi sortami navadne pšenice prišlo do oblikovanja fotosenzitivne citoplazemsko-genetske moške sterilnosti (angl. PCMS). Podobno kot že navajajo japonski avtorji se je tudi pri naši raziskavi izkazalo, da križanja med žlahtniteljskimi materiali, ki vsebujejo citoplazmo vrste *Aegilops crassa* Boiss. in dednino navadne pšenice rezultirajo s potomstvom pri katerem rudimenti prašnic dobijo strukturo pestiča – pistilodija (Murai, 1997).

Preglednica 3: Ocena sterilnosti v F1 generaciji

Delež sterilnosti	Setev 10.10.2014	Setev 13.3.2015
Popolna sterilnost (zrna niso oblikovana)	RG 13.11 × Xt 86, RG 13.17 × Xt 86, VURV 000G01 × Xt 85.1, PCMS 2013.1 × Xt 9.23, PCMS 2013.2 × Xt 9.23, PCMS 2013.3 × Xt 810, PCMS 2013.4 × Xt 810, PCMS 2013.5 × Xt 9.24, RGPCMS 14.14 × Xt 9.24, RGPCMS 14.22 × Xt 88.5, RGPCMS 14.101 × Xt 88.5, RGPCMS 14.211 × Xt 88.5, RGPCMS 14.234 × Xt 88.5	RG 13.07 × Xt 86, VURV 0007 × Xt 85.1, VURV 1000T1 × Xt 85.1, RG 13.11 × Xt 86, RG 13.17 × Xt 86, VURV 000G01 × Xt 85.1, PCMS 2013.1 × Xt 9.23, PCMS 2013.2 × Xt 9.23, PCMS 2013.3 × Xt 810, PCMS 2013.4 × Xt 810, PCMS 2013.5 × Xt 9.24, RGPCMS 14.14 × Xt 9.24, RGPCMS 14.22 × Xt 88.5, RGPCMS 14.101 × Xt 88.5, RGPCMS 14.211 × Xt 88.5, RGPCMS 14.234 × Xt 88.5
Delna (parcialna) sterilnost (število zrn na klas manjše od 10)	RG 13.07 × Xt 86, VURV 0007 × Xt 85.1, VURV 1000T1 × Xt 85.1, Xt 86 × RG 13.07, Xt 86 × RG 13.11, Xt 86 × RG 13.17, Xt 9.28 × RG 14.14, Xt 9.28 × RG 14.124, Xt 9.28 × RG 14.235, Xt 85.1 × RG 14.333, Xt 85.1 × VURV 0007, Xt 85.1 × VURV 000G01, Xt 85.1 × VURV 1000T1	Xt 86 × RG 13.07, Xt 86 × RG 13.11, Xt 86 × RG 13.17, Xt 9.28 × RG 14.14, Xt 9.28 × RG 14.124, Xt 9.28 × RG 14.235, Xt 85.1 × RG 14.333, Xt 85.1 × VURV 0007, Xt 85.1 × VURV 000G01, Xt 85.1 × VURV 1000T1
Sterilnost je prisotna v omejenem obsegu	Xt 86 × CIGM90.865, Xt 86 × CIGM90.898, Xt 86 × CIGM92.1667, Xt 86 × CASW96Y00529S, Xt 810 × CIGM92.1647, Xt 810 × CIGM92.1713, Xt 810 × CASW98B00017S, Xt 88.5 × CASW98B00049S, Xt 88.5 × CASW98B00040S, Xt 88.5 × CIGM89.561-0Y, Xt 88.9 × CASW98B00017S, Xt 88.9 × CASW98B00072S, Xt 88.9 × CASW98B00072S, Xt 88.9 × CIGM89.479-0Y, Xt 88.9 × CIGM92.1721, Xt 9.28 × CIGM92.1713, Xt 9.28 × CIGM92.1727, Xt 9.28 × CIGM92.1727, Xt 9.28 × CIGM90.543, Xt 9.28 × CIGM89.564-0Y, Xt 9.28 × CIGM92.1682, Xt 9.24 × CIGM92.1682, Xt 9.24 × CIGM92.1727, Xt 9.24 × CIGM92.1727, Xt 85.1 × CIGM90.543, Xt 85.1 × CIGM93.202, Xt 85.1 × CIGM92.1747, Xt 85.1 × CASW98B00063S, CIGM90.865 × Xt 86, CASW96Y00529S × Xt 86, CASW98B00049S × Xt 88.5, CIGM89.561-0Y × Xt 88.5, CASW98B00017S × Xt 88.9, CASW98B00072S × Xt 88.9, CIGM92.1721 × Xt 88.9, CIGM92.1713 × Xt 9.28, CIGM92.1727 × Xt 9.28, CIGM92.1682 × Xt 9.28, CIGM92.1682 × Xt 9.24, CIGM92.1727 × Xt 9.24, CIGM90.543 × Xt 85.1, CIGM92.1747 × Xt 85.1, CASW98B00063S × Xt 85.1	Xt 86 × CIGM90.865, Xt 86 × CIGM90.898, Xt 86 × CIGM92.1667, Xt 86 × CASW96Y00529S, Xt 810 × CIGM92.1647, Xt 810 × CIGM92.1713, Xt 810 × CASW98B00017S, Xt 88.5 × CASW98B00049S, Xt 88.5 × CASW98B00040S, Xt 88.5 × CIGM89.561-0Y, Xt 88.9 × CASW98B00017S, Xt 88.9 × CASW98B00072S, Xt 88.9 × CASW98B00072S, Xt 88.9 × CIGM89.479-0Y, Xt 88.9 × CIGM92.1721, Xt 9.28 × CIGM92.1713, Xt 9.28 × CIGM92.1727, Xt 9.28 × CIGM92.1727, Xt 9.28 × CIGM90.543, Xt 9.28 × CIGM89.564-0Y, Xt 9.28 × CIGM92.1682, Xt 9.24 × CIGM92.1682, Xt 9.24 × CIGM92.1727, Xt 9.24 × CIGM92.1727, Xt 85.1 × CIGM90.543, Xt 85.1 × CIGM93.202, Xt 85.1 × CIGM92.1747, Xt 85.1 × CASW98B00063S, CIGM90.865 × Xt 86, CASW96Y00529S × Xt 86, CASW98B00049S × Xt 88.5, CIGM89.561-0Y × Xt 88.5, CASW98B00017S × Xt 88.9, CASW98B00072S × Xt 88.9, CIGM92.1721 × Xt 88.9, CIGM92.1713 × Xt 9.28, CIGM92.1727 × Xt 9.28, CIGM92.1682 × Xt 9.28, CIGM92.1682 × Xt 9.24, CIGM92.1727 × Xt 9.24, CIGM90.543 × Xt 85.1, CIGM92.1747 × Xt 85.1, CASW98B00063S × Xt 85.1

Pri uporabi citoplazme × *Tritordeum* se je pri nekaterih križancih izkazalo, da je z različnim datumom setve možno uravnavati delež sterilnosti. Pri treh recipročnih križanjih (RG 13.07 × Xt 86, VURV 0007 × Xt 85.1, VURV 1000T1 × Xt 85.1), ki so vsebovala citoplazmo × *Tritordeum*, je različen datum setve vplival na delež sterilnosti. Na podlagi tega lahko domnevamo, da temperaturni in svetlobni režim vplivata na citoplazmo vrste × *Tritordeum* in

da gre v tem primeru za foto-termično citoplazemsko-genetsko moško sterilnost (angl. Photo Thermo Cytoplasmic Male Sterility – PTCMS). V primerjavi z uporabo citoplazme vrste *Aegilops crassa* Boiss., citoplazma $\times$ *Tritordeum* ni vplivala na pojav pistilodije.

V nadaljne študije uporabe heterozisa za izboljšanje kvantitativnih lastnosti pšenice bomo zaradi lažjega vzdrževanja žlahtniteljskim materialov vključevali križance, ki temeljijo na citoplazmi $\times$ *Tritordeum*. Pri tovrstnih žlahtniteljskih materialih namreč odpade potreba po preučevanju vpliva geografske širine na obnovo fertilitnosti v generacijah, ki sledijo prvi filialni generaciji.

4 SKLEPI

Raziskava je potrdila, da široka genetska raznolikost tribusa *Triticeae* omogoča nadaljni razvoj citoplazemsko-genetske moške sterilnosti, ki je osnovni pogoj za oblikovanje hibridnih sort navadne pšenice. Pri tem se je izkazalo, da je uporaba citoplazme medrodovnega križanca $\times$ *Tritordeum* bolj perspektivna od uporabe citoplazme vrste *Aegilops crassa* Boiss. Izkazalo se je namreč, da je podobno kot pri uporabi citoplazme timofejeve pšenice tudi pri uporabi citoplazme vrste *Aegilops crassa* Boiss. potrebno opraviti več povratnih križanj s sodobno dednino navadne pšenice preden bo možno pridobljene linijske materiale vključiti v testiranje kombinacijske sposobnosti. Prav tako sta vpliv različne geografske širine na obnovo fertilitnosti v tako oblikovanih žlahtniteljskih materialih kakor tudi sistem za obnovo fertilitnosti v F1 generaciji še vedno neznanki. Na drugi strani uporaba citoplazme $\times$ *Tritordeum* ponuja možnost za razvoj dvo-komponentnega sistema pri katerem bo materno komponento hibridne sorte možno vzdrževati samo s setvijo v različnem temperaturnem in svetlobnem režimu. Ali je pri takem sistemu potreben vnos Rf genov za obnovo fertilitnosti v F1 generaciji zaenkrat še ni znano. Prav tako bo potrebno pri tovrstnih materialih z dodatnimi analizami izkjučiti možnost, da prihaja pri uporabi različnih temperaturnih in svetlobnih režimov do pojava ženske sterilnosti in/ali oblikovanja apomiktov.

5 LITERATURA

- Cui, C., Song, F., Tan, Y. 2011. Stable chloroplast transformation of immature scutella and inflorescences in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 43: 284-291
- Gils, M., Marillonnet, S., Werner, S., Grützner, R., Giritch, A., Engler, C., Schachschneider, R., Klimyuk, V., Gleba, Y. 2008. A novel hybrid seed system for plants. *Plant Biotechnology Journal*, 6: 226-235
- Ivančič, A. 2002. Hibridizacija pomembnejših rastlinskih vrst. 1. izd. Maribor, Fakulteta za kmetijstvo: 776 str.
- 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. 1997. Effects of *Aegilops crassa* cytoplasm on the agronomic characters in photoperiod-sensitive CMS wheat lines and F₁ hybrids. *Bree. Sci.*, 47: 321-326
- Murai, K. 2001. Factors responsible for levels of male sterility in photoperiod-sensitive cytoplasmic male sterile (PCMS) wheat lines. *Euphytica*, 117: 111-116
- 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
- Whitford, R., Fleury, D., Reif, J.C., Garcia, M., Okada, T., Korzun, V., Langridge, P. 2013. Hybrid breeding in wheat: technologies to improve hybrid wheat seed production. *Journal of Experimental Botany*, 67 (18): 5411-5428

Določanje odmerka obsevanja z X-žarki RD₃₀ iz površine listov pri treh sortah navadne konoplje

Marko FLAJŠMAN⁷⁰, Darja KOCJAN AČKO⁷¹, Borut BOHANEC⁷²

Izvilleček

Navadna konoplja je ena izmed najbolj vsestranskih rastlin, saj se uporablja za najrazličnejše namene. Zato je tudi predmet številnih žlahtniteljskih programov po celem svetu. Metode, ki se največ uporabljajo pri žlahtnjenju konoplje, so masovna selekcija, navzkrižno opraševanje, samoopraševanje in opraševanje v sorodstvu, pridobivanje hibridov ter žlahtnjenje z uporabo molekulskih markerjev. Za žlahtnjenje rastlin se uporablja tudi tako imenovano mutacijsko žlahtnjenje. V raziskavi smo določali učinek odmerka obsevanja z X-žarki na površino listov in višino rastlin M₁ generacije treh sort navadne konoplje. Ugotavljali smo kalivost rastlin ter RD₃₀ (angl. reduction dose) odmerek obsevanja, ki zmanjša površino listov M₁ generacije za 30 %. Izkazalo se je, da so sorte različno občutljive na obsevanje z X-žarki. Ugotovljen odmerek obsevanja RD₃₀ predstavlja izhodišče za mutacijsko žlahtnjenje konoplje z uporabo X-žarkov.

Ključne besede: navadna konoplja, mutacijsko žlahtnjenje, X-žarki, učinek odmerka

Determination of dosage effect of X-ray RD₃₀ from leaf area on three varieties of hemp

Abstract

Hemp is one of the most versatile plants used for a variety of purposes. Therefore it is object of many breeding programs all around the world. The methods commonly used in hemp breeding are mass selection, cross-breeding, inbreeding, hybrid breeding, and use of molecular markers to assist classical breeding. One of the approaches for plant breeding is the mutation breeding. In this study we studied the effect of radiation doses of X-rays on the leaf area and plant height of M₁ generation of three hemp varieties. We assessed the plant germination and RD₃₀ (reduction dose that reduces leaf area by 30%). It has been shown that hemp varieties have different sensitivity to radiation with X-rays. RD₃₀, which was determined in this experiment, is the starting point for a hemp mutation breeding with the use of X-rays.

Key words: hemp, mutation breeding, X-rays, dose effect

1 UVOD

Navadna konoplja (*Cannabis sativa* L.) je rastlina, ki se uporablja v številne namene in proizvode (Kocjan Ačko, 1999). Zato je žlahtnjenje navadne konoplje usmerjeno v izboljšanje lastnosti, ki vplivajo na uporabno vrednost rastline. Npr. z žlahtnjenjem se poskuša pridobiti sorte, ki imajo več in bolj kakovostna vlakna za uporabo v tekstilni in papirni industriji (pomembni sta na primer morfologija vlaken in kemijska sestava celične stene osnovnih vlaken). Naslednji cilj žlahtnjenja so sorte z izboljšano prehransko vrednostjo (v primeru funkcionalne hrane se izboljšuje sestava in vsebnost hranil; v primeru uporabe za olje se izboljšuje sestava in vsebnost maščobnih kislin). V novih sortah se izboljšujejo še količina in sestava kanabinoidnih snovi (cilj je pridobiti sorte s čim večjo vsebnostjo CBD in drugih kanabinoidov ter vsebnostjo Δ^9 THC pod 0,2 %), stopnja eno/dvodomnosti (enodomne sorte

⁷⁰ Dr., asistent, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marko.flajsman@bf.uni-lj.si

⁷¹ Doc., dr., prav tam, e-pošta: darja.kocjan.acko@bf.uni-lj.si

⁷² Prof., dr., prav tam, e-pošta: borut.bohanec@bf.uni-lj.si

imajo praviloma večji pridelek semen, rastline so bolj izenačene, kar olajša mehansko spravilo pridelka semena), dolžina vegetativne rasti oziroma čas cvetenja ter odpornost na bolezni in škodljivce. Eden izmed ciljev žlahtnjenja je pridobiti sorte s čim večjim indeksom listne površine, kjer bi rastline v čim krajšem času z listi v celoti prekrile površino tal med vrstami in na ta način absorbirale čim več sončnega sevanja. V večini primerov se konopljo žlahtni glede na posamezen namen uporabe, velik poudarek pa se daje hkratnemu žlahtnjenju na določeno lastnost ter nizki stopnji psihotropnega kanabinoida $\Delta^9\text{THC}$. Ker je konoplja močno občutljiva na okoljske dejavnike, kot sta dolžina dneva in temperatura, je potrebno posamezno sorto žlahtniti v okolju, kjer se bo tudi pridelovala (Salentijn in sod., 2015; Renalli, 2004).

Žlahtnjenje z izzvanimi mutacijami posnema naravni proces spontanij mutacij, ki so bile do tridesetih let 20. stoletja, ko je američan Lewis Stadler prvi uporabil ionizirajoče sevanje za indukcijo mutacij, edini vir genske raznolikosti tako med živalskimi kot tudi rastlinskimi vrstami (Liang, 2012). Šele leta 1964, z začetkom delovanja Nacionalne agencije za atomsko energijo (IAEA, International Atomic Energy Agency), pa je postalo mutacijsko žlahtnjenje (predvsem fizikalni načini) eno izmed pogosto uporabljenih orodij žlahtniteljev po vsem svetu (Liang, 2012). Danes se uporabljajo naslednje vrste obsevanja: γ -žarki (najbolj razširjen način), X-žarki ali rentgenski žarki, α in β delci, nevtroni, UV svetloba in žarki ionov. Drugi način mutacijskega žlahtnjenja je uporaba kemikalij, kot sta etil metansulfonat (EMS) in dimetil sulfat. Trenutno so v IAEA podatkovni zbirki registrirane 3204 sorte iz 210 rastlinskih družin v več kot 70 državah, ki so bile pridobljene s postopki mutacijskega žlahtnjenja. Več kot tri četrtine teh sort je bilo pridobljenih na fizikalni način z uporabo različnih vrst obsevanja rastlinskega materiala (IAEA, 2016). V zadnjih dveh desetletjih vedno večji pomen za indukcijo mutacij pridobiva uporaba biotehnoških metod, kot sta genska transformacija ter uporaba mobilnih genetskih elementov (transpozoni in retrotranspozoni). Somaklonska variabilnost, ki je izzvana z gojenjem rastlin *in vitro*, lahko privede do zanimivih somaklonov, ki jih uporabljamo v žlahtnjenju (Bairu in sod., 2011).

Učinek obsevanja na rastlino je odvisen od odmerka obsevanja. Večina učinkov na M_1 generaciji je fizioloških. Poškodbe rastlin M_1 generacije pokažejo, v kolikšni meri je obsevanje prizadelo tretirana semena in jih je mogoče določiti kvantitativno. Če ni na voljo podatkov o vplivu odmerka obsevanja na neko rastlinsko vrsto, je najprej treba določiti optimalen odmerek obsevanja na M_1 generaciji in sicer tako, da se oceni LD_{50} (angl. lethal dose) in RD_{50} (angl. reduction dose) na manjšem vzorcu. V praksi se uporabljata tudi LD_{30} in RD_{30} – to sta odmerka, ki povzročata 30 % letalnost oziroma 30 % zmanjšanje kvantitativnih lastnosti, ki so posledica fizične poškodbe, ki se običajno odražajo v zmanjšani kalitveni sposobnosti semen, hitrosti rasti sadik (višina rastlin, dolžina korenin), zmanjšanjem vigorju rasti (višina poganjkov, površina listov) in številu cvetov, posledice so lahko tudi sterilnost M_1 generacije (nekalitev peloda, ženski cvetovi brez reproduktivnih organov, nepravilno razviti embriji, in drugo). Za končni namen žlahtnjenja pa so najbolj pomembne mutacije na genskem nivoju (Kodym in sod., 2012).

V 80. letih 20. stoletja je ruski znanstvenik Zahatov testiral efekt uporabe fizikalnih in kemijskih metod mutacijskega žlahtnjenja na konoplji (Zhatov, 1974; 1976; 1979), vendar ni znano, da bi bile kasneje te metode uporabljene v konkretne žlahtniteljske namene. Eden izmed redkih zapisov ideje uporabe mutacijskega žlahtnjenja na konoplji predstavlja raziskava iz leta 1997, ko so Zottini in sod. (1997) obsevali pelod z gama žarki ter preučevali sposobnost kalitve ter oploditve ženskih rastlin s pelodom, ki je bil obsevan z različnimi odmerki. Ugotovljeno je bilo, da je odmerek 1000 Gy zmanjšal *in vitro* kalivost peloda skoraj za polovico ter *in vivo* kalitev peloda za 66 %. Obsevan pelod se lahko uporabi pri indukciji haploidov.

Za zdaj še ni bila objavljena uporaba rentgenskih žarkov pri žlahtnjenju konoplje, zato ni znano, kateri odmerek obsevanja bi bil primeren za uporabo v ta namen. Namen naše raziskave je bil ugotoviti odmerek obsevanja z rentgenskimi žarki RD₃₀, ki na rastlinah konoplje M₁ generacije povzroča 30-odstotno znižanje kvantitativnih fenotipskih znakov (površina listov oz. višina rastlin).

2 MATERIALI IN METODE DELA

2.1 Sorte in določanje vlažnosti semen

Za namene ugotavljanja učinkov različnih odmerkov obsevanja rentgenskih žarkov na fenotip rastlin smo izbrali tri sorte navadne konoplje (*Cannabis sativa* L.), in sicer madžarske dvodomne sorte Tisza, Tiborszalasi in Kompolti. Vlažnost smo določali po metodi ISTA (1999). Na kratko - v stehtan stekleni ločnek (M1) smo dodali 4 do 5 g semen in ponovno stehali (M2). Nato smo vzorce inkubirali 1 uro na 130 °C ter ponovno stehali (M3). Odstotek vlage smo določili po enačbi: $100(M2 - M3)/(M2 - M1)$. Delali smo v dveh ponovitvah.

2.2 Obsevanje z rentgenskimi žarki in sejanje semen, rast rastlin in določanje površine listov ter višine rastlin

Ker se konoplja razmnožuje s semeni, smo izbrali semena kot material za obsevanje. Za obravnavanje smo izbrali petkrat po 100 semen vsake sorte. Semena smo obsevali z odmerki 50 Gy, 100 Gy, 200 Gy in 300 Gy. Kot kontrolo smo uporabili neobsevana semena. Za obsevanje smo uporabili napravo RX-650 (Faxitron Bioptics, Tucson, AZ). Semena smo posejali v stiroporaste škatle s 84 luknjami v šotni substrat (Klasmann-Deilmann, Geeste, Nemčija). Rastline so rasle v steklenjaku v pogojih 15 ur osvetlitve na dan z dnevno temperaturo 22 °C in nočno 15 °C ter z zalivanjem po potrebi. 24 dni (± 1 dan) od sejanja smo rastline prešteli in določili kalivost glede na obravnavanje. Nato smo določevali površine listov ter merili dolžine stebel pri vseh rastlinah. Prave liste smo odstranili iz rastlin in jih položili na bel A4 list papirja ter prilepili z lepilnim trakom. Nato smo list skenirali (Samsung, SCX-4600) ter digitalne slike uporabili za določanje površine s programom za analizo slike (CellSens, Olympus). Višino rastlin smo izmerili z merilom.

2.3 Statistična analiza

Za statistično obdelavo podatkov smo uporabili program R (R Core Team, 2016). Vsako sorto smo analizirali posebej. S hi-kvadrat testom smo ugotavljali, ali obstaja povezava med odmerkom obsevanja in kalivostjo. Za vsak odmerek smo izračunali opisne statistike za površino listov in višino rastlin. Kako odmerek vpliva na površino listov, smo ugotavljali z regresijsko analizo. Izkazalo se je, da je bil linearen regresijski model v vseh primerih sprejemljiv; presečišče z ordinatno osjo ocenjuje površino listov pri obsevanju 0 Gy (kontrola), naklon premice določa spremembo površine listov pri spremembi odmerka za 1 Gy, koeficient determinacije R² pa navaja odstotek pojasnjene variabilnosti površine listov z regresijskim modelom. Iz linearnega regresijskega modela smo izračunali vrednost RD₃₀, z uporabo pristopa ponovnega vzorčenja (angl. bootstrap) s 1000 ponovitvami pa smo določili njen 95 % interval zaupanja.

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

3.1 Določanje vlažnosti semen

Rastlinske vrste so različno občutljive na obsevanje z rentgenskimi žarki. Na razlike v dovzetnosti na obsevanje z rentgenskimi žarki vplivajo različni dejavniki, kot so genetski, biološki (fiziologija, morfologija) in okoljski. Izmed okoljskih dejavnikov je najpomembnejši kisik, velik vpliv pa imajo tudi temperatura, pogoji skladiščenja in količina vode v semenih (Dewey, 1962). Čeprav mehanizem vpliva količine vode na obsevanje z X-žarki v semenih ni pojasnjen, velja opazovanje, da ima obsevanje na bolj suha semena večji vpliv kot na bolj vlažna (van Harten, 1998). Zaradi tega je potrebno v praktične namene pred testnim obsevanjem, s katerim določamo vpliv odmerka na fenotip, določiti vlažnost semen, s čimer omogočimo ponovljivost rezultatov (Kodym in sod., 2012). Vlažnost konopljinih semen treh sort, ki so bile uporabljene v poskusu, je prikazana v preglednici 1.

Preglednica 1: Povprečna vlažnost semen s standardno napako povprečij (v oklepaju)

Sorta	Tisza	Tiborszalasi	Kompolti
Vlažnost semen (%)	6,0 ($\pm 0,01$)	6,2 ($\pm 0,10$)	5,9 ($\pm 0,04$)

3.2 Kalivost, višina rastlin in površina listov

3.2.1 SORTA TISZA

Sorta Tisza je imela najmanjšo kalivost. Preglednica 2 prikazuje učinek odmerka obsevanja na kalitev, višino rastlin in površino listov pri sorti Tisza.

Preglednica 2: Učinek odmerka obsevanja na kalitev, površino listov in višino rastlin sorte Tisza. Pri površini listov in višini rastlin je navedeno povprečje in njegova standardna napaka (v oklepaju)

Odmerek obsevanja	0 Gy	50 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy
Št. kalivih semen/št. posejanih semen	41/112	33/100	23/112	29/112	20/100
Odstotek kalivih semen (%)	36,6	33,0	20,5	25,9	20
Površina listov (mm ²)	3090,7 ($\pm 112,3$)	2490,9 ($\pm 174,3$)	2024,0 ($\pm 193,8$)	1641,1 ($\pm 122,5$)	697,3 ($\pm 60,4$)
Višina rastlin (cm)	17,3 ($\pm 0,38$)	14,0 ($\pm 0,48$)	14,2 ($\pm 0,70$)	12,1 ($\pm 0,56$)	6,6 ($\pm 0,57$)

Povečevanje odmerka obsevanja je imelo negativen vpliv na kalitev semen, z izjemo 200 Gy, kjer je kalilo več semen kot pa pri predhodnem odmerku 100 Gy. Hi-kvadrat analiza je potrdila, da obstajajo razlike v kalivosti semen glede na odmerek ($p = 0,01796$). Odstopa odmerek 0 Gy (kontrola), kjer je bila pričakovana frekvenca za nekaliva semena višja v primerjavi z realno ugotovljeno. Zaključimo lahko, da ima odmerek obsevanja pri sorti Tisza negativen vpliv na kalivost semen. Opazili smo, da se s povečevanjem odmerka obsevanja zmanjšujeta tako površina listov kot tudi višina rastlin.

3.2.2 SORTA TIBORSZALASI

Preglednica 3 prikazuje učinek odmerka obsevanja na kalitev, višino rastlin in površino listov pri sorti Tiborszalasi.

Preglednica 3: *Učinek odmerka obsevanja na kalitev, površino listov in višino rastlin sorte Tiborszalasi. Pri površini listov in višini rastlin je navedeno povprečje in njego standardna napaka (v oklepaju)*

Odmerek obsevanja	0 Gy	50 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy
Št. kalivih semen/št. posejanih semen	95/100	92/100	96/100	91/100	94/100
Odstotek kalivih semen (%)	95	92	96	91	94
Površina listov (mm ²)	2769,4 (± 76,8)	2660,3 (± 84,2)	2461,0 (± 61,2)	2338,9 (± 59,3)	1554,2 (± 59,4)
Višina rastlin (cm)	16,8 (± 0,24)	16,3 (± 0,21)	15,5 (± 0,27)	15,5 (± 0,27)	13,4 (± 0,29)

Odmerek obsevanja ni imel negativnega vpliva na kalivost semen, saj se kalivost s povečevanjem odmerka ne zmanjšuje. Ko se je odmerek obsevanja povečeval, sta se površina listov in višina rastlin zmanjševali.

3.2.3 SORTA KOMPOLTI

Preglednica 4 prikazuje učinek odmerka obsevanja na kalitev, višino rastlin in površino listov pri sorti Kompolti.

Preglednica 4: *Učinek odmerka obsevanja na kalitev, površino listov in višino rastlin sorte Kompolti. Pri površini listov in višini rastlin je navedeno povprečje in njego standardna napaka (v oklepaju)*

Odmerek obsevanja	0 Gy	50 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy
Št. kalivih semen/št. posejanih semen	87/100	96/100	89/100	81/88	75/100
Odstotek kalivih semen (%)	87	96	89	92	75
Površina listov (mm ²)	3318,8 (± 91,4)	3092,9 (± 78,0)	2915,9 (± 90,0)	2443,5 (± 85,4)	1238,8 (± 78,9)
Višina rastlin (cm)	16,6 (± 0,29)	15,8 (± 0,23)	14,3 (± 0,26)	14,6 (± 0,25)	9,9 (± 0,39)

S hi-kvadrat analizo smo ugotovili, da kalivost po odmerkih pri sorti Kompolti ni enaka ($p = 0,0000$). K zavrnitvi hipoteze o enaki kalivosti med odmerki največ prispeva odmerek 300 Gy, zato lahko trdimo, da ta odmerek značilno vpliva na zmanjšanje kalivosti, saj je dejanska kalivost pri tem odmerku manjša kot pri ostalih odmerkih. Tudi pri odmerku 200 Gy se kalivost nekoliko zniža. Odmerka 50 Gy in 100 Gy povečata kalivost semen v primerjavi s kontrolo, pri odmerku 50 Gy je kalivost višja za 9 odstotnih točk glede na kontrolo. Iz literature je znano, da imajo lahko nizki odmerki stimulatивne učinke na kalivost peloda in

semena, višino vzniklih rastlin in dolžino korenin ter na gojenje v *in vitro* pogojih (Kodym in sod., 2012). V našem primeru se stimulativni učinek vidi samo v kalivosti semen, ne pa tudi v merjenih kvantitativnih lastnostih, ki sta se s povečanim odmerkom zmanjševali. Tudi v tem primeru je večanje odmerka obsevanja namreč povzročilo zmanjševanje površine listov kot tudi višine rastlin.

3.3 Statistično določen odmerek RD_{30} za površino listov

Za vrednost odmerka obsevanja, ki smo jo želeli določiti v poskusu, smo izbrali odmerek RD_{30} . Gre za odmerek X-žarkov, ki zmanjša vigor rastlin M_1 generacije za 30 %. RD_{30} je namreč odmerek, ki se veliko uporablja v praksi (Kodym in sod., 2012). Kvantitativna lastnost, na podlagi katere smo določili RD_{30} , je bila površina listov. Čeprav smo merili tudi višino rastlin, se za uporabo tega parametra nismo odločili. Opazili smo, da so se stebila nekaterim rastlinam pri vseh treh sortah med rastjo izdolžila, pred vzorčenjem so nekatere rastline že polegale. Razlog za ta pojav je najverjetneje v pogojih rasti (umetno osvetljevanje in visoke temperature).

RD_{30} smo za vsako sorto določili iz regresijske premice za površino listov glede na odmerek obsevanja. Preglednica 5 prikazuje ocene parametrov linearnega regresijskega modela za površino listov (presečišče, naklon), koeficient determinacije ter izračunano vrednost RD_{30} za vsako sorto.

Preglednica 5: Ocene parametrov linearnega regresijskega modela za površino listov, koeficient determinacije ter izračunana vrednost RD_{30} ; v oklepajih so pripadajoči 95 % intervali zaupanja

Sorta	Tisza	Tiborszalasi	Kompolti
Presečišče (mm ²)	2975.5 [2791.1, 3159.9]	2855.4 [2759.2, 2951.7]	3455.1 [3337.2, 3573.0]
Naklon premice	-7.5 [-8.7, -6.2]	-3.8 [-4.4, -3.2]	-6.5 [-7.3, -5.2]
R ² % (koef. determinacije)	49.8	27.0	41.9
RD_{30} (Gy)	120 [103.5, 135.9]	225 [207.2, 249.2]	159 [146.8, 172.2]

Iz naklona premice pri sorti Tisza, kjer je z regresijskim modelom pojasnjeno 49,8 % variabilnosti površine listov, je razvidno, da je bila ta sorta najbolj občutljiva na obsevanje, saj se je površina listov s povečevanjem odmerka obsevanja najbolj zmanjšala. Ta sorta ima tudi najnižji odmerek RD_{30} . Skoraj dvakrat višji odmerek RD_{30} pa ima sorta Tiborszalasi, kjer regresijski model pojasnjuje 27,0 % variabilnosti površine listov. Naklon premice je pri tej sorti najmanjši, kar kaže na večjo odpornost sorte na obsevanje z X-žarki. Sorta Kompolti, kjer regresijski model pojasnjuje 41,9 % variabilnosti površine listov, se tako po določenem odmerku RD_{30} kot tudi občutljivosti na obsevanje nahaja med obema prej opisanima sortama. V številnih študijah so že proučevali vpliv odmerka obsevanja na fenotip (Kodym in sod., 2012). Skupno opažanje je, da je občutljivost na obsevanje ne samo vrstno, ampak tudi sortno specifično. Pri soji in ječmenu so bili odkriti geni, ki uravnavajo občutljivost genotipa na obsevanje in tako je mogoče pojasniti, zakaj prihaja do razlik pri občutljivosti na obsevanje med sortami. Kjer pa posamezni glavni geni za občutljivost na obsevanje še niso bili odkriti (na primer pri rižu), pa gre verjetno za poligenski način uravnavanja (Takagi, 1969; Kodym in sod., 2012). V primeru obsevanja konoplje z X-žarki smo potrdili sortno specifično

dovzetnost na obsevanje. Zato je potrebno pred obsevanjem vsake rastlinske vrste določiti optimalen odmerek obsevanja, po možnosti na tisti sorti, ki jo nameravamo uporabiti za mutacijsko žlahtnjenje.

4 SKLEPI

Tri sorte konoplje, uporabljene v poskusu, so se zelo različno odzivale na različne odmerke obsevanja. Najbolj občutljiva je bila sorta Tisza, kateri sta se površina listov in višina rastlin z večanjem odmerka obsevanja hitro zmanjšali, tudi odmerek RD₃₀ ima ta sorta najmanjši. Sorta Tiborszalasi se je pokazala kot najbolj odporna na obsevanje, saj se površina listov in višina rastlin s povečevanjem odmerka obsevanja najmanj zmanjšata, prav tako pa nismo opazili vpliva odmerka obsevanja na kalitev. Pri sorti Kompolti smo videli stimulativen učinek odmerkov 50 in 100 Gy na kalitev semen. Za vsako od sort je bil določen odmerek RD₃₀. Do zdaj mutacijsko žlahtnjenje še ni bilo uporabljeno za pridobivanje novih sort navadne konoplje. Ugotovljen odmerek RD₃₀ omogoča uporabo X-žarkov v žlahtnjenju konoplje.

Zahvala. Zahvaljujemo se g. Pavletu Šmitu za seme konoplje, dr. Borisu Turku za pomoč pri določanju površine listov konoplje, Viki Dolenc in Sari Erjavec za pomoč v steklenjaku in laboratoriju. Zahvaljujemo se tudi prof. dr. Katarini Košmelj za pomoč pri statistični analizi.

5 LITERATURA

- Bairu, M.W., Aremu, A.O., van Staden, J. 2011. Somaclonal variation in plants: causes and detection methods. *Plant Growth Regulation*, 63: 147-173
- Dewey, D.L. 1969. An oxygen-dependent X-ray dose-rate effect in *Serratia marcescens*. *Radiation research*, 38(3): 467-474
- IAEA, 2016. International Atomic Energy Agency. Mutation breeding. <https://www.iaea.org/topics/mutation-breeding> (20. okt. 2016)
- ISTA. 1999. International Rules for Seed Testing. *Seed Science Technoogy*, 27: 1-333
- Kocjan Ačko D. 1999. Konoplja. V: Pozabljene poljščine. ČZD Kmečki glas, Ljubljana: 101-118.
- Kodym, A., Afza, R., Forster, B.P., Ukai, Y., Nakagawa, H., Mba, C., Shu, Q.Y. 2012. Methodology for physical and chemical mutagenic treatments. V: *Plant mutation breeding and biotechnology*. Shu, Q.Y., Forster, B.P., Nakagawa, H. (Ur.). CABI, Oxfordshire, 608 str.
- Liang, Q. 2012. Foreword. V: *Plant mutation breeding and biotechnology*. Shu, Q.Y., Forster, B.P., Nakagawa, H. (Ur.). CABI, Oxfordshire, 608 str.
- Ranalli, P. 2004. Current status and future scenarios of hemp breeding. *Euphytica*, 140: 121-131
- 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/>
- 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
- Takagi, Y. 1969. Second type of gamma-ray sensitive gene RS2 in soybean *Glycine max* (L.) Merrill. In *Gamma Field Symp. No. 8*, 83-94
- van Harten, A. M. 1998. *Mutation breeding: theory and practical applications*. Cambridge, New York, Cambridge University Press, 353 str.
- Zhatov, A.I. 1974. The effect of chemical mutagens on the biological properties of hemp plants and their yield. *Secondary Journal Source*, (35): 8-15.
- Zhatov, A.I. 1976. Chemical mutagenesis in hemp breeding. *Len i Konoplya*: (12): 30-31
- Zhatov, A.I. 1979. Nature of variation in quantitative characters of hemp after treatment with gamma rays and chemical mutagens. *Tsitologiya i Genetika*: 13(4): 283-287
- Zottini, M., Mandolino, G., Ranalli, P. 1997. Effects of γ -ray treatment on *Cannabis sativa* pollen viability. *Plant cell, Tissue and Organ culture*, 47(2): 189-194

Učinek sušnega stresa na fiziološko ter proteomsko stanje hmelja (*Humulus lupulus* L.)

Zala KOLENC⁷³, Dominik VODNIK⁷⁴, Stanislav MANDELIC⁷⁵, Branka JAVORNIK⁷⁶, Damijana KASTELEC⁷⁷, Andreja ČERENAK⁷⁸

Izvleček

Hmelj (*Humulus lupulus* L.) je, tako kot druge kmetijske rastline, dandanes pogosto izpostavljen sušnim razmeram. Vpliv pomanjkanja vode na hmelj je po drugi strani zelo malo raziskan. V našem poskusu smo dve sorti hmelja ('Aurora' in 'Savinjski golding') izpostavili različnim stopnjam sušnih razmer ter opravili fiziološke meritve in proteomsko analizo proteinov v listih. Meritve izmenjave plinov v listih so pokazale, da sušni stres povzroča tako stomatalno kot tudi ne-stomatalno inhibicijo fotosinteze. Z metodo 2D-DIGE smo identificirali 28 od skupno 280 diferencialno izraženih proteinov, ki smo jih umestili v 5 večjih skupin na podlagi biološke funkcije proteinov v rastlinah. Največ proteinov sodeluje v metabolizmu sladkorjev in pri fotosintezi, medtem ko so udeleženi v metabolizmu dušika ali v metabolne poti reaktivnih kisikovih spojin (ROS). Z raziskavo smo korak bližje k razumevanju odziva hmelja na sušni stres

Ključne besede: hmelj, *Humulus lupulus*, sušni stres, proteomika, fiziologija

Effects of drought stress to physiological and proteomic state of hop (*Humulus lupulus* L.)

Abstract

Hop (*Humulus lupulus* L.) is like other crop plants, nowadays more frequently exposed to drought stress during the growing season. On the other hand, limited reports are available about effect of water deficit on hop plants. In our experiment, two hop cultivars (Aurora and Savinjski golding) were included in the trial where plants were exposed to different stages of drought stress. Gas exchange measurements clarified stomatal and non-stomatal limitation of photosynthesis as an effect of water deficit. From 280 differentially expressed proteins, the 28 proteins were identified using 2D-DIGE method and were successfully classified into 5 major groups on the basis of their biological function in plants. Most of the proteins were placed into sugar metabolism and photosynthesis, while the rest were included into nitrogen metabolism or reactive oxygen species (ROS) related pathway. This research brought us one step closer to understanding of hop response to drought stress, but further studies are necessary in the future.

Key words: hop, *Humulus lupulus*, drought stress, proteomics, physiology

1 UVOD

Hmelj (*Humulus lupulus* L.) je gospodarsko pomembna kmetijska rastlina, saj vsebuje glavni pridelek (storžek) pomembne aromatične in grenčične komponente, ki so pomembne v pivovarstvu. Sušni stres zavira rast in razvoj rastlin hmelja, z večjimi posledicami tako na

⁷³ Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, C. Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: zala.kolenc@ihps.si

⁷⁴ Prof. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: dominik.vodnik@bf.uni-lj.si

⁷⁵ Dr., prav tam, e-pošta: stanislav.mandelc@bf.uni-lj.si

⁷⁶ Prof. dr., prav tam, e-pošta: branka.javornik@bf.uni-lj.si

⁷⁷ Doc. dr., prav tam, e-pošta: damijana.kastelec@bf.uni-lj.si

⁷⁸ Doc.dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, C. Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: andreja.cerenak@ihps.si

kvaliteto kot količino pridelka (Gloser in sod., 2011). Kako močno so rastline zaradi sušnega stresa prizadete, je predvsem odvisno od intenzitete ter trajanja sušnega stresa (Farooq in sod., 2012). Glavne posledice sušnega stresa pri rastlinah so: zmanjšan turgor, zmanjšana celična rast (ki se odraža v slabši rasti rastlinskih organov), pripiranje oz. zapiranje listnih rež, omejevanje fotosinteze, motnje sprejema in asimilacije mineralnih hranil (npr. nitrata). To so glavne spremembe v rastlinah, ki se odražajo v zmanjšanem pridelku (Farooq in sod., 2012). Učinek sušnega stresa na hmelj kot trajnico je toliko večji, saj se posledice kažejo še v naslednjih letih po sušnem stresu. Objavljenih je nekaj raziskav o hmelju ter njegovem odzivu na pomanjkanje vode. Znane so objave strukturnih sprememb hmelja v sušnem stresu (Gloser in sod., 2011; Gloser in sod., 2013; Jupa in sod., 2013; Jupa in sod., 2016) in nekaj raziskav o spremenjenem metabolizmu in fiziološkem stanju hmelja zaradi pomankanja vode (Čeh in sod., 2009; Čerenak in sod., 2010; Korovetska in sod., 2014; Korovetska in sod., 2015). Hmelj ima zelo dolgo steblo (tudi do 12 m) in zato se že manjše pomanjkanje vode hitro odraža v anatomskih spremembah v strukturi, kar je posledica vsakršnih poškodb trahej, ki zmanjšajo oskrbo z vodo v zgornjih delih rastline (Jupa in sod., 2016). Traheje pri hmelju so razmeroma široke, kar ob pomanjkanju vode hitro privede do nastanka embolij. To je pri vzpenjalkah posebej problematično, saj potrebujejo zelo dobre hidravlične lastnosti, da zadostijo vsem potrebam vode v rastlini (Gloser in sod., 2011). Hmelj v sušnem stresu kaže zmanjšanje transpiracije in vodnega potenciala. Znane so tudi spremembe v vsebnosti abscizinske kisline (ABA), pH in mineralov, ki so glavne komponente za signalizacijo v rastlini hmelja (Gloser in sod., 2013; Korovetska in sod. 2014; Korovetska in sod., 2015).

Pri odzivu rastline na stresne razmere se sprožijo različni celično in tkivno specifični fiziološki mehanizmi, ki vključujejo izražanje specifičnih genov in spremembe v vsebnosti določenih proteinov (Chaves in sod., 2003; Farooq in sod., 2012). Spremembe v izražanju proteinov imajo pomembno vlogo v odgovoru rastlin na sušni stres. S proteomsko analizo je mogoče določiti vsebnost in identiteto proteinov, ki so vključeni v odziv rastlin na stresne razmere (Mohammadi in sod., 2012). V listih stresiranih kmetijskih rastlin so bili identificirani predvsem proteini, ki so povezani z regulacijo redoks potenciala, oksidativnega stresa, signalnih poti, zvijanja proteinov, sekundarnega metabolizma ter fotosinteze. V koreninah preiskovanih kmetijskih rastlin so identificirali predvsem proteine, ki so vključeni v proces patogeneze, pa tudi proteini vključeni v transport in oksido-redukcijske reakcije (Mohammadi in sod., 2012). V prispevku je predstavljena kombinacija uporabe proteomike s konvencionalnimi fiziološkimi metodami za preiskovanje sušnega stresa pri hmelju.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 Rastlinski material

V pokus sta bili vključeni sorti hmelja Aurora (AU) in Savinjski golding (SG), za kateri so predhodne študije nakazovale različno toleranco na sušni stres (Čerenak in sod. 2010). Rastlinski material smo vzgajali iz tkivne kulture hmelja na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. Rastline smo razmnoževali z mikropropagacijo. Ukoreninjene rastline smo prestavili v *in vivo* pogoje in jih ustrezno aklimatizirali ter prenesli v rastlinjak. Vzgojili smo jih do velikosti 10 pravih razvitih listov. Znotraj obravnavanj smo opravili fiziološke meritve na 8 rastlinah, 4 najbolj izenačene znotraj obravnavanj smo vključili v proteomske analize. V času trajanja poskusa smo preventivno zatirali morebitne bolezni in škodljivce ter preprečevali izpostavljenost ostalim abiotiskim dejavnikom.

2.2 Izvedba poskusa in priprava vzorcev

V poskusu smo polovico rastlin vsake sorte izpostavili sušnemu stresu s prenehanjem zalivanja, medtem ko smo preostale (kontrolne) rastline optimalno zalivali do konca poskusa.

Obravnavanja v poskusu:

1. Aurora - sušne razmere (AU_D)
2. Aurora - kontrola (AU_C)
3. Savinjski golding - sušne razmere (SG_D)
4. Savinjski golding - kontrola (SG_C)

Odziv rastlin smo spremljali v različnem času po začetku vzpostavljanje suše (kjer se je sušni stres pri rastlinah 1. in 3. obravnavanja stopnjeval z vsakim terminom vzorčenja). Termini spremljanja rastlin so bili 1, 5, 9, 11, 18 in 22 dni po prenehanju zalivanja polovice rastlin. V vsakem terminu smo določili relativno vsebnost vode v substratu (SWC, soil water content) vsake rastline ter izračunali povprečne vrednosti.

2.3 Fiziološke meritve v poskusu

Poskusnim rastlinam smo z napravo Li-6400 (LI-COR biosciences, Lincoln, USA) izmerili neto fotosintezo (A_n), stomatalno prevodnost (g_s), transpiracijo (E) ter fotokemično učinkovitost (F_v'/F_m'). Merili smo pri referenčni koncentraciji CO_2 $380 \mu\text{mol mol}^{-1}$, saturacijski svetlobni jakosti $PPFD = 1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, temperaturi 25°C in okoljski vlagi. Izmerjene parametre smo statistično ovrednotili s testom linearnih kontrastov. S fotografsko analizo smo določili celotno listno površino rastline (LA) ter izračunali povprečne vrednosti.

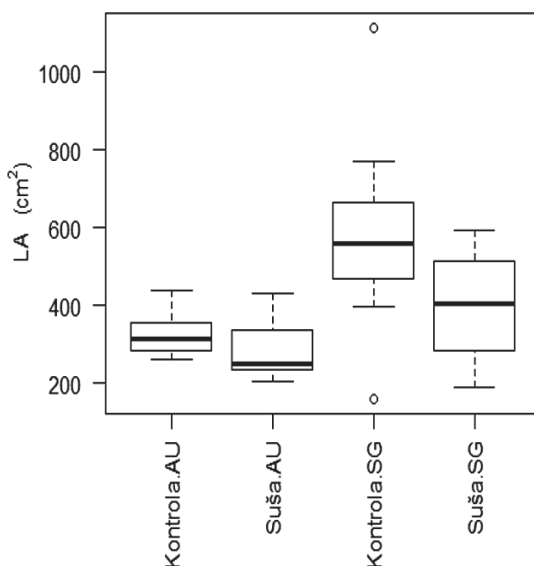
2.4 Proteomska analiza

Ekstrakcijo proteinov iz listov hmelja smo opravili z metodo po Wang in sod. (2006). V nadaljevanju smo opravili 2D-DIGE analizo za ločitev protinov. Na podlagi dvosmerne ANOVE smo v identifikacijo vključili lise s statistično značilno spremenjeno vrednostjo med v suši izpostavljenimi rastlinami in optimalno zalitimi kontrolnimi rastlinami. Identifikacijo proteinskih lis smo naredili s tandemsko masno spektrometrijo (MALDI- TOF/TOF).

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

Kontrola oz. merjenje vsebnosti vode v substratu (SWC) nam je omogočila večjo izenačenost med rastlinami znotraj enega obravnavanja. SWC vrednosti optimalno zalitih rastlin so bile povprečno 60,1 vol. % za obe sorti. Po 9. dneh od prenehanja zalivanja so SWC vrednosti pri AU_D padle na povprečno 28,0 vol. %, pri SG_D na 22,8 vol. %. Na koncu poskusa, po 22 dneh so se SWC vrednosti izjemno znižale in sicer pri AU_D na 10,9 vol. % in pri SG_D na 8,4 vol. %.

Celotna listna površina (LA) je bila večja pri sorti SG v primerjavi z AU. To je sortna lastnost, saj je LA na splošno pri sorti SG večji kot pri AU, kar ni posledica sušnega stresa. Zmanjšanje LA pri rastlinah, izpostavljenih sušnemu stresu, je posledica senescence ter izgubljanja starejših listov (slika 1). Zmanjšana LA se je pri sorti SG pričela kazati nekaj dni prej kot pri AU.



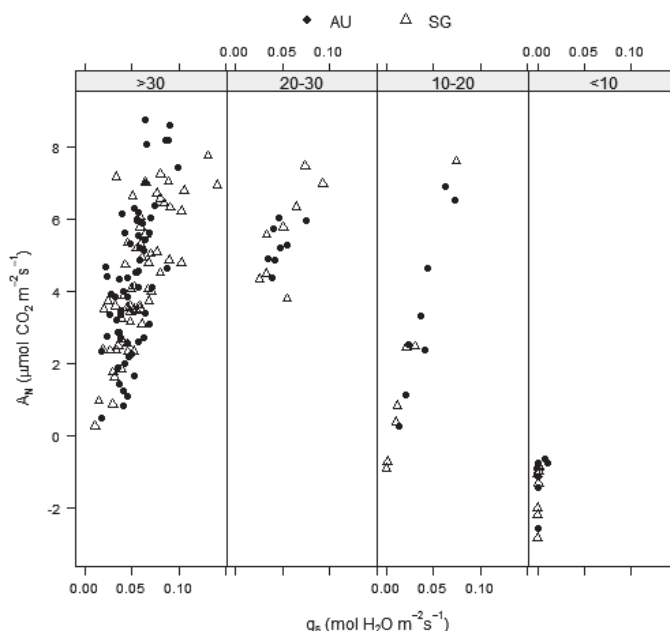
Slika 1: Box plot podatkov za listno površino (LA), za sorti AU in SG

Rastline hmelja so vzdrževale visoko stomatalno prevodnost v blažjem sušnem stresu (SWC 20-30 vol. %). S padcem SWC vrednosti na 10-20 vol. % je bila povprečna stomatalna prevodnost $0,031 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Zelo intenzivno zmanjšanje stomatalne prevodnosti ($0,0003 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) oziroma kar popolnoma zaprte listne reže pa smo določili, ko je SWC vrednost padla pod 10 vol. %.

Zaprte listnih reže ima za posledico zmanjšanje transpiracije, statistično značilne razlike so se pokazale že ko je SWC vrednost padla na 20-30 vol. %, glede na SWC >30 vol. %. Povprečna vrednost transpiracije ($0,015 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) pri SWC < 10 vol. % je bila statistično značilno nižja od drugih z višjim SWC, kar pomeni da transpiracija zaradi zaprtih listnih reže pri SWC < 10 vol. % praktično ne poteka več. Z zapiranjem listnih reže je, kot smo pričakovali, sovpadalo tudi zmanjšanje neto fotosinteze.

Povprečna neto fotosinteza (A_n) je bila v listih obeh sort pri SWC > 30 vol. % $4,30 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ in je bila statistično značilno manjša kot povprečna vrednost A_n pri SWC 20-30 vol. % ($5,35 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Velik padec vrednosti neto fotosinteze je bilo zaznati pri SWC vrednosti 10-20 vol. % ($2,02 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Ko je sušni stres tako napredoval, da so SWC vrednosti padle pod 10 vol.%, je dihanje preseglo fotosintezo, kar se kaže z negativnimi vrednostmi neto fotosinteze. S padanjem stomatalne prevodnosti je padala tudi neto fotosinteza, saj je prišlo do stomatalne inhibicije fotosinteze. Meritve omenjenih parametrov niso pokazale razlike med sortama.

Slika 2 prikazuje rezultate linearnega modela, kjer se kaže odvisnost A_n od SWC vrednosti in stomatalne prevodnosti (g_s) ter njune interakcije.



Slika 2: Linearni model odvisnosti neto fotosinteze (A_n) od stomatalne prevodnosti (g_s)

Zaznali pa smo tudi zmanjšanje fotokemične učinkovitosti, na podlagi česar sklepamo, da je sušni stres pri hmelju vplival tudi na procese na tilakoidi. To pa nakazuje tudi na nestomatalno inhibicijo fotosinteze.

Pri proteomski analizi smo uspešno ločili 3664 proteinskih lis. Izmed teh jih je bilo 534 prisotnih na vsaj 80 % gelov. Določili smo 280 proteinskih lis, kjer se je vsebnost proteina spremenila glede na sušni stres. Izmed teh smo jih 28 identificirali ter jim določili biološko funkcijo v rastlini. Spodnja preglednica 1 prikazuje identificirane proteine ter procese, v katere so vključeni. Nekateri proteini so bili enaki v več proteinskih lisah. Razlike med sortama tudi na nivoju proteinov niso bile najdene.

Preglednica 1: Identificirani proteini s pripadajočo skupino biološke funkcije

Biološka funkcija	Ime proteina
Metabolizem sladkorjev	fruktoza-bisfosfat aldolaza, malat dehidrogenaza, glicerinaldehid 3-fosfat dehidrogenaza, fosfoglicerat kinaza
Fotosinteza	feredoksin-NADP reduktaza, kloroplastni fotosintetski kompleks za oksidacijo vode, domnevni PSII-P protein, fosforibulokinaza, RuBisCO, RuBisCO aktivaza, RuBisCO mala podenota
Metabolizem dušika	glutamin sintetaza, alanin aminotransferaza
Metabolne poti ROS (reaktivne kisikove spojine)	laktoilglutation liaza
Razni procesi	auksin-vezavni protein ABP19a-like, domnevni RNA vezavni protein, serin hidroksimetiltransferaza

4 SKLEPI

Rezultati raziskave so nam omogočili nekaj podatkov za razumevanje odziva hmelja na sušni stres. Ob zmanjševanju vsebnosti vode v substratu, se je postopno zmanjševala stomatalna prevodnost v listih hmelja. Takšna povezava zmanjšanja stomatalne prevodnosti in neto fotosinteze nakazuje na stomatalno inhibicijo fotosinteze pri hmelju v sušnem stresu. Po drugi strani pa zmanjšanje fotokemične učinkovitosti kaže da se pojavi pri hmelju v sušnem stresu tudi ne-stomatalna inhibicija fotosinteze. Zmanjšanje procesa fotosinteze smo zaznali z meritvami fizioloških parametrov, podobno pa nakazujejo tudi rezultati proteomske analize, kjer se je suši izpostavljenih rastlinah zmanjšala vsebnost več proteinov vključenih v fotosintezo. Proteomska analiza nam je omogočila vpogled tudi v ostale procese v rastlini, ki se pri hmelju v sušnih razmerah ravno tako zmanjšajo (metabolizem sladkorjev in dušika), se pa poveča proces odstranjevanja ROS.

V prihodnosti je za smiselno uporabo rezultatov v procesu žlahtnjenja potrebno le-te še nadgraditi.

Zahvala. Delo je bilo financirano s strani ARRS, raziskovalnega programa P4-0077 in programa usposabljanja mladih raziskovalcev.

5 LITERATURA

- Chaves, M. M., Flexas, J., Pinheiro, C. 2003. Understanding plant responses to drought- from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, 30: 239-264
- Čerenak, A., Razinger, J., Drinovec, L., Čremožnik, B., Šuštar – Vozlič, J., Meglič, V. 2010. Physiological response of hop (*Humulus lupulus* L.) plants to drought stress. *Hmeljarski bilten*, 17: 34-43
- Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A., Siddique, K. H. M., 2012. Drought Stress in Plants: An Overview, in: R. Aroca (Ed.). *Plant Responses to Drought Stress From morphological to Molecular Features*, London, pp 1-33
- Gloser, V., Baláž, M., Svoboda, P. 2011. Analysis of anatomical and functional traits of xylem in *Humulus lupulus* L. stems. *Plant, Soil and Environment*, 57: 338-343
- Gloser, V., Balaz, M., Jupa, R., Korovetska, H., Svoboda, P. 2013. The response of *Humulus lupulus* to drought: the contribution of structural and functional plant traits. *Acta Horticulturæ*, 1010: 149-154
- Jupa, R., Baláž, M., Svoboda, P., Gloser, V. 2013. Inherent variability in structural and functional traits of xylem among three hop varieties. *Plant soil environment*, 59 (6): 273-279
- Jupa, R., Plavcová, L., Flamiková, B., Gloser, V. 2016. Effects of limited water availability on xylem transport in liana *Humulus lupulus* L. *Environmental and Experimental Botany*, 130: 22-32
- Korovetska, H., Novák, O., Jůza, O. 2014. Signaling mechanisms involved in the response of two varieties of *Humulus lupulus* L. to soil drying: I. changes in xylem sap pH and the concentrations of abscisic acid and anions. *Plant and soil*, 380: 375-387
- Korovetska, H., Novák, O., Turečková, V., Hájíčková, M., Gloser, V. 2015. Signalling mechanisms involved in the response of two varieties of *Humulus lupulus* L. to soil drying: II. changes in the concentration of abscisic acid catabolites and stress-induced phytohormones. *Plant Growth Regulation*, 1-8
- Mohammadi, P. P., Nouri, M.-Z., Komatsu, S. 2012. Proteome Analysis of Drought-Stressed Plants. *Current Proteomics*, 9: 232-244

Pridobivanje učinkovin za zdravila z gensko spremenjenimi kmetijskimi rastlinami

Zlata LUTHAR⁷⁹

Izvleček

Gensko spremenjene kmetijske rastline (GSKR) se vse pogosteje uporabljajo kot alternativni sistem za pridobivanje komponentnih zdravil, ki imajo številne prednosti pred obstoječimi proizvodnimi sistemi. Prednosti sistema z GSKR so predvsem sposobnost vzbuditve močnejšega imunskega odgovora in dolgoročnega spomina ter nižja cena končnega produkta. Najpogosteje se uporablja celične *in vitro* kulture, liste, korenine, gomolje, plodove in semena. Razvoj je usmerjen na sintezo učinkovin (antigenov), ki se jih zaužije v obliki tablet, v primeru zdravljenja živali pa tudi svežega rastlinskega materiala. Najdlje je razvito pridobivanje antigenov za preprečevanje in zdravljenje nalezljivih, avtoimunih in genetskih bolezni. Kljub velikim dosežkom in opravljenih kliničnih testiranj nobeno od teh zdravil ni prisotno na trgu. Za to bi bilo potrebno odpraviti težave povezane z biološko varnostjo in splošnim mnenjem javnosti o gensko spremenjenih rastlinah.

Ključne besede: genska sprememba, kmetijske rastline, molekulska kmetovanje, sinteza, učinkovine, antigeni, zdravila

Active ingredients production for medicines in genetically modified agricultural plants

Abstract

Genetically modified agricultural plants (GMAP) being increasingly used in an alternative system to produce the component medicines which have numerous advantages over existing production systems. Important advantages of the system including GMAP are ability to stimulate stronger immune response and long term memory as well as lower cost of the final product. The most common production systems are cellular *in vitro* cultures, leaves, roots, tubers, fruits and seeds. The development is focused on the synthesis of active ingredients (antigens), intended to be ingested in tablet form. In the case of treatment of animals, they can be ingested as fresh plant material well as. The acquisition of antigens for the prevention and treatment of infectious, autoimmune and genetic diseases has been most developed. Despite the significant achievements and the clinical tests, none of these medicines is present on the market. To achieve this goal, the problems related to biosafety should be solved and general public opinion towards genetically modified plants should be changed.

Key words: genetic modification, agricultural plants, molecular farming, synthesis, active ingredients, antigens, medicines

1 UVOD

Kmetijske rastline, v katere je bil s pomočjo tehnologije rekombinantne DNA vnešen tuj dedni material, so sposobne tvoriti aktivne učinkovine za zdravila. Rastlinska biotehnologija se že od leta 1970 uspešno uporablja tudi v kmetijstvu za reševanje različnih problemov na nivoju DNA (Koprowski in Yusibov, 2001). Vrsta kmetijsko pomembnih sort je s pomočjo genskega inženiringa odpornejših na škodljivce, viruse, pesticide, sušo, povečano slanost tal itd. Po letu 1990 so se kmetijske rastline, z napredki v molekulske biologiji in genskem inženiringu, začele uporabljati tudi v t.i. molekulskem kmetovanju. To je gojenje rastlin in njihovih delov v bioreaktorjih za sintezo farmacevtsko in medicinsko pomembnih molekul kot so hormoni,

⁷⁹ Dr., Biotehniška fakulteta, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: zlata.luthar@bf.uni-lj.si

encimi, antigeni in monoklonska protitelesa (Ma in Wang, 2012). Tobak je bil v te namene prva gensko spremenjena rastlina (GSR), sposobna sinteze površinskega proteina A (SpaA) iz bakterije *Streptococcus mutans* (Curtis in Cardineray, 1990). Sledila je sinteza površinskega antigena hepatitisa B (HBsAg) v tobaku, solati in lupini (Mason in sod., 1992; Kapusta in sod., 1999), temperaturno odvisne B podenote enterotoksina *Escherichie coli* v tobaku in krompirju (Haq in sod., 1995), antigena G proteina virusa stekline v paradižniku, tobaku in špinači (MacGarvey in sod., 1995; Yusibov in sod., 1997; Modelska in sod., 1998), B podenote toksina kolere v tobaku, koreninah korenja (Daniell in sod., 2001; Kim in sod., 2009) in številne druge (Awale in sod., 2012). Z razvojem rastlinske genetike, molekulske biologije in biotehnologije se je tudi raziskovanje na področju aktivnih učinkovin za zdravila, pridobljenih z gensko spremenjenimi kmetijskimi rastlinami (GSKR), razmahnilo in začelo pridobivati na pomenu. Tako danes obstajajo rezultati uspešnih kliničnih testiranj zdravil z učinkovinami iz GSKR za preprečevanje in zdravljenje večine nalezljivih virusnih in bakterijskih človeških in živalskih bolezni, ki občasno preidejo tudi v epidemije. Vedno več je tudi poskusov pridobivanja antigenov za zdravljenje avtoimunih in genetskih bolezni. Kmetijske rastline se v te namene uporabljajo kot alternativni ekspresijski sistem sinteze antigenov ne samo za pridobivanje komponentnih cepiv, uporabnih za injiciranje (intravenozno, intramuskularno, podkožno), ampak tudi za uživanje v obliki tablet ter svežega rastlinskega materiala za uporabo v veterini.

2 KOMPONENTNA ZDRAVILA PRIDOB LJENA Z GSKR

Komponentna zdravila, ki so sedaj v uporabi, so sestavljena iz očiščenih delov mikroorganizmov, običajno površinskih mikrobnih antigenov, predvsem glikoproteinov in polisaharidov. Njihovo pridobivanje v komercialne namene tradicionalno poteka z GS bakterijskimi (*Escherichia coli*), kvasnimi (*Saccharomyces cerevisiae*) in živalskimi celičnimi kulturami. Vse več se dela na razvoju komponentnih učinkovin, ki nastanejo kot produkt metabolizma rastline, v katero je bil s pomočjo postopkov genskega inženiringa vnešen genski zapis tarčnega proteina. Začetni razvoj pridobivanja komponentnih cepiv z GSKR se je osredotočal na uporabo liofiliziranega rastlinskega tkiva za pripravo zdravil v obliki cepiv in tablet. Od leta 2000 je razvoj usmerjen na komponentna zdravila, ki se jih uporablja z zaužitjem svežega tkiva GSKR, ki izraža antigen patogena, proti kateremu želimo vzbuditi imunski odziv. Terapija zdravljenja pri tem sloni na zaužitju primerne (ekvivalentne) količine sveže banane, paradižnika, korenja, oreščkov, solate, v veterini svežih listov, stebel lucerne, gomoljev krompirja, semen itd., katerih celice vsebujejo antigen za določen patogen. V te namene pridobivanja komponentnih zdravil, so izključno vključene kmetijske rastline, ki jih lahko uživamo sveže, brez predhodnih priprav. Vnos antigena z zaužitjem svežega ali posušenega rastlinskega tkiva, obdanega oz. bioenkapsuliranega s celično steno, omogoča zavarovanje antigena pred hitrim razpadom v prebavnem traktu in upočasnjeno sproščanje v krvni obtok do ciljnega mesta. To vpliva na vzbuditev močnejšega in dolgoročnega imunskega odgovora tudi do enega leta in več kot aplikacija preko injiciranja (Ma in Wang, 2012; Jain in sod., 2013).

3 PREDNOSTI IN SLABOSTI KOMPONENTNIH CEPIV PRIDOB LJENIH Z GSKR

V primerjavi s tradicionalno pridobljenimi komponentnimi zdravili imajo zdravila, pridobljena z GSKR, številne prednosti prikazane v preglednici 1.

Preglednica 1: Primerjava tradicionalnih in z GSKR pridobljenih komponentnih zdravil

Tradicionalna komponentna cepiva	Z GSKR pridobljena komponentna cepiva
GS mikrobnih (bakterijske in kvasne) in živalske celice	GS celice kmetijskih rastlin
prisotnost za ljudi nevarnih nalezljivih agensov (živalske celične kulture)	odsotnost za ljudi nevarnih patogenih agensov
prisotnost nečistoč - toksinov (bakterijske in kvasne celične kulture)	odsotnost toksinov, alergenov
neekonomičen prenos v večje proizvodnje sisteme	cenejše in manj zahtevno pridelovanje, lažji prenos v večje proizvodnje sisteme
zahtevni in dragi pripravljalni in končni procesi	cenejši in lažji pripravljalni in končni procesi
nepravilno zvijanje proteinov, nezadostne post-translacijske spremembe	možnost izražanja velikega števila različnih antigenov, tudi epitopov, izražanja multimernih proteinov
majhna imunogenost (sistemski imunski odgovor)	večja imunogenost (sistemski in spominski imunski odgovor)
odvisnost od sistema hladne verige	neodvisnost od sistema hladne verige, dolgotrajna stabilnost
tveganje za nastanek preobčutljivostnih reakcij, alergij	manjše tveganje za nastanek preobčutljivostnih reakcij
za pacienta neugoden način podkožne aplikacije: intravenozno, inramuskularno	pacientu prijaznejši način aplikacije v primeru zaužitja rastlinskega tkiva
visoka cena, nedostopnost širšemu trgu	nižja cena, večja dostopnost

Izražanje rekombinantnih proteinov v bakterijskih celicah je zaradi nepravilnega zvijanja proteinov pogosto neučinkovito in tudi čiščenje je pogosto težavno zaradi nastanka inkluzijskih teles. Največji problem predstavlja odsotnost glikozilacije. Kvasovke in nekatere celične kulture insektov sicer premorejo določene vrste post translacijskih procesiranj in modifikacij lastne sesalcev. Vendar je uporaba teh celic omejena zaradi razlik v post translacijskih vzorcih, ki pomembno vplivajo na imunogenost nastalih proteinov (Chen et al., 2005; Tiwari in sod., 2009). Med problemi, povezanimi s pridobivanjem cepiv s tradicionalnimi proizvodnimi sistemi, so pogosto omenjeni tudi: odvisnost teh cepiv od sistema hladne verige, ki se uporablja za njihovo shranjevanje in transport pod točno določenimi pogoji in tveganje za nastanek preobčutljivostnih reakcij ter neprijeten postopek aplikacije za pacienta (Goldblatt in Ramsay, 2003; Franklin in Mayfield, 2005; Park in sod., 2005; Kumar in sod., 2013; Pirkoohi in Zibae, 2013).

Rastline kot evkariontski organizmi sintetizirajo proteine na podoben način kot sesalci, z določenimi modifikacijami (npr. glikozilacijski vzorec) in so zmožne sintetizirati tudi kompleksne proteine, ki vsebujejo pravilne post-translacijske modifikacije, kot je na primer vsebnost disulfidnih mostičkov ali glikozilacijskih značk. Ker so post-translacijske modifikacije ključne za biološko aktivnost proteinov, je biološka aktivnost z GSKR pridobljenih proteinov dobro ohranjena (Ma in Wang, 2012; Alvarez in sod., 2014).

S križanjem dveh rastlinskih linij, ki vsebujeta različna antigena, je možno pridobiti sestavljena komponentna cepiva. Ta omogočajo hkratno prepoznavanje več kot le enega antigena na površini celic imunskega limfnega sistema (mikrofold celice), ki ščitijo pred večimi različnimi patogeni ali pred več različnimi sevi istega patogena. Primer sestavljenega cepiva za hkratno zdravljenje večih bolezni je kombinacija zdravila virusa humane imunske pomanjkljivosti (HIV) in virusa hepatitisa B (HBV) ter kombinacija večih virusom podobnih

delcev, antigenov za zdravljenje kolere in hepatitisa B pridobljenih v tobaku in repnjakovcu (Greco in sod., 2007; Gunn in sod., 2012).

V primeru zaužitja svežega rastlinskega tkiva bioenkapsulacija (antigen izražen v celici s celično steno) omogoča tudi zakasnjeno sproščanje antigena v prebavilih in prenos v krvni obtok. Ključna problema teh zdravil sta standardizacija odmerka vnešenega v organizem, saj se ne da določiti, koliko od antigena, vsebovanega v svežem tkivu, bo dejansko vstopilo v krvni obtok in razgraditev antigena, zaradi kislega okolja v prebavnem traktu (Guan in sod., 2013; Zhou in sod., 2014).

4 RASTLINSKI PROIZVODNI SISTEMI ZA PRIDOBIVANJE ZDRAVILNIH UČINKOVIN

Večina antigenov je bila do sedaj izražena v listnem tkivu, sledijo *in vitro* kulture celičnih suspenzij in koreninski laski, gomolji, plodovi in semena.

Uporaba celičnih suspenzij za pridobivanje antigenov za proizvodnjo zdravil, gojenih na preprostih in poceni gojiščih, znižuje proizvodne stroške in končno ceno zdravila. Najpogosteje uporabljane so celične kulture tobaka *Nicotiana tabacum* BY-2 in *N. tabacum* NT-1 ter paradižnika, ki so znane po hitri rasti, sprejemljivosti za transformacijo z *Agrobacterium tumefaciens* in možnosti sinhronizacije celičnega cikla (Shekhawat in sod., 2010; Tang in Page, 2013; Alvarez in sod., 2014).

Kulture koreninskih laskov se pridobijo s transformacijo z *Agrobacterium rhizogenes*. Njihova genetska stabilnost omogoča pridobivanje željenega antigena za daljše časovno obdobje. Večja kot v bakterijskih in kvasnih celicah je tudi ustreznost glikozilacije in zvijanja proteinov. Gojenje teh kultur v kontroliranih razmerah bioreaktorjev omogoča enostavno povečanje pridobivanja željenega proteina na industrijskem nivoju v skladu z dobro proizvodno prakso (Alvarez in sod., 2014; Singh in sod., 2015).

Med rastlinami, pri katerih prevladujejo del biomase predstavljajo listi, se za izražanje antigenov največ uporabljata tobak (*N. tabacum* in *N. benthamiana*) in lucerna. Prednosti tobaka so v obstoju različnih tehnik genskega prenosa, tako v jedrni kot kloroplastni genom, visok pridelek biomase, velik potencial razmnoževanja in obstoj številnih tehnik in metod za ekstrakcijo proteinov. Največjo oviro pa predstavlja vsebnost nikotina, predvsem v svežem tkivu (Kumar in sod., 2007). V primeru izražanja eksendina za potencialno cepivo proti diabetesu so v izogib s tem povezanimi težavami uporabili *N. benthamiana* z znižano vsebnostjo alkaloidov. Ker tobak ni del prehrane sesalcev, ni nevarnosti za prehod GS tkiva v prehransko verigo (Kumar in sod., 2007; Jain in sod., 2013; Choi in sod., 2014).

Lucerna spada med metuljnice z zelo velikim pridelkom biomase in nima znanih bližnjih sorodnikov s katerimi bi se lahko križala ter ne vsebuje za sesalce škodljivih toksinov, alergenov ali patogenih organizmov. Lucerna ima veliko regeneracijsko sposobnost in se jo lahko prideluje na isti površini tudi do pet let, v listih pa se rekombinantni protein naloži v visoki koncentraciji. Poleg tega je dobro poznana metodologija sušenja, kar je zelo bistveno za ohranitev rekombinantnih proteinov. Pomanjkljivosti zelnatih rastlin so pogosta nestabilnost vodotopnih proteinov v celicah in možno vključevanje izraženih proteinov v rast in razvoj rastline (Dong in sod., 2005; Kumar in sod., 2007; Aguirreburualde in sod., 2013).

Od sadja je banana opredeljena kot idealna rastlinska vrsta za pridobivanje antigenov za zdravila, ki bi se jih lahko zaužilo. V tropskem in subtropskem pasu se jo goji skozi celo leto, razmnožuje se vegetativno, njen plod pa se lahko uživa surov, brez predhodnih priprav. Čeprav je vsebnost antigena v plodovih banane običajno manjša (okrog stotinke odstotka), jo je mogoče povečati z uporabo banani lastnih, endogenih promotorjev ali močnih promotorjev

in uporabo nukleotidnih zaporedij za usmerjanje proteina v posamezne celične organele (Kumar in sod., 2007).

Med poljščinami in zelenjadnicami so najpogostejše uporabljene rastline za transformacijo v namene pridobivanja antigenov: krompir, paradižnik, solata, korenje in kumarice. Za molekulsko kmetovanje je posebno primeren krompir, zaradi sprejemljivosti za transformacijo z *A. tumefaciens*, relativno kratkega generacijskega časa, možnosti klonskega razmnoževanja, ki omogoča pridobivanje stabilnih transgenih linij, dostopnosti tkivno-specifičnih promotorjev, zmožnosti oblikovanja mikrogomoljev ter hranjenja in obstojnosti skozi daljše časovno obdobje brez predhodne priprave. Rekombinantni proteini, izraženi v gomoljih, med skladiščenjem ostanejo nepoškodovani (Chen in Liu, 2011).

Prednosti pridobivanja antigenov s paradižnikom so večja okusnost plodu v primerjavi s krompirjem, velik pridelek biomase in primernost za gojenje v sistemu tople grede (Kumar in sod., 2007).

Od žit se za izražanje antigenov najpogostejše uporablja zrnje koruze in riža, predvsem za antigene, namenjene za cepiva v veterini, od stročnic pa semena boba in soje (preglednica 2). Od ostalih rastlin se pogosto uporabljajo oreščki in v biotehnologiji modelna rastlina repnjakovec.

Seme je tisti organ rastline, ki omogoča akumulacijo proteina v relativno majhnem in stabilnem okolju. Ena glavnih prednosti semen pred ostalimi organi je stabilnost izraženih proteinov tudi pri shranjevanju na sobni temperaturi, ki le minimalno vpliva na njihovo aktivnost (Boother in sod., 2010). Delovanje disulfid-izomeraz v razvijajočih se semenih omogoča pravilno zvijanje proteina. Zaradi odsotnosti proteaz (posebno v endospermu) pa so tako izraženi proteini zaščiteni pred razgradnjo (Alvarez in sod., 2014). Enostavnost semenskega proteoma omogoča lažje zaključne postopke (Kumar in sod., 2007), prav tako prisotnost manjše količine fenolov, alkaloidov in kislin, ki motijo procese čiščenja proteinov. Prisotnost olj v semenih, kot je npr. oljna ogrščica, se lahko izkoristi za lažje čiščenje proteina preko njegove fuzije z oleozini (Kumar in sod., 2007; Alvarez in sod., 2014). V semenih je mogoče povečati sintezo antigenov tudi z uporabo specifičnih endogenih promotorjev.

Preglednica 2: Nekateri antigeni izraženi v semenih GS kmetijskih rastlin

Antigen	Seme GSR	Referenca
plaščni protein Norwalk virusa (NDV)	Koruza	Guererro-Andrade in sod. (2006)
B podenota temperaturno odvisnega enterotoksina <i>E. coli</i>	Soja	Moravec in sod. (2007)
Kolagen tipa II, peptid 250-270 (CII ₂₅₀₋₂₇₀)	Riž	Hashizume in sod. (2008)
B podenota toksina kolere (CTB)	Tobak	Tiwari in sod. (2009b)
Sintetična B podenota toksina kolere (CTB)	Koruza	Karaman in sod. (2012)
G protein virusa stekline	Koruza	Loza-Rubio in sod. (2012)
Glikoprotein prašičjega respiratornega in reprodukcijskega sindroma	Repnjakovec	Piron in sod. (2014)
Epitop A1aB1b podenote glicinina	Soja	Maruyama in sod. (2014)
Površinski antigen hepatitisa B	Koruza	Hayden in sod. (2015)

5 SKLEPI

V zadnjih letih je področje molekulskega kmetovanja in pridobivanja rekombinantnih zdravil z GS kmetijskimi rastlinami doživelo velik razcvet. Uspešno so bili opravljeni številni poskusi povečanja izražanja antigenov za zdravljenje nalezljivih bakterijskih in virusnih bolezni ter

zdravljenje avtoimunih in genetskih bolezni. S križanjem dveh rastlinskih linij, ki sintetizirata različne sestavine za zdravilo, je možno pridobiti sestavljena komponentna zdravila. Ta omogočajo hkratno prepoznavanje več kot le enega antigena in ščitijo pred večimi različnimi patogeni ali sevi istega patogena. Kljub nekaterim uspešnim kliničnim testiranjem nobeno od zdravil, pridobljeno z GSKR, ni prisotno na trgu. Leta 2006 je bilo pridobljeno dovoljenje in licenca za cepivo proti atipični kokošji kugi, osnovano na hemaglutininu, pridobljenem s suspenzijsko celično linijo transgenega tobaka, leta 2012 pa cepivo z β -glukuronidazo iz celičnih kultur GS korenja za zdravljenje Gaucherjeve bolezni. Proizvajalca omenjenih zdravil trenutno ne kažeta interesa po komercializaciji.

6 LITERATURA

- Alvarez, M.A. 2014. *Molecular Farming in Plants*. V: *Plant biotechnology for health – from secondary metabolites to molecular farming*. 1st edition. Springer International Publishing: 81-109
- Boothe, J., Nykiforuk, C., Shen, Y., Zaplachinski, S., Szraka, S., Kuhlman, P., Murray, E., Morck, D., Moloney, M.M. 2010. Seed-based expression systems for plant molecular farming. *Plant Biotechnology Journal*, 8: 588-606
- Chen, X., Liu, J. 2011. Generation and immunogenicity of transgenic potato expressing the GP5 protein of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Journal of Virological Methods*, 173: 153-158
- Curtis, R.I., Cardineray, C.A. 1990. World patent App WO 90/02484.
- Daniell, H., Lee, S.B., Panchal, T., Wiebe, P.O. 2001. Expression of the native cholera toxin B subunit gene and assembly as functional oligomers in transgenic tobacco chloroplasts. *Journal of Molecular Biology*, 311, 5: 1001-1009
- Dong, J.L., Liang, B.G., Jin, Y.S., Zhang, W.J., Wang, T. 2005. Oral immunization with pBsVP6-transgenic alfalfa protects mice against rotavirus infection. *Virology*, 339: 153-163
- Greco, R., Michel, M., Guetard, D., Cervantes-Gonzalez, M., Pelucchi, N., Wain-Hobson, S., Sala, F., Sala, M. 2007. Production of recombinant HIV-1/HBV virus-like particles in *Nicotiana tabacum* and *Arabidopsis thaliana*. *Vaccine*, 25: 8228-8240
- Gunn, K.S., Singh, N., Giambrone, J., Wu, H. 2012. Using transgenic plants as bioreactors to produce edible vaccines. *Journal of Biotech Research*, 4: 92-99
- Guan, Z.J., Guo, B., Huo, Y.L., Guan, Z.P., Dai, J.K., Wei, Y.H. 2013. Recent advances and safety issues of transgenic plant-derived vaccines. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97: 2817-2840
- Haq, T. A., Mason, H. S., Clements, J. D., Arntzen, C. J. 1995. Oral immunization with a recombinant bacterial antigen produced in transgenic plants. *Science*, 268, 5211: 714-716
- Jain, A., Saini, V., Kohli, D.V. 2013. Edible transgenic plant vaccines for different diseases. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 14, 5: 1-21
- Kapusta, J., Modelska, A., Figlerowicz, M., Pniewski, T., Letellier, M., Lisowa, O., Yusibov, V., Koprowski, H., Plucienniczak A., Legocki A.B. 1999. A plant-derived edible vaccine against hepatitis B virus. *FASEB Journal*, 13: 1796-1799
- Kim, Y.S., Kim, M.Y., Kim, T.G., Yang, M.S. 2009. Expression and Assembly of Cholera Toxin B Subunit (CTB) in transgenic carrot (*Daucus carota* L.). *Molecular biotechnology*, 41: 8-14
- Koprowski, H., Yusibov, V. 2001. The green revolution: plants as heterologous expression vectors. *Vaccine*, 19: 2735-2741
- Kumar, G.B.S., Ganapathi, T.R., Srinivas, L., Bapat, V.A. 2007. Plant molecular farming: host systems, technology and products. V: *Applications of Plant Metabolic Engineering*. Verpoorte R., Alfermann A.W., Johnson T.S. (eds.) 1st ed. Springer Netherlands, Springer Science+Business Media B. V.: 45-77
- Ma, S., Wang, A. 2012. *Molecular Farming in Plants: An Overview*. V: *Molecular Farming in Plants: Recent Advances and Future Prospects*. Ma S., Wang A. (eds.) 1st ed. Springer Netherlands, Springer Science+Business Media B.V.: 1-2

- Mason, H. S., Lam, D. M.K., Arntzen, C. J. 1992. Expression of hepatitis B surface antigen in transgenic plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 89: 11745-11749
- Shekhawat, U.K.S., Ganapathi, T.R., Srinivas, L. 2010. Expression of hepatitis B small surface antigen in *Santalum album* embryogenic cell suspension cultures. *Biologia Plantarum*, 54, 4: 720-724
- Singh, A., Srivastava, S., Chouksey, A., Singh, Panwar, B., Verma, P.C., Roy, S., Singh, P.K., Saxena, G., Tuli, R. 2015. Expression of rabies glycoprotein and ricin toxin B chain (RGP-RTB) fusion protein in tomato hairy roots: a step towards oral vaccination for rabies. *Molecular Biotechnology*, 57: 359-370
- Tang, W., Page, M. 2013. Inducible expression of Norwalk virus capsid protein gene in plant cell suspension cultures. *In Vitro Cellular and Developmental Biology- Plant*, 49:129-136
- Zhou, Y., Hao, W., Zhao, Q., Chen, Y.D., Chen, Y.H., Tao, Y., Bai, H.X. 2014. Recent advances in transgenic plant-derived vaccines. *Medicinal Plant*, 5, 3: 57-60
- Haq, T. A., Mason, H. S., Clements, J. D., Arntzen, C. J. 1995. Oral immunization with a recombinant bacterial antigen produced in transgenic plants. *Science*, 268, 5211: 714-716

Ostala literatura, ki ni na seznamu, je na razpolago pri avtorici.

Review of the properties of soil-forming factors in continental Croatia and their impact on soil suitability for agriculture

Vedran RUBINIĆ⁸⁰, Ivan MAGDIĆ⁸¹, Nicole MUSULIN⁸², Stjepan HUSNJAK⁸³

Abstract

Soil properties are generally considered to vary with the five soil-forming factors: parent material, climate, organisms, time, and topography. Accordingly, the suitability of soils for agriculture depends primarily on the interplay of these factors. Therefore, the goal of this review was to highlight the main features of the soil-forming factors and to assess their influence on the suitability of soils in continental Croatia, as the most important agricultural region in the country. Our research outlined the basic properties of the five soil-forming factors across continental Croatia and showed how they affect the suitability of soils for agriculture. We found that, generally, soil suitability increases from the west to the east of the area. This appears to be mainly due to the precipitation gradient and the relief dynamics. These two factors were crucial also for the distribution and the properties of unconsolidated sedimentary parent materials across the area, thus affecting the soil suitability even more severely. Consequently, we recognized climate, relief, and parent material as the soil-forming factors with major impacts on agricultural suitability of soils in continental Croatia.

Key words: Soil-forming factors, Continental Croatia, Soil suitability, Pannonian region, Holocene parent materials

Pregled lastnosti tlotvornih dejavnikov v celinski Hrvaški in njihov vpliv na primernost tal za kmetijstvo

Izvelek

Lastnosti tal so odvisne od petih tlotvornih dejavnikov: matične kamnine, podnebja, časa in topografije. Poleg tega pa je primernost tal za kmetijstvo odvisna predvsem od medsebojnega vpliva teh dejavnikov. Cilj prispevka je osvetliti glavne značilnosti tlotvornih dejavnikov in za oceniti njihov vpliv na primernost tal celinske Hrvaške, kot najpomembnejše kmetijske regije v državi. Orisali smo osnovne lastnosti petih tlotvornih dejavnikov v celinski Hrvaški in pokazali kako vplivajo na primernost tal za kmetijstvo. Ugotovili smo, da se v glavnem primernost tal povečuje od zahoda proti vzhodu regije. To naj bi bilo v glavnem zaradi gradienta padavin in dinamike reliefa. Ta dva dejavnika sta ključnega pomena tudi za razporeditev in lastnosti matične kamnine kar vpliva na primernost tal še bolj izrazito. Ugotovili smo, da so podnebje, relief in matična kamnina tlotvorni dejavniki z največjim vplivom na primernost tal za kmetijstvo v celinski Hrvaški.

Ključne besede: tlotvorni dejavniki, celinska Hrvaška, primernost tal, Panonska regija, holocenski matični material

1 INTRODUCTION

Soil is that portion of the solid crust of the earth, the properties of which vary with the five soil-forming factors: parent material, climate, organisms, time, and topography (Jenny, 1994). Parent material, as the initial state of the soil system (Jenny, 1994), is one of the most widely

⁸⁰ Assist. prof., PhD, University of Zagreb Faculty of Agriculture, Soil Science Department, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia, e-mail: vrubinic@agr.hr

⁸¹ Mag. ing. agr., University of Zagreb Faculty of Agriculture, Soil Science Department, , e-mail: imagdic@agr.hr

⁸² Univ. bacc. ing. agr., student at the University of Zagreb Faculty of Agriculture, e-mail: nicole.musulin@gmail.com

⁸³ Full prof., PhD, University of Zagreb Faculty of Agriculture, Soil Science Department, e-mail: shusnjak@agr.hr

studied soil-forming factors (e.g., Rubinić et al., 2015a). Climate determines types and rates of soil-forming processes, with precipitation and air temperature considered as the most important climate parameters (e.g., Rubinić et al., 2014). Organisms are closely related to climate conditions (Husnjak, 2014). Vegetation is the focus of most pedogenetic studies related to organisms (e.g., Kraus et al., 2003). Since soils change with time and undergo a process of evolution, time itself also must be considered as a soil-forming factor (Jenny, 1994). Numerous efforts have been made to determine the age of soils and the duration of soil-forming processes (e.g., Sauer et al., 2009). Finally, the topography modifies the climate and the distribution of water on/in the soil, affecting soil erosion. Hence, the effect of topography on soil development has been also extensively studied (e.g., Griffiths et al., 2009). In line with the above, the suitability of soils for agricultural (and other) purposes depends primarily on the interplay of the soil-forming factors. Although they are largely pre-set and stable in a given environment, soil-forming factors eventually change. Generally, these changes occur over long periods of time. However, due to the continuously increasing human impact on the environment and the ever more pronounced shifts in world's climate, the rates and magnitudes of these changes have also increased (Husnjak et al., 2011).

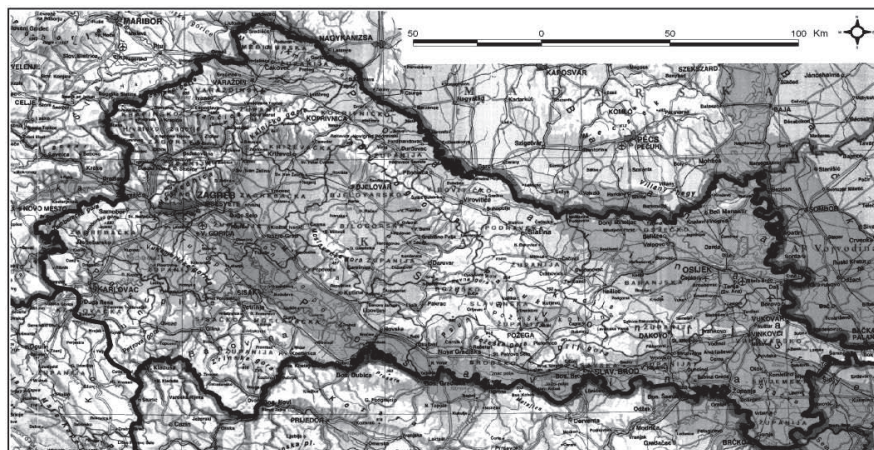


Figure 1: Study area - continental Croatia

Because soils are a highly important natural resource (Husnjak et al., 2011), knowing the characteristics of soil-forming factors is also important. Thereby, our goal was to highlight the main features of the soil-forming factors (topography, soil parent material and its age, climate and vegetation) in continental Croatia (CC) (Fig. 1). Because this part of Croatia, which covers 46% of the territory, is the most important agricultural region of the country (Bašić et al., 2001), our goal was also to assess the actual influence of soil-forming factors on agricultural soil suitability. Since several studies recognized the importance of precipitation gradient for the formation of soils in CC (Janeković, 1971; Bogнар, 1978; Rubinić et al., 2015b), we assessed and interpreted soil suitability in particular relation to this gradient.

2 MATERIALS AND METHODS

The paper reviews literature on main characteristics of natural soil-forming factors and basic principles of soil formation, both in general and in CC. Key groups of soil parent materials are

recognized and mapped (Fig. 2) in line with Bogunović et al. (1996) and Husnjak (2014). Rough values of mean annual air temperature (MAT) and mean annual precipitation (MAP) are presented graphically according to Zaninović et al. (2008) (Fig. 3). Generalized agricultural soil suitability is assessed and mapped (Fig. 4) in line with FAO (1976) and Bogunović et al. (1996). On the soil suitability map, the following groups of soils are recognized: soils that enable sustained agricultural use, which yields benefits that justify the inputs without unacceptable risks of damage to land resources (order of suitable soils); soils with limitations that may be surmountable in time, but cannot be corrected with existing knowledge at currently acceptable cost (class of currently not suitable soils – N1), and soils with limitations that appear so severe, as to preclude any possibilities of successful sustained use of the land (class of permanently not suitable soils – N2). Although no distinction among the classes of highly (S1), moderately (S2), and marginally (S3) suitable soils is made on the map, the percentages of land area covered by these classes is calculated and presented for three different zones in the Table 1. The borders between these zones were delineated according to Zaninović et al. (2008) and Rubinić et al. (2015b), so to divide the areas with different amounts of MAP: eastern zone (EZ), central zone (CZ), and western zone (WZ) with 600-800, 800-900, and 900-1100 mm of MAP, respectively (Fig. 4). These zones roughly cover the following land surfaces: WZ = 923.000 ha, CZ = 1.145.000 ha, EZ = 870.000 ha.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Regional features of topography, hydrology, and soil parent materials

CC represents the southwestern edge of the Pannonian (Carpatian) Basin (Fig. 1). Only at the east of CC one finds the Pannonian plane *sensu stricto*. Namely, from the Slavonian mountains (Psunj, Požeška gora, Dilj, Papuk, Krndija) further to the west, larger lowlands are found mainly along the rivers. At the west and the northwest of CC, Pannonian area grades into the Alpine area (Roglić, 1974). Hence, the highest mountains are found here (Fig. 1).

Geologically, CC is built primarily by igneous, clastic, and metamorphic rocks of Precambrian, Paleozoic, and Cenozoic age, and secondarily by limestones and dolomites (Velić et al., 2009). However, most of these rocks do not occur as soil parent materials, because they are covered by younger deposits of Neogene and, especially, Quaternary age (Velić et al., 2009). Hence, the two dominant geomorphic units in CC are the Holocene terraces and the Pleistocene terraces (Bašić et al., 2001) (Fig. 2).

3.1.1 HOLOCENE TERRACES

Most Holocene terraces form the lowest part of CC, ranging from 80 to 120 m a.s.l. and comprising river valleys formed by Sava, Drava, and Danube (and their tributary streams) (Fig. 1). These terraces are built from several layers of alluvial deposits, which vary in thickness and particle size distribution (Bašić et al., 2001). Furthermore, chemical properties of these soil parent materials are highly variable across the study area (see Husnjak, 2014).

Importance of Sava, Drava, and Danube for formation and properties of alluvial deposits, as well as for relief modeling, is further elaborated in line with Roglić (1974, 1975). Sava, as an Alpine river, brings abundant gravel to the western CC. Since parts of these deposits are transported further, the riverbed gradually loses depth. In turn, meanders and wetlands develop (Fig. 1). Furthermore, the left-hand Sava tributaries mainly flow through lowlands, carrying mud-sized particles. Because their riverbeds are lower than that of Sava, they largely

flow parallel to Sava and deposit the mud along the valleys. Hence, these fluvial sediments generally form poorly permeable, clayey soil parent materials. Similar to Sava, Drava is also an Alpine river that carries abundant gravel. Due to that, the riverbed gradually becomes shallower downstream. Consequently, the tributaries flow parallel to Drava over significant distances and, especially downstream from the mouth of Mura, Drava valley may be flooded or swampy. At the eastern border of CC, Drava flows into Danube (Fig. 1). However, due to high water levels of the Danube, the stream of Drava is somewhat withheld. Occasionally, Danube can even flow into Drava. Such conditions at the Drava estuary resulted with the formation of the Kopački Rit wetland (Fig. 1).

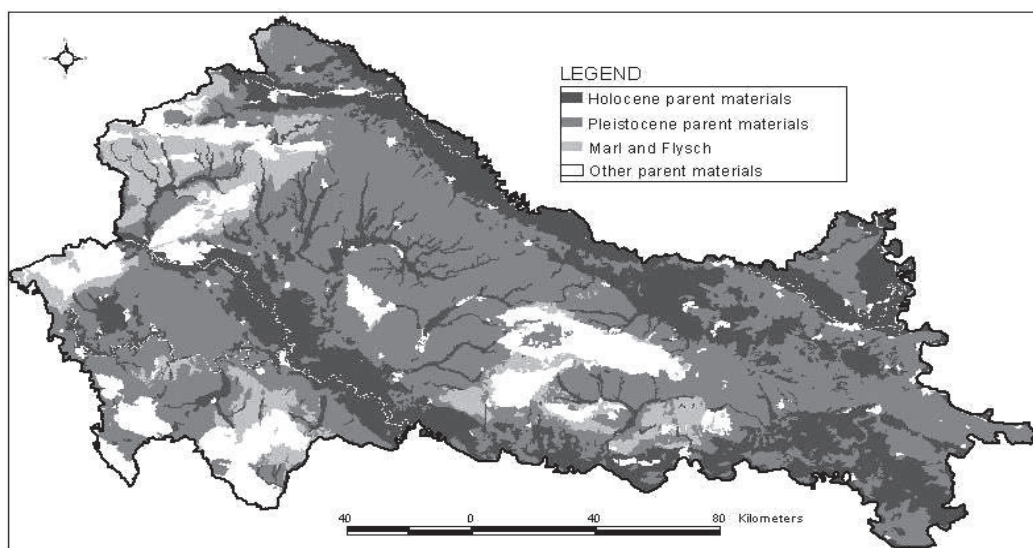


Figure 2: Dominant groups of soil parent materials in continental Croatia

Map is modified after Bogunović et al. (1996) and Husnjak (2014). Holocene parent materials comprise largely fluvial deposits (gravels, sands, loams, and clays); Pleistocene parent materials comprise largely typical loess and loess derivatives; Other parent materials comprise largely limestones and dolomites, sandstones, gneiss, shales, and conglomerates (for simplicity, sporadic water bodies and settlements are also mapped within this unit).

Besides the alluvial deposits, also aeolian sands, marsh deposits, and colluvial-proluvial deposits can be found across CC sporadically. These are described further according to Velić et al. (2009). Aeolian sands were first deposited as fluvial sediments of the rivers Drava and Mura, only to be transported later over short distances by northern winds. Marsh deposits are usually associated with marsh loess, and comprise mostly clay and clay silt with organic matter. Colluvial-proluvial deposits are often found at the bottom of the hills, and their properties are extremely variable.

The soils on alluvial and colluvial parent materials are the youngest soils in CC. Among these, especially recent are the erosional/colluvial soils on steep terrains and the alluvial soils on continuously flooded areas. Namely, their pedogenesis is regularly interrupted by cycles of erosion and deposition of new sediments, which then become new soil parent materials.

3.1.2 PLEISTOCENE TERRACES

Most Pleistocene terraces are between 100 and 200 m a.s.l. Although fluvial Pleistocene deposits exist in CC (Velić et al., 2009), wind-borne deposits are far more widespread. Most of CC is covered by loess facies (Fig. 2): primarily by loess derivates, secondarily by typical loess, and sporadically by brown loess (Haase et al., 2007; Husnjak, 2014; Rubinić et al., 2015b). In Croatia and some surrounding countries, loess derivates are often referred to as Pleistocene loams (e.g., Bašić et al., 2001). Generally, loess facies in CC are found everywhere, except on the mountains and in the river valleys (see Figs. 1 and 2).

At the east, Pleistocene terraces are large, almost completely flat, and low. To the west, they are mainly preserved as loamy cover-beds, which are found on the bases of hills/mountains made from Tertiary deposits (Bašić et al., 2001). Consequently, from the east to the west, Pleistocene terraces get progressively ragged and interspersed by ditches or streams (Roglić, 1974; Bašić et al., 2001; Rubinić et al., 2015b). Janeković (1971) and Bognar (1978) recognized that, from the east to the west of CC, typical calcareous loess grades first to non-calcareous brown loess, and then to pseudogleyed aeolian sediments (i.e., loess derivates). Accordingly, the permeability of soil parent materials decreases in the same direction. Moreover, Rubinić et al. (2015b) determined that, from the east to the west of CC, pH and base saturation of Pseudogley soils on Pleistocene parent materials decrease.

Because CC was not affected by permafrost during the last glacial (see Renssen and Vandenberghe, 2003), the age of its Pleistocene terraces may be labeled according to FAO (2006) as IPf (late Pleistocene, no periglacial impact) or IPp (late Pleistocene, periglacial, commonly recent soil formation on preweathered materials). Thereby, we infer that soil formation on Pleistocene terraces in CC began after that age and continued through Holocene.

3.2 Regional features of climate and vegetation

General climate conditions in CC are reported according to Zaninović et al. (2008). Climate is moderate continental, largely humid (semihumid to semiarid only in the most eastern part of the region). Mountains aside, mean annual, winter, and summer air temperatures in the region are 11°C, -1°C, and 21°C, respectively. However, at the most eastern part and in the city of Zagreb, MAT is around 12 °C (Fig. 3).

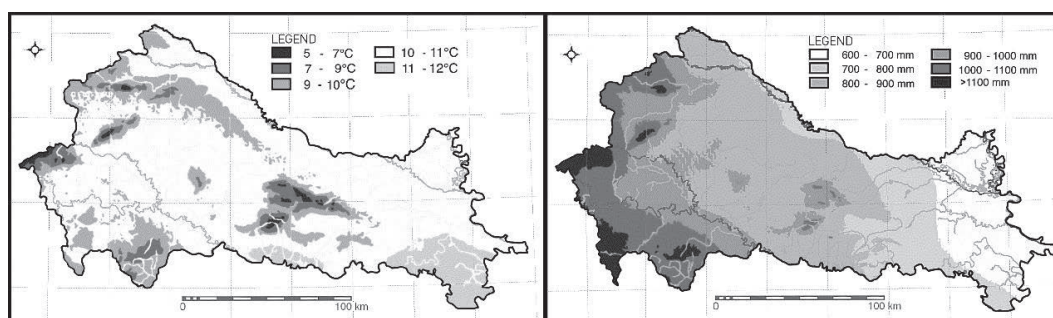


Figure 3: Maps with mean values of annual air temperature (in °C) and annual precipitation (in mm) across continental Croatia. Maps are simplified after Zaninović et al. (2008).

Excluding the mountain areas, MAP increases from the east to the west (Fig. 3). On average, precipitation is the lowest in late winter and the highest in late spring and early summer. In winter and in summer, almost whole CC receives the same amount of precipitation (100-200 mm and 200-300 mm, respectively). Therefore, the differences in MAP are due to decreasing amounts of precipitation from the west to the east during spring and autumn. Since in these two seasons the evapotranspiration is much lower than in summer, these differences are especially prominent. Evapotranspiration is lower than the potential evapotranspiration only during summer, so this is when draughts may occur.

Under the above-described climatic conditions, general vegetation cover across CC is as follows. Forest community of sessile oak and hornbeam (*Epimedio-carpinetum betuli*), as the climax vegetation in the region, is the prevailing natural cover across the Pleistocene terraces (Bašić et al., 2001). According to Rauš et al. (1992), *Epimedio-carpinetum betuli* is widely distributed across hills, lower mountains, and bases of higher mountains (i.e., up to about 500 m a.s.l.). While this forest community is especially widespread in the central part of CC, towards the east it gradually mixes with the community of Italian oak and Austrian oak (*Quercetum frainetto - cerris*) (Roglić, 1974; Roglić, 1975). Within these dominant forest communities, also other tree or shrub species thrive - *Prunus avium*, *Acer campestre*, *Acer pseudoplatanoides*, *Fagus sylvatica*, *Crataegus* sp., *Euonymus europaea*, *Lonicera caprifolium*, *Fraxinus ornus*, etc. (Rauš et al., 1992). In general, higher hills and mountains are covered by the European beech (*Fagus sylvatica*), while the lowlands (Holocene terraces) are covered by Pedunculate oak (*Quercus robur*) (Roglić, 1974). If flooded, these lowlands are usually characterized by mixed forest of *Populus* sp., *Salix* sp., *Ulmus* sp., *Fraxinus* sp. and *Quercus robur* (Roglić, 1974). However, many lowlands (especially those along Sava) are affected by intensive agriculture and hydro-ameliorations. Finally, natural vegetation in CC is often replaced by crops, vineyards, orchards, meadows, or pastures (see Husnjak, 2014).

3.3 Generalized agricultural suitability of soils in continental Croatia

Most of CC is occupied by soils that are suitable for agriculture (Fig. 4, Table 1). However, around 19%, 15%, and 2% of CC is covered by N1 soils, N2 soils, and water bodies or settlements, respectively. Distribution of unsuitable soils is largely governed by variations of soil-forming factors across the region. Hence, an overview of soil suitability across the three MAP zones, along with its relation to soil-forming factors, is further presented and discussed.

Table 1: Soil suitability for agriculture across zones with different mean annual precipitation (MAP) in continental Croatia

Soil suitability class	WZ - western zone (900-1100 mm MAP)	CZ - central zone (800-900 mm MAP)	EZ - eastern zone (600-800 mm MAP)
	%		
S1 – highly suitable	25	20	55
S2 – moderately suitable	19	53	28
S3 – marginally suitable	49	39	12
N1 – currently not suitable	18	27	55
N2 – permanently not suitable	30	50	20

Distribution of classes is calculated according to Bogunović et al. (1996), in respect to the total soil area (soils cover 98% of continental Croatia, while water bodies and settlements cover the remaining 2%).

Most N1 soils are in the EZ (Table 1, Fig. 4). Generally, this is due to abundance of comparatively large lowlands in the eastern CC (Fig. 1). Namely, these lowlands are covered mainly by Holocene fluvial deposits (Fig. 2), many of which are clayey and significantly affected by floods, surface water stagnation, and/or high groundwater (see Husnjak, 2014). However, besides Holocene parent materials, Pleistocene parent materials are widespread in the EZ, as well. These Pleistocene materials mostly comprise silty, fertile, typical loess, which forms level terraces just above the reach of flood and groundwater (Section 3.1). Consequently, most of the total land area covered by the S1 soils in CC is in the EZ (Fig. 4, Table 1). Also, the smallest portions of both S3 and N2 soils are found in the EZ (12% and 20%, respectively) (Fig. 4, Table 1). Moreover, the abundance of S3 soils increases from the EZ to the WZ (Table 1). In fact, most of the suitable soils in the WZ are only marginally suitable. Further, within the WZ, the unsuitable soils fall mostly into the N2 class (Fig. 4).

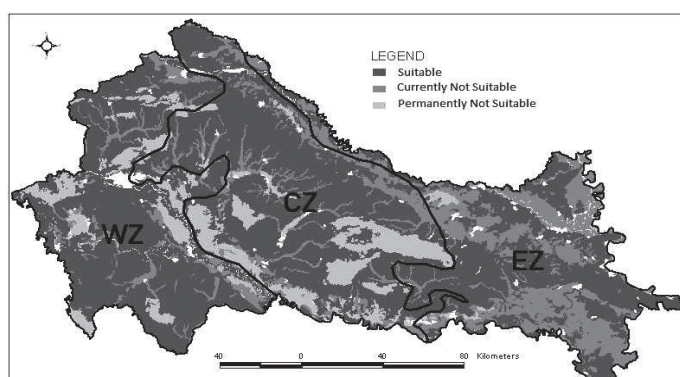


Figure 4: Generalized soil suitability for agriculture in continental Croatia

Map is modified after Bogunović et al. (1996). Suitable soils comprise highly (S1), moderately (S2), and marginally (S3) suitable soils. Currently not suitable soils (N1) are differentiated from permanently not suitable soils (N2). White areas are water bodies or settlements. WZ, CZ, and EZ designate western, central, and eastern zone with about 900-1100 mm, 800-900 mm, and 600-800 mm of mean annual precipitation, respectively.

Apparently, soil suitability generally decreases from the east to the west. Such trend corresponds to increases in both MAP (Fig. 3) and relief dynamics (Fig. 2). MAP and relief further influenced distributions and properties of soil parent materials across CC. Namely, in the WZ and the CZ, fertile loess cover was often eroded from slopes and accumulated in valleys. Subsequently, these valleys were flooded and loess was covered by fluvial sediments of varying particle size distributions (Section 3.1). In many river valleys, due to stagnation of surface water and/or high groundwater levels, the surplus of soil water is also present. Finally, the parts of the WZ and the CZ in which Pleistocene parent materials are preserved (e.g., plateaus) are largely degraded by typical soil-forming processes in humid environments - decalcification, acidification, lessivage, and pseudogleization (see Rubinić et al., 2015b).

In spite the decreasing soil suitability from the east to the west, the highest portion of N2 soils is found in the CZ, and not the WZ (Table 1, Fig. 4). This is primarily due to the specific combination of the highly dynamic relief (Fig. 2) and the abundance of clayey fluvial deposits along the Sava valley in central CC (see Husnjak, 2014). However, one should note that the CZ has about 20% larger surface than the WZ (see Section 2), so the difference in the abundance of N2 soils between the two zones is somewhat amplified.

4 CONCLUSIONS

Our research showed that suitability of soils for agriculture increases from the west to the east of CC. This seems to be directly due to corresponding decrease in both the amounts of MAP and the dynamics of relief across the region. These two factors are also crucial for distribution and properties of unconsolidated sedimentary parent materials, which are widespread across the area. Thus, parent material affected soil suitability, as well. Due to the above, we recognized climate, relief, and parent material as the soil-forming factors with major impacts on agricultural suitability of soils in continental Croatia.

5 REFERENCES

- Bašić, F., Bogunović, M., Božić, M., Husnjak, S., Jurić, I., Kisić, I., Mesić, I., Mirošević, N., Romić, D., Žugec, I. 2001. Regionalizacija Hrvatske poljoprivrede. Agronomski fakultet. Zagreb
- Bognar, A. 1978. Les i lesu slični sedimenti Hrvatske. Geografski glasnik, 40: 21-39
- Bogunović, M., Vidaček, Ž., Racz, Z., Husnjak, S., Sraka, M. 1996. Namjenska pedološka karta R. Hrvatske u mjerilu 1:300.000. Zavod za pedologiju Agronomskog fakulteta u Zagrebu
- FAO, 1976. A framework for land evaluation. FAO Soils Bulletin 32
- FAO, 2006. Guidelines for soil description. 4th edition. Rome
- Griffiths, R. P., Madritch, M. D., Swanson, A. K. 2009. The effects of topography on forest soil characteristics in the Oregon Cascade Mountains (USA): Implications for the effects of climate change on soil properties. *Forest Ecology and Management*, 257: 1–7
- Haase, D., Fink, J., Haase, G., Ruske, R., Pecs, M., Richter, H., Altermann, M., Jager, K. D. 2007. Loess in Europe—its spatial distribution based on a European Loess Map, scale 1:2,500,000. *Quaternary Science Reviews*, 26: 1301–1312
- Husnjak, S. 2014. Sistematika tala Hrvatske. Hrvatska Sveučilišna naklada. Zagreb
- Husnjak, S., Romić M., Poljak M., Pernar N. 2011. Recommendations for Soil Management in Croatia. *Agriculture Conspectus Scientificus*, 76/1: 1-8
- Janković, G. 1971. Pedološke karakteristike Slavonije i Baranje. In: Zbornik radova prvog Znanstvenog sabora Slavonije i Baranje. JAZU. Osijek, 115-176
- Jenny 1994. Factors of soil formation: a system of quantitative pedology. Dover Publications, Inc. NY (first published by the McGraw-Hill Book Company, Inc., 1941)
- Kraus, T. E. C., Dahlgren, R. A., Zasoski, R. J. 2003. Tannins in nutrient dynamics of forest ecosystems - a review. *Plant and Soil*, 256: 41–66
- Renssen, H., Vandenberghe, J., 2003. Investigation of the relationship between permafrost distribution in NW Europe and extensive winter sea-ice cover in the North Atlantic Ocean during the cold phases of the Last Glaciation. *Quaternary Science Reviews*, 22: 209–223
- Rauš, Đ., Trinajstić, I., Vukelić, J., Medvedović, J. 1992. Biljni svijet hrvatskih šuma. In: Rauš, Đ. 1992. Šume u Hrvatskoj. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu and Hrvatske šume. Zagreb, 33-77
- Roglić, J. 1974. Reljef. Obilježja prirodne osnove. In: Crkvenčić I. et al. (ur.): Geografija SR Hrvatske. Knjiga I: Središnja Hrvatska – opći dio. Školska knjiga. Zagreb, 44-92
- Roglić, J. 1975. Reljef. Prirodna obilježja. In: Crkvenčić I. et al. (ur.): Geografija SR Hrvatske. Knjiga III: Istočna Hrvatska. Školska knjiga. Zagreb, 17-45
- Rubinić, V., Durn, G., Husnjak, S., Tadej, N., 2014. Composition, properties and formation of Pseudogley on loess along a precipitation gradient in the Pannonian region of Croatia. *Catena*, 113: 138-149
- Rubinić, V., Galović, L., Husnjak, S., Durn, G., 2015a. Climate vs. parent material – Which is the key of Stagnosol diversity in Croatia? *Geoderma*, 241/242: 250-261
- Rubinić, V., Lazarević, B., Husnjak, S., Durn, G., 2015b. Climate and relief influence on particle size distribution and chemical properties of Pseudogley soils in Croatia. *Catena*, 127: 340-348
- Sauer, D., Schulli-Maurer, I., Sperstad, R., Sorensen, R., Stahr, K. 2009. Albeluvisol development with time in loamy marine sediments of southern Norway. *Quaternary International*, 209: 31–43
- Velić, I., Vlahović, I. 2009. Tumač Geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000. HGI. Zagreb
- Zaninović K., Gajić-Čapka M., Perčec Tadić M. 2008. Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia 1961-1990., 1971-2000. DHMZ. Zagreb

Bilanca hranil na vratih kmetije kot orodje za izboljšavo trajnosti kmetijstva

Rok MIHELIC⁸⁴, Jure ČOP⁸⁵

Izvleček

Raziskava o bilanci hranil 'na vratih kmetije' je potekala na dveh intenzivnih družinskih kmetijah: na govedorejski kmetiji v Šaleški dolini (kmetija 1) ter na poljedelsko-živinorejski kmetiji na Sorškem polju (kmetija 2). Ugotovljeni letni bilančni presežek hranil je pri dušiku na obeh kmetijah na ravni 140 kg N/ha. Kmetija 2 je imela sorazmerno velik presežek fosforja (53 kg P₂O₅/ha), kmetija 1 pa le 14 kg P₂O₅/ha. Nasprotno je pri kaliju, kjer kmetija 1 izkazuje precejšen presežek kalija (43 kg K₂O/ha), medtem ko kmetija 2 s krompirjem iznese veliko kalija in je presežek kalija majhen (16 kg K₂O/ha). Za zmanjšanje bilančnega presežka hranil bi za preučevani kmetiji priporočali bolj racionalno rabo mineralnih, predvsem dušikovih gnojil. Posebno pozornost je potrebno nameniti strokovnemu gnojenju z živinskimi gnojili, kar vključuje tudi analizo živinskih gnojil s kmetije.

Ključne besede: bilanca hranil, Slovenija, živinoreja, poljedelstvo

Nutrient farm gate balance as a tool for improving the sustainability of agriculture

Abstract

Study on nutrient balance 'at the farm-gate' was held in two intensive family farms: dairy cattle farm in the Šaleška dolina (Farm 1), and crop-dairy cattle farm in Sorško polje (Farm 2). The calculated annual surplus of nitrogen for the both farms was at the level of 140 kg N/ha. The surplus of phosphorus was relatively large in Farm 2 (53 kg P₂O₅/ha) whereas it was only 14 kg P₂O₅/ha in Farm 1. The opposite situation was observed for potassium, where only dairy Farm 1 showed the considerable excess of potassium (43 kg K₂O/ha). Farm 2 exported a lot of potassium due to potato production therefore the excess of potassium was low (16 kg K₂O/ha). To reduce the accumulated nutrient surpluses on the studied farms we recommend to rationalize the use of mineral fertilizers especially nitrogen ones. Particular attention should be paid to fertilising with livestock manure, including performing the analyses of livestock manures from the farms.

Key words: nutrient balance, Slovenia, animal husbandry, crop production

1 UVOD

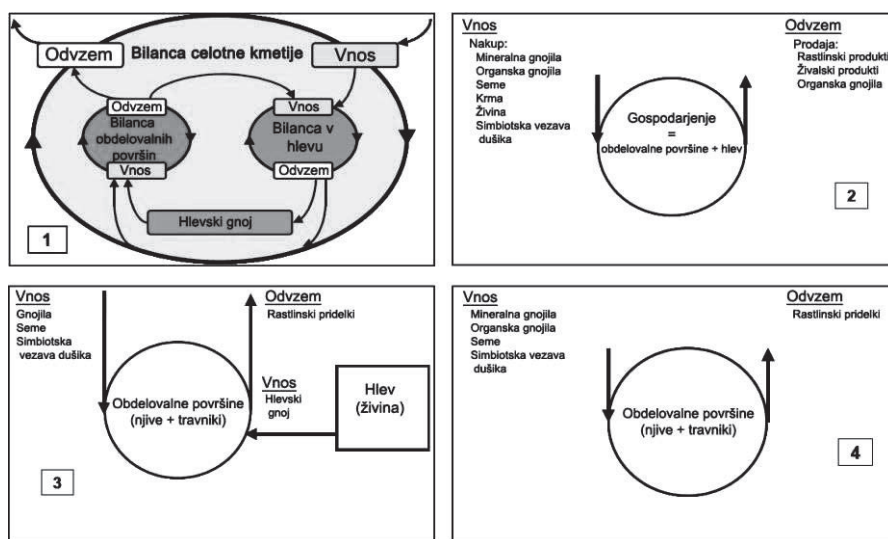
Posledica intenzivnega kmetijstva je lahko povečan vnos dušika (N), fosforja (P) in kalija (K) v obtok hranil na kmetiji. Poznavanje toka hranil na kmetiji, oziroma vnosa in iznosa glavnih hranil, je nujno, če želimo imeti čisto okolje in zdravo živino (Petersen in sod., 2007; Schröder in sod., 2004).

V praksi poznamo več ravni izračuna bilance hranil na kmetiji (Gutser, 2006). Najozžje gledano lahko izračunamo bilanco hranil za vsako kmetijsko parcelo posebej. Ta način je osnova za izdelavo gnojilnega načrta posamezne parcele (Slika 1 (4)). Širše gledano lahko izračunamo bilanco na ravni pridelovalne površine v povezavi z rejo živali (slika 1 (3)), pri čemer upoštevamo izgube hranil iz živinskih gnojil med skladiščenjem. Najširše gledano lahko bilanco izračunamo za celotno kmetijo (slika 1 (2)). Metoda, ki jo imenujemo Bilanca hranil na vratih kmetije (nem. Hoftor-Bilanz; ang. Farm-gate balance), omogoča izračun

⁸⁴ Doc. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

⁸⁵ Doc. dr., prav tam, e-pošta: jure.cop@bf.uni-lj.si

skupnih letnih zalog hranil na kmetiji (N, P, K). Razviden je tudi bilančni pomen posameznih poti vnosa in iznosa hranil.



Slika 1: Različni načini izračuna bilance hranil: (1) bilanca hranil za celotno kmetijo, kjer opazujemo tudi notranje kroženje hranil; (2) bilanca na vratih kmetije, kjer ne opazujemo notranjega kroženja hranil; (3) bilanca za vsa kmetijska zemljišča na kmetiji; (4) bilanca na ravni posamezne parcele.

Bilanco za fosfor in kalij na vratih kmetije ugotavljamo na podlagi evidenc kupljenih gnojil in krmil ter prodanih kmetijskih pridelkov. Bilanco dušika na vratih kmetije ugotavljamo na enak način kot pri fosforju in kaliju, vendar so tu odstopanja od izračunanih vrednosti lahko precejšnja zaradi potencialnih vnosov iz zraka in izgub iz obtoka dušika na kmetiji. Metuljnice, ki imajo razvito simbiozo z N-fiksirajočimi bakterijami, vežejo od 45 do 670 kg N/ha letno (Werner, 1999). V tleh se nahajajo tudi prostoživeči mikrobi, fiksatorji dušika, ki agronomsko gledano niso tako pomembni, saj v zmerni klimi vežejo običajno manj kot 5 kg do največ 30 kg N/ha letno (Roper in Gupta, 2016).

Marsikje v Sloveniji, kjer ustrezna posestna struktura in kakovost zemljišč dopuščata, se srečamo z intenzivnim poljedelstvom, travništvom in živinorejo ter posledično z izdatnim gnojenjem tako z mineralnimi, kot tudi živinskimi gnojili, ter veliko porabo močne krme (Babnik in sod., 2011).

V prispevku predstavljamo bilanco hranil na vratih kmetije za dve primerljivi, sorazmerno intenzivni družinski kmetiji v Sloveniji, ki sta usmerjeni v prirejo mleka ter pridelavo lastne krme, ena tudi v pridelavo krompirja. Želeli smo preveriti, kakšna je uravnoteženost bilance hranil na kmetijah, značilnih za slovenski kmetijski prostor. Vpogled v bilanco hranil na kmetiji lahko pomembno izboljša gospodarjenje s hranili, kar prispeva k trajnosti kmetovanja.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Raziskava o bilanci hranil na vratih kmetije je potekala na dveh kmetijah in sicer leta 2010 na govedorejski kmetiji v Šaleški dolini (kmetija 1), leta 2015 pa na poljedelsko-živinorejski kmetiji na Sorškem polju (kmetija 2).

Kmetija 1 je usmerjena v hlevsko rejo krav molznic rjave pasme, ki temelji na pridelavi travniške krme, travno-deteljnih mešanic in koruzne silaže. Osnovni krmni obrok je enak skozi celo leto in ga sestavljajo travna in koruzna silaža ter mrva. Povprečna mlečnost krav znaša 6200 kg mleka na laktacijo. Kmetija na leto proda približno 170000 kg mleka.

Na kmetiji 2 pridelujejo krompir in redijo krave molznice črno-bele in lisaste pasme. V manjšem obsegu tržno pridelujejo tudi zelje, čebulo in korenje. Hlevska reja krav temelji na pridelavi travniške krme, koruzne silaže in mnogocvetne ljuljke. Slednjo pridelujejo kot prezimni strniščni dosevek. Krmljenje z osnovno krmo je enako kot na kmetiji 1. Povprečni pridelek krompirja znaša 39 t/ha, povprečna mlečnost 6200 kg mleka na laktacijo, letna prodaja mleka pa približno 120000 kg.

Obe kmetiji imata tako hlevski gnoj kot gnojevko, v katero se steka tudi seč krav molznic, hlevski gnoj pa se skladišči na gnojišču. Drugi podatki o kmetijah so v preglednici 1.

Preglednica 1: Osnovni okoljski in proizvodni podatki za kmetiji, vključeni v raziskavo

	Kmetija 1	Kmetija 2
Kmetijska zemljišča (KZ; v ha)	20	20
Njive (v ha)	5,25	11,6
Tip in globina tal	Evtrična rjava tla na laporju, srednje globoka in hipoglej	Rjava tla na produ in pesku, plitva (< 50 cm)
Temperatura zraka in višina padavin (obdobje 1981-2010)	10,1 °C, 1114 mm	9,0 °C, 1363 mm
Stalež živine	(povprečje, Velenje)	(povprečje, Brnik)
	30 krav, 22 živali za obnovo črede	26 krav, 19 živali za obnovo črede
Glav velike živine (GVŽ) na kmetiji	53 (2,7/ha KZ)	48 (2,4/ha KZ)
Mineralna gnojila	8,4 t (od tega 3,7 t KAN)	16,0 t (od tega 8,0 t KAN)
Močna krma	44 t (od tega 29 t K-19)	27 t (od tega 25 t K-19)

Opomba: K-19 je beljakovinska močna krma za krave molznice, ki vsebuje 19 % beljakovin.

Bilanca hranil na vratih kmetije vključuje v izračun vse vnose hranil na kmetijo in vse iznose hranil s kmetije. Hranila na kmetijo prinašamo s kupljenimi gnojili in močno krmo. Slednji vir je zelo pomemben za živinorejske kmetije, kot je primer pri obeh preučevanih kmetijah. S kmetije jih odnašamo s prodajo rastlinskih pridelkov, mleka in živine. Bilanco hranil za preučevani kmetiji smo izračunali s pomočjo nemškega programa Hoftorbilanz (Staatliche Lehr - und Versuchsanstalt für Landwirtschaft; Brings, 2007), ki za vključene postavke že vsebuje potrebne faktorje za izračun vnosa in iznosa N, P in K. Program ne vključuje na strani vnosov dušika z mokro in suho depozicijo na zemljišča niti vezave dušika v rastline in tla s pomočjo bakterij ter na drugi strani izgub z izpiranjem in izhlapevanjem hranil iz tal in gnojil. Pri naši analizi smo poleg vnosov hranil s kupljenim repromaterialom upoštevali le še simbiotsko vezavo dušika pri metuljnicah. Pri iznosu hranil smo upoštevali prodajo pridelkov, ne pa tudi izgube hranil. Ocena simbiotske vezave dušika pri metuljnicah izhaja iz podatka, da ena tona suhega zelinja metuljnic na srednje rodovitnih tleh v povprečju veže 35 kg N (Vinther in Jensen, 2000). Ob predpostavki, da znaša pridelek na PK-gnojenem, rodovitnem travniku 6,5 t sušine/ha, in da travna ruša vsebuje 25 % metuljnic, odstotek le-teh veže 2,3 kg N/ha. V našem primeru smo to vrednost zmanjšali na 1,5 kg N/ha zaradi uporabe mineralnih dušikovih gnojil, ki zmanjšajo simbiotsko fiksacijo N. Zastopanost metuljnic v sveži travni

ruši in travno-deteljni mešanici smo ocenili z določitvijo njihovega deleža v vzorcih zelinja, ki smo jih odvzeli pred vsako košnjo.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

V preglednici 2 so predstavljeni letni vnosi hranil s krmo in mineralnimi gnojili ter vnos simbiotsko vezanega dušika z metuljnicami, glede na njihovo ocenjeno zastopanost v travni ruši. Metuljnice so bile prisotne v travni ruši le na kmetiji 1, na kmetiji 2 pa ne, ker so jih iz travne ruše zaradi obilnega gnojenja z dušikom izrinile bolj konkurenčne trave in zeli.

Daleč najpomembnejši vnos hranil na obeh kmetijah predstavljajo dokupljena krma in mineralna gnojila. Od slednjih uporabljata kmetiji le NPK 15-15-15 in KAN (27 % N) ter v manjši meri ureo (46 % N).

Preglednica 2: Letni vnos N, P in K (v kg/kmetijo) s krmo in mineralnimi gnojili na preučevanih kmetijah. Dodan je tudi vnos simbiotske vezave N pri metuljnicah.

	Kmetija 1			Kmetija 2		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Semenski krompir				23	9	39
Krma za kokoši in prašiče	12	5	5			
Krmila za teleta	55	24	21			
Beljakovinska močna krma	1589	427	544	808	379	381
Mineralno vitaminski dodatek		56			61	
Druga dokupljena krma	179	90	210	184	92	319
Dušikova gnojila	1772			2160		
NPK gnojila	450	450	450	1219	1219	1219
Simbiotska vezava N	426					
Skupaj	4483	1052	1230	4394	1760	1958

Opomba: P₂O₅ = 2,29 × P; K₂O = 1,21 × K

Preglednica 3: Letni iznos N, P in K (v kg/kmetijo) s prodajo rastlinskih pridelkov, mleka in živine na preučevanih kmetijah

	Kmetija 1			Kmetija 2		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Zelenjava				61	25	90
Krompir				777	311	1332
Mleko	956	403	298	635	267	198
Izločene krave	488	273	47	178	99	17
Druga goveja živina	184	104	18	10	6	1
Skupaj	1628	780	363	1661	708	1638

V preglednici 3 so predstavljeni letni iznosi hranil. Na obeh kmetijah predstavlja prodaja mleka velik iznos hranil. V mleku je sorazmerno veliko dušika in fosforja ter manj kalija. Razmerje med vsebnostjo N, P₂O₅ in K₂O v mleku je 3,2:1,4:1,0. V prodani živini je to razmerje 10,4:5,8:1,0, kar pomeni, da s prodano količino mleka in živine kmetija 1 predvsem iznaša dušik in fosfor, a malo kalija. Kmetija 2 ima velik iznos hranil s prodanim krompirjem,

kjer je razmerje med N, P₂O₅ in K₂O 2,5:1,0:4,3, zato s krompirjem iz kmetije iznesejo predvsem veliko kalija.

S pomočjo podatkov o vnosu in iznosu hranil lahko izračunamo bilanco oziroma letni bilančni saldo hranil na kmetiji (Preglednica 4). Na obeh kmetijah je vnos hranil močno presegel iznos pri dušiku, na kmetiji 1 pri kaliju in na kmetiji 2 pri fosforju.

Preglednica 4: Letna bilanca N, P in K za celo kmetijo in na hektar kmetijskega zemljišča (= razlika med vnosom in iznosom hranil) na preučevanih kmetijah

	Kmetija 1			Kmetija 2		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Vnos hranila s krmo in semenskim materialom (kg)	2261	602	780	1015	541	739
Vnos hranila z mineralnimi gnojili (kg)	2222	450	450	3379	1219	1219
Iznos hranila (kg)	1628	780	363	1661	708	1638
Bilančni saldo (kg/kmetijo)	2855	272	867	2733	1052	320
Bilančni saldo (kg/ha)	+143	+14	+43	+137	+53	+16
Izkoristek hranila (%)	36	74	30	38	40	84

Bilančni presežek dušika je na obeh kmetijah na ravni 140 kg/ha. Kmetija 2 je imela sorazmerno velik presežek fosforja (53 kg P₂O₅/ha), kmetija 1 pa majhnega (14 kg P₂O₅/ha). Nasprotno je pri kaliju, kjer v mlečno prirejo usmerjena kmetija 1 izkazuje precejšnje presežke kalija (43 kg K₂O/ha), v mlečno prirejo in poljedelstvo usmerjena kmetija 2 pa s krompirjem iznese veliko kalija, zato je presežek le-tega majhen (16 kg K₂O/ha).

Kmetija 1, kjer je glavna tržna dejavnost prireja mleka ter tej usmeritvi prilagojena pridelava krme na njivah in travnikih, je imela kljub dokaj intenzivnemu gnojenju z dušikom (tako z mineralnim kot z lastnimi živinskimi gnojili) še vedno precej metuljnic v travni ruši (povprečno 17 %). Povprečna letna vezava dušika na travinju in eni njivi s travno-deteljno mešanico je znaša 30 kg/ha oziroma 9 % glede na celotni vnos dušika na kmetijo. Poudariti moramo, da je na kmetijah, ki imajo pomemben delež travinja ali metuljnic v njivskem kolobarju, ocena deleža metuljnic strokovno najbolj zahteven del izračuna bilance dušika na kmetiji, ki zahteva ustrezno specialistično znanje, drugače lahko z napačno oceno močno vplivamo na izračun končne bilance dušika na kmetiji.

Glavni vnos dušika in fosforja predstavljajo beljakovinsko krmilo za krave molznice K-19, ogrščične tropine in mineralna gnojila, kar skupaj znesi od 85 do 95 % celotnega vnosa dušika na kmetijo. Na kmetiji 1 predstavlja glavni iznos dušika prodano mleko (59 % celotnega iznosa), sledi prodaja izločenih krav s 30 % celotnega iznosa. Na kmetiji 2 glavni delež v iznosu dušika (in kalija) predstavlja krompir. Na obeh kmetijah je skupni vnos dušika več kot 2,5-krat večji od iznosa; stopnja izkoriščenosti znaša komaj 36 oziroma 38 %. Podobno slab izkoristek velja za kalij na kmetiji 1 in fosfor na kmetiji 2.

Iz okoljevarstvenega zornega kota sta dušik (izpiranje NO₃⁻, pretvorba v hlapni NH₃ in denitrifikacijske izgube) in fosfor (površinski odtok in izpiranje fosfatov) najbolj sporna, ker povzročata cvetenje alg v jezerih in rekah, dušik pa tudi onesnaženje podtalnice z nitratom. Presežek kalija predstavlja pri govedoreji posebno težavo. Če ga je v tleh preveč, ga je lahko preveč tudi v krmi. Vsebnost kalija v krmnem obroku, večja od 20 g K/kg sušine za presušene krave, lahko povzroča alkalnost organizma, kar posledično pomeni večjo podvrženost k pašni tetaniji in hipokalcemiji ter hipomagnezemiji (Verbič, 2007).

Vprašanje je, kako je mogoče, da so dušik in v posameznih primerih tudi druga hranila tako slabo izkoriščena? Kje so izgube in zakaj se jih kmetje ne zavedajo? Bilanca hranil na vratih kmetije ne odgovori neposredno na zastavljena vprašanja. Zato je ta metoda zgolj izhodišče za nadaljnje bolj podrobne analize gospodarjenja na kmetiji. Na podlagi bilance hranil na posamezno parcelo Gutser (2006) poroča, da je v Nemčiji letni presežek dušika na poljedelsko-živinorejskih kmetijah (tako ekoloških kot tistih, ki kmetujejo po načelih integrirane pridelave) okrog 80 kg N/ha. Pri tem je pomembno spoznanje, da na ekoloških kmetijah ostaja v tleh vgrajenega v humusu kar 55 kg N, v integriranih sistemih (sedaj bi jim lahko rekli konvencionalni) le 22 kg N/ha. Ostali presežni dušik se izgubi z izhlapevanjem amonijaka, izpiranjem nitrata in denitrifikacijo. V Nemčiji od leta 2009 velja uredba o uporabi gnojil (Verordnung ..., 2012), da ne sme biti presežek dušika na ravni posamezne parcele nad 60 kg N/ha letno (zahteva, povezana z varstvom voda pred onesnaženjem z nitratom), na ravni kmetije pa kar 140 kg N/ha letno (raven, ki je bila dosežen na naših dveh preučevanih kmetijah), pri predpostavki, da z zračnim depozitom pride na kmetijo 30 kg N/ha letno, ter da so realne izgube dušika z izhlapevanjem amonijaka kar 50 kg N/ha letno, pri sicer dobri kmetijski praksi na kmetijah, ki redijo 1,5 GVŽ/ha in v glavnem pridelujejo lastno krmo (Gutser, 2006). Ker v izračunu bilance na vratih kmetije za našo raziskavo domnevamo, da je dušik dobljen z depozicijo iz zraka (moke padavine in prah) izničen s povratkom dušika v zrak (izhlapevanje NH_3 in denitrifikacija), bi bil v našem primeru pogojno dopusten (= okoljsko še sprejemljiv) letni presežek 110 kg N/ha.

Bolan in sod. (2004) navajajo, da intenzivno gnojenje zmanjša delež metuljnic za 30 do 70 %, zato moramo biti pri gnojenju zlasti z N iz mineralnih gnojil ali gnojevke zelo zadržani, če želimo v travni ruši večjo zastopanost le-teh.

Ko smo preučili še gnojilno prakso, smo ugotovili, da bi naši preučevani kmetiji morali bolje poznati gnojilno vrednost lastnih živinskih gnojil. Analiz živinskih gnojil namreč nimata, zato gnojita bolj ali manj 'na pamet'. Pomanjkanje analiz živinskih gnojil med slovenskimi kmeti je ena glavnih hib, ki ovira boljše načrtovanje gnojenja. Z znano vsebnostjo hranil v živinskih gnojilih, ki jih kmetje vozijo kot gnojila na parcele, bi posredno lahko izračunali/ocenili, koliko hranil se izgubi v hlevu in med skladiščenjem živinskih gnojil. Kmetje se morajo namreč zavedati, da večina hranil (80 do 90 % N, 80 do 85 % P in celo 95 % K) iz zaužite krme konča v izločkih (se ne vgradi v mleko in živalsko tkivo, temveč se izloči). Babnik in sod. (2011) tudi ocenjujejo, da bi ob ustreznem vzdrževanju pH tal (6,6 do 7,2) lahko večino potreb po fosforju in kaliju na kmetijah, ki redijo več kot 1 kravo na hektar in dosegajo nadpovprečno mlečnost (nad 6000 kg/kravo in laktacijo), pokrili z živinskimi gnojili brez dokupa mineralnih gnojil. Zato je nujno potrebno kontrolirati pH vrednost tal in tla po potrebi redno apniti (Babnik in sod., 2011).

4 SKLEPI IN PRIPOROČILA

Spremljanje vnosa in iznosa dušika, fosforja in kalija na kmetiji je nujno za trajnostni način kmetovanja na kmetiji. Prvenstveno je to pomembno za boljše načrtovanje gnojenja z organskimi in mineralnimi gnojili, s čimer lahko učinkovito varujemo okolje in izboljšamo ekonomičnost kmetijske proizvodnje. Zato menimo, da je metoda izračuna bilance hranil na vratih kmetije nepogrešljiva v kmetijski svetovalni službi in da ima nepogrešljivo mesto tudi v slovenski kmetijski okoljski politiki.

Za zmanjšanje bilančnega presežka hranil bi za preučevani kmetiji priporočali racionalizacijo rabe mineralnih, predvsem dušikovih gnojil in kupljene krme. Posebno pozornost je potrebno

nameniti strokovnemu gnojenju z živalskimi gnojili, kar vključuje tudi analizo živalskih gnojil s kmetije.

Zahvala. Raziskava je bila opravljena v okviru dveh diplomskih nalog visokošolskega strokovnega študija na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Avtorja se zahvaljujeta diplomantoma, Lidiji Glušič in Petru Hartmanu.

5 LITERATURA

- Babnik D., Sušin J., Jeretina J., Verbič J. 2011. Gospodarjenje s fosforjem in kalijem na govedorejskih kmetijah. V: Zbornik predavanj 20. mednarodno znanstveno posvetovanje o prehrani domačih živali "Zadravčevi-Erjavčevi dnevi". Radenci, 10-11 nov. 2011. Čeh T., Kapun S., Verbič J., Salobir J., Kramberger B., Steingass H., Steinwiddler A., Špur M. (ur.). Murska Sobota, KGZS, Kmetijsko gozdarski zavod Murska Sobota: str. 140-154
- Bolan N. S., Horne D. J., Currie L. D. 2004. Growth and chemical composition of legume-based pasture irrigated with dairy farm effluent. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 47: 85-93
- Brings G. 2007. Hoftorbilanz. Top agrar. http://www.topagrar.com/downloads/download_eintrag_314747.html
- Gutser R. 2006. Bilanzierung von Stickstoffflüssen im landwirtschaftlichen betrieb zur Bewertung und Optimierung der Düngungsstrategien. *Acta agriculturae Slovenica*, 87: 129-141
- Petersen S. O., Sommer S. G., Béline F., Burton C., Dach J., Dourmad J. Y., Leip A., Misselbrook T., Nicholson F., Poulsen H. D., Provolto G., Sørensen P., Vinnerås B., Weiske A., Bernal M. P., Böhm R., Juhász C., Mihelič R. 2007. Recycling of livestock manure in whole-farm perspective. *Livestock Science*, 112: 180-191
- Roper M. M., Gupta V. V. S. R. 2016. Enhancing Non-symbiotic N₂ Fixation in Agriculture. *The Open Agriculture Journal*, 10: 7-27
- Schröder J. J., Scholefield D., Cabral F., Hofman G. 2004. The effects of nutrient losses from agriculture on ground and surface water quality: the position of science in developing indicators for regulation. *Environmental Science and Policy*, 7: 15-23
- Verbič J. 2007. Presežki kalija na kmetiji lahko povzročajo poporodno ohromelost in plodnostne motnje pri kravah molznicah. http://rjavo.govedo.si/datoteke/File/rjavo/Kalij_in_molznicah.pdf
- Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen. 2012. Düngeverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 221), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 36 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist. http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/d_v/gesamt.pdf
- Vinther F. P. and Jensen E. S. 2000. Estimating legume N₂ fixation in grass-clover mixtures of a grazed organic cropping system using two ¹⁵N methods. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 78: 139-147
- Werner D. 1999. Biologische Stickstoff-Fixierung (BNF). V: Handbuch des Pflanzenbaues 3: Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futter-leguminosen. Keller E. R., Hanus H., Heyland K. U. (ur.). Ulmer, Stuttgart: str. 554-562

Analiza tal zelenjavnih vrtov

Matjaž GLAVAN⁸⁶, Majda ČERNIČ ISTENIČ⁸⁷, Marina PINTAR⁸⁸

Izvleček

Prispevek je nastal v okviru EU FP7 projekta FoodMetRes. Z raziskavo smo želeli preveriti hipotezi, da pridelovalci vrtnin za domačo rabo bolj pazijo pri porabi gnojil ter, da so pomanjkljivo osveščeni o preskrbljenosti tal s hranili in vsebnostjo težkih kovin. V ta namen smo izvedli anketo pri 186 lastnikih zelenjavnih vrtov in vzorčenje tal na 193 zelenjavnih vrtovih v Sloveniji. V anketah smo jih spraševali o njihovem načinu pridelave. Analize tal so vključevale fosfor, kalij, organsko snov, pH in težke kovine. Povprečni rezultati za fosfor, kalij in organsko snov kažejo na prekomerno gnojenje. Koncentracije kadmija, svine in cinka so večinoma (121, 170, 165 vzorcev) pod mejnimi vrednostmi. V posameznih primerih (kadmij 1 vzorec, cink 4 vzorci) so mejne vrednosti presežene in dosežejo opozorilne. Le v Celju so povišane vsebnosti vseh treh omenjenih težkih kovin. Glede na rezultate lahko ocenimo, da so tla nekaterih vrtov, kjer težke kovine presežejo mejne vrednosti, le delno primerna za pridelavo zelenjave, in da obstajajo zdravstvena tveganja pri zauživanju vrtnin iz teh lokacij.

Glavne besede: zelenjavni vrtovi, preskrbljenost tal s hranili, vsebnost težkih kovin, vedenjski vprašalnik

Soil analysis of vegetable gardens

Abstract

The paper was prepared under the framework of EU FP7 project FoodMetRes. The research was checking the hypothesis that producers of vegetable for home use are paying more attention to the use of fertilisers and that is their knowledge about soil nutrient stock and heavy metals content inadequate. For the purpose of this research we interviewed more than 186 owners of vegetable garden with 193 vegetable garden plots in Slovenia. In the questionnaire we ask them about their cultivation management. The analysis included phosphorus, potassium, organic matter, pH and heavy metals. The average results for phosphorus, potassium and organic matter showed over-fertilisation. Concentrations of cadmium, lead and zinc are mainly below limit values. In individual cases (cadmium 1, zinc 4) are limit values exceeded and reach warning values. Only in Celje are all three mentioned heavy metals exceed limit values. This means that in some cases are soils of vegetable gardens, where heavy metals exceed limit values, only partially suitable for vegetable production, and that there are possible health risk from vegetable consumption from these locations.

Keywords: vegetable garden, soil nutrient stock, heavy metal content, behaviour questionnaire

1 UVOD

Trajnostna pridelava, samozadostnost, kratke prehranske verige in ekološka pridelava so pojmi, ki so tekom zadnjih 20 let postali del našega vsakdana. Zaradi tega so številni postali pozorni na poreklo in način pridelave pridelkov. Kot odgovor na ta trend se povečuje zanimanje za pridelavo lastne zelenjave, v mestih na javnih ali zasebnih površinah (vrtički) in v predmestjih ter na podeželju na zelenjavnih vrtovih. Zelenjavni vrtovi ob domu se pojavljajo, od kar se je človek začel ukvarjati s poljedelstvom. Individualni vrtički v mestih ter

⁸⁶ Doc., dr., Univerza Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: matjaz.glavan@bf.uni-lj.si

⁸⁷ Izr. prof., dr., prav tam, e-pošta: majda.cernic.istenic@bf.uni-lj.si

⁸⁸ Prof., dr., prav tam, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

skupnostni vrtovi so se pojavili z nastankom mest in so svoj razmah dosegli z industrijsko revolucijo kot odgovor na pomanjkanje hrane v mestih. Zelenjavni vrtovi in vrtički so v zgodovini vedno služili kot vir hrane in možnost znižanja stroškov. V zadnjih dvajsetih letih se je v zahodnem razvitem svetu zgodil premik in jih sedaj uporabnik pretežno razumejo kot možnost koristne rekreacije, sproščanja, socialnega vključevanja v družbo (Alber in Kohler, 2008; Jehlička in sod., 2013). Ob tem se v Sloveniji najvišje uvrščajo tudi pridelava varne in zdrave hrane ter skrb za okolje (Černič-Istenič in sod., 2015).

Kakovost tal in pridelane hrane je bila tako v svetu kot Sloveniji že večkrat preučevana (Jamnik in sod., 2009; Ribarič-Lasnik in sod., 2013; Kaur in Jhanji, 2016), a le malo se ve, kako dobro lastniki zelenjavnih vrtov poznajo svoja tla in kako prepričani so o kakovosti tal in v pravilnost svojega načina pridelave. Da bi to ugotovili, je potrebno povezati kvantitativno raziskavo o kakovosti tal in sociološko anketo o obnašanju in vedenju lastnikov zelenjavnih vrtov. Raziskava je potekala v okviru 7. okvirnega programa (FP7) Evropske komisije FOODMETRES, ki sledi programu Evrope 2020 v prioriteti vzdržne rasti s spodbujanjem bolj učinkovite rabe virov, med svoje študije inovativnih primerov vključuje tudi zelenjavne vrtove kot kratko prehransko verigo, ki lahko z nižanjem ogljikovega odtisa pri potrošnji hrane v mestih in prispeva k varčevanju z naravnimi viri (Wascher in sod., 2015). V okviru omenjenega projekta je bila izveden raziskava o kakovosti tal in anketa o načinih pridelave v ljubljanski metropolitanski regiji, ki zajema celotno Slovenijo in je predstavljena v nadaljevanju.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Opis območja in vzorčenja

Širše območje raziskovanja obsega ljubljansko metropolitansko regijo, ki zajema ozemlje celotne Slovenije in je bila definirana v okviru EU FP7 projekta FOODMETRES. Ožje območje raziskovanja zajema 193 zelenjavnih vrtov 186-ih imetnikov le-teh. Vzorčenje je izvajalo 30 terenskih delavcev oz. anketarjev, ki smo jih za to nalogo dodatno poučili o metodi vzorčenja tal. Povprečni vzorec tal je bil pripravljen z združevanjem vzorčkov, ki so bili odvzeti na 5 do 10 različnih odvzemnih mestih. Odvzemna mesta so bila enakomerno razporejena preko celotnega vzorčnega območja.

Vzorčenje je potekalo s pomočjo sonde ali lopate. Ob uporabi lopate je bil odvzet 2-3 cm debel in ravno tako širok odrezek tal preko celotne globine vzorčenja. Na vsakem vzorčnem mestu je bila odvzeta približno enaka količina tal. Globina vzorčenja je bila prilagojena globini obdelave (cca 20 cm). Pri odvzemu tal smo se izogibali robov zemljišč in delov zemljišč, ki so se pedološko, vizualno ali na kakršen koli drug način razlikovale od ostalih. Zbrana tla smo temeljito premešali in izdvojili 1 kg tal (povprečni vzorec) in jih shranili v plastično vrečko, ki je bila ustrezno označena. Vzorec smo opremili z vsemi potrebnimi podatki in ga čim hitreje dostavili laboratoriju na izvajanje kemijskih analiz tal.

2.2 Analiza tal

Vzorke tal na preskrbljenost tal s hranili je analiziral Infrastrukturni center za pedologijo in varstvo okolja Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Analiza je zajemala pH (SIST ISO 10390:2006), dostopni kalij (K_2O) in fosfor (P_2O_5) (ÖNORM L 1087 - modifikacija: amon-lacetatna ekstrakcija) ter organsko snov (SIST ISO 10694: pH < 6.7; SIST ISO: pH ≥ 6.7). Težke kovine kot so baker (Cu), cink (Zn), svinec (Pb), kadmij (Cd), nikelj (Ni), krom (Cr),

živo srebro (Hg), kobalt (Co), molibden (Mo), arzen (As) in druge so analizirali v laboratoriju AcmeLabs iz Vancouvra v Kanadi po metodi z ekstrahiranjem kovin z zlatotopko iz zračno suhih tal (AQ 200).

2.3 Vprašalnik

Podatki so bili pridobljeni z anketnim vprašalnikom na vzorcu 186 imetnikov zelenjavnih vrtov na različnih lokacijah v Slovenije. Terensko delo je potekalo po principu snežne kepe, kjer je anketirani deležnik priporočil naslednjega. Vsak terenski anketar je izpolnil 6 ali več anket. Anketni vprašalnik je vseboval 28 vprašanj razdeljenih v 7 sklopov (A-G), ki so bila odprtega tipa brez vnaprej postavljene možnosti izbiranja odgovorov. Med njimi je bilo v sklopu B - obnašanje deležnikov, pet vprašanj na temo (1) načina oz. tipa pridelave, (2) analizi preskrbljenosti tal, (3) analizi onesnaženju tal, (4) soočanju s škodljivci in boleznimi in (5) reševanju teh težav. Po končali anketi je anketar odvzel še vzorce tal. Terensko delo je potekalo od januarja do marca 2014.

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

3.1 Kemijske lastnosti tal

Analize monitoringa tal so vključevale pH, fosfor, kalij, organsko snov in širok nabor težkih kovin. Analize so razkrile način upravljanja zelenjavnega vrta in nakazale okoljsko obnašanje lastnikov zelenjavnih vrtov. Vse lastnike zelenjavnih vrtov v raziskavi smo obvestili o rezultatih analiz in jih opozoril na zmanjšano kakovost tal, če je bilo potrebno.

Povprečni rezultati za fosfor (103 mg P/100g; maks.: 431 mg), kalij (42 mg K/100g; maks.: 126 mg) in organsko snov (7 % OS; maks.: 59 %) so pokazali, da so vrtovi pogosto prekomerno pognojeni, saj vrednosti še zlasti za fosfor za nekajkrat presegajo priporočene vrednosti (13-25 mg P₂O₅/100g; 20-33 mg K₂O/100g; 2-4% OS) (Preglednica 1, Slika 1). Take vsebnosti lahko različno vplivajo na okolje, med drugim na zmanjšanje odpornost rastlin ali prekomerno izpiranje hranil kot je dušik (organska snov). Taka praksa je najmanj nepotrebna, saj vodi v dodatne stroške. Glede na prekomerno preskrbljenost s fosforjem, bi lahko na večini zelenjavnih vrtov (159 oz. 82 %) za nekaj časa omejili oziroma popolnoma opustili uporabo hranil, ki vsebujejo fosfor (Slika 1a). Dolžina tega obdobja je odvisna od pH tal, teksture in strukture tal (vezava P in K na talne delce) in vrste kulture. Seveda je za pravilno in strokovno utemeljeno gnojenje potrebno pripraviti gnojilni načrt. Enako velja za kalij, kjer je prekomerno preskrbljenih 119 (62 %) vrtov (slika 1b).

Povprečne koncentracije kadmija (1 mg Cd/kg), svinca (54 mg Pb/kg) in cinka (161 mg Zn/kg) na kilogram suhih tal so pod mejnimi vrednostmi (1 mg Cd/kg), svinca (85 mg Pb/kg) in cinka (200 mg Zn/kg) (Preglednica 1, Slika 2). Kritična vrednosti so presegle ena meritev kadmija (0,5 %) in štiri cinka (2 %). Opozorilne vrednosti za kadmij, svinec in cink je preseglo 9 %, 10 % in 7 % vzorcev. Dodatno je mejne vrednosti preseglo še 27 %, 2 % in 6 % vzorcev analiziranih na kadmij, svinec in cink. Glede na rezultate ocenjujemo, da je v primerih, ko koncentracije presežejo mejne vrednosti uživanje rastlin lahko tvegano. Raziskava je pokazala, da ima do 10 % vrtov presežene opozorilne vrednosti za kadmij, svinec in cink. Ko koncentracije v tleh presežejo opozorilne je pridelava in uživanje vrtnin odsvetovano (KIS, 2015). Vsekakor je potrebo upoštevati navodila stroke, ki je izdelala priporočila za ravnanje s takimi tlemi in onesnaženimi vrtninami (KIS, 2015). Lastniki vrtov s preseženimi vrednostmi se morajo zavedati, da težke kovine prehajajo iz tal v rastline, a je

prehajanje odvisno od vrste tal in vrste rastline. Rastline se tudi razlikujejo glede razporeditve kovin v dele rastline, zato so vrtnine razporedili v različne skupine tveganja. Ko vsebnost preseže opozorilne vrednosti, je potrebno začeti opuščati gojenje določenih vrtnin in ga ob preseženih kritičnih vsebnostih povsem opustiti (KIS, 2015). Iz slik 4-6 je razvidno, da sta najbolj izpostavljeni območji Celja in Ljubljane. Izvor povišanih vsebnosti je običajno v industrijskem onesnaženju (Celje), vendar je iz rezultatov jasno, da imajo nekatere povišane vsebnosti vzrok tudi v nepoznanem izvoru zemljine (gradbišča), ki tvori tla na zelenjavnih vrtovih.

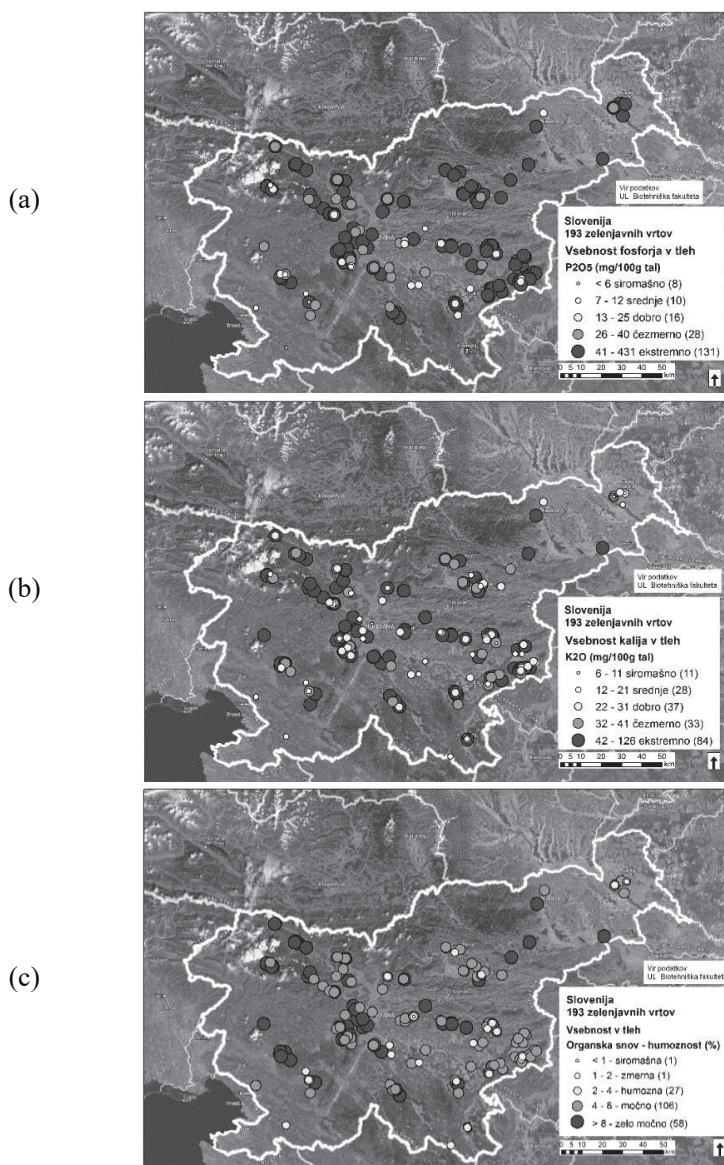
Preglednica 1: Rezultati analiziranih lastnosti v tleh 193 zelenjavnih vrtov na območju Slovenije v letu 2014

Analizirane lastnosti	Preskrbljenost (globina oranja, lahka do srednja tla) ¹					Merjena povprečja			
	A	B	C	D	E	povp.	min.	maks.	st.dv.
	siromašno		cilj	čezmerno					
P ₂ O ₅ (mg/100g)	< 6	6-12	13-25	26-40	> 40				
K ₂ O (mg/100g)	< 10	10-19	20-30	31-40	> 40				
	Delež zelenjavnih vrtov (%) po razredih preskrbljenosti								
	A	B	C	D	E				
P ₂ O ₅	4,14	5,18	8,29	14,51	67,87	102,84	3,40	430,80	79,80
K ₂ O	5,69	14,51	19,17	17,09	43,52	41,66	6,10	125,90	22,53
	Optimalna vrednost ¹								
pH in CaCl ₂	5,6 - 7,2					6,90	5,10	7,60	0,50
Org. snov (%)	2 - 4					7,39	0,90	58,70	5,34
Ogljik (C) (%) ²	1,16-2,32					4,28	0,50	34,00	3,10
	Vrednost ³								
	Mejna	Opozorilna	Kritična						
Cu (mg/kg)	<60	100	300	40,67	14,50	182,80	24,03		
Zn (mg/kg)	<200	300	720	161,39	46,00	1416,00	170,49		
Pb (mg/kg)	<85	100	530	53,72	18,80	443,50	48,49		
Cd (mg/kg)	<1	2	12	1,04	0,20	13,00	1,21		
Ni (mg/kg)	<50	70	210	32,52	9,40	308,40	31,74		
Cr (mg/kg)	<100	150	380	37,48	8,00	146,00	19,13		
Hg (mg/kg)	<0,8	2	10	0,24	0,03	3,20	0,36		
Co (mg/kg)	<20	50	240	14,30	3,50	40,40	6,97		
Mo (mg/kg)	<10	40	200	1,33	0,30	14,30	1,37		
As (mg/kg)	<20	30	55	12,27	3,10	42,60	5,44		
Mn (mg/kg)	/	/	/	1088,37	149,00	3253,00	518,74		
Fe (mg/kg)	/	/	/	2,59	1,28	4,37	0,62		
Au (mg/kg)	/	/	/	18,52	0,70	118,90	18,40		
Ag (mg/kg)	/	/	/	0,19	0,10	1,10	0,18		
Ca (mg/kg)	/	/	/	2,97	0,14	21,89	3,11		

¹Prilagojeno po knjigi Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje (Mihelič in sod., 2010)

²C: izračun: org.snov / 1,724

³Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS 68/96, 41/04)
(Priloga 1 - Mejne in kritične imisijske vrednosti snovi v tleh)

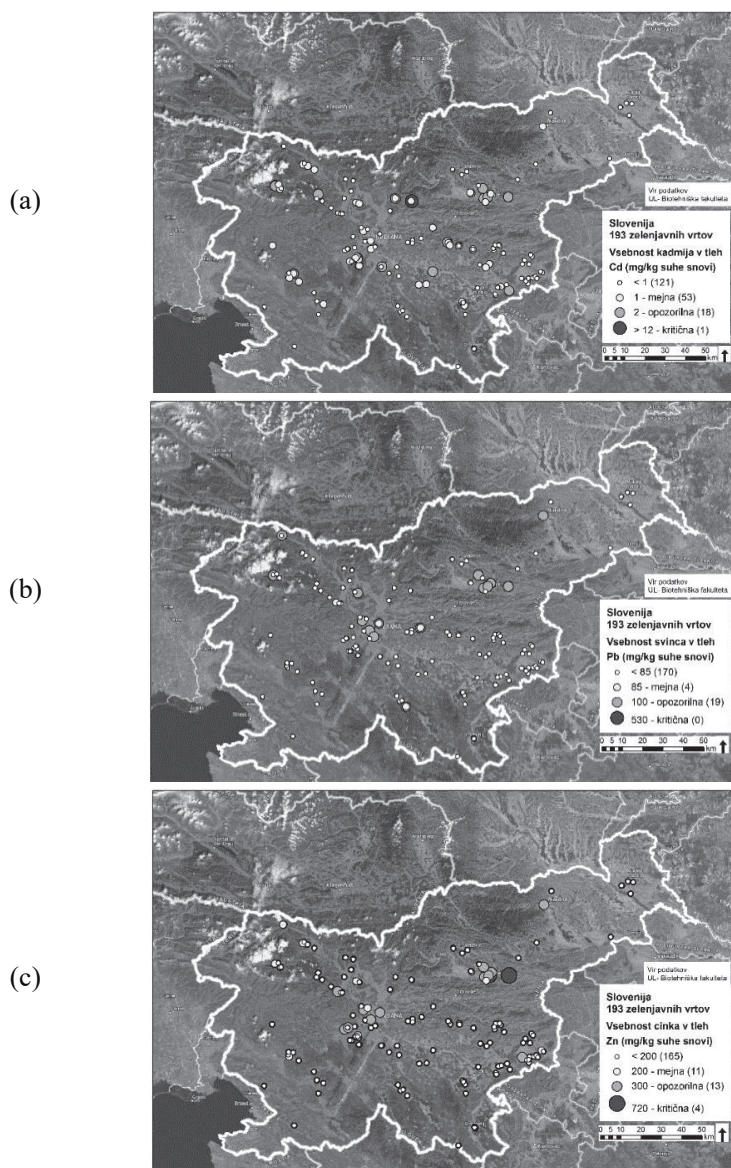


Slika 1: Vsebnost (a) fosforja (P_2O_5), (b) kalija (K_2O) in (c) organske snovi (%) v vzorcih tal iz 193 zelenjavnih vrtov v Sloveniji v letu 2014 – v oklepajih število vrtov po razredih vsebnosti

3.2 Odgovori deležnikov v anketi

Kar 82 % (159) vprašanih poroča, da svoje zelenjavne vrtove obdelujejo po ekoloških, integriranih ali biodinamičnih načelih, kar pomeni, da menijo, da pridelujejo trajnostno z upoštevanjem okolja in narave, z omejeno količino mineralnih hranil in brez ali za organizme manj škodljivimi sredstvi za varstvo rastlin. Le 5 % (osem) jih je v preteklosti že analiziralo tla na preskrbljenost s hranili. Od tega ima le en vprašani (iz Celja) vedenje o vsebnosti težkih

kovin v tleh. Večina se jih na svojih zelenjavnih vrtovih sooča s težavami v procesu pridelave. Od vseh vprašanih jih je 61 % odgovorilo, da so največja težava škodljivci, sledi jim divjad s 16 %, plevel in bolezni s po 5 %. Med anketiranimi 19 % lastnikov zelenjavnih vrtov nima težav pri pridelavi vrtnin. Največ (18 %) jih težave s škodljivci, boleznimi in pleveli rešuje z doma pripravljenimi naravnimi pripravki in 10 % s kupljenimi kemičnimi pripravki. Pri spopadanju s škodljivci uporabljajo tudi pasti in zvočne naprave (14 %). Le 5 % jih za odganjanje škodljivcev sadi posebne posevke, kombinacijo posevkov ali izvaja kolobar.



Slika 2: Vsebnost (a) kadmija (Cd), (b) svinca (Pb) in (c) cinka (Zn) v vzorcih tal iz 193 zelenjavnih vrtov v Sloveniji v letu 2014 – v oklepajih število vrtov po razredih vsebnosti

4 SKLEPI

Raziskava ima glavno prednost v tem, da je zajela široko območje Slovenije, tako urbana kot ruralna območja. Obsežen vprašalnik za imetnike zelenjavnih vrtov nam omogoča celovit vpogled v navade in obnašanje imetnikov. V nadaljevanju nam to omogoča kvalitativne primerjave med različnimi skupinami imetnikov vrtov po načinu pridelave, lokaciji vrtov, socialnem statusu, izobrazbi, ipd. Pomanjkljivost raziskave je v odsotnosti analize teksture in strukture tal, ki nam bi razkrila več podatkov njihovem gibanju v tleh in vezavi na talne delce. Raziskava nam je odprla vpogled v omejeno zavedanje lastnikov zelenjavnih vrtov o pomenu analize tal. Rezultati so razkrili, da je kar 83 % vseh vrtov prekomerno preskrbljenih s fosforjem in 60% s kalijem. Ob tem ima 85 % odstotkov vrtov močno oz. zelo močno humozna tla. Pokazalo se je tudi, da so povečane vsebnosti težkih kovin največkrat pojavljajo v urbanih središčih, čeprav obstajajo tudi izjeme. Raziskava, ki je bila izvedena z vzorčenjem naključnih zelenjavnih vrtov je pokazala, da ima do 10 % vrtov presežene opozorilne vrednosti za kadmij, svinec in cink v tleh. Ugotovitve o velikem deležu vrtov s čezmerno vsebnostjo hranil in preseženimi mejnimi in opozorilnimi vrednostmi za težke kovine ter o velikem deležu odgovorov o trajnostni pridelavi zelenjave, so kontradiktorne. Le-te kažejo, da imetniki zelenjavnih vrtov, v večini primerov (preko 60%), nimajo prave predstave o kakovosti tal na svojih vrtovih. To potrjuje tudi podatek, da jih je v preteklosti le osem analiziralo tla s svojih vrtov.

5 LITERATURA

- Alber, J., Kohler, U., 2008. Informal food production in the enlarged European union. *Social Indicators Research*, 89(1): 113-127.
- Černič Istenič, M., Glavan, M., Pintar, M., 2015. Motivacije in okoljsko obnašanje vrtničarjev - primer Ljubljane = Motivation and environmental behaviour of plot gardeners - the case of Ljubljana. *Novi izzivi v agronomiji* 2015: 301-307.
- Jamnik, B. in sod. 2013. Vrtničarstvo v Ljubljani. Založba ZRC, Ljubljana.
- Jehlička, P., Kostecky, T., Smith, J., 2013. Food Self-Provisioning in Czechia: Beyond Coping Strategy of the Poor: A Response to Alber and Kohler's 'Informal Food Production in the Enlarged European Union' (2008). *Social Indicators Research*, 111(1): 219-234.
- Kaur, N., Jhanji, S., 2016. Effect of soil cadmium on growth, photosynthesis and quality of *Raphanus sativus* and *Lactuca sativa*. *Journal of Environmental Biology*, 37(5): 993-997.
- KIS, 2015. Pridelava vrtnin v Celju - informacije in priporočila. Kmetijski inštitut Slovenije. Ljubljana http://www.kis.si/Raziskave_in_projekti/MOCvrt (26. 10. 2016)
- Mihelič, R., in sod. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Ljubljana.
- Ribarič-Lasnik, C. in sod. 2013. Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik trajnostnega razvoja Celjske kotlina - modelni prostop na primeru Celjske kotline zaključno poročilo o rezultatih ciljnega raziskovalnega projekta. Inštitut za okolje in prostor, Celje.
- Wascher, D.M. in sod. 2015. FoodMetres - metropolitan food planning connecting the local with the global. *Urban agriculture magazine*(29): 41-44.
- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS 68/96, 41/04) (Priloga 1 - Meje in kritične imisijske vrednosti snovi v tleh)

Vpliv gnojenja z dušikom in lokacije na pridelek lanenih semen in vsebnost maščob v semenu

Barbara ČEH⁸⁹, Saša ŠTRAUS⁹⁰, Bojan ČREMOŽNIK⁹¹, Aleš HLADNIK⁹², Monika OSET LUSKAR⁹³

Izvilleček

V letih 2012 in 2013 smo v Prekmurju in v Savinjski dolini v poljskem poskusu z lanom sorte Recital preučevali vpliv časa setve, gnojenja z mineralnim dušikom in načina priprave tal (oranje, brez oranja) na pridelek lanenega semena ter vsebnost maščob v semenu. Preučevana časa setve sta bila: S1 - zgodaj aprila v 2012 in konec aprila v 2013, S2 - konec aprila v 2012 in v maju v letu 2013, odmerki mineralnega dušika pa so bili: 0, 30, 60, 90 kg/ha N. Vključili smo tudi ekološko pridelavo, kjer smo 50 kg/ha N pognojili v obliki gnojila Plantella Biogrena. V obeh poskusnih letih je v času zorenja lanenega semena prevladovalo vroče in suho vreme. Pomlad leta 2012 je bila suha in topla, medtem ko je bilo pozimi in spomladi 2013 zelo mokro vreme, pomlad je bila hladna. Gnojenje z N ni imelo značilnega vpliva na pridelek semena oz. je bil njegov vpliv celo negativen, ne glede na čas setve (S1, S2). Pri S2 je odmerek 30 kg/ha N povzročil povečanje vsebnosti in pridelka maščob v semenu, večji odmerek pa so povzročili njihovo zmanjšanje. Pri S1 je že odmerek 30 kg/ha N povzročil zmanjšanje vsebnosti maščob v semenu in pridelka maščob ali nanju ni imel vpliva. Pri S1 (1116 kg/ha) je bil v primerjavi z S2 (954 kg/ha) značilno večji pridelek semena, prav tako sta na pridelek značilno vplivala lokacija in leto pridelave (1006 kg/ha v 2012, 1064 kg/ha v 2013). Pridelek pri ekološki pridelavi (1041 kg/ha) je bil primerljiv pridelku pri obravnavanju, kjer smo pognojili s podobnim odmerkom N (60 kg/ha N).

Ključne besede: *Linum usitatissimum*, lan, gnojenje, dušik, pridelek, vsebnost maščob, čas setve

Impact of nitrogen fertilization and location on the flax yield and fat content in seeds

Abstract

The effects of sowing time, mineral nitrogen fertilization and soil preparation (with or without ploughing) on the seed yield and the fat content in the seed of flax variety Recital were investigated in field experiments in Prekmurje and Savinja valley in years 2012 and 2013. The sowing times were: S1 – early April 2012, late April 2013, S2 – late April 2012, May 2013, and fertilizer dose was 0, 30, 60, 90 kg/ha N. Organic production was also studied (50 kg/ha N in the form of organic fertilizer Plantella Biogrena). In both years, the weather was hot and dry during the flax seed maturation. The spring 2012 was dry and warm, while the winter and spring 2013 were wet; during the spring, it was wet and rather cold. Nitrogen fertilization had no statistically significant impact on the flax yield or had even a negative impact, regardless of the sowing time. The dose 30 kg/ha N at S2 increased the seed fat content and fat yield, while higher N doses reflected in their decrease. At S1 N fertilization caused either a reduction in the fat content and yield or it had no effect. The flax seed yield was significantly higher at S1 than at S2, the effects of location and production year on the yield were statistically

⁸⁹ Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: barbara.cek@ihps.si

⁹⁰ Dr., Pan-nutri, kmetijsko živilski tehnološki center, d. o. o., Industrija 8, 9000 Murska Sobota, e-pošta: sasa.straus@pan-nutri.si

⁹¹ Dipl. inž. agr. in hort., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: bojan.cremoznik@ihps.si

⁹² Izr. prof. dr., Katedra za informacijsko in grafično tehnologijo, Oddelek za tekstilstvo, grafiko in oblikovanje, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Aškerčeva cesta 12, Ljubljana, e-pošta: ales.hladnik@ntf.uni-lj.si

⁹³ Univ. dipl. inž. kmet., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: monika.oset-luskar@ihps.si

significant. The yield at ecological production was comparable to the treatment where a similar amount of N (60 kg/ha N) was applied.

Key words: *Linum usitatissimum*, flax, fertilization, nitrogen, yield, fat content, sowing time

1 UVOD

Sodobna prehrana ljudi in večine domačih živali temelji na žitih (pšenica, koruza, riž), ki vsebujejo malo omega-3 maščobnih kislin, pa tudi večina prehranskih olj (sončnično, koruzno, bučno, ogrščično) je revna z omenjenimi maščobnimi kislinami. Lan kot oljnica je primeren za razširitev kolobarja, njegove prednosti so: majhne zahteve po dušiku (Hocking in sod., 1987), žetev se lahko opravi z navadnim žitnim hedrom (Casa in sod., 1999), uspešna rast v zmerno toplem podnebju (potrebna vsota temperatur nad 2000 °C), dobro pa prenaša tudi kratkotrajno sušo (Kocjan Ačko, 1999 in 2015).

V naših rastnih razmerah sejemo lan kot jarino (Bavec, 2000; Čeh, 2009). Na količino pridelka vplivajo agrotehnični ukrepi, kot so obdelava tal, način setve in spravila ter zmanjševanje zapleveljenosti posevka (Kocjan Ačko in Trdan, 2008; Čeh, 2009). Pri pridelavi je sortam in rastnim razmeram potrebno prilagajati optimalno količino semena za setev in medvrstno razdaljo, obdelavo, setev, oskrbo posevkov in spravilo (Butorac in sod., 2006, 2010; Couture in sod., 2002; Easson in sod., 2000; Stevenson in sod., 1996). Pridelki so v srednji Evropi po letih različni, odvisni so tudi od lokacije in vremenskih razmer (Casa in sod., 1999). Različne sorte se razlikujejo po pridelku semena in olja ter vsebnosti olja v semenu (Pospišil in sod., 2011).

V sklopu projekta CRP "Vključevanje alternativnih oljnic z visoko vsebnostjo večkrat nenasičenih maščobnih kislin v kolobar, funkcionalna raba semen, olja in sekundarnih produktov v Sloveniji" smo vključili v raziskavo tudi lan, pri katerem je bilo treba dodelati tehnologijo pridelave naših rastnih razmerah, s ciljem zagotavljanja ustreznega pridelka. V prispevku predstavljamo rezultate tehnoloških poskusov z namenom širjenja njegove pridelave in uporabe pri nas.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Postavitev poskusa

Tehnološki poljski poskus z lanom smo postavili v letih 2012 in 2013 v dveh različnih geografskih območjih (v Prekmurju ter v Savinjski dolini). Poskus smo izvedli s sorto Recital. V Prekmurju je bil poskus postavljen na eni lokaciji dvakrat, s tem da je bila razlika med njima v načinu obdelave tal; v enem poskusu je bila osnovna obdelava tal jesensko oranje (Prekmurje – oranje), v drugem poskusu pa je bila izvedena le predsetvena obdelava tal brez oranja (Prekmurje – brez oranja). V Savinjski dolini je bil poskus izveden le z oranjem (Savinjska dolina – oranje).

Poskus je bil postavljen v vseh treh primerih in v obeh preučevanih letih v bločni zasnovi v štirih ponovitvah. Velikost osnovne parcele je bila 36 m² (6 m x 6 m). Obravnavanja so bile vse možne kombinacije dveh terminov setve (S1 – zgodnja setev in S2 – dva tedna poznejša setev) ter štirih odmerkov dušika (N0 - 0 kg/ha N, N30 - 30 kg/ha N, N60 - 60 kg/ha N, N90 - 90 kg/ha N). Vključena je bila tudi ekološka pridelava (50 kg/ha N v obliki organskega gnojila Plantella Biogrena, v skladu s smernicami in zakonodajo ekološke pridelave – Uredba EC št.

834/2007.). Odmerek dušika smo v vseh primerih potrosili v dveh enako velikih obrokih; prvega po setvi, drugega tik pred cvetenjem (velja tudi za gnojilo Plantella Biogrena).

Tla smo spomladi ustrezno pripravili za setev in poskuse posejali s 100 kg/ha semena s parcelno sejalnico Wintersteiger, ki omogoča natančno setev manjših površin. Setev v letu 2012 smo na lokaciji v Savinjski dolini izvedli 3. 4. (S1) oziroma 20. 4. (S2), v Prekmurju 12. 4. (S1) oziroma 26. 4. (S2). V letu 2013 je bila setev zaradi obilnega spomladanskega deževja in zato mokrih in hladnih tal kasnejša, in sicer: S1 - konec aprila, S2 - v maju.

V skladu z analizo tal in predvidenim odvzemom smo pred setvijo v Savinjski dolini pognojili s 30 kg/ha P_2O_5 in 30 kg/ha K_2O , v Prekmurju pa s 30 kg/ha P_2O_5 in 80 kg/ha K_2O (razen na parcelah, kjer je bila predvidena ekološka pridelava). Po setvi smo posevek povaljali, namakali nismo. Za zatiranje plevelov smo uporabili herbicid Basagran (razen na parcelah z ekološko pridelavo).

Poskus smo poželi v času tehnološke zrelosti s parcelnim kombajnom, in sicer v Savinjski dolini v obeh letih v prvem tednu avgusta, v Prekmurju pa 24. julija v letu 2012, v letu 2013 pa 23. avgusta. Pridelek smo stekali za vsako parcelo posebej in takoj vzeli vzorce semena za analizo vsebnosti vlage (Analytica EBC 7.2. (1998)) in vsebnosti maščob (SIST EN ISO 659:1998). Vsebnost vlage smo merili po parcelah, za vsebnost maščob pa smo znotraj posamezne lokacije vzorce združili po obravnavanjih.

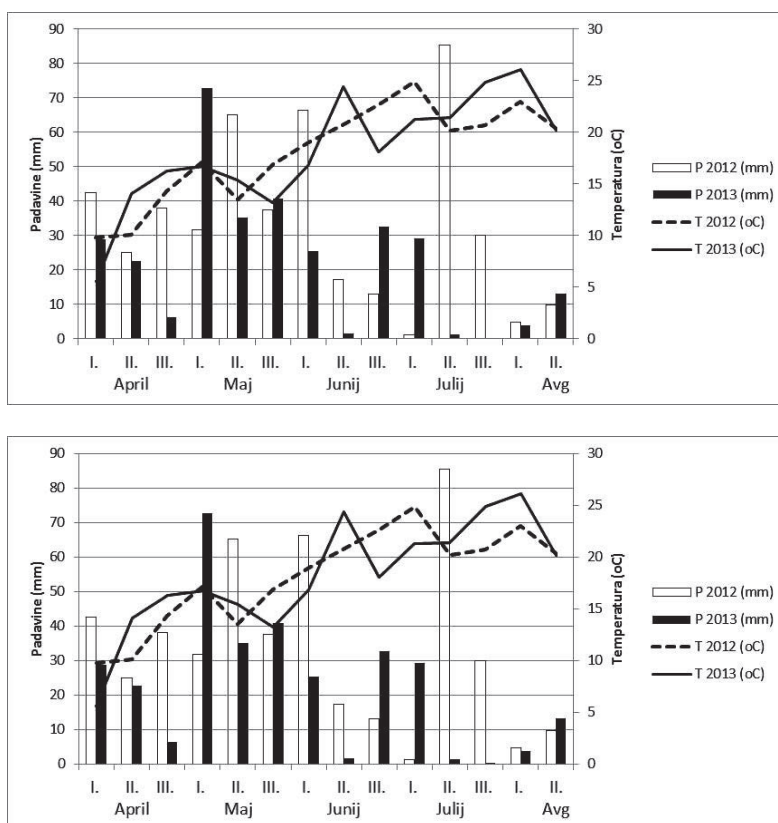
2.2 Tla

Poskus je bil v Žalcu v Savinjski dolini zasnovan na srednje globokih evtričnih rjavih tleh na peščeno prodnati osnovi. Zgornji obdelovalni horizont uvrščamo v teksturni razred GI-PGI (srednje težka tla). V globljih horizontih se pojavlja večji delež peska. Vrednost pH pred postavitvijo poskusa je bila 6,6, vsebnost rastlinam dostopnega fosforja 19,9 mg/100 g tal (optimalna preskrbljenost), vsebnost rastlinam dostopnega kalija 34,5 mg/100 g tal (čezmerna preskrbljenost), vsebnost organske snovi v tleh 2,5 %.

Poskus na lokaciji v Prekmurju je bil na globokih distričnih rjavih tleh, na peščeno prodnati osnovi, tekstura: P. Pred postavitvijo je bila vrednost pH tal 6,2, vsebnost rastlinam dostopnega fosforja 51,5 mg/100 g tal (ekstremna preskrbljenost), vsebnost rastlinam dostopnega kalija 23,6 mg/100 g tal (optimalna preskrbljenost), vsebnost organske snovi v tleh 1,9 %.

2.3 Vremenske razmere

V obeh preučevanih letih (2012 in 2013) je v času dozorevanja lanu prevladovalo vroče in suho vreme. V letu 2013 je bila poleg pomanjkanja padavin prisotna tudi ekstremno visoka temperatura (nad 40 °C) (sliki 1). Večje razlike v vremenskih razmerah so bile v spomladanskem času: pomlad 2012 je bila suha (pomanjkanje padavin je bilo prisotno od jeseni 2011) in topla, medtem ko sta bila tako zima kot pomlad leta 2013 mokri. Spomladi 2013 so bila tla hladna in vlažna, zato je bilo otežena priprava tal. Med rastno sezono (od aprila do sredine avgusta) je bilo v Savinjski dolini v letu 2012 569 mm padavin, v letu 2013 le 362, v Prekmurju pa v letu 2012 388 mm padavin, v letu 2013 le 258 mm. Neurje je 11. julija 2012 v Savinjski dolini poškodovalo oziroma oklestilo posevek, 14. julija 2012 pa je neurje z močnim vetrom in dežjem negativno vplivalo na posevek tudi v Prekmurju (Agrometeorološki ..., 2012 in 2013).



Sliki 1: Vsota padavin in povprečna temperatura po dekadah od aprila do avgusta v letih 2012 in 2013 v Savinjski dolini (Žalec; zgoraj) in v Prekmurju (Murska Sobota; spodaj)

2.4 Obdelava podatkov

Podatke smo analizirali z večsmerno analizo variance (ANOVA), pri čemer smo vrednotili vpliv časa setve, odmerka dušika, leta in lokacije na količino pridelka semena (kg/ha suhe snovi). Rezultate smo statistično ovrednotili s stopnjo značilnosti $\alpha = 0,05$ (95 % stopnja zaupanja). Vsebnost maščob smo primerjali med lokacijami, časom setve in med letoma.

3 REZULTATI

Značilno pozitivno je na pridelek semena vplival zgodnji čas setve (čim je to bilo mogoče glede vremena in temperature tal; S1) v primerjavi s kasnejšim (S2) (preglednica 1). Tudi v poskusih avtorjev Al-Doori (2012), Ghanem (1990), El-Refaey in sod. (2010), El-Deeb in Abd El-Fatah (2006) in Ibrahim (2009) se je zgodnejši čas setve pokazal v večjem pridelku semena lana. Čas rasti na njivi je bil pri vseh obravnavanjih znotraj termina setve S2 dosti krajši kot pri S1, saj smo želi istočasno. Pri S1 so se rastline hitreje razvijale v Savinjski dolini kot v Prekmurju, izenačile so se v sredini junija. V Prekmurju so se pri S2 do junija rastline zelo počasi razvijale, potem pa so hitro prehajale skozi razvojne faze, v razvojnih fazah so se izenačile z lokacijo Savinjska dolina v sredini junija. Vsekakor je imel lan na lokaciji Savinjska dolina pri S1 najdaljši čas cvetenja in čas za razvoj glavic. V primerljivih poskusih,

izvedenih v srednji Evropi (Kuhar, 2009; Pospišil in sod., 2011; Kocjan Ačko in Trdan, 2008), je imel lan primerljivo rastno dobo. Raziskava vpliva roka setve, sort in odmerkov dušika na oblikovanje pridelka, nekatere morfološke značilnosti ter indeks listne površine je v Prekmurju pokazala, da čas setve vpliva na vse merjene parametre, medtem ko vpliva izbora sorte ter gnojenja z dušikom zaradi zaloga N v tleh v poskusih Kuharja (2009) niso potrdili.

Dejstvo je tudi, da je v Sloveniji edini registriran FFS za lan herbicid Basagran, ki ga lahko uporabljamo za zatiranje enoletnih in nekaterih večletnih širokolistnih plevelov. Tako čim bolj zgodnja setev, kot to dopuščajo vremenske razmere oziroma temperatura tal, dobro razpleveljena njiva oziroma razpleveljena njiva tik pred setvijo ter pravilna uporaba herbicida omogočijo, da lan spomladi zaduši plevel. V našem poskusu v letu 2012 smo pri S2 namreč imeli velike probleme s plevelom, ki je v nekaterih primerih celo prerasel posevek.

Gnojenje lana z mineralnim dušikom v preučevanih letih na pridelek ni vplivalo oziroma je nanj vplivalo značilno negativno (preglednica 1). To velja za obe lokaciji, ne glede na čas setve, v letu 2013 in za Prekmurje v letu 2012. Pred prvim dognojevanjem v letu 2013 (19. junija 2013) je bilo v Savinjski dolini pri S1 v tleh rastlinam dostopnega dušika pod mejo detekcije, pred prvim dognojevanjem pri S2 pa od 16 do 37 kg/ha. V Prekmurju je bilo pri obeh terminih setve v letu 2013 pred prvim dognojevanjem okrog 37 kg/ha rastlinam dostopnega dušika. Ne glede na te relativno nizke količine rastlinam dostopnega dušika v tleh, gnojenje z dušikom ni imelo dokazljivega vpliva na pridelek oziroma je le-ta s povečevanjem odmerka dušika celo padal. Pri ekološkem obravnavanju, kjer je bil N pognojen v obliki organskega gnojila Plantella Biogrena v odmerku 50 kg N/ha, je bil pridelek primerljiv obravnavanju, kjer smo 60 kg/ha N pognojili v obliki mineralnega gnojila. Razlog je tudi ta, da za lan pri nas skoraj ni dovoljenih FFS (razen herbicida Basagran), količina apliciranega N pa je bila podobna.

Preglednica 1: Pridelek lanenega semena (kg/ha suhe snovi) sorte Recital glede na odmere mineralnega dušika, čas setve (S1 in S2), leto (2012, 2013) in lokacijo pridelave

		Pridelek (kg/ha)
Odmerek mineralnega dušika (kg/ha)	N0 (0 kg/ha N)	1083 b
	N30 (30 kg/ha N)	1069 b
	EKO (50 kg/ha N)	1041 ab
	N60 (60 kg/ha N)	1009 ab
	N90 (90 kg/ha N)	973 a
Čas setve	S1	1116 b
	S2	954 a
Lokacija pridelave	Savinj. dolina – oranje	1422 b
	Prekmurje – oranje	836 a
	Prekmurje – brez oranja	847 a
Leto	2012	1006 a
Pridelave	2013	1064 b

*Enaka črka v stolpcu pomeni, da med obravnavanjema razlika ni statistično značilna (Duncanov test, $p=0.05$).

Tla so imela v kombinaciji z vremenskimi razmerami (lokacija) značilen vpliv na pridelek. V Savinjski dolini, kjer so bila srednje težka tla, je bil dosežen značilno večji pridelek kot v Prekmurju, kjer so bila tla lahka, ne glede na način obdelave tal. Verjetno je na pridelek pozitivno vplivala večja kapaciteta tal za zadrževanje vode, saj je v obeh letih primanjkovalo

padavin. V primerjavi s Savinjsko dolino sta obe lokaciji v Prekmurju dobili precej manj padavin v rastni sezoni tako v letu 2012 (razlika 181 mm) kot v letu 2013 (razlika 104 mm). Temperature in njihova razporeditev pa so bile v Prekmurju in v Savinjski dolini podobne (Agrometeorološki portal Republike Slovenije, 2012 in 2013).

V Prekmurju način obdelave tal v obeh letih ni imel značilnega vpliva na pridelek lana pri obeh časih setve, ne glede na odmere mineralnega dušika.

Tudi v poskusih Casa in sod. (1999) je bil pridelek lanenih semen zelo odvisen od vremenskih razmer in lokacije pridelave; najbolj negativno so na pridelek vplivale visoke temperature zaradi skrajšanja razvojnega cikla (rastne dobe) in najbrž pomanjkanja vode. Kot sta ugotovila Krajnc in Pavlovič (2015), je pridelava lana v Sloveniji, če se odločimo le za prodajo semen, ekonomsko upravičena že pri pridelku 900 kg/ha semen. Takšen pridelek v našem poskusu v Prekmurju ni bil dosežen, razen pri večini obravnavanj v letu 2012 pri S1.

Vsebnost maščob v semenu lana je med 30 % in 50 % (Hoffmann, 1998). Glede na tehnologijo pridelave in lokacijo pridelave je bila vsebnost maščob v suhi snovi v našem poskusu med 30,1 % in 40,6 % v letu 2012, in med 36,6 % in 46,1 % v letu 2013. Pri S1 je bila vsebnost maščob v letu 2013 višja kot pri S2 (v Prekmurju 43,5 % pri S1 in 39,8 % pri S2, v Savinjski dolini 40,1 % pri S1 in 39,0 % pri S2) na obeh lokacijah in na lokaciji Savinjska dolina v letu 2012 (36,1 % pri S1 in 33,2 % pri S2). Pri S2 je odmere mineralnega N 30 kg/ha pomenil le majhno povečanje vsebnosti maščob, večji odmerki N so na vsebnost maščob v semenu imeli negativen vpliv. Pri S1 pa se je že odmere 30 kg/ha N odrazil v manjši vsebnosti maščob v semenu. Tudi Eghbal in Kahnt (1992) navajata, da se je v njihovih poskusih v Nemčiji z dodajanjem dušika zmanjšala vsebnost maščob v semenu.

Pri S1 je gnojenje z N ali negativno vplivalo na pridelek maščob ali nanj ni imelo vpliva, pri S2 pa se je odmere 30 kg/ha odrazil v večjem pridelku maščob na enoto površine, večji odmerki N pa niso bili upravičeni.

Odmerek 30 kg/ha mineralnega N se je torej v naših poskusih pokazal kot zgornja meja pri S2, pri S1 pa gnojenje z mineralnim N ni bilo upravičeno. Tudi v dveletnih gnojilnih poskusih (0, 30, 60, 90 kg/ha N) na Hrvaškem z več sortami lanu so Butorac in sod. (2010) ugotovili, da je bila najprimernejša količina dodanega dušika 30 kg/ha, sicer je prišlo do poleganja rastlin. V raziskavi Mikhailouskaye (2006) je bil optimum gnojenja z dušikom od 15 do 30 kg/ha. Dodatno gnojenje z dušikom v odmerku 45 kg/ha je vplivalo na zmanjšanje pridelka semena. Povečanje gnojenja z dušikom se je odrazilo v zmanjšanju pridelka kot tudi v zmanjšanju kvalitete zaradi poleganja in povečanega razvoja bolezni tudi v raziskavi Trusha (1986). V slovenski literaturi se sicer doslej priporoča za gnojenje jarega lana odmerki dušika od 50 do 100 kg/ha N (Kocjan Ačko, 1999; Bavec, 2000; Čeh, 2009), zato smo le-to skušali preveriti in navodila za pridelavo lana za seme pri nas posodobiti.

4 SKLEPI

Rezultati poskusa kažejo, da moramo biti pri gnojenju jarega lana z mineralnim N previdni. Največji priporočen odmere dušika je 30 kg/ha pri poznejšem času setve (S2), pri zgodnejšem času setve (S1) pa gnojenje z mineralnim N v razmerah poskusa ni bilo upravičeno.

Čas setve je imel značilen vpliv na pridelek lanenega semena; le ta je bil večji pri zgodnejšem času setve (S1) v primerjavi s kasnejšim rokom setve (S2). Leto pridelave in lokacija pridelave v povezavi z vremenskimi razmerami sta prav tako imela značilen vpliv na pridelek. Na srednje težkih tleh v Savinjski dolini je bil pridelek značilno večji kot na lahkih tleh v

Prekmurju. Poletji v obeh letih sta bili namreč z malo padavinami; pri tem se je večja kapaciteta tal za vodo odrazila pozitivno.

Način obdelave tal na lahkih tleh v Prekmurju na pridelek lanenega semena ni imel značilnega vpliva. Pri ekološki pridelavi lana smo dosegli enak pridelek kot pri obravnavanju v konvencionalni pridelavi, kjer smo aplicirali podoben odmerek N – 60 kg/ha.

Zgodnja setev oljnega lana (S1) in le zmerno gnojenje z N (30 kg N/ha) sta ugodno vplivala na vsebnost in pridelek olja.

5 LITERATURA

- Agrometeorološki portal Slovenije. Dosegljivo na: <http://agromet.mkgp.gov.si/APP/Home/METEO/-1> (2012 in 2013, december 2016)
- Al-Doori, S. A. D. 2012. Influence of Sowing Dates on Growth, Yield and Quality of Some Linseed Genotypes (*Linum usitatissimum* L.). College of Basic Education Researchers Journal Vol. (12), No.(1), p. 733-746.
- Bavec, F. 2000. Nekateri zapostavljene in/ali nove poljščine. Maribor, Fakulteta za kmetijstvo: 55-64
- Butorac, J., Pospišil, M., Mustapić, Z., Augustinović, Z., Mešanović, D. 2010. Utjecaj gnojidbe dušikom na prinos i udio vlakna predivnog lana. V: 45. Hrvatski i 5. međunarodni simpozij agronoma. Opatija, Zbornik radova: 681-685.
- Casa, R., Russell, G., Lo Cascio, B., Rossini, F. 1999. Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of linseed at different stand densities. Eur J Agron, 11: 267-278.
- Čeh, B. 2009. Lan. V: Oljnice: pridelava, kakovost olja ter možnost uporabe za biomaziva in biodizel, Čeh, B. (ur.), Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Pinus TKI d.d.: 51-57
- Eghbal, K., Kahnt, G. 1992. Die Wirkung unterschiedlicher Bestandesdichten und stickstoffdüngung auf die Ertragsleistung und das fettsäuremuster von Olleinsamen (*Linum usitatissimum* L.) als nachwachsender Rohstoff. Bodenkultur, 43(3): 229-241
- El-Deeb, E.E.A. and A.A. Abd El-Fatah 2006. Effect of sowing and harvesting dates on yield and its quality for some linseed varieties. J. Agric. Sci. Mansoura Univ. 31(9): 5557-5566.
- Ghanem, S.A.I. 1990. The influence of N fertilization and sowing, harvesting dates on oil, fiber yields and their contributing characters of linseed. Zagazig. J. Agric. Res. 17(3): 575-587.
- Hoffmann, D. 1998. Zelišča, Založba Mladinska knjiga: 109 str.
- Kocjan Ačko, D., Trdan, S. 2008. Influence of row spacing on the yield of two linseed cultivars (*Linum usitatissimum* L.). Acta agriculturae Slovenica, Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 91-1: 23-35.
- Kocjan Ačko D. 1999. Lan. V: Pozabljene poljščine, Založba Kmečki glas, Ljubljana: 83-100.
- Kocjan, Ačko D. 2015. Lan.V: Poljščine, pridelava in uporaba. Založba Kmečki glas, Ljubljana: 125-129.
- Krajnc, U., Pavlovič, M. 2015. Podjetniški vidik pridelave lana (*Linum usitatissimum* L.) v Sloveniji. V: Zbornik simpozija Novi izzivi v agronomiji 2015 / [uredniki Barbara Čeh ... et al.], Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 122-128.
- Kuhar, A. 2009. Oblikovanje pridelka treh sort lanu (*Linum usitatissimum* L.) glede na rok setve in odmerke dušika. Maribor: Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru: 44.
- Mikhailouskaya, N. 2006. The effect of linseed seed inoculation by Azospirillum brasilense on linseed yield and its quality. Plant, soil and environment, 52 (9): 402-406
- Pospišil, M., Pospišil, A., Butorac, J., Škevin, D., Kraljić, K., Obranić, M., Brčić, M. 2011. Prinos i sastavnice prinosa istraživanih sorata uljanog lana u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. 47. Hrvatski i 7. Međunarodni simpozij Agronoma, Opatija, proceedings.
- Sheppard, S.C. and T.E. Bates. 1988. Probability of response of linseed to nitrogen fertilizer dependent upon planting date and weather. Canadian J. of Soil Sci. 68: 271-286.

Preliminarne meritve količine vode v tleh za potrebe interpretacije satelitskih slik

Marina PINTAR⁹⁴, Nataša ĐURIĆ⁹⁵, Matjaž NEDOG⁹⁶, Damijana KASTELEC⁹⁷

Izvleček

Satelitske slike z vedno boljšo časovno in prostorsko ločljivostjo omogočajo pomemben napredek pri uvedbi sistemov ukrepanja za pravočasno zaznavanje suše in omilitev njenih posledic v kmetijstvu. Za večjo zanesljivost interpretacije satelitskih slik je v začetni fazi potrebno tudi poznavanje količine vode v tleh ter njeno prostorsko variabilnost. V Prekmurju smo na štirih lokacijah, razdeljenih v štiri ploskve 20 m x 20 m, v devetih časovnih terminih v letu 2016 opravili po deset meritev količine vode v tleh. Meritve smo opravljali s prenosno TDR sondo TRIME FM-1. Variabilnost meritev znotraj posameznih ploskev in tudi med ploskvami je bila zelo podobna. Koeficient variacije je dosegel vrednosti med 0,1 in 0,7 %. Razlike v vsebnosti vode med ploskvami na posamezni lokaciji so bile v več terminih statistično značilne, a so bile le nekajkrat pomembe in dosegale vrednost od 5 do 10 vol %. Količina vode v tleh je bila tedaj praviloma do 25 vol %. Zaradi majhne variabilnosti bi v nadaljevanju poskusa lahko zmanjšali vzorčenje iz sedanjih deset na pet ali šest na težkih in štiri ali pet na lahkih tleh.

Ključne besede: vsebnost talne vode, variabilnost, satelitske slike

Preliminary measurements of soil water content for the purposes of interpretation of satellite images

Abstract

Satellite images with always better temporal and spatial resolution allowing significant progress in the introduction of systems for the timely detection of drought and mitigation of its effects in agriculture. For greater reliability of satellite images interpretation in the initial stage the knowledge of soil water and its spatial variability is necessary. At four locations in Prekmurje area, further divided into four plots of 20 m x 20 m ten repetitive measurements of soil water content in the nine time periods in 2016 were made. The measurements were carried out using a portable TDR probe TRIM FM-1. Variability of measurements within individual plots and between the plots was very similar. The coefficient of variation has reached a value between 0.1 and 0.7 %. Variations in the water content between the plots at a single location were statistically significant in several dates, but only a few have been relevant and reached a value of 5 to 10 vol. %. The amount of water in the soil at the time was as a rule up to 25 vol. %. Due to the low variability, in the following experiment we can reduce the sampling from the current ten to five or six and four or five on the heavy and on light soils, respectively.

Key words: soil water content, variability, satellite images

1 UVOD

Ukrepi blaženja posledic suše v primerjavi s škodo, ki nastane v kmetijstvu, ne prinašajo zelenih učinkov (Računsko sodišče, 2008). Zato je pomembna uvedba sistemov ukrepanja za pravočasno zaznavanje suše in omilitev njenih posledic. K temu nas zavezuje tudi izvajanje v

⁹⁴ Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

⁹⁵ Center odličnosti vesolje, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, e-pošta: natasa.djuric@space.si

⁹⁶ Študent VŠS Agronomija-Hortikultura, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: matijjaa@gmail.com

⁹⁷ Izr. prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: damijana.kastelec@bf.uni-lj.si

letu 2008 sprejete Strategije (Strategija ..., 2008) in aktivnosti v okviru Akcijskega načrta prilagajanja slovenskega kmetijstva in gozdarstva podnebnim spremembam (Akcijski ..., 2010) ter Strategija za izvajanje resolucije o strateških usmeritvah razvoja slovenskega kmetijstva in živilstva do leta 2020 (MKGP, 2014).

Razvoj daljinskega zaznavanja z vedno večjo prostorsko in časovno ločljivostjo in nove tehnike obdelave satelitskih posnetkov omogočajo vrednotenje vegetacijskih indeksov, ki odražajo stanje vegetacije (rast, stres) (Basso in sod., 2004), in posledično razvoj sistemov za sledenje suše z namenom zmanjševanja njenih posledic. Prav tako na takšnih tehnologijah temelji tudi vedno več sistemov, npr. za podporo odločanju o namakanju v Evropi in drugod po svetu.

Deset in dvajsetmeterska prostorska ločljivost, ki jo ima nova generacija satelitov Sentinel-2, zagotavlja uporabnost satelitskih posnetkov tudi v slovenskem prostoru, kjer so kmetijske parcele praviloma manjše in predvsem ožje kot v večini ostalih evropskih držav. Dosedanji satelitski posnetki manjše prostorske ločljivosti so bili za območje Slovenije praviloma manj uporabni kot v ostalih evropskih državah. Večja časovna ločljivost, ki sedaj dosega pet dnevni cikel, pa omogoča tudi sledenje suše (Dalezios in sod., 2014), ki ji je večina kmetijskih območij vedno bolj izpostavljena.

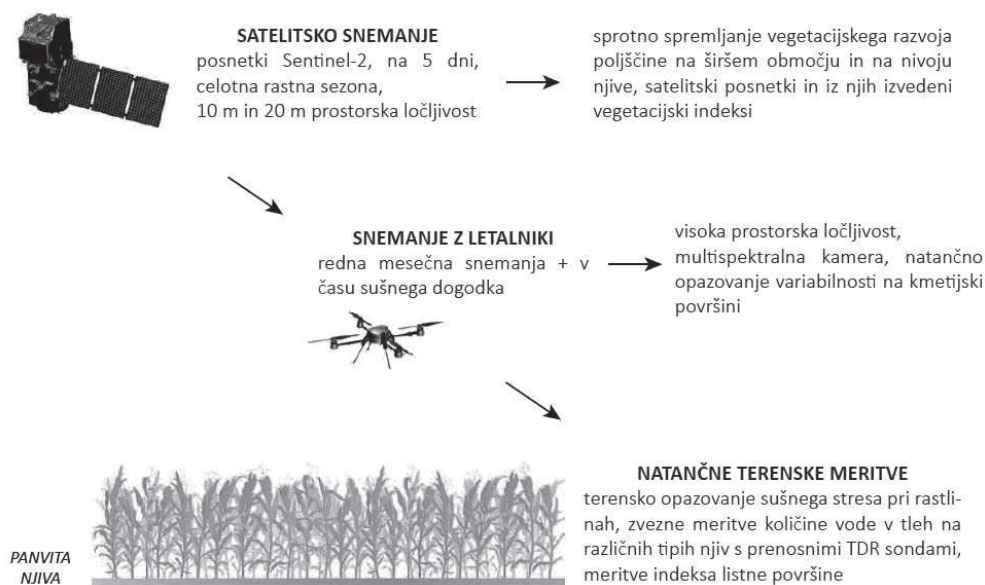
Evropska komisija omogoča sprotno pridobivanje satelitskih posnetkov Sentinel-2 brezplačno, kar še poveča njihovo privlačnost za raznotere uporabe, med drugim tudi v kmetijske namene. Visoko ločljivi optični posnetki omogočajo spremljanje vegetacije med razvojem in rastjo, ko so rastline izpostavljene različnim stresom, ki jih povzročajo abiotiski in biotski dejavniki. Za pravilno interpretacijo razpoznanega stanja s satelitom je potrebno izmerjene vrednosti primerjati z meritvami na terenu. Na ta način lahko ugotovimo, kdaj za rastlino dejansko nastopi sušni stres (oz. ali je zaznana sprememba na satelitski sliki v resnici posledica sušnega stresa) oziroma časovni zamik med zaznavo sušnega stresa na satelitskih posnetkih in zaznavo v naravi.

Vmesno možnost tovrstne primerjave nudi uporaba brezpilotnih letalnikov za več spektralno snemanje z manjše višine (50 do 200 m) in večjo natančnostjo ter kasnejšim preračunom vegetacijskih indeksov. Prostorska ločljivost je pri tem pristopu močno izboljšana in znaša od 1 do 10 cm.

Z zgoraj omenjeno tematiko so se Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Panvita, kmetijstvo in pridelava hrane d.d. in Center odličnosti Vesolje, znanosti in tehnologije prijavili na razpis Po kreativni poti do znanja 2016/2017 Javne agencije za tehnološki razvoj Republike Slovenije.

Celoten projekt, katerega samo del je naša raziskava, temelji na dejstvu, da je za večjo zanesljivost interpretacije satelitskih slik potrebno primerjati rezultate: (1) meritev količine vode v tleh in (2) indeksa listne površine (LAI) z rezultati snemanja (3) z brezpilotnimi letalniki in (4) s satelitskimi slikami (slika 1). Primerjava rezultatov bo potekala v več terminih preko sezone na modelni rastlini, ki bo zaradi razširjenosti in izpostavljenosti suši, koruza. Meritve bomo izvajali na tleh, ki so bolj oz. manj podvržena suši in sicer na namakanih in nenamakanih površinah. Iste površine bomo snemali z brezpilotnimi letalniki in za iste vzorčne površine bo potekala tudi končna interpretacija satelitskih slik.

Natančno geokodirani podatki bodo omogočali, da bomo celico velikosti 20 m x 20 m, katere lastnost zabeleži satelit, povezali z informacijami, ki jih bomo dobili s snemanjem z brezpilotnimi letalniki in nadalje s stanjem rastline in še naprej s količino vode v tleh v obravnavani celici. Tako bomo dobili učni niz podatkov za interpretacijo satelitskih slik, ki jih bomo ob tako zasnovani metodologiji lahko interpretirali z večjo zanesljivostjo kot doslej. Z večjo zanesljivostjo interpretiranja se uporabnost satelitskih slik zelo poveča.



Slika 1: Povezava snemanja površja s satelitom in meritev količine vode v tleh

Količina vode v tleh je eden najosnovnejših parametrov, ki opisuje vodno stanje tal in je pomembna tudi za ostale fizikalne lastnosti tal in procese v njih. Talna voda oz. t.i. zelena voda (Lal, 2012) vpliva na rast in razvoj rastlin in talnih organizmov. Količina vode v tleh je prvi omejujoči faktor za rast vegetacije in proizvodnjo biomase (Arriaga in Rubio, 2016). V sušnih razmerah to pripelje do povečanih razlik v rasti rastlin, kar poveča raznolikost vzorca vegetacije (Stadler in sod., 2015). Le ob upoštevanju največjega približka lahko upoštevamo tla kot enostaven, homogen porozni medij in zanemarimo variabilnost v horizontalni in vertikalni smeri, ki pa je ne smemo zanemariti na nivoju poljskih poskusov (Kutilec in Nielsen, 1994).

Z namemom dobre priprave na projekt smo v sezoni 2016 na izbranih lokacijah opravili preliminarne meritve količine vode v tleh. Namen poskusa je bil ugotoviti, kakšno prostorsko variabilnost količine vode v tleh lahko pričakujemo na lokacijah, kjer smo predvidevali kalibracijo satelitskih slik za potrebe določitve pojava suše na kmetijskih površinah.

2 MATERIALI IN METODE

Poskus je potekal na štirih lokacijah, katerih koordinate in številke GERK so prikazane v preglednici 1. V poskus so bila vključena teksturno lažja (L) in težja (T) tla v kombinaciji z namakanjem (N1) oz. brez tega ukrepa (N0). Lokacije teksturno lažjih in težjih tal so bile izbrane po nasvetu glavnega tehnologu v podjetju Panvita.

Na vseh lokacijah je rastla kornja. Vsako od štirih območij je obsegalo štiri ploskve velikosti 20 m x 20 m, ki so geografsko pokrite s celicami satelitskih posnetkov. Ploskve znotraj območja smo označili glede na smeri neba (JV, JZ, SV, SZ) (slika 2). Znotraj vsake ploskve smo naredili po 10 prostorsko naključno razporejenih meritev vsebnosti vode v tleh v globini 20 cm. Meritve so bile narejene v devetih terminih v času med 17. 6. 2016 in 3. 9. 2016 s

prenosno sondo Trime FM-1 (proizvajalec IMKO), ki deluje na principu meritve dielektrične konstante merjenega medija (TDR – Time domain reflectometry).

Z namenom, da bi dobili dobro reprezentativno srednjo vrednost za vsebnost vode v tleh za posamezno ploskev, smo analizirali njeno prostorsko variabilnost v različnih stanjih založenosti tal z vodo. V povezavi s tem smo na podlagi statističnih simulacij proučili, koliko meritev je potrebno narediti v prostoru, da dobimo dovolj dobro oceno povprečne vsebnosti vode v tleh. Za vsako območje posebej nas je zanimalo, ali med izbranimi štirimi sosednjimi ploskvami obstajajo statistično značilne razlike v povprečni vsebnosti vode v tleh v danih terminih.

Preglednica 1: Geodetske koordinate (Gauss-Kruegerjev koordinatni sistem) in GERK poskusnih lokacij na površinah v Prekmurju za ugotavljanje variabilnosti količine vode v tleh

Oznaka obravnave	GERK	Koordinata y	Koordinata x
Lahka tla, nenamakano – LN0	663365	589640	166660
Lahka tla, namakano – LN1	3585372	594500	163940
Težka tla, nenamakano – TN0	3582346	592520	161800
Težka tla, namakano – TN1	3582346	592540	162020

SZ	SV
JZ	JV

Slika 2: Razporeditev ploskev znotraj posamezne lokacije za ugotavljanje variabilnosti količine vode v tleh

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Slika 3 prikazuje rezultate meritev vsebnosti vode v tleh na namakanih oziroma nenamakanih lahkih in težkih tleh po ploskvah. Črte na sliki povezujejo povprečno vsebnost vode po posameznih ploskvah. Razpršenost točk kaže, da je bila variabilnost meritev znotraj posameznih ploskev in tudi med ploskvami zelo podobna. Nekoliko odstopa prvi termin, ko je bila koruza še zelo majhna. Koeficient variacije je dosegal vrednosti med 0,1 in 0,7 % in je bil zelo majhen.

Analiza variance in načrtovani kontrasti pokažejo nekaj razlik v povprečni vsebnosti vode v tleh na štirih ploskvah. Zaradi majhne variabilnosti so bile statistično značilne razlike med posameznimi ploskvami znotraj ene lokacije (torej razlike med ploskvami JV, JZ, SV in SZ na npr. lahkih nenamakanih tleh - LN0) že pri 1 vol. %, kar pa ni pomembna razlika. Statistično značilne in pomembne razlike npr. med 5 in 10 vol % so se pojavile le v določenih datumih (do trije datumi na posamezni lokaciji), ki so predstavljeni v preglednici 2.

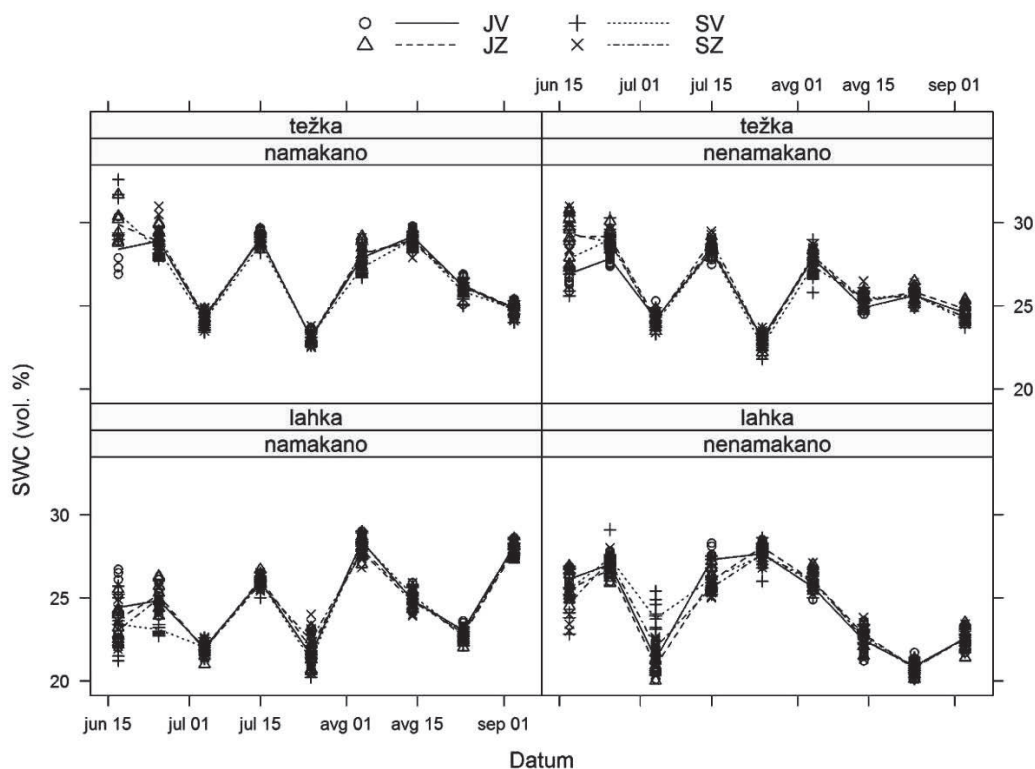
V vseh omenjenih datumih s pomembnimi razlikami v povprečni količini vode v tleh je bila le-ta ne glede na teksturo tal do oz. okoli 25 vol. % in pomeni majhne vrednosti količine vode

v tleh v nizu vseh meritev (slika 3). Izjema je le zadnja meritev (3. sep. 2016) na lahkih namakanih tleh, ko je bila vsebnost vode okoli 28 vol. % in pomeni najbolj vlažne razmere na tej lokaciji v celotnem merilnem nizu. V bolj suhih tleh so se razlike v količini vode med ploskvami na posamezno poskusni lokaciji povečale. Nadaljnji korak do interpretacije satelitskih slik za namene sledenja suše gre preko analize razvoja in statusa rastline, ki je opisana v članku z naslovom Razvoj listne površine pri različnih hibridih koruze tega zbornika. Razvoj in status rastline sta v veliki meri odvisna od količine vode v tleh, zato bo pri analizi za namene interpretacije satelitskih slik potrebno upoštevati možen pojav pomembnih razlik v količini vode med ploskvami.

Preglednica 2: Datumi, ko so bile razlike v količini vode v tleh med posameznimi ploskvami na lokacijah poskusa v Prekmurju statistično značilne in pomembne

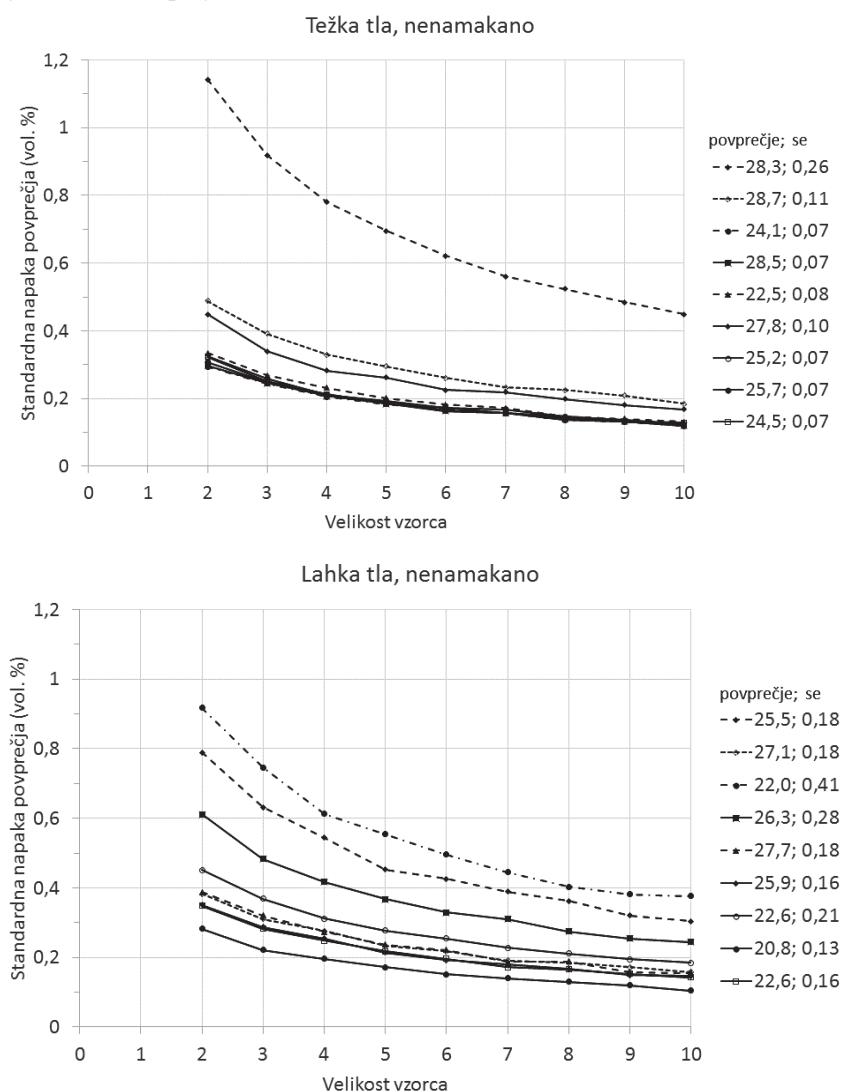
Oznaka lokacije	Datum (leto 2016)		
TN1	4. jul.	25. jul.	3. sep.
TN0	4. jul.	25. jul.	
LN1	25. jul.	4. avg.	3. sep.
LN0	4. jul.	14. avg.	3. sep.

Opomba: TN1 = težka tla namakano; TN0 = težka tla nenamakano; LN1 = lahka tla namakano; LN0 = lahka tla nenamakano



Slika 3: Vsebnost vode v tleh (SWC) (vol. %) v Prekmurju na namakanih oziroma nenamakanih lahkih in težkih tleh po ploskvah

Terensko delo je v primeru ponavljajočih se meritev pogosto časovno zahtevno, zato je možnost optimizacije dela z vidika prihranka časa in energije dobrodošla ob zahtevi, da se kakovost rezultatov ob tem ne zmanjša. Na podlagi meritev smo izvedli simulacije s samovzorčenjem, da bi ocenili standardno napako povprečja, ki bi bilo ocenjeno na podlagi manj kot 10 meritev (slika 4). Pokazalo se je, da ob dani prostorski variabilnosti količine vode v tleh, tako v primeru lahkih kot težkih tal, meritve ni potrebno izvajati na desetih mestih. Če upoštevamo meritve, ko je bila prostorska variabilnost največja, bi bilo na težkih tleh potrebno narediti pet do šest meritev, da bi dosegli standardno napako povprečja 0,6 vol. % in na lahkih tleh štiri do pet meritev. S preliminarnimi meritvami v letu 2016 smo tako prikazali možnost optimizacije dela v času projekta.



Slika 4: Standardna napaka povprečja količine vode v tleh dobljena na podlagi simulacij za različno število merilnih mest (velikost vzorca) za težka in nenamakana tla (zgoraj) in za lahka nenamakana tla (spodaj). Kot legenda so navedena povprečja in standardne napake (se) štiridesetih meritev v posameznih dneh vzorčenja

4 SKLEPI

Rezultati poskusnih meritev količine vode v tleh na lahkih in težkih, namakanih in nenamakanih tleh za namene interpretacije satelitskih slik kažejo, da je variabilnost meritev znotraj posameznih ploskev in tudi med ploskvami zelo podobna. Koeficient variacije je dosegal vrednosti med 0,1 in 0,7 % in je bil zelo majhen.

Zaradi majhne variabilnosti so bile statistično značilne razlike med posameznimi ploskvami znotraj ene že pri 1 vol. %, kar pa ni pomembna razlika. Statistično značilne in pomembne razlike npr. med 5 in 10 vol % so se pojavile praviloma pri manjši vsebnosti vode v tleh (do 25 vol. %).

Zaradi majhne variabilnosti bi v nadaljevanju poskusa lahko zmanjšali število vzorčenj iz sedanjih deset na pet do šest na težkih in štiri do pet na lahkih tleh. S preliminarnimi meritvami smo prikazali možnost optimizacije dela v času projekta.

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.

5 LITERATURA

Akcijski načrt strategije prilagajanja slovenskega kmetijstva in gozdarstva podnebnim spremembam za leti 2010 in 2011. 2010.

http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/podrocja/Kmetijstvo/Naravne_nesrece/Akcijnski_nacrt_za_leti_2010_in_2011_1_.pdf (dostop 3. nov. 2016)

Arriaga, J., Rubio, F. R. 2016. (dostopno na spletu 26. okt. 2016). A distributed parameters model for soil water content: Spatial and temporal variability analysis. *Agricultural water management*. V tisku.

Basso, B., Cammarano, D., De Vita, P. 2004. *Rivista Italiana di Agrometeorologia*, 36-53 (1).

Dalezios, N.R., Blanta, A., Spyropoulos, N.V., Tarquis, A.M. 2014. Risk identification of agricultural drought for sustainable agroecosystems. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14: 2435-2448

Kutilec, M., Nielsen, D. R. 1994. *Soil hydrology*. Catena, 370 str.

Lal, R. 2012. *Soil Water and Agronomic Production*. V: Lal R., Stewart B.A. (ur.). 2012. *Soil water and agronomic productivity*. CRC Press, 594 str.

MKGP, 2014. Strategija za izvajanje resolucije o strateških usmeritvah razvoja slovenskega kmetijstva in živilstva do leta 2020. 171 str.

Računsko sodišče, 2008. Revizijsko poročilo o smotrnosti ravnanja Republike Slovenije pri preprečevanju in odpravi posledic suše v kmetijstvu. Računsko sodišče. 85 str.

Stadler, A., Rudolph, S., Kupisch, M., Langensiepen, M., van der Kruk, J., Ewert, F. 2015. Quantifying the effects of soil variability on crop growth using apparent soil electrical conductivity measurements. *European Journal of Agronomy*, 64: 8-20

Strategija prilagajanja slovenskega kmetijstva in gozdarstva podnebnim spremembam. 2008. <http://agromet.mko.gov.si/Publikacije/STRATEGIJA%20prilagajanja.pdf> (dostop 3. nov. 2016).

Vpliv komposta in aktiviranega biooglja na tla in rast rastlin

Lara RESMAN⁹⁸, Tanja BAGAR⁹⁹

Izvleček

Pridelavo hrane, kot jo poznamo v sodobnem svetu, ženejo gonila ekonomije – pridelati čim več, čim hitreje in s čim manj urami človeškega dela. Pri tem nastajajo negativni stranski učinki za okolje. Pogosto je poslabšana kakovost tal, osnova za zdrav in hranilen pridelek. Tradicionalni naravni izboljševalci tal, kot so lesni pepel, oglje, kompost, gnoj, lahko vrtovom in njivam v pravih odmerkih dajo potrebna hranila oz. izboljšajo fizikalno-kemijsko-biološke lastnosti tal. Bioogljje je pri nas še precej nepoznano in neraziskano. Njegova edinstvena struktura nudi habitate za koristne talne mikroorganizme in tako spodbuja in podpira življenje v tleh. Tekom razvoja izdelkov smo na kompostarni podjetja Cerop d.o.o. opravili številne rastne poskuse z uporabo biooglja in komposta. V lončnem poskusu smo proučili delovanje komposta in biooglja na rast kodrolistne endivije in ječmena. Kontrolna vrtna zemlja je bila srednje založena s fosforjem in kalijem, rahlo kisla in zmerno humozna. Odmerili smo 3 L/m² in 5 L/m² komposta ter 5 L/m² + 0,7 L/m² biooglja. Pridelki kodrolistne endivije in ječmena so bili pri vseh dodatkih komposta izrazito večji od kontrolnega obravnavanja, pri čemer je večji odmerek komposta dal večje pridelke manjši odmerek. Dodatek biooglja v kompost je pridelke dodatno zvečal za 8 do 15 %.

Ključne besede: kompost, bioogljje, mikroorganizmi, rodovitnost tal, življenje v tleh, organska snov

The effect of compost and biochar on soil and plant growth

Abstract

Food production as we know it in the modern world is driven by economics - produce as much as possible, as quickly as possible and with the fewest hours of human labor. During this process, the negative side effects for the environment are caused. Often soil quality, the basis for a healthy and nutritious crop, is degraded. Traditional natural soil amendments, such as wood ash, biochar, compost, manure, can improve nutrient status, physio-chemical, and biological properties of the soil. Biochar is still quite unknown and unexplored. Its unique structure provides habitats for beneficial soil microorganisms and also encourages and supports life in the soil. During product development, we at the composting company Cerop d.o.o. conducted a number of experiments with use of biochar and compost. In the pot experiment we studied the effect of compost and biochar on the growth of curled-leaved endives and barley. Control garden soil was slightly acidic, medium stocked with phosphorus, potassium, and humus. Portioning was 3 L/m² and 5 L/m² compost and 5 L/m² + 0.7 L/m² biochar. Crops of curled-leaved endives and barley were markedly higher than the control treatment by all additions of compost, with the higher dose of compost gave higher yields than lower dose. Added biochar to compost produced additional increases in yields by 8 to 15%.

Key words: compost, biochar, microorganisms, soil fertility, life in the soil, organic matter

1 UVOD

Najpomembnejša komponenta rodovitnih tal je organska snov in najpomembnejši prebivalci tal mikroorganizmi (Lowenfels in Lewis, 2010). Tla niso le skupek mineralnih delcev, hranil in vode, ampak so dom številnih mikro- in makroorganizmov, ki s svojimi dejavnostmi

⁹⁸ Micronatura d.o.o., Milje 4, 4212 Visoko, e-pošta: lara@micronatura.si

⁹⁹ Doc., dr., Raziskovalna skupina Zeleni rudnik Pomurja, Vaneča 81 B, 9201 Puconci; Cerop d.o.o., Vaneča 81 B, 9201 Puconci; Ogracek d.o.o., Vaneča 81 A, 9201 Puconci; e-pošta: tanja.bagar@cerop.si

vplivajo na njihovo strukturo, dostopnost hranil in vode, živijo v sožitju z rastlinami, skrbijo za kroženje hranil, ti organizmi se borijo za svoj prostor, iščejo hrano, jedo eden drugega in tudi rastline, razkrajajo odmrle organizme idr.. Ne samo, da talni organizmi skrbijo za kroženje hranil in njihovo dostopnost rastlinam, življenje v zemlji vpliva tudi na druge lastnosti tal, ki določajo njihovo rodovitnost. Organizmi v tleh dejansko določajo kakšna tla želijo imeti: živa tla niso nagnjena k zbijanju in zakisanju, so zračna, dobro zadržujejo vodo in aktivno skrbijo za zdravje rastlin. Če poskrbimo, da se talni organizmi dobro počutijo, potem posledično rastline uspešneje rastejo (Lowenfels in Lewis, 2010).

V tleh živi milijarde organizmov, večina je očem nevidnih in med njih spadajo bakterije, glive in praživali. V enem gramu zdravih, živih tal lahko najdemo tudi milijardo bakterij, katerih naloga je razgradnja enostavnih substanc, sposobne pa so razgrajevati tudi takšne snovi, kot so ostanki pesticidov in drugi toksini. S svojimi izločki skrbijo tudi za zlepljanje talnih delcev in nastanek agregatov, kar izboljša strukturo tal. Nekatere bakterije razgrajujejo organsko snov v prisotnosti kisika, druge so sposobne to narediti v odsotnosti kisika, spet tretje so sposobne fotosinteze, podobno kot rastline in za preživetje ne potrebujejo drugega kot zrak, svetlobo in vodo. Obstajajo bakterije, ki so sposobne dušik iz zraka pretvoriti v obliko, ki je dostopna rastlinam – v sožitju z rastlinami živijo na koreninah metuljnic in nekaterih drugih rastlin npr. tiste iz rodu *Rhizobium*, spet druge pa so prostoživeče npr. *Azotobacter* (Madigan, 2000). Poleg bakterij so pomembni organizmi v tleh tudi glive. Mikorizne glive tvorijo z rastlinskimi koreninami simbioze in v zameno za sladkorje, ki jih dobijo od rastlin, omogočajo rastlinam dostop do mineralov in vode iz območij, ki presegajo zmožnosti samih rastlinskih korenin. Sposobne so razgrajevati kompleksne organske snovi kot je npr. lignin (Madigan, 2000). Naslednji zelo pomemben člen talne prehranske verige so praživali, saj lahko ena sama pražival poje tudi do 10000 bakterij na dan. Pri tem se sprošča amonij, ki je oblika dušika dostopna rastlinam. Dušik v tleh je shranjen v organski snovi in v telesih živih bakterij in gliv, ki ga imobilizirajo v svojo telesno maso; ko pražival poje bakterijo ali glivo, se dušik v procesu mineralizacije iz organske oblike pretvori v anorgansko, rastlinam dostopno (Lowenfels in Lewis, 2010). Tudi rastline so pomemben člen talne prehranjevalne verige. Iz zraka vežejo ogljikov dioksid, ga pretvorijo v organsko obliko, nekaj ga porabijo za izgradnjo svojih teles, nekaj ga izločijo skozi korenine in je hrana za njihove talne zaveznike. Rastline s svojimi koreninami ščitijo tla pred erozijo, nudijo dom talnim prebivalcem, njihova biomasa je vir organske snovi v tleh, aktivno pa so udeležene tudi v nastajanju samih tal iz matične kamninske podlage in nastajanju humusa.

Kompostiranje je (mikro)biološki bio-oksidativni proces, kjer mikroorganizmi, glive in drobne živalce razgrajujejo organske odpadke in jih pretvorijo v kompost. V nasprotju z večino živinskih gnojil (ki imajo velikokrat nesorazmerno povečane deleže posameznega hranila, na trgu dostopna pa so tudi celo sterilizirana in kot takšna mikrobiološko povsem brez vrednosti) ima kakovosten kompost rastlinskega izvora idealna razmerja rastlinskih hranil, vsebuje pa tudi vsa pomembna mikrohranila. Organska snov v kompostu poskrbi za zadrževanje vode v tleh, poveča zračnost tal, je vir hranil za rastline in mikroorganizme, nudi življenjski prostor mikroorganizmom. Kompost pa je mnogo več kot samo vir hranil in organske snovi. Kompost vsebuje ogromno, predvsem koristnih mikro- in makroorganizmov, ki jih potem ob njegovi uporabi vnesemo tudi v tla (Insam, 2010).

Poleg komposta smo se lotili proučevanja še enega zelo obetavnega naravnega izboljševalca tal - biooglja. Njegova uporaba ima poleg koristnih učinkov na rodovitnost tal tudi okoljsko noto pri zniževanju emisij CO₂. Bio-ogljje je trdna snov pridobljena s termokemično predelavo biomase v okolju z omejeno vsebnostjo kisika (Lehmann in sod, 2011). Lastnosti za izboljševanje tal daje bioogljju njegova posebna struktura sestavljena iz množice majhnih por,

ki nudijo prostor za naselitev mikroorganizmov, v pore se ulovita voda in zrak, ima pa tudi visoko kationsko izmenjevalno kapaciteto in zato sposobnost zadrževanja hranil (Pietikäinen, 2000). Posledice uporabe biooglja v tleh so tako povečana vodna in zračna kapaciteta tal, manjša potreba po gnojenju, povečanje biološke aktivnosti v tleh in posledično hitrejše nastajanje humusa. Vendar pa moramo bioogljje pred uporabo aktivirati – to pomeni, da mu dodamo vir hranil (npr. kompost), minerale (npr. kameno moko) in mikroorganizme. S tem preprečimo, da bi bioogljje na začetku iz same zemlje potegnilo v svoje pore hranila in minerale iz zemlje (Lehman, 2011).

Efektivni mikroorganizmi so združba več kot 80 različnih vrst koristnih mikroorganizmov, ki jo je razvil prof. dr. Teruo Higa na Japonskem. V tej združbi živijo v sožitju tako aerobni kot anaerobni mikroorganizmi, prevladujejo pa mlečnokislinske bakterije, kvasovke, fotosintetske in prostoživeče dušik fiksirajoče bakterije. Za EMTM je značilno, da v okolju zaradi svojih dejavnosti (sinteza organske snovi, nastanek sekundarnih produktov fermentacije – bioaktivnih snovi, fiksacija dušika...) podprejo pozitivno indigeno mikrofloro in uravnavajo mikrobiološke procese. V anaerobnih okoljih preprečijo procese gnitja in pospešijo proces fermentacije. Za aktivacijo biooglja smo jih uporabili, ker je njihovo število v pripravku zelo visoko, ker je dokazano njihovo pozitivno delovanje v tleh ter zaradi omogočanja stabilnosti in kvalitete produkta (Higa in Parr, 1994).

2 MATERIAL IN METODE

V rastlinjaku namenjenem poskusom smo zasnovali 8 gred, 4 od njih smo uporabili za poskuse prikazane v tem članku. Grede smo med sabo ločili z lesom, vse grede so imele enak program avtomatskega zalivanja. V oblikovane grede smo najprej vnesli vrtno zemljo (AL-dostopni fosfor 11 mg P₂O₅/100 g; kalij 16 mg K₂O/100 g, pH (kalcijev klorid) 6,18, organska snov 2,10 %), nato pa smo nekaterim gredam dodali kompost in/ali oglje. Grede smo označili od 1 do 4 in jih tretirali skladno s preglednico 2. Na te grede smo v različnih časovnih obdobjih posadili/posejali različne rastline in spremljali, kakšna masa rastlin je zrasla na posamezno enoto površine ter sam izgled, barvo in vitalnost/zdravje rastlin. V tem članku prikazujemo poskusa s kodrolistno endivijo in ječmenom. Kodrolistno endivijo smo vsadili kot sadike, ki smo jih sami vzgojili iz semena znamke IÖrtolano - kodrolistna endivija Pancalieri a casta bianca. Ječmen smo vzgojili iz semena ozimni ječmen Sandra podjetja Agrosa. Vsi dodatki na poskusnih gredah so bili dodani ročno v izračunanih količinah ter plitvo vdelani v prst.

Preglednica 2: Opis 4 gred, ki smo jih v poskusih različno tretirali in na njih spremljali rast rastlin

Št. grede	Opis grede
1	KONTROLA - vrtna zemlja
2	3 L/m ² komposta
3	5 L/m ² komposta
4	5 L/m ² komposta + 0,7 L/m ² aktiviranega biooglja

Pri kodrolistni endiviji smo rastline spremljali do tržne mase, določili povprečno maso rastlin ter izračunali % prirasta v masi v primerjavi s kontrolo. Ječmen smo posejali v poskusne grede ter spremljali kalitev in rast do velikosti primerne za uporabo kot ječmenova trava za prehrano oz. prehranski dodatek.

Surovo biooglje smo kupili v podjetju Bioenergetika d.o.o. ter ga aktivirali na sledeč način: (v volumskih %) smo zmešali:

- 50% biooglja,
- 50% komposta,
- 1% kamene moke (zeolitna moka Montana d.o.o.),
- 5 mL/L končnega produkta učinkovitih mikroorganizmov (pripravek EMTM Naturalny actywny proizwajalca Greenland Technologia EM Sp. z.o.o.) .
- vodo do končne 30% vlage.

Biooglje smo mešali v mešalcu Mashmaster dvakrat po 2 uri v razmiku 16 ur. Po mešanju smo biooglje napolnili v zabojnik ter inkubirali 30 dni. Po tem času je biooglje bilo pripravljeno za uporabo.

Kompost 1. razreda kakovosti smo pridobili v kompostarni Cerop d.o.o. Po končanem procesu kompostiranja smo naročili analize komposta skladno z Uredbo pri akreditiranem laboratoriju (NLZOH Novo Mesto). Analiza je pokazala, da kompost ustreza 1. razredu kakovosti in se lahko neomejeno uporablja ter daje na trg. Tako smo ga tudi mi lahko uporabili pri svojih poskusih.

Preglednica 1: Analiza komposta (NLZOH Novo Mesto), uporabljenega v poskusih, iz Kompostarne CERO Puconci

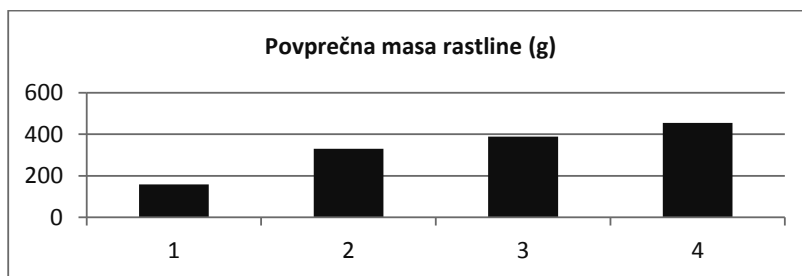
Št.	Parameter	Enota	Rezultat	Metoda
1	Suha snov	%	65,0	SIST EN 13040:2008-točka 10
2	Organska snov	% mase s.s.	32,9	SIST EN 13039:2012
3	Gostota	kg/L sveže mase	0,6258	SIST EN 12580:2001
4	Električna prevodnost	mS/m	770	oSIST prEN 15937:2011
5	pH		9,2	SIST EN 13037:2012
6	Skupni dušik	mg/kg s.s. N	19.672	SIST EN 13654-1:2002
7	Fosfor celotni	mg/kg s.s. P ₂ O ₅	11.618	SIST EN 13650-1:2002, SIST ISO 6878:2004
8	Kalij	mg/kg s.s. K ₂ O	22.000	SIST EN ISO 17294-2: 2005
9	Kalcij	mg/kg s.s. CaO	98.000	SIST EN ISO 17294-2: 2005
10	Magnezij	mg/kg s.s. MgO	17.000	SIST EN ISO 17294-2: 2005
11	Bor	mg/kg s.s. B	79	SIST EN ISO 17294-2: 2005
12	Molibden	mg/kg s.s. Mo	2.1	SIST EN ISO 17294-2: 2005
13	Neželeni primesi	% mase s.s.	0	Laboratorijska metoda
14	AT4	mg/g s.s. O ₂	1.8	ONORM S 2027-1:2004 (modificirana)
15	Salmonele	v 25 g	Nismo našli	SIST-TP CEN/TR 15215-3:2006
16	Kaljiva semena plevela	število/L	<5	FprCEN/TS 16201
17	Kadmij	mg/kg s.s. Cd	0,81	SIST EN ISO 17294-2: 2005
18	Krom - skupno	mg/kg s.s. Cr	63	SIST EN ISO 17294-2: 2005
19	Baker	mg/kg s.s. Cu	82	SIST EN ISO 17294-2: 2005
20	Nikelj	mg/kg s.s. Ni	25	SIST EN ISO 17294-2: 2005
21	Svinec	mg/kg s.s. Pb	29	SIST EN ISO 17294-2: 2005
22	Cink	mg/kg s.s. Zn	310	SIST EN ISO 17294-2: 2005
23	Živo srebro	mg/kg s.s. Hg	0,23	SIST EN ISO 1284:2012
24	Polciklični aromatski ogljikovodiki (PAH)	mg/kg s.s.	3,4	ISO 18287:2006
25	PCB - vsota	mg/kg s.s.	<0,1	SIST EN 15308 : 2008 - modificiran

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

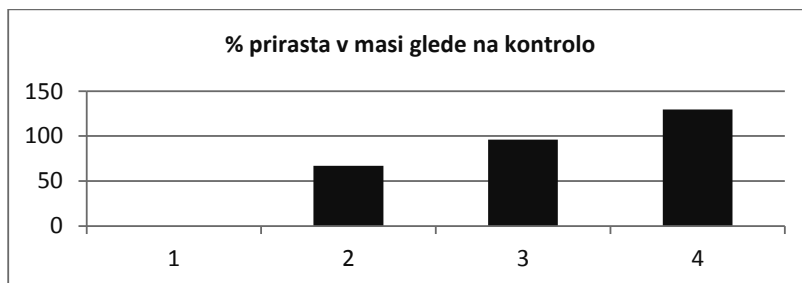
Opazili smo, da se rastline dobro odzivajo na dajanje komposta in aktiviranega bioogljja. Pridelek narašča s količino dodanega komposta. Pridelek kodrolistne endivije se je že pri dodatku 3 L/m² komposta povečal za 66% v primerjavi s kontrolo, ob dodatku 5 L/m² komposta pa kar za 96%. Na gredi 4 z dodanim aktiviranim bioogljjem je bil pridelek v primerjavi z gredo 3 brez bioogljja še 15% višji. Podobno smo opazili pri ječmenu. Pridelek ječmenove trave se je pri dodatku 3 L/m² komposta povečal za 25% v primerjavi s kontrolo, ob dodatku 5 L/m² komposta pa za 35%. Na gredi 4 z dodanim aktiviranim bioogljjem je bil pridelek v primerjavi z gredo 3 brez bioogljja še 8% višji.

Na gredah smo med avgustom 2014 in majem 2015 smo zaporedno gojili različne rastline (paradižnik, paprika, kodrolistni ohrovt, blitva, čebula, redkvice,..) in pri vseh opažali podobne rezultate. V tem obdobju gred nismo dognojevali. Dodatek aktiviranega bioogljja je v večini primerov povečal maso pridelka, s tem da smo opazili, da surovo bioogljje povzroči znižane mase rastlin oz. pridelka (neprikazani rezultati). To je verjetno posledica začasne imobilizacije hranil. Rastline smo tudi vizualno ocenili in opazili, da so bile rastline na gredah z dodanim kompostom bolj čvrste, intenzivnejših barv. Na gredi z bioogljjem smo opazili, da so bile rastline bolj odporne na sušo ter splošno zelo vitalne.

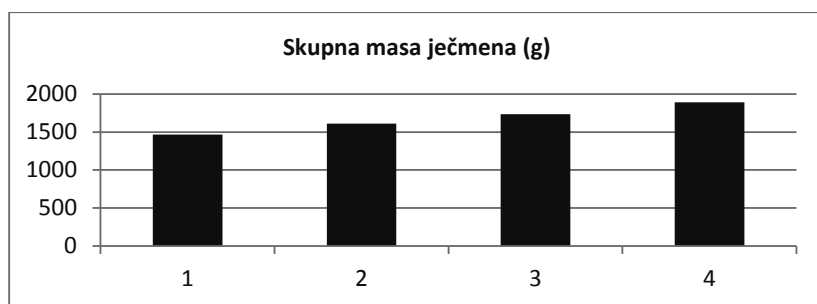
Tla z dodanim kompostom in ogljem so bila lažje za obdelovanje, bolj zračna, obsežnejši prepleti korenin ter izjemno bogata z deževniki, stonogami in pajki.



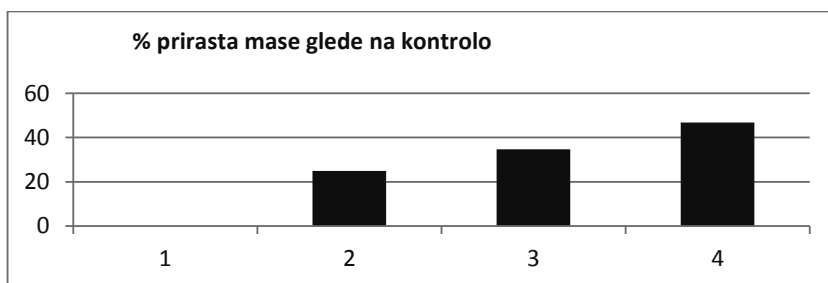
Slika 1: Povprečna masa kodrolistne endivije na gredah 1 do 4



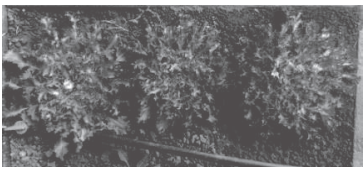
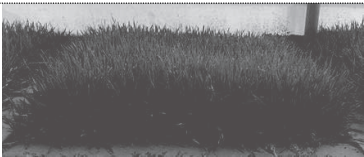
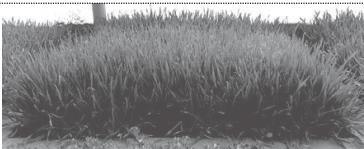
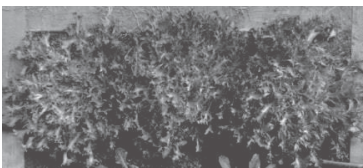
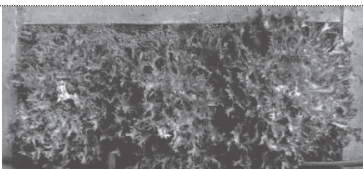
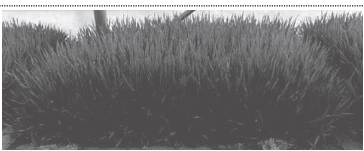
Slika 2: Izračunan delež prirasta v masi kodrolistne endivije na gredah 1 do 4



Slika 3: Povprečna masa zelenega dela ječmena na gredah 1 do 4



Slika 4: Izračunan delež prirasta v masi zelenega dela ječmena na gredah 1 do 4

KONTROLA - vrtna zemlja		
3 L/m ² komposta		
5 L/m ² komposta		
5 L/m ² komposta + 0,7 L/m ² bioogljja		

Slika 5: Fotografije kodrolistne endivije in ječmena na gredah 1 do 4

4 SKLEPI

Uporabljeni kompost in bioogljje dobro vplivata na rodovitnost tal in povečata pridelek vrtnin. Kompost iz rastlinskih ostankov je izjemen produkt, ki ga pri nas v Sloveniji ne cenimo dovolj, poleg tega je njegova pridelava in uporaba tako zakonsko zapletena, da imamo občutek, da gre za nevarno snov. Vendarle pa je kompost eno redkih gnojil, ki nastaja iz slovenskih surovin ter na slovenskih tleh. Znanja in izkušnje z uporabo bioogljja je v Sloveniji še malo, zato so praktični realni poskusi še bolj dragoceni. Sicer je bioogljje izboljševalec tal, ki zelo dolgo ostane v tleh in se pravi učinki pokažejo šele čez več let. Ker so naši poskusi šele v začetnih fazah, lahko poročamo le o kratkotrajno opaženih učinkih.

5 LITERATURA

- Higa, T., Parr, F. J. 1994: Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment, International Nature Farming Research Center Atami, Japan
- Insam, H., Franke-Whittle, I., Goberna M. 2010. Microbes at Work - From Wastes to Resources, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A. 2011. Biochar effects on soil biota - A review, *Soil Biology & Biochemistry* 43: 1812-1836
- Lowenfels, J., Lewis, W. 2010. Teaming with microbes: a gardener's guide to the soil food web, Timber Press Inc.
- Madigan, T. M., Martinko, M. J., Parker, J. 2000. Brock Biology of Microorganisms 9th ed., Prentice Hall inc.
- Pietikäinen, J.; Kiikkilä, O. & Fritze, H.. 2000. Charcoal as a habitat for microbes and its effect on the microbial community of the underlying humus. *Oikos*, 89: 231-242.

Primerjava okoljskih odtisov konvencionalnih in alternativnih sistemov pridelovanja na dveh tipih tal v severovzhodni Sloveniji

Denis STAJNKO¹⁰⁰

Izvleček

Okoljski ali ekološki odtis je orodje za oceno biološko produktivne globalne površine, potrebne za pridelavo hrane, surovin in energije. Izračunano območje, imenovano biokapaciteta, predstavlja primerljivo razpoložljivo površino za določeno pridelavo ali populacijo. V raziskavi je bil izračunan okoljski odtis dveh večletnih poljskih poskusov, ki sta potekala od 2010 do 2015 v bližini Zgornje Kungote (meljasto-ilovnata tla) in Podove (peščeno-ilovnata tla). S pomočjo orodja SPionWeb® smo ovrednotili tri pridelovanja sisteme: konvencionalna obdelava z lemežnim plugom (MP), konzervirajoča obdelava z rahljajnikom (CP) in neposredna setev (DS). Signifikantno najmanjši okoljski odtis (62,61 m²/kg SS) je bil ocenjen pri pridelavi silažne koruze v sistemu konzervirajoče obdelave v letu 2013 na lokaciji Zgornja Kungota; nasprotno je pridelava oljne ogrščice v sistemu direktne setve na isti lokaciji v letu 2012 zapustila največji odtis 286,61 m²/kg SS. Analiza izpustov CO₂ in GWP (potencial toplogrednih plinov) je prav tako pokazala, da je pridelava koruze za silažo s konzervirajočo obdelavo v letu 2013 povzročila najmanjše izpuste (0,21 kg CO₂/kg SS) in dodatni potencial toplogrednih plinov – GWP v velikosti 0,21 kg CO_{2equ}/kg SS največje pa pridelava ozimne oljne ogrščice leta 2012 na lokaciji Zgornja Kungota (0,93 kg CO₂/kg SS in 6,07 kg CO_{2equ}/kg SS) v sistemu DS. Na razlike v velikosti izpustov so poleg pridelka suhe snovi na hektar najbolj vplivale količina pesticidov in število tretiranj ter dodana količina dušikovih gnojil, ki so sestavljene iz velikega števila energetskega potratnih kemičnih podprocesov.

Ključne besede: lemežni plug, rahljajnik, direktna setev, okoljski odtis, CO₂, GWP, SPionWeb

Comparison of the environmental footprints of conventional and alternative systems of production on two soil types in northeastern Slovenia

Abstract

The environmental or ecological footprint is a tool for assessing the biological productive global surface necessary for the production of food, raw materials and energy. Calculated area known as biocapacity, is comparable to the available area for a given production or population. In the study the ecological footprint of two multi-field trials was calculated, which were held from 2010 to 2015 near Zgornja Kungota (silt-loam soil) and Podova (sandy-loam soils). With the help of SPionWeb® tool we evaluated three production systems: conventional tillage with mouldboard plough (MP), conservation treatment by chisel (CP) and direct drilling/planting (DS). Significantly, the smallest footprint (62.61 m²/kg DM) was estimated in the CP production of corn for silage in 2013 near Zgornja Kungota; on the contrary, the production of rapeseed in the DS production in 2012 left the biggest footprint of 286.61 m²/kg DM on the same location. The analysis of CO₂ emissions and GWP (potential of GHG) showed, that the CP production of silage maize in 2013 near Zgornja Kungota left the lowest emissions (0.21 kg CO₂/kg DM and 0.21 kg GWP/kg DM), while the DS production of winter oilseed rape in 2012 on the same location left the biggest emissions (0.93 kg CO₂/kg DM and 6.07 kg GWP/kg DM). Besides the crop dry matter production per hectare, the most important effect on the quantity of emissions represents the amounts of pesticides and the number of applications as well as the amount of nitrogen fertilizer, since all these chemical products are linked to high energy consumption and a large number of chemical sub-processes.

Key words: mouldboard ploughing, chisel, direct seeding, ecological footprint, CO₂, GWP, SPionWeb

¹⁰⁰ 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

1 UVOD

Leta 2015 sprejeti pariški podnebni sporazum predvideva omejitev dviga temperature ozračja pod 2 °C in prizadevanja za omejitev na 1,5 °C glede na predindustrijsko dobo. Ta cilj naj bi države dosegle s predložitvijo svojih nacionalnih prispevkov, vključno z ukrepi za zmanjševanje izpustov ne samo iz prometa, industrije in gospodinjstev, ampak tudi iz kmetijstva, ki po nekaterih študijah prispeva k ogrevanju ozračja skoraj četrtinski delež (Vandyck et al., 2016). Poleg direktnih izpustov CO₂, ki nastajajo z izgorevanjem fosilnih goriv pri vseh strojnih opravilih in proizvodnji sredstev za pridelavo hrane, lahko na porabo goriva vplivamo z izbiro alternativnih pridelovalnih sistemov, ki v nasprotju z dosedanjim načinom obdelave tal – oranjem, v ozračje sproščajo manjše količine CO₂. Spremenjeni način obdelave tal od oranja k ohranitvenem načinom lahko zato zmanjša neposredne izpuste CO₂ v ozračje.

Čeprav se kmetijska pridelava odvija neposredno na kmetijskih površinah, ima neposreden vpliv na širšo okolico, zato si strokovnjaki in praktiki že dlje časa prizadevajo za čim bolj trajnostni razvoj kmetijstva, ki pa ga je potrebno tudi objektivno meriti. Sprva so vpliv kmetijstva ocenjevali zgolj s pomočjo statističnih podatkov, ki so bili pogosto netočni, zato so bili manj uporabni za ocenjevanje vpliva posameznih kmetij na okolje. Od sredine 90-ih let prejšnjega stoletja so bila razvita številna orodja za določitev trajnostnega razvoja posamezni človeških dejavnosti (Veleva in sod., 2001). Eno takšnih orodij – okoljski ali ekološki odtis – sta predstavila Rees in Wackernagel (1996) in naj bi služil za oceno velikosti biološke produktivne površine, nujne za proizvodnjo surovin in energije, potrebne za prebivalstvo neke regije. Velikost izračunanega področja sta imenovala biokapaciteta; v primerih, ko je okoljski odtis določene pridelave hrane večji od biokapacitete, le-ta presega naravno nosilnost lokalnega okolja (Haberl in sod., 2001).

Druga orodja, ki temeljijo na dejansko izmerjenih podatkih, ocenjujejo posamezne postopke proizvodnje in vrednotijo življenjski cikel proizvoda (Life Cycle Assessment, LCA) in oceno okoljske obremenitve, ki jo povzroči določen izdelek, proizvodni proces ali katera koli druga dejavnost (Curran, 2008). LCA upošteva tehnološke procese vseh dejavnosti znotraj življenjskega cikla, od zagotavljanja osnovnih materialov za izdelavo, preko uporabe izdelka do njegovega varnega odlaganja ali recikliranja. Rezultati se lahko interpretirajo na enoto proizvoda (kg) ali površine (ha) (van der Werf in sod., 2007).

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

V poljedelstvu obstajajo različni pridelovalni sistemi, še zlasti pa različni načini obdelave tal, ki se pomembno razlikujejo glede na velikost okoljskega odtisa. Dosedanja v Sloveniji prevladujoča praksa priprave tal z oranjem in predsetveno obdelavo tal zahteva več časa in vložene energije kot alternativne tehnike. V različnih poskusih so Stajnik in sod., 2009 pri konvencionalnem sistemu pridelave koruze (petbrazdni plug Lemken Europol 5, vrtavkasta brana in sejalnica Monosem NX) na ilovnatih tleh izmerili porabo goriva od setve do žetve v velikosti 225,03 kg/ha, in na meljasto ilovnatih tleh 188,06 kg/ha, medtem ko se je z isto tehniko na ilovnatih tleh v povprečju porabilo 164,41 kg/ha goriva in na meljasto ilovnatih tleh 104,77 kg/ha. Prav tako je Brodnjak (2012) pri proučevanju porabe goriva pri obdelavi tal za setev ajde izmeril pri štiribrazdnem plugu Lemken VariOpal 6 povprečno 19,79 l/ha večjo porabo goriva kot pri obdelavi z rahljalnikom Lemken Smaragd 9. Prvo oceno okoljskega

odtisa, izdelano s starejšim programskih orodjem SPionExcel je za slovenske pridelovalne razmere predstavil Stajnik s sodelavci (2013), iz katerih je razvidno, da je najmanjši okoljski odtis pridelave pšenice zapustila konzervirajoči obdelava (28,25 ha) in največjega direktna setev (32,95 ha) zaradi uporabe herbicidov.

Namen raziskave je bil ovrednotiti okoljski vpliv, izpuste CO₂ in potencial toplogrednih plinov večletnega poljskega poskusa, s primerjavo različnih sistemov pridelave poljščin z novjšim, sodobnejšim orodjem SPionWeb. Na ta način bodo rezultati odražali posnetek dejanskih razmer in njihovega vpliva na širši prostor. Temeljno vprašanje, na katerega smo želeli odgovoriti, je bilo, v kolikšni meri so danes najpogosteje uporabljeni pridelovalni sistemi trajnostno naravnani in v katerem segmentu jih je mogoče izboljšati. V naslednjih poglavjih bo prikazan natančen posnetek delovnih operacij in uporabljenih sredstev, ki so osnova za izračun okoljskega odtisa različnih načinov obdelave dveh tipov tal v agroekoloških razmerah severovzhodne Slovenije.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Kolobar in uporabljena sredstva

V poskus sta bili vključeni dve parceli; prva v bližini naselja Zgornja Kungota (15°40'36'' E in 46°35'58'' N) in druga v bližini naselja Podova (46 ° 25 '30 "N, 15 ° 42 '35 "E), obe v upravljanju podjetja Perutnina Ptuj d.d. Od leta 2006 na njih proučujemo vpliv različnih načinov obdelave tal (konvencionalna, konzervirajoča in direktna setev) in z njimi povezanih sistemov tehnologije pridelave na okoljski odtis. V triletnem kolobarju (koruza-pšenica-oljna ogrščica) smo med leti 2010 in 2015 popisovali vse delovne operacije iz tehnološke karte in jih razdelili v naslednje sklope: priprava tal in setev, zatiranje plevelov, zatiranje bolezni in škodljivcev, dognojevanje in spravilo. Vsaka delovna operacija vsebuje informacijo o porabljenih strojnih urah in goriva posameznega traktorja in kombajna ter količini uporabljenih sredstev na hektar.

Prva operacija konvencionalne priprave tal, oranje, je potekala s pomočjo traktorja Fendt 818 (144 kW) in 5-brazdnega pluga Rabe Albatros, predsetvena priprava tal s 4-m krožnimi branami Väderstad pa s traktorjem Fendt 818 (144 kW). Za konzervirajočo pripravo tal smo uporabili Fendt 930 (221 kW) in 6-m rahljalnik Väderstad – Topdown. Vse površine smo sejali z isto sejalnico, Väderstad Carrier Drill 400 in traktorjem Fendt 930 (221 kW). Za česanje, dognojevanja in škropljenja smo uporabili manjše traktorje Fendt 309 (70 kW), Fendt 716 (118 kW), Fendt 717 (125 kW). Porabo goriva in traktorskih ur smo pri vseh traktorjih ter kombajnu Claas Tucano C430 odčitali iz tahometra.

2.2 Orodje SPionWeb®

V poskusu smo uporabili posodobljeno verzijo za izračun SPI, imenovano SPionWeb®, pri kateri se za vnos podatkov uporabljajo poljubne predpone osnovnih SI enot. Poleg že uveljavljenega izražanja odtisa na ha pridelovalne površine, novejša različica omogoča možnost izražanja odtisa na enoto pridelka (kg, mg, l), in dodana sta tudi stolpca za prikaz vseh emisij CO₂ (kg) in vsega toplogrednega potenciala GWP (kg), vseh vključenih podprocesov. Programska oprema za izračun okoljskega odtisa za procese, izdelke ali storitve in povzema tokove v in iz kmetijstva je na voljo na internetnem naslovu <http://spionweb.tugraz.at/>.

3 REZULTATI

Pri vsaki poljščini in načinu pridelave smo porabljene strojne ure in uporabljena sredstva uporabili kot vhodne podatke za preračunavanje okoljskega odtisa, CO₂ in GWP (izražen kot CO_{2e}). Omeniti velja, da v porabljeni količini semena, gnojil in zaščitnih sredstev med posameznimi sistemi pridelave ni razlik, medtem ko je na lokaciji Zgornja Kungota storilnost nekoliko manjša in poraba goriva nekoliko večji (težja tla) kot na lokaciji Podova.

Natančnejša analiza deleža posameznih podprocesov, ki so sestavni del pridelave oljne ogrščice na lokaciji Podova v letu 2012, je pokazala, da je največji okoljski odtis pustila uporaba dušikovih gnojil (54,0%). Sledil je vpliv uporabe insekticida Cypermetrina (14,0%), uporabe fosfatnih (9,0%) in kalijevih gnojil (6%). Uporaba težke mehanizacije je zaradi velike storilnosti predstavljala le 2% delež in žetev s kombajnom komaj 1%, kar pomeni, da je bistveno zmanjšanje okoljskega odtisa v prihodnosti mogoče iskati pri racionalni (precizni) rabi gnojil in zaščitnih sredstev.

3.1 Pridelki

V preglednici 1 so prikazani pridelki suhe snovi vseh poljščin, vključenih v poskus v letih 2010-2015, iz katerih vidimo, da je skupni pridelek na lokaciji Podova večji kot na lokaciji Zgornja Kungota pri konzervirajoči obdelavi in direktni setvi. Poleg tega so pridelki največji pri konzervirajoči obdelavi in najmanjši pri direktni setvi.

Preglednica 1: Pridelek suhe snovi (kg) na lokacijah Podova (P) in Zgornja Kungota (Z)

Leto	Poljščina	Oranje (P)	Oranje (Z)	Konzervirajoča (P)	Konzervirajoča (Z)	Direktna Setev (P)	Direktna Setev (Z)
2010	Koruza	5.767 ^b	7.377 ^{*A}	6.278 ^a	6.155 ^B	5.607 ^b	5.618 ^C
2011	Oz. pšenica	5.974 ^{*a}	5.271 ^A	6.227 ^{*a}	5.372 ^A	5.616 ^{*b}	5.031 ^B
2012	Oz. oljna ogrščica	3.621 ^{*b}	2.885	4.156 ^{*a}	3.005	3.363 ^{*b}	2.485
2013	Koruza silaža	10.010 ^{*b}	9.658	10.907 ^{*a}	10.967	9.919 ^{*b}	9.443
2014	Oz. pšenica	6.116 ^b	5.823	6.400 ^{*a}	5.860	6.003 ^{*b}	5.393
2015	Oz. oljna ogrščica	2.791 ^b	3.621 [*]	3.316 ^a	4.155 [*]	2.361 ^c	3.422 [*]
Skupni pridelek SS		34.279	34.638	37.284	35.516	32.868	31.395

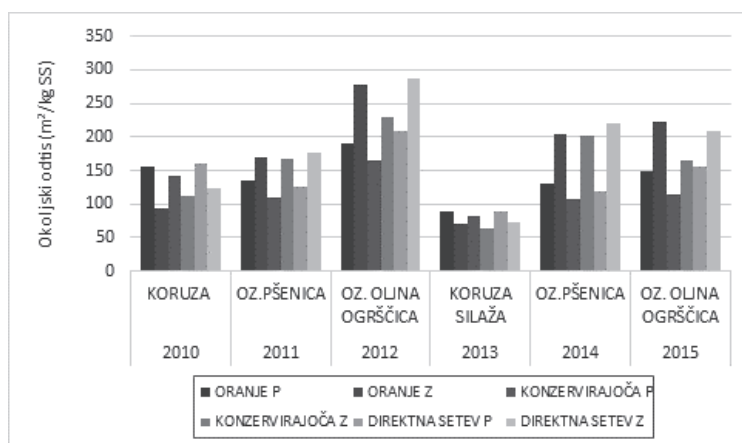
^{a, b} razlika med pridelovalnimi sistemi na lokaciji Podova

^{A, B} razlika med pridelovalnimi sistemi na lokaciji Zgornja Kungota

*statistično značilno večji pridelek med istim sistemom pridelovanja na obeh lokacijah

3.2 Velikost okoljskih odtisov

Na sliki 1 so prikazani izračuni okoljskega odtisa vseh poljščin (zaradi lažje primerjave so izraženi na 1 kg pridelane suhe snovi), vključenih v šestletni poskus, iz katerega se vidi, da je absolutno največji odtis zapustila pridelava ozimne oljne ogrščice v Zgornji Kungoti leta 2012 (286,61 m²/kg SS) v sistemu direktna setev in najmanjšega (62,61 m²/kg SS) pridelava koruzne silaže leta 2013 v sistemu konzervirajoča obdelava na lokaciji Podova. To leto smo zaradi suše na obeh lokacijah opustili pridelavo koruze za zrnje.



Slika 1: Okoljski odtis (m^2/kg SS) vseh poljščin za različne pridelovalne sisteme na dveh lokacijah v obdobju 2010-2015

Na lokaciji Zgornja Kungota so pri vseh poljščinah, ne glede na način obdelave, večji odtisi kot na lokaciji Podova, kar pripisujemo manjšim pridelkom in večji porabi strojnih ur in posledično goriva na težjih tleh. Med poljščinami zapušča na obeh lokacijah najmanjši odtis pridelava koruze, sledi pridelava ozimne pšenice in ozimne oljne ogrščice, kar po eni strani pripisujemo naraščajočemu številu agrotehničnih ukrepov (število dognojevanj, škropljenj), po drugi pa manjšanju pridelkov od koruze do oljne ogrščice. Natančna analiza odtisov je pokazala, da je največji odtis (52-68%) zapustil proces proizvodnje in uporabe dušikovih gnojil.

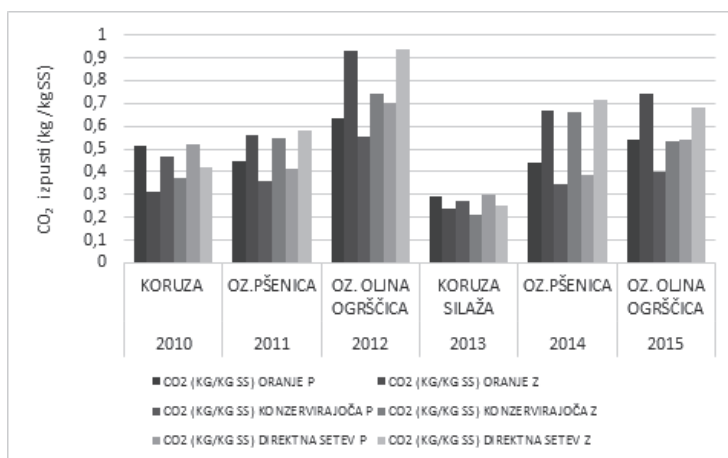
3.3 Velikost izpustov CO_2

Na sliki 2 so prikazane emisije CO_2 , vezane na posamezen način pridelovanja posamezne poljščine v kolobarju, ki poleg direktnih izpustov CO_2 zaradi izgorovanja goriva med posamezno delovno operacijo, vključujejo tudi vse izpuste, vezane na posamezne podprocese, uporabljene za nastanek vmesnih produktov, ki so bili potrebni za neposredno pridelavo. Ponovno izstopajo izpusti CO_2 pri pridelavi ozimne oljne ogrščice leta 2012 v sistemu direktne setve v Zgornji Kungoti ($0,94 \text{ kg } CO_2/kg \text{ SS}$), ki so posledica uporabljenega glifosata ter manjšega pridelka ($2485,5 \text{ kg SS/ha}$) in presenetljivo v sistemu oranje ($0,93 \text{ kg } CO_2/kg \text{ SS}$), ki so posledica večjega števila porabljenih strojnih ur. Absolutno najmanjši izpusti so pri pridelavi koruze za silažo na lokaciji Zgornja Kungota v sistemu konzervirajoča obdelava ($0,21 \text{ kg } CO_2/kg \text{ SS}$), vendar se statistično značilno ne ločijo od lokacije Podova ($0,27 \text{ kg } CO_2/kg \text{ SS}$).

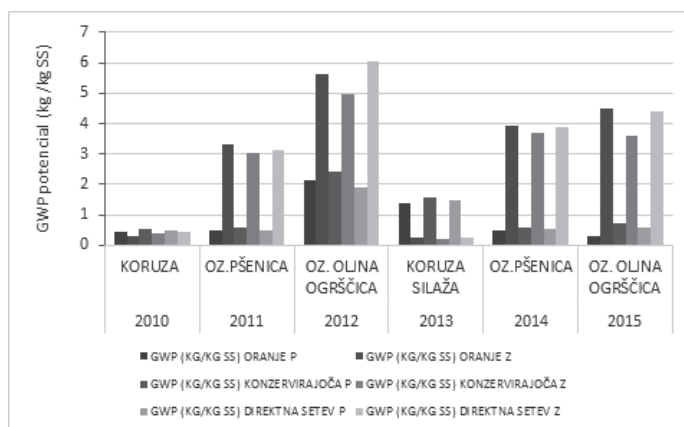
3.4 Globalni potencial toplogrednih plinov

Slika 3 prikazuje potencial toplogrednih plinov (GWP), preračunanih v ekvivalent CO_2 , ki je dolgoročno gledano še pomembnejša mera za ocenjevanja posledic človekove kmetijske dejavnosti. V splošnem lahko trdimo, da so vrednosti GWP še bolj povezane s številom in kompleksnostjo podprocesov, vključenih v pridelavo posamezne poljščine, zlasti izdelave pesticidov. Največji potencial toplogrednih plinov je bil ocenjen za pridelavo ozimne oljne ogrščice na lokaciji Zgornja Kungota v sistemu direktna setve ($6,07 \text{ kg GWP/kg SS}$), kateri

sledi sistem oranje na isti lokaciji z 5,65 kg GWP/kg SS, kar je za sedemkrat več, kot so bili čisti izpusti CO₂. Zaradi majhne porabe pesticidov je pridelava koruze za silažo v letu 2013 zapustila najmanjši odtis v sistemu konzervirajoča obdelava na Podovi (0,21 kg GWP/kg SS), vendar se značilno ne loči od ostalih dveh sistemov na isti lokaciji.



Slika 2: Izpusti CO₂ (kg/ kg SS) vseh poljščin za različne pridelovalne sisteme na dveh lokacijah v obdobju 2010-2015



Slika 3: Potencial toplogrednih plinov (kg/ kg SS) vseh poljščin za različne pridelovalne sisteme na dveh lokacijah v obdobju 2010-2015

4 SKLEPI

Okoljski odtis je sodoben način ugotavljanja celotnega vpliva kmetijske dejavnosti na širše človekovo okolje in omogoča oceniti tudi odtis posameznih komponent pridelave. V raziskavi smo s pomočjo programskega orodja SPionWeb® pokazali, da zgolj merjenje skupnega odtisa ni dovolj natančen parameter za spremljanje vpliva različnih pridelovalnih sistemov na obremenjevanje okolja, ampak je nujno vključiti tudi celokupne izpuste CO₂, ki vključujejo tako direktne izpuste zaradi izogrevanja fosilnih goriv pri neposredni pridelavi kakor tudi

CO₂, nastal v pri proizvodnji posameznih delovnih sredstev in tudi CO₂, ki se bo šele postopoma sproščal v okolje zaradi procesov razgradnje. Nadaljne smo z oceno potenciala toplogrednih plinov (GWP), izraženega v ekvivalentu CO₂ opozorili na skrite in bistveno večje količine toplogrednih plinov, ki nastajajo pri pridelavi hrane in obremenjujejo naše širše okolje. V luči naštetega velja poudariti, da izbira optimalnega pridelovalnega sistema (zlasti obdelave tal) bistveno presega neposredne vplive, vezane na storilnost, porabo goriva, lastnosti tal, življenje v njih in pridelek, saj ima lahko pozitivne/negativne učinke na globalni ravni. Iz rezultatov poskusov lahko sklenemo, da je v luči spremenjenih klimatskih razmer na področju Slovenije v prihodnosti za ohranitev količine in kvalitete pridelka nujno spremeniti dosednji konvencionalne način obdelave tal v konverzijski (ohranitveni), saj izboljšuje strukturo tal in njeno rodovitnost, omogoča uspešnejše zatiranje plevelov, manjša izgube hranil in pesticidov, manjša porabo časa in energije ter izboljšuje ekonomičnost pridelave.

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 Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije. Avtorji se zahvaljujejo tudi za vso pomoč, ki jo je nudil Klemen Kaučič, univ. dipl. inž. agr., tehnolog Perutnine Ptuj d.d.

5 LITERATURA

- Brodnjak, M., 2012. Vpliv različnih načinov obdelave tal na porabo goriva in rast ajde : diplomsko delo. Maribor: 37 str.
- Curran, M., 2008. Life-Cycle Assessment, in: Encyclopedia of Ecology. Academic Press, Oxford, pp. 2168-2174. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/B9636-4SY6CH0-65/2/e654cee8012428556d25f07fb80fb49>), prevzeto 1. 6. 2009
- Ewing B., D. Moore, S. Goldfinger, A. Oursler, A. Reed, and M. Wackernagel., 2010. The Ecological Footprint Atlas 2010. Oakland: Global Footprint Network: 31
- Haberl, H., Erb, K., Krausmann, F., 2001: How to calculate and interpret ecological footprints for long periods of time: the case of Austria 1926-1995. Ecological Economics 38: 25-45
- Narodoslawsky, M., Krotscheck, C., 2000: Integrated ecological optimization of processes with the sustainable process index. Waste Management 20: 599-603
- Rees, W., Wackernagel, M., 1996: Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable-And why they are a key to sustainability. Environmental Impact Assessment Review 16: 223-248
- SPIONExcel., 2012. (http://fussabdrucksrechner.at/bauern_rechner/agri_start.php), prevzeto 5. 4. 2012
- Stajniko, 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.
- Stajniko, 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.), MIHELICH, Rok (ur.). Novi izzivi v agronomiji 2013 : zbornik simpozija, Zreče, [24. in 25. januar] 2013, Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, str. 253-259.
- van der Werf, H.M., Tzivilakis, J., Lewis, K., Basset-Mens, C., 2007. Environmental impacts of farm scenarios according to five assessment methods. Agriculture, Ecosystems and Environment 118: 327-338
- Vandyck, T., Keramidis, K., Saveyn, B., Kitous, A., Vrontisi, Z., 2016. A global stocktake of the Paris pledges: Implications for energy systems and economy, Global Environmental Change, Volume 41, 46-63.
- Veleva, V, Hart, M, Greiner, T, Crumbley, C., 2001. Indicators of sustainable production. Journal of Cleaner Production 9: 447-452

Uporaba digestata bioplinarn v kmetijstvu in potencialno nevarne kovine

Rok MIHELIC¹⁰¹, Marjetka SUHADOLC¹⁰²

Izvilleček

Digestat oz. fermentacijski ostanek (FO) je stranski produkt proizvodnje bioplina. V prispevku predstavljamo rezultate analize vhodnih snovi v izbrano komunalno-kmetijsko bioplinarno napravo. Osredotočili smo se na Cd in Zn, ki sta od izmerjenih potencialno nevarnih kovin najbolj izstopali po povečani vsebnosti v nekaterih ostankih živil (Cd v ribah in soji, Zn v prašičji gnojevki). Na podlagi modelnega, 5-letnega gnojilnega načrta smo izračunali, da ob strokovnem gnojenju ne bi preseгли dovoljenega vnosa Cd in Zn v tla. Modelni izračun smo preverili v lončnem poskusu, kjer smo dali FO v odmerku 24 t/ha, ki ustreza vnosu 170 kg N/ha, pri čemer smo v tla vnesli 329 g Zn/ha in 2,12 g Cd/ha. Učinek na vsebnosti kovin v tleh in njihov sprejem v tatarsko ajdo smo preverili še v obravnavanjih s 10-, 100- in 1000-kratno obogatitvijo vsebnosti Cd in Zn v FO. Statistično značilno povečanje kovin v tleh in v ajdi smo ugotovili le pri gnojenju s 1000-krat (*umetno*) povečanimi vsebnostmi kovin v FO, z dovoljenim odmerkom FO pa se koncentracija Zn in Cd v rastlinskih delih ajde v primerjavi s kontrolo (NPK) ne poveča. Sklenemo lahko, da fermentacijski ostanek iz izbrane komunalno-kmetijske bioplinarne ne predstavlja nevarnosti onesnaženja tal s potencialno nevarnimi kovinami.

Glavne besede: bioplinarna, kmetijstvo, tla, fermentacijski ostanek, digestat, Cd, Zn

Biogas fermentation residue usage in agriculture and potentially harmful metals

Abstract

Biogas digestate or fermentation residue (FR) is a by-product of the production of biogas. The analysis of the input materials into the selected communal-farm biogas plant revealed the increased concentrations of only two potentially harmful metals, Cd in fish and soybean waste, and Zn in swine slurry. A model calculation of 5-year fertilization plan has shown that the input of Zn and Cd, should not exceed the allowable upper inputs when FR is added according to the allowed amounts. Model calculations were verified in the pot experiment where FR was applied in a rate of 24 t/ha, which corresponds to the input of 170 kg N ha, 329 g Zn/ha and 2.12 g Cd/ha. The effect on soil metals contents and their uptake into Tartary buckwheat was also tested with 10-, 100- and 1000-fold enrichment of the Cd and Zn content in FO. A statistically significant increase in the metal content in soil and buckwheat was observed only at fertilization by 1000 times (*artificially*) increased contents of metals. The concentrations of Zn and Cd in the soil and in the plant parts of the buckwheat were not increased in comparison to the control (NPK) treatment, when original FR was applied. We can conclude that a fermentation residue from selected communal-farm biogas plant presents no risk of contamination of soil with potentially harmful metals.

Key words: Biogas plant, agriculture, soil, fermentation residue, digestate, Cd, Zn

1 UVOD

Bioplin nastane med fermentacijo, anaerobnim večstopenjskim procesom razgradnje organskih substratov (živalska gnojevka in gnoj, namensko pridelane energetske rastline, kmetijski ostanki in stranski proizvodi, organski odpadki iz prehranske industrije in

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

¹⁰² Doc. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marjetka.suhadolc@bf.uni-lj.si

gostinskih odpadkov, organski del komunalnih odpadkov, kanalizacijska gošča), pri katerem sodeluje konzorcij bakterij in arhej. Glavni produkt je bioplin, ki ga lahko uporabljamo za proizvodnjo elektrike in toplote, poleg tega pa zmanjšamo nekontrolirane izpuste toplogrednih plinov v ozračje zaradi rabe fosilnih goriv (Angelidaki in sod., 2003).

Stranski produkt pridobivanja bioplina je digestat ali fermentacijski ostanek (FO), ki je ob pravilno vodenem procesu higienizirano, kakovostno tekoče organsko gnojilo, s katerim lahko tlom vračamo organsko snov in hranila in s tem zmanjšamo uporabo mineralnih gnojil (Mihelič in Gomišček, 2012). FO ima večjo gnojilno vrednost kot izvorna surovina, npr. živinska gnojevka, saj se rastlinska hranila (N, P, K, Ca, Mg...) med procesom predelave ohranijo, njihova biodostopnost pa se poveča (Möller in Müller, 2012). V primerjavi s hlevskim gnojem ali gnojevko, digestat vsebuje manj suhe snovi in skupnega organskega ogljika, vsebuje pa več amonijevega iona (NH_4^+) in ima zato nižje razmerje ogljika proti dušiku (C: N) (Drosg in sod., 2015). Ob tem je potrebno izpostaviti, da lahko nekatere vhodne snovi ter posledično FO vsebujejo nezaželene snovi, med katere spadajo tudi težke kovine. Predvsem živinska gnojevka (prašičja in perutninska) pogosto vsebuje veliko cinka (Zn) in bakra (Cu), ki sta sicer esencialni mikrohranili tako za rastline kot za živali in ljudi, zato je zmerno gnojenje s tema dvema elementoma običajno koristno, saj povečujeta kakovost tal in živil. V primeru presežnih vnosov v tla pa delujeta škodljivo (Valeur, 2011). Primerjalno s Zn in Cu pa je npr. kadmij (Cd) v tleh zelo dobro mobilan, v rastline se iz tal hitro absorbira ter že v zelo majhnih vsebnostih deluje toksično za rastline, živali in ljudi (Smolders, 2001).

V raziskavi želimo na konkretnem primeru analiziranih vhodnih snovi in FO pokazati, kakšna je vsebnost potencialno nevarnih kovin v vhodnih surovinah in v FO na izbrani komunalno-kmetijski bioplinski napravi (surovine so ostanki hrane in prašičja gnojevka), ter kakšna je nevarnost njihovega kopičenja v tleh in prenosa v rastlino po gnojenju s FO.

1.1 Zakonodajne podlage

Vnos 1. kakovosti FO na kmetijska zemljišča ne sme presegati mejnih vrednosti letnega vnosa dušika v skladu s predpisom, ki ureja varstvo voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (Uradni list RS, št. 113/09, 5/13 in 22/15; 170 kg N/ha v povprečju oz. največ 250 kg N/ha na posamezno parcelo) in mejnih vrednosti letnega vnosa nevarnih snovi v tla (Uredba o predelavi..., 2015). Mejne vsebnosti in dovoljeni letni vnos za Cd in Zn so prikazani v preglednici 1.

Preglednica 1: Mejne vrednosti parametrov za dovoljeno uporabo tekočega digestata (FO) 1. kakovosti kot gnojila v kmetijski pridelavi (Uredba o predelavi..., 2015).

Parameter	Enota	mejne vrednosti za digestat z manj kot 20 % suhe snovi
Koncentracija kadmija (Cd)	mg/kg s.s.	2,5
Koncentracija cinka (Zn)	mg/kg s.s.	400*
Dovoljeni letni vnos kadmija (Cd)	g/ha	2,5
Dovoljeni letni vnos cinka (Zn)	g/ha	1500

*mejna vrednost za digestat iz biološko razgradljivih odpadkov z več kot 50-odstotnim deležem svinjske gnojevke ali perutninskega gnoja je 600 mg/kg s.s.

Pred uporabo je potrebno FO analizirati in slediti zastavljenemu gnojilnemu načrtu (Uredba o predelavi ..., 2013).

2 METODE DELA

Za izbrano slovensko bioplinsko napravo, ki predeluje ostanke hrane, ostanke živilsko predelovalne industrije in svinjsko gnojevko, smo trikrat analizirali posamezne vhodne surovine (ostanke živil, ostanke iz živilsko-prehrambne industrije, in svinjsko gnojevko) in proizvedeni FO (preglednici 2 in 3). Posamezne vzorce smo pridobili od službe pooblaščen za zbiranje in odvoz organskih ostankov. Vzorce smo pred analizo dobro homogenizirali (nasekljali s keramičnim nožem, da ji ne bi dodatno kontaminirali s kovinami). Sveže vzorce smo analizirali na skupni dušik, nato pa smo vzorce zračno posušili za analize na P, K, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, Hg, Pb. Za določitev suhe snovi smo vzorec posušili do konstantne mase pri 105°C. Analize so bile izvedene na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani, na Centru za pedologijo in varstvo okolja. Na osnovi vsebnosti suhe snovi, skupne vsebnosti dušika, fosforja in kalija v FO smo naredili modelni, 5-letni gnojilni načrt za hipotetično pridelavo poljščin v kolobarju (pregl. 4), pri čemer smo za gnojenje predvideli izključno analizirani FO, gnojilne odmerke in časovno odmerjanje pa smo prilagodili sprotnim potrebam poljščin po dušiku ter upoštevali vsebnost dušika v FO. Odvzeme hranil in humusno bilanco smo izračunali na podlagi Smernic za strokovno gnojenje (Mihelič in sod., 2010). Po petih letih smo izračunali letno bilanco hranil (N, P, K) ter povprečni vnos Cd in Zn, pri čemer pa je potrebno poudariti, da nismo upoštevali odvzema Cd in Zn s pridelki poljščin.

FO izbrane bioplinarne smo uporabili tudi v trimesečnem lončnem poskusu s tatarsko ajdo (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.), v katerem smo želeli preučiti, pri katerih vsebnostih potencialno toksičnih kovin v FO pride do zaznavnega povečanja Zn in Cd v tleh in rastlini (Štrekelj, 2015; Senekovič Ferčec, 2015). Ajdo smo izbrali zaradi njenega potenciala (hiper)akumulacije kovin (Tamura in sod., 2005). V poskusu smo uporabili ornico (0-20 cm) njivskih tal, z naslednjimi lastnostmi: humozna (2,4% organske snovi), zmerno kislja (pH 6,1), teksturno srednje težka s prevladujočim deležem melja (meljasta ilovica). Fermentacijski ostanek izbrane bioplinarne smo dodali na površino tal v največjem povprečno dovoljenem vnosu N v tla (170 kg N/ha), enak odmerek N smo uporabili za kontrolno obravnavanje (mineralno gnojilo NPK v razmerju 15:15:15). V nadaljnjih obravnavanjih pa smo z dodajanjem raztopljenih soli kovin v obliki cinkovega nitrata heksahidrata ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) in kadmijevega nitrata tetrahidrata ($\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) dosegli 10-, 100- in 1000-kratne koncentracije glede na izvorni FO (t.j. 1,22 mg Cd/kg s.s. in 190 mg Zn/kg s.s.). Raztopino NPK in FO brez oz. z dodatkom Zn in Cd smo nanесли na površino lonca in pustili stati teden dni. V tako pripravljene lonce smo posejali tatarsko ajdo. Vzorce posameznih delov tatarske ajde smo pobrali, ko je dozorela večina semen, jih zračno posušili, ter v zmletem rastlinskem materialu določili vsebnosti kovin. V talnih vzorcih smo določili skupno vsebnost in dostopnost kovin (Senekovič Ferčec, 2015).

3 SESTAVA VHODNIH SNOVI IN FO ter GNOJILNI NAČRT ZA UPORABO FO IZBRANE BIOPLINARNE IN IZRAČUN VNOSA Cd in Zn

3.1 Sestava vhodnih snovi in fermentacijskega ostanka

V preglednici 2 so prikazane vsebnosti Zn in Cd v vhodnih surovinah za proučevano bioplinarno napravo in v nastalem FO. Zanimivo je, da so analizirani vzorci soje (seme) vsebovali veliko Zn in Cd. V zrnju žit je namreč dovoljena vsebnost Cd 0,1 mg/kg ss; v semenih soje 0,2 mg/kg; v mesu rib 0,1 do 0,3 mg/kg (odvisno od vrste rib), v školjkah in glavonožcih brez drobovine je meja 1,0 mg Cd/kg. Vsebnost Zn ni zakonsko predpisana/omejena, ker je cink esencialno mikrohranilo (Uredba...onesnaževala, 2006). Ostanki rib (pretežno drobovina rib) so v povprečju vsebovali zelo veliko Cd, vendar so vsebnosti močno variirale glede na posamezen vzorec. Po pričakovanju je največjo vsebnost Zn imela svinjska gnojevka. Med vhodnimi snovmi so prevladovali biološko razgradljivi kuhinjski odpadki iz gostinstva (51 %), svinjska gnojevka (9 %), komunalne odplake (10 %), ostanki sadja in zelenjave (11 %); živila s pretečenim rokom uporabe (kamor spadata tudi soja in ribe) (5 %) ter ostalo (posamezne komponente z največ 3 % masnim deležem celotnega inputa (Ilc, 2016).

Nastali FO je glede vsebnosti Cd in Zn (ter tudi drugih parametrov, kar ni prikazano v tem prispevku) ustrezal zakonskim kriterijem za 1. kakovostni razred. Opozoriti velja, da se je vsebnost Cd v FO v posameznih vzorcih zelo približala mejnim 1,5 mg Cd/kg s.s.

Preglednica 2: Vsebnost cinka (Zn) in kadmija (Cd) v vhodnih surovinah in v digestatu (FO); (prikazano povprečje in standardni odklon)

Vhodna snov v bioplinarno	Zn (mg/kg)	Cd (mg/kg)
pomije (ostanki hrane)	48,8±10,7	0,24±0,16
kruh	25,6±8,6	0,17±0,19
ribe	83,1±14,9	2,78±2,40
mlečni izdelki	37,3±30,0	0,03±0,03
soja	175±38,2	1,11±0,27
meso	70±15,8	0,04±0,001
odpadki predelave sadja in zelenjave	35,7±4,5	0,15±0,07
flotat (maščobe v mlečni industriji)	109,6±22,0	0,02±0,01
svinjska gnojevka	665±112	0,40±0,30
Digestat (FO)	190±23,1	1,22±0,24

Vsebnost suhe snovi v FO je bila na običajnem nivoju za tekoče digestate, 6,3 %. Vsebnost dušika je bila sorazmerno visoka (primerljiva z vsebnostjo v svinjski gnojevki), vsebnost fosforja in kalija pa so v analiziranih vzorcih FO manjše kot v živinskih gnojevkah (preglednica 3).

Preglednica 3: Sestava fermentacijskega ostanka izbrane bioplinarne

Parameter	Suha snov	Skupni dušik, N	Fosfor celotni, P ₂ O ₅	Kalij, K ₂ O
Vsebnost v sveži masi (kg/t)	63±1,4	7±4,6	1±0,3	2,1±0,9

3.2 Gnojilni načrt

Sestavili smo modelni gnojilni načrt za petletni njivski kolobar (preglednica 4), kjer smo za gnojenje predvideli uporabo FO v čim večjem možem odmerku glede na omejitve po nitratni direktivi (maksimalen letni vnos dušika na posamezno parcelo je 250 kg/ha; Uredba o varstvu voda..., 2015) in na podlagi smernic za strokovno gnojenje (Mihelič in sod., 2010). Vsebnost dušika, ki je vodilni element za načrtovanje gnojenja, je lahko pri različnih 'saržah' od 1,5 do 12 kg/t FO. Zato opozarjamo, da je spodnji gnojilni načrt le primer za digestat, ki je sorazmerno bogat z dušikom. Upoštevali smo, da se pri redni uporabi FO za gnojenje izkoristi 75 % dušika, za fosfor in kalij pa smo upoštevali, da se izkoristita v celoti.

Preglednica 4: Gnojilni načrt za petletni kolobar za njivo, ki je optimalno preskrbljena s hranili in humusom.

Leto	Poljščina	Pridelek (t/ha)	Gnojenje z digestatom bioplinarne		Dodana hranila (kg/ha)			Dodani mikroelement (g/ha)		Tvorba humus-C (kg/ha)	Odvzem hranil (kg/ha)			Razgrad. humus-C (kg/ha)
			termin gnojenja	(t/ha)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Zn	Cd		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1	Silažna koruza	50	pred setvijo 6 listov	10 20	53 105	10 20	21 42	120 239	0,77 1,54	88	190	80	225	-700
2	Ozimni ječmen	5	pred setvijo	5	26	5	11	60	0,38	44	85	40	30	-300
	(slama zaorana)		razraščanje	10	53	10	21	120	0,77	88				
	prispevek humusa s slamo		kolenčenje	8	42	8	17	96	0,61	70				
	Krmni ohrovt	25	pred setvijo	20	105	20	42	239	1,54	175	195	63	180	200
3	Krompir	25	pred setvijo pri okopavanju	15 12	79 63	15 12	32 25	180 144	1,15 0,92	132 105	88	35	150	-800
4	Koruzna za zrnje (koruzna slama podorana) humus od zaorane koruznice	8	pred setvijo 6 listov okopavanje	10 20	53 105	10 20	21 42	120 239	0,77 1,54	88 175 611	104	56	32	-700
5	Ozimna pšenica (slama zaorana)	6	pred setvijo	10	53	10	21	120	0,77	88	108	48	36	-300
			razraščanje	15	79	15	32	180	1,15	132				
	prispevek humusa s slamo		kolenčenje	10	53	10	21	120	0,77	88				
Σ				165	866	165	347	1975	12,68	2722	770	322	653	-2600
Povprečno na leto				33	173	33	69	395	2,54	544	154	64	131	-520

Gnojilni načrt pokaže, da digestat ne vsebuje dovolj fosforja in kalija; za potrebe poljščin v modelnem kolobarju, bi morali polovico potreb po teh dveh hranilih pokriti iz drugih virov. Sam digestat prav tako ni zadosten vir organske snovi za obnovo humusa. Če gnojimo z digestatom, je potrebno slamo puščati na njivi; če bi jo prodali, bi siromašili tla.

Pomembna ugotovitev je, da z digestatom v petletnem poljskem kolobarju ne presežemo dovoljenega vnosa težkih kovin, kadmija in cinka, v tla. Povprečni letni odmerki Cd in Zn v petletnem kolobarju so, kljub relativno veliki vsebnosti obeh elementov v digestatu, pol manjši od dovoljenega letnega vnosa: Cd, 2,54 g/ha (dovoljeno 5 g/ha letno), Zn pa 395 g/ha

(dovoljeno 1500 g/ha). V gnojilnem načrtu nismo računali odvzema obeh kovin s pridelki. Če bi upoštevali še odvzem, ki se je pri tatarski ajdi pokazal kot pomemben (preglednica 6), lahko ugotovimo, da tal ne bomo onesnažili s Zn in Cd, četudi bomo s FO gnojili tla mnogo let.

4 MERITVE VNOSA KOVIN IZ FO V TLA IN SPREJEMA V RASTLINO

Tri mesece po gnojenju tal s FO v lončnem poskusu s tatarsko ajdo smo ugotovili, da statistično značilnih razlik v skupni vsebnosti (preglednica 5) in dostopnosti kovin (podatki niso prikazani) med kontrolnimi tlemi (NPK) in tlemi gnojenimi s FO ni, četudi bi vsebnost kovin v digestatu bila bistveno povečana v primerjavi z izvornim FO, pri Zn do 10x oz. Cd do 100x. Rezultati tako dokazujejo, da se tako skupne vsebnosti kot tudi dostopne oblike Cd in Zn v tleh po gnojenju z največjim dovoljenim odmerkom FO, glede na mejno vrednost letnega vnosa dušika iz živinskih gnojil, ne povečajo do ravni, ki bi bila z uporabljenimi laboratorijskimi metodami zaznavna. Enkratno gnojenje s FO je tudi znotraj dovoljenih letnih vnosov Zn in Cd na kmetijska zemljišča in sicer smo v tla vnesli 329 g Zn/ha in 2,12 g Cd/ha (preglednica 5).

Preglednica 5: Skupna vsebnost Zn in Cd v tleh; ter preračun dodanega Zn in Cd na hektar tal

	Vsebnost		Dodana količina	
	mg Zn/kg s.s. tal	mg Cd/kg s.s. tal	g Zn/ha	g Cd/ha
Tla pred poskusom	87,7	0,57		
Tla z dodatkom:				
NPK	86,6 ±18,4	0,55 ±0,07	440*	5,82*
FO	78,5 ±5,6	0,59 ±0,01	329	2,12
FO + 10 x Zn, Cd	85,1 ±8,1	0,64 ±0,02	3290	21,2
FO + 100 x Zn, Cd	133,1 ±8,6	0,72 ±0,02	32900	212,7
FO + 1000 x Zn, Cd	614,7 ±53,1	4,25 ±0,51	329000	2127

* ocena, izračunana na osnovi povprečne vsebnosti Cd in Zn v NPK gnojilu (Sušin in Žnidaršič Pongrac, 2015).

Op. Predstavljena so povprečja in standardni odkloni štirih ponovitev, s krepkim tiskom so označene statistično značilne razlike v primerjavi s kontrolo (NPK).

Rezultati vsebnosti kovin v tatarski ajdi odražajo skupne in dostopne vsebnosti Zn in Cd v tleh (Preglednica 6). Statistično značilno povečanje kovin v ajdi smo ugotovili le pri gnojenju s 1000x (*umetno*) povečanimi vsebnostmi kovin v FO, zato smo v preglednici 6 izpustili obravnavanji FO+10x in FO+100x Zn in Cd. Z enkratnim maksimalno dovoljenim odmerkom FO pa se koncentracija Zn in Cd v rastlinskih delih ajde v primerjavi s kontrolo (NPK) ne poveča. Zanimivo je, da kljub visoki koncentraciji kovin v obravnavanju s 1000x povečanjem, rastline niso kazale znakov toksičnosti, saj je biomasa rastlin glede na kontrolo ostala nespremenjena. Največ Cd so akumulirali listi in korenine, najmanj pa zrnje, kar je skladno z literaturnimi podatki. Podobno je največ Zn v listih, najmanj pa v koreninah in steblih. Z enkratnim odmerkom FO smo v tla vnesli 329 g Zn/ha in 2,12 g Cd/ha, ocenjen povprečni odvzem z nadzemnimi deli, pri pridelku 2 ton sušine na hektar, pa je 100 g Zn/ha in 1,2 g Cd/ha (Štrekelj, 2015).

Preglednica 6: Vsebnost Zn in Cd v rastlinskih delih tatarske ajde tretirane s fermentacijskim ostankom (Štrekelj, 2015)

	Zn (mg/g)			Cd (mg/g)		
	NPK	FO	FO 1000x	NPK	FO	FO 1000x
ZRNJE (nedozorelo)	79,5 ± 2,1	85,7 ± 1,2	146,5 ± 2,3	0,17 ± 0,02	0,13 ± 0,01	0,35 ± 0,01
ZRNJE (endosperm)	52,9 ± 1,3	56,3 ± 0,7	88,0 ± 1,4	0,09 ± 0,01	0,07 ± 0,00	0,16 ± 0,01
LUSKE	26,6 ± 0,8	29,4 ± 0,5	58,5 ± 1,0	0,08 ± 0,01	0,06 ± 0,00	0,19 ± 0,00
SOCVETJA	14,8 ± 1,8	14,7 ± 0,8	86,8 ± 7,0	0,59 ± 0,06	0,43 ± 0,06	0,75 ± 0,08
LISTI	43,7 ± 4,0	35,5 ± 3,9	474,8 ± 21,2	1,20 ± 0,07	0,73 ± 0,09	2,21 ± 0,14
STEBLA	14,8 ± 1,8	14,7 ± 0,8	86,8 ± 7,0	0,59 ± 0,06	0,43 ± 0,02	0,75 ± 0,08
KORENINE	20,9 ± 0,6	16,5 ± 0,7	89,8 ± 10,1	0,51 ± 0,05	0,37 ± 0,02	1,42 ± 0,19

5 SKLEPI

S teoretičnim izračunom večletnega gnojilnega načrta na podlagi meritev vsebnosti hranil ter Cd in Zn v FO in z meritvami v lončnem poskusu smo dokazali, da dovoljeni odmerek fermentacijskega ostanka glede na mejno vrednost letnega vnosa dušika ne poveča vsebnosti Cd in Zn v tleh in rastlinah. Značilen vpliv se je v lončnem poskusu s tatarsko ajdo pokazal šele v obravnavanju s 1000-krat povečano vsebnostjo kovin v digestatu, ki pa v praksi ni mogoča. Sklenemo lahko, da tipičen fermentacijski ostanek iz komunalno-kmetijske bioplinarne ne predstavlja nevarnosti onesnaženja tal s potencialno nevarnimi kovinami ob upoštevanju normativnih vrednosti in dobre kmetijske prakse. Upravljalci bioplinarskih naprav pa morajo biti pozorni na sestavo snovi, ki jih vnašajo v napravo, saj nekateri ostanki lahko vsebujejo sorazmerno visoko vsebnost potencialno nevarnih kovin.

Zahvala. Avtorja se zahvaljujeta sodelavcem, ki so pomembno prispevali k rezultatom tega dela. Delo je plod magistrskih nalog Rozalije Ilc, univ. dipl. zoot in Polone Senekovič Ferčec, univ. dipl. bioteh, ter doktorske disertacije Petre Štrekelj, univ. dipl. biol.

6 LITERATURA

- Angelidaki, I., Ellegaard, L., Kioer Ahring, B. 2003. Applications of the Anaerobic Digestion Process. Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology, Vol. 82 Series Editor: T. Scheper © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2003.
- Drosg, B., Fuchs, W., Al Seadi, T., Madsen, M., Linke, B. 2015. Nutrient Recovery by Biogas Digestate Processing. IEA Bioenergy. First electronic edition produced in 2015. ISBN 978-1-910154-16-8 (eBook electronic edition). 39 p.
- Ilc, R. 2016. Vsebnost Cd in Zn v odpadkih v bioplinarski napravi ter pravni vidiki obravnavanega problema. Mag. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: .
- Mihelič, R., Gomišček, T. 2012. Ali smo sposobni reciklirati biološko razgradljive odpadke? : zavržena hrana. Delo, ISSN 0350-7521, 15. dec. 2012, leto 54, št. 290.
- Mihelič, R., Čop J., Jakše, M., Štampar, F., Majer, D., Tojnko, S., Vrščič, S. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2010. 182 str., ilustr. ISBN 978-961-6761-09-3.
- Möller, K., Müller, T. 2012. Effects of anaerobic digestion on digestatenutrient availability and crop growth: A review. Eng. Life Sci. 2012, 12, No. 3, 242–257.

- Senekovič Ferčec, P. 2015. Vpliv kovin Zn in Cd v fermentacijskem ostanku bioplinarne na talno mikrobno združbo. Mag. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Študij biotehnologije: 49 str.
- Smolders, E. 2001. Cadmium uptake by plants. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 14, 2: 177-183
- Sušin, J. Žnidaršič Pongrac, V. 2015. Vsebnost kovin v 21 vzorcih NPK mineralnih gnojil v obdobju 2005-2014. Kmetijski inštitut Slovenije. Povzeto po Štrekelj, 2015.
- Štrekelj, P. 2015. Privzem kovin in selen v tatarski ajdi in njena vloga pri fitoremediaciji tal. Dokt. disertacija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 165 str.
- Tamura, H., Honda, M., Sato, T., Kamachi, H., 2005. Pb hyperaccumulation and tolerance in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), *J. Plant Res.* 118 (2005) 355–359.
- Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (Uradni list RS, št. 113/09, 5/13 in 22/15).
- Uredba komisije (ES) št. 1881/2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih. Uradni list EU z dne 19. decembra 2006.
- Valeur, I. 2011. Speciation of heavy metals and nutrient elements in digestate. Master thesis. Oslo, Norwegian University of Life Sciences, Department of Plant and environmental sciences: 48 str.

Okoljski problemi pretekle uporabe atrazina

Sara PINTARIČ¹⁰³, Marjetka SUHADOLC¹⁰⁴

Izvleček

Herbicid atrazin je bil eden izmed najbolj pogosto uporabljenih fitofarmacevstskih sredstev na svetu, kot tudi pri nas. Na tržišču je že od leta 1958. Zaradi povečanih vsebnosti atrazina v podzemnih vodah, ter zaskrbljenosti javnosti, je bila leta 2004 prepovedana uporaba atrazina za vse države članice EU. Prvi sta ga v letu 1991 z liste dovoljenih sredstev umaknili Italija in Nemčija, postopoma so sledile ostale države, Slovenija v letu 2003. V prispevku predstavljamo rezultate okoljskih monitoringov v času po prepovedi uporabe. V slovenskih podzemnih vodah se je delež vzorcev z vsebnostjo atrazina nad mejo podajanja (0,05 µg/l) zmanjšal s 36 % v letu 2003 na 12 % v letu 2015, tj. 12 let po prepovedi. Delež vzorcev z vsebnostjo nad mejno vrednostjo za pitno vodo (0,1 µg/l) pa s 19 % v letu 2003, na 7 % v letu 2015. Podobno tudi v drugih evropskih državah, poročajo o zmanjševanju vsebnosti atrazina in metabolitov v vodnih virih. Vendarle je atrazin tudi 20 let po prepovedi še vedno prisoten v nemških podzemnih vodah. Ali lahko pričakujemo, da bo atrazinu soroden terbutilazin sledil podobni usodi v okolju?

Ključne besede: fitofarmacevtska sredstva, atrazin, herbicid, DEA, DIA, okoljska tveganja, onesnaževanje voda, podzemne vode, površinske vode, okoljski monitoringi

Environmental problems of the past atrazine usage

Abstract

The herbicide atrazine is one of the most commonly used plant protection products in the world, as well as in Slovenia. It first came to use in 1958. Due to the increased levels of atrazine in groundwaters, and public concerns, its application has been banned in 2004 for all European countries. Firstly, in 1991, has been put out of the approved product for use list in Italy and Germany, successively followed other EU countries, Slovenia in 2003. The article presents environmental monitoring results after the ban. In Slovenian groundwaters, the percentage of atrazine contents above the quantification limit (0,05 µg/l) was reduced from 36 % in 2003 to 12 % in 2015, i.e. 12 years after the ban. The percentage of atrazine contents above the drinking water limit value (0.1 µg/l) was also reduced, from 19 % in 2003 to 7 % in 2015. Other European countries also reported a decline of atrazine contents and its metabolites in the environment. However, also 20 years after the ban of atrazine, it is still present in German groundwaters. Can closely related herbicide terbuthylazine follows a similar environmental fate?

Key words: Pesticides, atrazine, herbicide, DEA, DIA, environmental risk, water pollution, groundwaters, surface waters, environmental monitoring

1 UVOD

Atrazin, 6-kloro-4-etilamino-6-isopropilamino-1,3,5-triazin ($C_8H_{14}N_5Cl$), je selektivni herbicid iz skupine triazinov, ki se uporablja za zatiranje širokolistnega plevela in trav pri pridelavi koruze, sirka, sladkornega trsa, ananasa, trat in v sadovnjakih. V uporabi je že od leta 1958. Zaradi široke uporabe ter tveganj prekoračitve največje dovoljene vsebnosti v pitni vodi 0,1 µg/l je bila uporaba atrazina enotno za vse države članice Evropske Unije (EU) prepovedana leta 2004. Za nujno uporabo v določenih kulturah je bilo v nekaterih državah dovoljenje izjemoma podaljšano: na Irskem (kоруza, gozdarstvo), v Angliji (sladka kоруza, gozdarstvo),

¹⁰³ Dipl. inž. agr. (UN), Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: sari.pintaric@gmail.com

¹⁰⁴ Doc. dr., prav tam, e-pošta: marjetka.suhadolc@bf.uni-lj.si

v Španiji in Portugalski (koruza) (2004/248/EC). Nekatere države članice EU pa so uporabo atrazina prepovedale že pred letom 2004. Italija in Nemčija sta ga umaknili iz liste dovoljenih fitofarmacevtskih sredstev (FFS) leta 1991, Švedska, Finska in Danska leta 1994, ter Avstrija leta 1995. V Franciji je bila uporaba prepovedana z letom 2003. Tudi v Sloveniji se je uporaba atrazina postopoma zmanjševala, s prvimi omejitvami v poljedelstvu že po letu 1990. V letu 1997 so bili umaknjeni s trga eno komponentni pripravki, končni umik je sledil v letu 2003 (Urek in sod., 2012). Vzporedno z zmanjšano rabo atrazina se je povečevala uporaba terbutilazina (TBA) (preglednica 1), ki je bil uveden v letu 1998, vendar pa maksimalnih letnih porabljenih količin atrazina ni dosegel.

Preglednica 1: Ocena letne porabe atrazina (ATR) in terbutilazina (TBA) (kg) v pridelavi koruze v letih med 1990 in 2002, v Sloveniji (Rejec Brancelj in sod., 2005)

	1990-95	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
ATR	450	400	250	150	90	70	50	20
TBA	-	-	-	50	75	100	120	130

Usoda atrazina v okolju je odvisna od številnih fizikalnih, kemijskih in bioloških procesov, ki so med seboj zelo prepleteni (zanašanje ob nanosu, izhlapevanje, vezava na talne delce, transformacije in razgradnja, prenos v organizme, prenosi z gibanjem talnih delcev, prenosi z gibanjem talne vode). Najpomembnejša procesa, ki vplivata na usodo atrazina v okolju sta sorpcija na talne delce in razgradnja. Po nanosu atrazina na površino tal le ta v okolju lahko ostane kemijsko nespremenjen, lahko se delno razgradi oz. transformira v enega od razgradnih produktov ali pa popolnoma mineralizira do CO₂. Večinoma je razgradnja atrazina v tleh rezultat delovanja mikroorganizmov, ki ga lahko razgrajujejo kometabolično (nespecifičnost reakcij) in/ali metabolično (aktivna snov je substrat za rast mikrobov). Glavni poti razgradnje atrazina sta *N*-dealkilacija in hidrolitična deklorinacija. Dealkilacija vodi do desetilatrastina (DEA), deizopropilatrastina (DIA) in deetildeizopropilatrastina (DDA), deklorinacija pa vodi do hidroksiatrazina (HA), hidroksidesetilatrastina (DEHA), hidroksideizopropilatrastina (DIHA) in amelina (povzeto po Suhadolc in Lobnik, 2007). Razpolovna doba atrazina v tleh je ocenjena od nekaj tednov do več mesecev (PPDB, 2016).

Namen prispevka je pregled stanja vsebnosti atrazina in njegovih metabolitov v okolju Republike Slovenije (RS) in izbranih EU državah več kot desetletje po prepovedi uporabe.

2 METODE DELA

Za predstavitev stanja v RS smo pridobili surove podatke monitoringa voda na Agenciji za okolje RS in sicer vsebnosti atrazina (ATR) in razgradnih produktov DEA in DIA v vzorcih vseh merilnih mest podzemnih in površinskih voda v obdobju 1998-2015 (ARSO, 2016). Na osnovi skupnega števila meritev v izbranem obdobju in vsebnosti aktivnih snovi smo izračunali povprečne letne vsebnosti, delež vzorcev nad mejo podajanja zanesljivega rezultata ($\geq$ LOQ 0,05 µg/l), ter delež vzorcev nad standardom kakovosti za pitno vodo (0,1 µg/l) (Slika 1, 2 in 3). Pri izračunu povprečnih letnih vsebnosti smo v primeru vrednosti pod LOQ v izračunu uporabili njeno polovično vrednost (npr. za vsebnost < 0,05 µg/l je bila uporabljena vrednost 0,025 µg/l). Meja podajanja zanesljivega rezultata (LOQ) se med leti nekoliko razlikuje, vendar so razlike v splošnem majhne, razen pri meritvah površinskih voda v letu 2007. Zaradi izstopajočih vrednosti LOQ v letu 2007, smo te podatke v prikazu izpustili (Slika 4). Izračunali smo tudi povprečne letne vsebnosti ATR, DEA in DIA po petih vodnih telesih:

Savska kotlina in Ljubljansko barje, Krška kotlina, Savinjska kotlina, Dravska kotlina in Murska kotlina (Sliki 2 in 3). Stanje ostankov atrazina in metabolitov v državah EU pa smo predstavili na osnovi pregleda literature javno objavljenih rezultatov monitoringov posameznih držav (Preglednica 2).

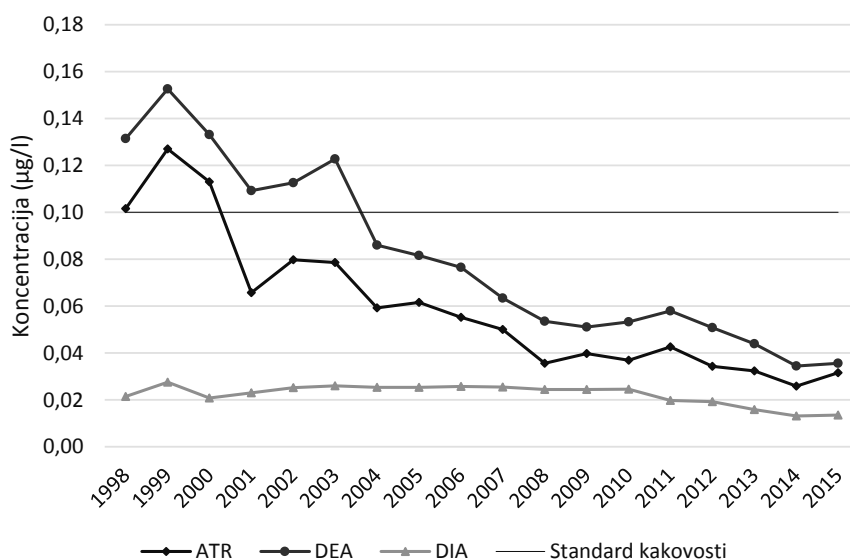
Rezultate vsebnosti atrazina in metabolitov smo komentirali na podlagi Direktive Evropske komisije o pitni vodi (80/778/EEC), ki predpisuje največjo dovoljeno vsebnost posamezne aktivne snovi FFS v podzemni in pitni vodi (0,1 µg/l), ter za vsoto vseh izmerjenih FFS vzorcu 0,5 µg/l. Okoljski standard kakovosti za atrazin v celinskih in drugih površinskih vodah je 0,6 µg/l (letna povprečna vrednost) in 2 µg/l (največja dovoljena koncentracija) (Direktiva..., 2008).

3 MONITORING ATRAZINA IN NJEGOVIH RAZGRADNIH PRODUKTOV V VODNIH VIRIH

3.1 Slovenija

3.1.1 MONITORING PODZEMNIH VODA V RS

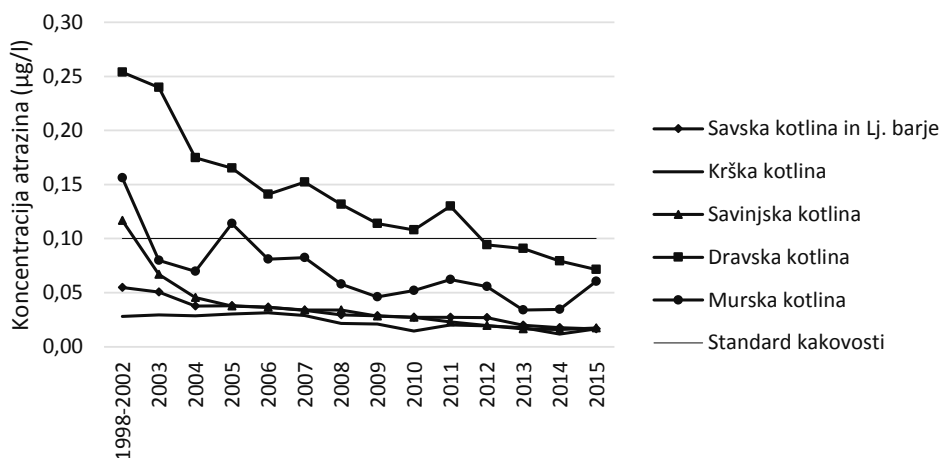
Povprečne letne vsebnosti ATR in DEA v vzorcih podzemnih voda so se v obdobju 1998-2015 zmanjševale (Slika 1). Zanimivo je, da so bile povprečne letne vsebnosti DEA veseskozi večje od vsebnosti atrazina, kar kaže na predhodno razgradnjo atrazina v tleh. Največje zmanjšanje ATR in DEA je zabeleženo v obdobju 1999-2001, kar je rezultat manjše porabe atrazina (Preglednica 1). Povprečne letne vsebnosti atrazina so padle pod standard kakovosti za pitno vodo v letu 2002, DEA pa po letu 2003. Zabeležena maksimalna vsebnost atrazina v letu prepovedi, tj. 2003 zanaša 1,1 µg/l, v letu 2015 (12 let po prepovedi) pa 0,56 µg/l. Razpolovile so se tudi maksimalne vsebnosti DEA s 0,59 µg/l v letu 2003 na 0,28 µg/l v letu 2015.



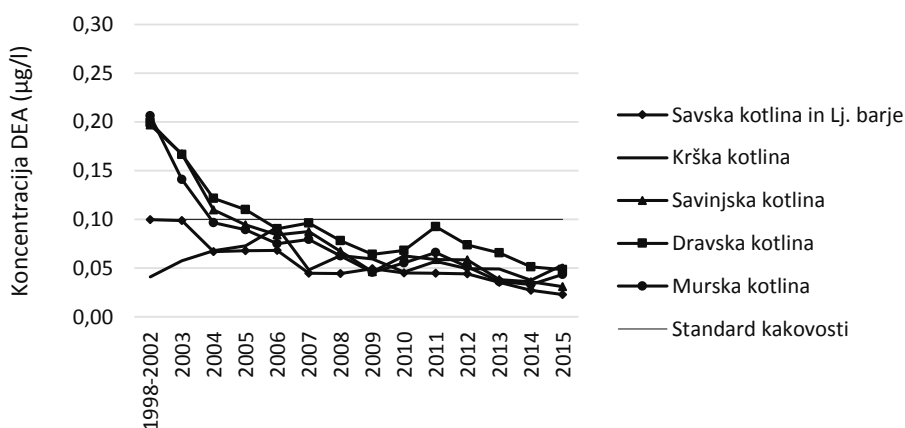
Slika 1: Povprečne letne vsebnosti ATR, DEA in DIA v podzemnih vodah v Sloveniji v obdobju 1998-2015 (vir podatkov ARSO, 2016)

V obdobju pred prepovedjo atrazina (1998-2002) je bil atrazin v 45 % vzorcev zaznan nad LOQ, v letu prepovedi (2003) v 37 % vzorcih, v letu 2015 pa le še v 12 % vzorcih. Manjši je tudi % vzorcev nad največjo dovoljeno vsebnostjo atrazina v pitni vodi, ki se je zmanjšal s 19 % v letu 2003 na 7 % v letu 2015. Prav tako se je v obdobju 12ih let po prepovedi uporabe zmanjšal delež vzorcev z vsebnostjo DEA in DIA nad LOQ. Delež DEA se je s 61 % v letu 2003 zmanjšal na 20 % v letu 2015. Prisotnost DIA je bila v podzemnih vodah zelo majhna, nad LOQ je bilo v letu 2003 1,7 % vzorcev, v letu 2015 pa DIA ni bil zaznan nad mejo podajanja.

Prisotnost atrazina in razgradnih produktov v vzorcih podzemnih voda se značilno razlikuje med vodnimi telesi (Sliki 2 in 3). Največje povprečne letne vsebnosti so bile izmerjene na območju Dravske kotline, kjer so bile za razliko od ostalih vodnih teles, vsebnosti ATR vseskozi večje kot DEA. Pravtako je na tem območju največji delež vzorcev z vsebnostjo atrazina nad 0,1 $\mu\text{g/l}$, v letu 2015 le ta še vedno predstavlja skoraj tretjino vzorcev (28 %).



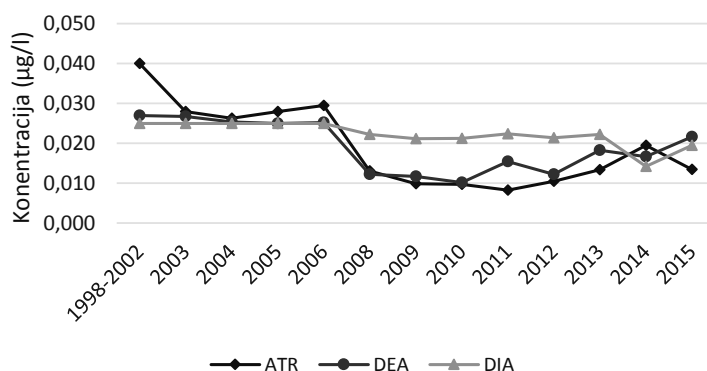
Slika 2: Povprečne letne vsebnosti ATR v podzemnih vodah v Sloveniji v obdobju 1998-2015 (vir podatkov ARSO, 2016)



Slika 3: Povprečne letne vsebnosti DEA v podzemnih vodah v Sloveniji v obdobju 1998-2015 (vir podatkov ARSO, 2016)

3.1.2 MONITORING POVRŠINSKIH VODA V RS

Povprečne letne vsebnosti ATR, DEA in DIA v površinskih vodah so se v obdobju 1998-2015 zmanjševale ter niso prekoračile standarda kakovosti za površinske vode (0,6 µg/l) (Slika 4). Delež vzorcev z vsebnostjo atrazina nad LOQ se je zmanjšal s 13 % v letu 2003 na 2 % v letu 2015. DEA in DIA nista bila zaznana nad LOQ tako v letu 2003, kot v 2015.



Slika 4: Povprečne letne vsebnosti ATR, DEA in DIA v površinskih vodah v Sloveniji v obdobju 1998-2015 (vir podatkov ARSO, 2016)

3.2 Evropa

Rezultati monitoringov izbranih evropskih držav, Anglije, Francije, Italije in Nemčije, kažejo na dolgoletno prisotnost atrazina v podzemnih vodah po prepovedi uporabe (Preglednica 2).

Preglednica 2: Podatki monitoringa atrazina v podzemnih vodah v posameznih evropskih državah

Država	Leto prepovedi	Monitoring atrazina (leto ali obdobje)	LOQ	Koncentracija atrazina (µg/l)		% vzorcev nad LOQ	Vir
				Povpr.	Največja		
Anglija	2004-2007	2011	0,01	0,0	0,2	7,3	Lapworth in Gooddy, 2015
Francija	2004	2011	0,01	0,03	0,13	47	Lapworth in Gooddy, 2015
Italija	1991	1999 Bergamo	0,01	0,06	0,14	100	Guzzella in sod., 2006
		1999 Lodi	0,01	0,03	0,06	44	
Nemčija	1991	1991-2011	0,011	0,064	0,12	57	Vonberg in sod., 2014
		1991/92		0,02	0,02	-	
		2000		0,067	0,075	-	
		2009		0,09	0,11	-	
		2011		0,088	0,1	-	

V okviru 20 letne študije atrazina v Nemčiji, ki so jo izvedli Vonberg in sod. (2014), so rezultati monitoringa pokazali na povečevanje povprečnih letnih koncentracij atrazina v podzemnih vodah tudi v obdobju po prepovedi uporabe (1991-2011). V letu 2011 je povprečna letna vsebnost atrazina znašala 0,088 µg/l, medtem ko je bila v letu 1991/92 manjša, in sicer 0,02 µg/l. Zanimivo je, da so vsebnosti atrazina v podzemnih vodah naraščale vse do leta 2009, z vmesnimi nihanji, kar kaže na počasen prenos atrazina in metabolitov skozi tla in/ali nezasičeno cono vodonosnikov. Šele po 17ih letih po prepovedi uporabe, se je povprečna letna vsebnost atrazina ustalila, ter ni presegla standarda kakovosti za pitno vodo. Povprečna vsebnost atrazina v obdobju 1991-2011 je znašala 0,064 µg/l in DEA 0,057 µg/l. Podobno kot kažejo rezultati monitoringa v Sloveniji, tudi nemška študija kaže na veliko variabilnost v vsebnostih atrazina med posameznimi vodnimi telesi. V nekaterih vodnih telesih je bila povprečna letna vsebnost nad standardom kakovosti za pitno vodo, medtem ko so bile v drugih vsebnosti atrazina skoraj zanemarljive (Vonberg in sod., 2014). Poleg skupne količine uporabljenega atrazina na območjih posameznih vodnih teles, so tako raznolike povprečne letne vsebnosti atrazina močno povezane tudi s heterogenostjo vodonosnikov, njihovo globino in geološko sestavo, ter debelino nezasičene cone.

4 RAZPRAVA

Atrazin in njegovi razgradni produkti se še danes, po več kot dveh desetletjih po prenehanju uporabe, pojavljajo v okolju, v podzemnih in površinskih vodah ter morjih (Guzzella in sod., 2006; Lapworth in Gooddy, 2015; Nödler in sod., 2013; Vonberg in sod., 2014). Prisotnost atrazina je bila ugotovljena tudi v padavinski vodi, pravtako poročajo o atmosferskih prenosih na daljše razdalje (Nödler in sod., 2013; Tappe in sod., 2002). Prisotnost atrazina in metabolitov v okolju velja pripisati tako neugodnim fizikalno-kemijskim lastnostim atrazina, to so obstojnost v tleh in velik potencial izpiranja v podzemno vodo, kot tudi široki in količinsko pretirani uporabi, neprilagojeni lastnostim okolja. Na vsebnosti atrazina v podzemnih vodah namreč močno vplivajo podnebne razmere in lastnosti tal, kot so vsebnost organske snovi, struktura, tekstura, pH in druge, pa tudi lastnosti vodonosnikov, kot so globina in geološka sestava, ter debelina nezasičene cone.

Ker se v okolju zaznavajo povečane vsebnosti tudi nekaterih aktivnih snovi, ki so po svojih osnovnih lastnostih veliko manj okoljsko problematična kot atrazin, bo v prihodnje potrebno več pozornosti (kot npr. zaostrovanju pogojev v registracijskih postopkih) namenjati prilagajanju rabe FFS okoljskim razmeram. Nujno je, da v naprej (pred uporabo) pridobimo informacijo o potencialnem tveganju rabe izbranega FFS na določenem območju s specifičnimi okoljskimi danostmi, ter v primeru velikih tveganj ukrepamo drugače kot smo sprva načrtovali tako na ravni kmetije, kot tudi širše, na vodozbirnih območjih in državni ravni. Intenziven razvoj računalniških modelov in orodij za ugotavljanje okoljskih tveganj rabe FFS in upravljanje v okolju v zadnjem desetletju nam to omogoča (Suhadolc in Dubus, 2011). Na državni ravni bi bilo sedaj na primer pomembno oceniti potencialna tveganja uporabe herbicida terbutilazina, ki je nadomestil rabo atrazina. Prisotnost terbutilazina v podzemnih vodah, po več kot 8 letih prepovedi uporabe atrazina, potrjujejo številne študije (Bottoni in sod., 2013; Guzzella in sod., 2006). Terbutilazin je bil v slovenskih podzemnih vodah prvič zaznan po 14 letih uporabe, vendar v majhnem deležu vzorcev. Zaradi precej podobnih fizikalno kemijskih lastnosti, kot jih ima atrazin, bi lahko v prihodnje terbutilazin postal pomembno onesnažilo podzemnih voda, vendarle le v primeru široke uporabe.

5 SKLEPI

Zaradi več kot 30 let trajajoče, ter široke uporabe atrazina, kot tudi njegovih neugodnih fizikalno-kemijskih lastnosti, so atrazin in njegovi razgradni produkti še vedno prisotni v okolju. Spremljanje vsebnosti atrazina in razgradnih produktov v površinskih in podzemnih vodah, ki so glavni vir pitne vode, je pokazalo na počasno zmanjševanje vsebnosti po prenehanju uporabe.

Danes, 12 let in več po prepovedi, prisotnost atrazina v evropskih podzemnih in površinskih vodah ne povzroča več zdravstvenega tveganja za ljudi, ter prav tako ne za ostale organizme v okolju. V prihodnje pa je potencialna tveganja FFS potrebno oceniti pred uporabo, ter tako čim bolj zmanjšati škodljive učinke na okolje.

6 LITERATURA

- ARSO, 2016. Podatki monitoringa atrazina, DEA in DIA v podzemnih in površinskih vodah v Sloveniji. Ljubljana, ARSO (izpis iz baze podatkov, julij 2016)
- Commission Decision 2004/248/EC. 2004. Concerning the non-inclusion of atrazine in Annex I to Council Directive 91/414/EEC and the withdrawal of authorisations for plant protection products containing this active substance. Official Journal of the European Union, L 78: 53-55
- Council Directive 80/778/EEC. 1980. Relating to the quality of water intended for human consumption. Official Journal of the European Communities, L 229: 11-29
- Direktiva 2008/105/ES evropskega parlamenta in sveta. 2008. O okoljskih standardih kakovosti na področju vodne politike, spremembi in poznejši razveljavitvi direktiv Sveta 82/176/EGS, 83/513/EGS, 84/156/EGS, 84/491/EGS, 86/280/EGS ter spremembi Direktive 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta. Uradni list Evropske unije, L 348: 84-97
- European Commission. 2009. Pesticide pollution slow to reach groundwater. Science for Environment Policy, 159
- Guzzella, L., Pozzoni, F., Giuliano, G. 2006. Herbicide contamination of surficial groundwater in Northern Italy. Environmental Pollution, 142: 344-353
- Lapworth, D.J., Gooddy, D.C. 2015. Source and persistence of pesticides in a semi-confined chalk aquifer of southeast England. Environmental Pollution, 144: 1031-1044
- Nödler, K., Licha, T., Voutsas, D. 2013. Twenty years later - Atrazine concentrations in selected coastal waters of the Mediterranean and the Baltic Sea. Marine Pollution Bulletin, 70: 112-118
- Rejec Brancelj, I., Smrekar, A., Kladnik, D. 2005. Podtalnica Ljubljanskega polja. Ljubljana, ZRC: 251 str.
- Suhadolc, M., Dubus, I. 2011. Nova orodja za ocenjevanje vplivov fitofarmaceutskih sredstev na okolje. V: Zbornik predavanj in referatov 10. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Podčetrtek, 1.-2. marec 2011: 151-156
- Suhadolc, M., Lobnik, F. 2007. Učinek dodanega komposta tlem na razgradnjo atrazina v kolonskem poskusu. Acta agriculturae Slovenica, 89, 1: 259-267
- PPDB: Pesticide properties database. University of Hertfordshire.
<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/si/atoz.htm> (9.7.2016)
- Tappe, W., Groeneweg J., Jantsch B. 2002. Diffuse atrazine pollution in German aquifers. Biodegradation, 13: 3-10
- Urek G., Knapič M., Urbančič Zemljič M., Škerlavaj V., Simončič A., Persolja J., Rak Cizej M., Radišek S., Lešnik M. 2012. Raba fitofarmaceutskih sredstev in preučitev možnosti za njihovo racionalnejšo uporabo v Sloveniji. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 163 str.
- Vonberg D., Vanderborght J., Cremer N., Pütz T., Herbst M., Vereecken H. 2014. 20 years of long-term atrazine monitoring in a shallow aquifer in western Germany. Water Research, 50: 294-306

Problematika nezgod s kmetijsko in gozdarsko tehniko

Marjan DOLENŠEK¹⁰⁵, Rajko BERNIK¹⁰⁶

Izvleček

Kmetijstvo in gozdarstvo spadata med delovne intenzivne panoge, pri katerih znanja o varnosti in zdravju pri delu ni nikoli dovolj. Gozdarstvo je v zadnjih letih po tveganju z delovnimi nezgodami v samem vrhu, pa tudi kmetijstvo je zelo visoko. Največ nezgod se zgodi s kmetijsko in gozdarsko tehniko. V Sloveniji je posebej kritično stanje pri nepoklicnih delavcih, saj se z delom v kmetijstvu in gozdarstvu ne ukvarjajo samo kmetje, pač pa praktično vsak, ki ima interes, čas in kmetijsko zemljišče ali gozd. Stanje ni problematično samo za posameznike, ki delajo v kmetijstvu in gozdarstvu, pač pa tudi za družbo kot celoto. Ker podatki o nezgodah nepoklicnih delavcev niso natančno vodeni, je otežena podrobnejša analiza vzrokov za nezgode.

Ključne besede: varnost in zdravje pri delu, kmetijska in gozdarska tehnika, stroški, zakonodaja

Problems of accidents with agricultural and forestry machinery

Abstract

Agriculture and forestry are among the labor-intensive industries where knowledge about health and safety at work is never enough. In recent years, the risk of accidents in the workplace is in forestry at the top, as well as farming is very high. Most accidents happen with agricultural and forestry techniques. In Slovenia, circumstances in non-professional workers sector are especially very critical, because working in agriculture and forestry are not only involved farmers, but also everyone who has an interest, time and agricultural land or forest. However, the situation is not problematic only for individual forest and agricultural workers, but on the national level. The fact that the exact data of accidents in the non-professional workers sector are not exactly known demands detailed analyses about the causes of accidents.

Key words: safety and health, agricultural and forest machinery, costs, legislation

1 UVOD

Kmetijstvo in gozdarstvo spadata med tiste delovno intenzivne panoge, pri katerih še vedno posvečamo premalo pozornosti varnosti pri delu. Zato je gozdarstvo glede tveganja pri delu prav na vrhu in kmetijstvo zelo visoko. Slovenski gozdovi niso le naše največje zeleno bogastvo, pač pa tudi pobiralci najbolj krvavega davka. Posebej kritične so razmere v zasebnem sektorju, saj se z gozdnim in kmetijskim delom ne ukvarjajo le kmetje, ampak vsi, ki imajo interes, čas in zemljo oziroma gozd (Dolenšek, 2013). Nezgode v zasebnem sektorju so zaradi nepopolnih evidenc predmet bolj ali manj dobrih ocen. Pri tem se lahko zanašamo na dokaj popolne podatke o smrtnih nezgodah iz policijskih poročil. Pri ostalih težjih in lažjih poškodbah pa lahko zgolj ugibamo o njihovem obsegu in si pri tem pomagamo s primerjavami iz tujine (Medved in Dolenšek, 2000). Zato smo se pri analizi nezgod morali omejiti na tiste s smrtnim izidom.

Na področje normativnega urejanja varnosti in zdravja pri delu v kmetijstvu in gozdarstvu v širšem smislu in vključno s sankcijami za neizvajanje, se nanašajo različni predpisi. Najpomembnejši so prometni predpisi in posebni predpisi o varnosti in zdravja pri delu. Toda

¹⁰⁵ Mag., Kmetijsko gozdarski zavod Ljubljana, Gospodinjska ulica 6, 1000 Ljubljana in Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, e-pošta: marjan.dolensek@gov.si

¹⁰⁶ Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: rajko.bernik@bf.uni-lj.si

predpisi so le osnova, sicer bi bilo stanje v zadnjih letih boljše od dejanskega (Dolenšek, 2013).

Okoli 63 odstotkov smrtnih nezgod v kmetijstvu se zgodi pri uporabi strojev (Bernik in Dolenšek, 2006), skupaj z gozdarstvom pa je ta delež še večji (Medved in Dolenšek, 2000). Na osnovi podatkov držav z doslednejšo statistiko avtorja ocenjujeta, da v kmetijstvu in gozdarstvu znaša število ostalih nezgod (padci v zgradbah, poškodbe pri reji živali, zastrupitve itn.) vsaj 20% nezgod s kmetijsko in gozdarsko tehniko. Na enaki osnovi ocenjujeta, da se na vsako smrtno nezgodo zgodi še med 100 in 500 poškodb.

Vsaka posamezna smrt, do katere pride zaradi nezgode ali drugega vzroka, ki ni povezana s pričakovanim koncem človeškega življenja, je tragedija za posameznika in njegovo bližnjo okolico, saj velja, da človeško življenje nima cene. Poleg tega z vsako smrtjo nastanejo tudi stroški za odpravljanje posledic. Podobno velja tudi za težje in do določene mere lažje poškodbe pri delu in okvare zdravja. Te stroške nosijo svojci umrlega ali poškodovanega in družba v celoti. Z realnim poznavanjem vzrokov za nezgode in stroškov za odpravljanje posledic nesreč, je mogoče načrtovati bolj učinkovite ukrepe za njihovo preprečevanje.

2 MATERIALI IN METODE

Za analizo smrtnih nezgod s kmetijsko in gozdarsko tehniko smo uporabili številčne podatke Ministrstva za notranje zadeve od leta 1981 do leta 2015, ki so praviloma dosegljivi od konca februarja tekočega leta za preteklo leto. Prav tako smo uporabili podatke analiz, narejenih na osnovi policijskih poročil pri ogledu nezgod s smrtnim izidom in popisovanja nezgod pri nepoklicnih delavcih v gozdarstvu. Do vključno leta 2004 so podatke iz policijskih poročil za kmetijstvo črpali in analizirali na Svetu za preventivo v cestnem prometu (Žlender, 2005), za gozdarstvo pa na Gozdarskem inštitutu Slovenije (Klun in Medved 2007). Med leti 2005 in 2012 je bila obdelava podatkov iz policijskih zapisnikov prekinjena. Od leta 2013 se ponovno nadaljuje tako za gozdarstvo kot kmetijstvo na Gozdarskem inštitutu Slovenije, vendar podrobno obdelani rezultati še niso na voljo. Popisovanje nezgod pri nepoklicnih delavcih v gozdarstvu od leta 1998 opravlja Zavod za gozdove Slovenije in sicer na osnovi medijskih objav in zbiranja informacij delavcev zavoda na terenu (Beguš 2015).

Podatke o novo registriranih traktorjih smo pridobili iz mesečnih objav o novo registriranih vozilih Ministrstva za infrastrukturo. Po zadnjih dostopnih podatkih podatkovnega portala SI-STAT (2016) so imela kmetijska gospodarstva v Sloveniji leta 2013 v lasti 106.696 dvoosnih traktorjev, po podatkih Ministrstva za infrastrukturo pa je bilo v oktobru 2016 registriranih 108.929 dvoosnih traktorjev. Ocenjujemo, da je v uporabi 10.000 do 20.000 traktorjev, ki niso zajeti v statistiki, saj okoli 20 % traktorjev v preteklosti ni bilo nikoli registrirano (Dolenšek in drugi 2010). Z veliko verjetnostjo lahko zaključimo, da so vsi kupljeni traktorji v zadnjih 15 letih tudi registrirani.

Podatke o vseh smrtnih delovnih nezgodah smo pridobili iz letnih poročil Inšpektorata RS za delo, podatke o umrlih v prometnih nezgodah na podatkovnem portalu SI-STAT, podatke o samomorih, ki so se končali s smrtjo pa iz podatkov Nacionalnega inštituta za javno zdravje.

Oceno družbenoekonomskih stroškov nezgod s kmetijsko in gozdarsko tehniko smo ocenili s pomočjo ocene družbenoekonomskih stroškov prometnih nezgod Direkcije RS za ceste iz leta 2014.

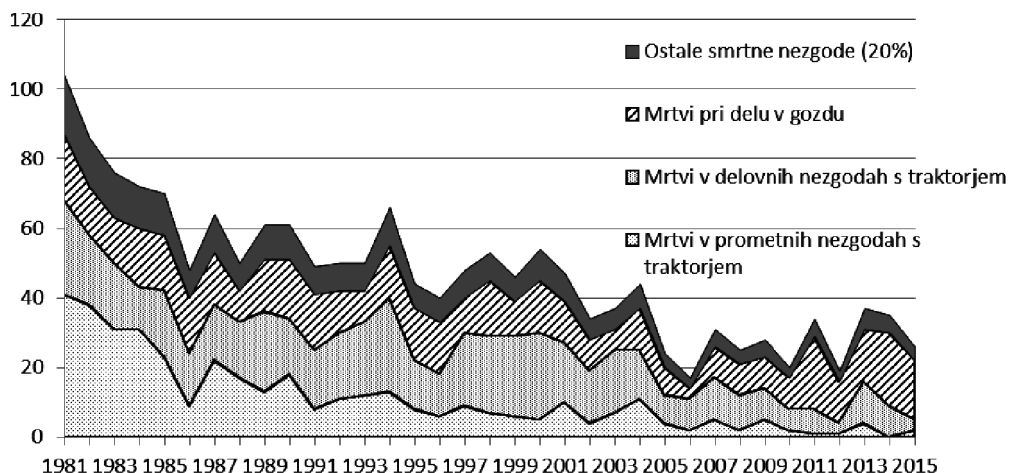
Podatke o sofinanciranju investicij v traktorje v programskem obdobju 2007 – 2013 Programa razvoja podeželja smo pridobili na Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

Vse pridobljene podatke smo grafično in tabelarično analizirali in pripravili sklepe.

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

3.1 Mrtvi pri nezgodah v kmetijstvu in gozdarstvu

Od leta 1981 do leta 2015 je v Sloveniji pri delu, povezanem s kmetijsko in gozdarsko tehniko, umrlo 1.380 oseb, oziroma 39,4 letno. Če k temu po metodi Medved Dolenšek prištejemo še 20% ostalih nezgod (padci v zgradbah, poškodbe pri reji živali, zastrupitve), je v tem obdobju v kmetijstvu in gozdarstvu umrlo 1.640 oseb, oziroma 46,9 letno.



Slika 1: Mrtvi pri nezgodah v kmetijstvu in gozdarstvu od leta 1981 do 2015

Na sliki 1 vidimo, da so v začetku obravnavanega obdobja prevladovala prometna nezgoda s traktorji, ki so se kontinuirano zmanjševale. Prelomni sta bili leto 1984, ko je bilo uvedeno obvezno opremljanje novih traktorjev z varnostnimi kabinami ali loki in leto 1986, ko je obveznost zajela tudi rabljene traktorje. Lastniki so ustrezno opremili traktorje, ki jih uporabljajo na javnih cestah in so registrirani, vendar so bili manj dosledni pri opremljanju traktorjev, ki niso registrirani oziroma jih uporabljajo izven javnih cest. Zato se je število smrtnih nezgod s traktorji izven javnih cest (delovne nezgode s traktorji) zmanjševalo počasneje in v predzadnjem desetletju celo povečalo. Pretežni del teh nezgod se je zgodil s traktorji, ki niso bili opremljeni s kabinami ali loki in so pri prevračanju pokopali voznika pod sabo. Na nedoslednost pri opremljanju traktorjev s kabinami oziroma loki kaže tudi primerjava z Nemčijo in Avstrijo, ki sta podobno kot Slovenija uvedli obvezno opremljanje vseh traktorjev (tudi rabljenih) s kabinami ali loki. V Nemčiji je 10 let po uvedbi obveznega opremljanja na milijon prebivalcev umrlo 0,7 voznika traktorja, v Avstriji 4,8 v Sloveniji pa kar 16,8. Za izboljšanje stanja je zakonodajalec z Zakonom o motornih vozil predpisal, da morajo biti od 1.7.2011 s kabinami oziroma loki opremljeni tudi tisti traktorji, ki se uporabljajo izven javnih cest in jih ni potrebno registrirati. S tem je bila dana možnost nadzora in izrekanja glob s strani policije in inšpekcijskih služb.

V obravnavanem obdobju je pri delu v gozdu v povprečju umrlo 13 ljudi na leto. Do leta 2001 je pri tem delu umrlo v povprečju 18 ljudi letno, v letih do 2010 pa razen v letu 2004, vedno manj kot 10. Od leta 2011 žal beležimo močno povečanje umrlih pri delu v gozdu – v povprečju 17 letno. V preglednici 1 podrobneje prikazujemo podatke za zadnjih deset let. Vidimo, da je v zadnjih petih letih postalo najbolj problematično delo v gozdu. To lahko

pripišemo zlasti povečanemu številu ljudi, ki delajo v manjših lastnih gozdovih in niso ustrezno usposobljeni, opremljeni in nimajo ustreznih izkušenj. Poleg tega se dela lotevajo tudi zaradi večjega interesa za pripravo drv ali prodaje lesa in slabega ekonomskega položaja, na drugi strani pa zaradi odpravljanja posledic naravnih ujm, predvsem žleda. Del vzrokov lahko pripišemo tudi normativni neurejenost pogojev nevarnega dela v gozdu, saj za veliko večino lastnikov gozdov ni predpisana nobena usposobljenost ali opremljenost z osebno varovalno opremo. Ta obveznost velja le za registrirane izvajalce del v gozdove in lastnike, ki so hkrati zavarovani kot kmetje, slednjih pa je le 9.000, Nasprotno, ocenjujemo, da vsaj občasno dela v gozdu med 50.000 in 60.000 lastnikov gozdov in njihovih družinskih članov.

Preglednica 1: Mrtvi pri nezgodah v kmetijstvu in gozdarstvu od leta 2006 do 2015

Leto	Prometne nezgode s traktorjem	Delovne nezgode s traktorjem	Delo v gozdu	Ostale smrtne nezgode (20%)	Skupaj
2006	2	9	3	3	17
2007	5	12	9	5	31
2008	2	10	9	4	25
2009	5	9	9	5	28
2010	2	6	9	3	20
2011	1	7	21	5	34
2012	1	3	12	3	19
2013	4	12	15	6	37
2014	0	9	21	5	35
2015	2	3	17	4	26
Skupaj	24	80	125	43	272
Poprečno/leto	2,4	8,0	12,5	4,3	27,2

3.2 Primerjava števila mrtvih v kmetijstvu in gozdarstvu z izbranimi drugimi področji

Da bi število mrtvih pri delu v kmetijstvu in gozdarstvu lahko uvrstili v širši družbeni okvir, smo izvedli primerjavo s številom mrtvih pri nezgodah vseh zaposlenih, nezgodah v prometu in s samomori. Za primerjavo smo izbrali leti 2011 in 2012 (preglednica 2).

Preglednica 2: Število mrtvih v izbranih vzročnih področjih

Leto	Nezgode kmet/gozd	Delovne nezgode (zaposleni)	Nezgode promet skupaj	Samomori
2011	34	20	129	437
2012	19	21	122	443

Od izbranih področij sta za družbo kot celoto že na prvi pogled najbolj problematična samomori in promet, a smrtnih žrtev v kmetijstvu in gozdarstvu je v povprečju več kot pri delovnih nezgodah med vsemi povprečno 776.000 zaposlenimi v obravnavanih dveh letih. To kaže na veliko problematičnost nezgod v kmetijstvu in gozdarstvu.

3.3 Družbenoekonomski stroški smrtnih nezgod v kmetijstvu in gozdarstvu

Pri nezgodah so v ospredju posledice za prizadetega udeleženca, sorodnike, prijatelje in jih praktično ne moremo ovrednotiti z denarjem. Vendar z vsako tovrstno smrtjo nastanejo veliki družbenoekonomski stroški. Ocenjevanje teh stroškov je najbolj razvito za prometne nezgode. Po študiji »Vrednotenje družbenoekonomskih stroškov prometnih nesreč na cestah« (Direkcija za ceste RS, 2014) so bili v letu 2012 stroški posledic enega mrtvega v prometu 1,6 mio €. Če enako vrednotimo posledice smrtnih nezgod v kmetijstvu in gozdarstvu, so le te v 35 letih obravnavanega obdobja znašale 2,6 mrd €, oziroma 2,2 mrd € pri smrtnih nezgodah s kmetijsko in gozdarsko tehniko. To skupaj znaša četrtno prihodkov letnega proračuna v letu 2016, ali povprečno 63,1 mio letno ali 0,73% prihodkov proračuna na leto. Če te stroške preračunamo v število novih traktorjev moči 74 kW (100 KM) s ceno 49.600 €, je to skupaj 44.516 traktorjev oziroma 1.272 povprečno letno. V zadnjem desetletju je v povezavi s kmetijsko in gozdarsko tehniko umrlo 229 oseb, kar je pomenilo 366 mio € ali 7.387 novih traktorjev moči 74 kW. To številčno znaša 44,7% vseh prodanih traktorjev v tem istem obdobju, ko je bilo v Sloveniji prodanih 16.538 novih traktorjev (sicer različnih moči). Povedano ilustrira resnično velikost družbenoekonomskih stroškov posledic smrti, povezanih s kmetijsko in gozdarsko tehniko.

3.4 Vpliv sofinanciranja investicij v kmetijsko in gozdarsko tehniko na izboljšanje stanja

Vsak nov traktor in stroj, ki nadomestita starega, pomenita večjo varnost in zdravje pri delu in tako vpliva na zmanjšanje števila nezgod in družbenoekonomskih stroškov. V Sloveniji je bila povprečna starost traktorjev leta 2010 20,6 let; 5% je bilo mlajših od 5 let in 18% mlajših od 12 let (Dolenšek, 2010). Žal stanje tudi danes ni bistveno boljše, zato so vlaganja javnih sredstev v sofinanciranje nakupa kmetijske in gozdarske tehnike upravičena. V javnosti je splošno razširjeno mnenje, da kmetije večino te tehnike kupijo s pomočjo sofinanciranja, kar ne drži. V programu razvoja podeželja v obdobju 2007 – 2013 je bilo iz javnih sredstev sofinancirano samo 13,8% kupljenih novih traktorjev. V ukrepih 122 (povečanje gospodarske vrednosti gozdov) in 121 (posodabljanje kmetijskih gospodarstev) je bilo namreč sofinanciran nakup 1.536 traktorjev, v istem obdobju pa je bilo kupljenih 11.500 novih traktorjev. Sklepamo lahko, da je podobno stanje tudi pri priključnih in delovnih strojih, vendar tega ne moremo potrditi s številkami, saj podatkov o prodaji teh strojev ni na voljo.

4 SKLEPI

Kmetijstvo in gozdarstvo sta delovno intenzivni panogi, kjer je varnosti in zdravja pri delu vedno premalo.

Posebej problematične so razmere pri nepoklicnih delavcih, saj se z gozdnim in kmetijskim delom ne ukvarjajo le kmetje, ampak vsi, ki imajo interes, čas in zemljo oziroma gozd.

Čeprav se je v preteklosti vložilo veliko energije, truda in prizadevanja za povečanje varnosti pri delu v kmetijstvu in gozdarstvu, vsako leto umre in se poškoduje še vedno zelo veliko ljudi oziroma nepoklicnih delavcev na kmetijah, med katerimi so tudi otroci, mlajši od 15 let.

Poleg osebne prizadetosti, nastale nezgode povzročajo velike družbenoekonomske stroške pri odpravljanju posledic.

Glavni vzroki za nezgode s kmetijsko in gozdarsko tehniko so:

- podcenjevanje nevarnosti in neodgovorno ravnanje (neprevidnost, lahkomiselnost, neustrezno psihofizično stanje, utrujenost,...)
- precenjevanje sposobnosti,
- stara tehnika (starost traktorjev in drugih strojev) in slaba tehnična opremljenost le teh (smrtne nezgode s traktorji - prevrnitve: cca 75% primerov brez loka ali kabine - kotaljenje, pokop voznika),
- slaba usposobljenost za delo, saj nove tehnologije prinašajo nove nevarnosti (npr. 2 smrtne žrtvi z balirkami in 1 s sekalnikom),
- zanemarjanje uporabe osebne varovalne opreme,
- ujme in drugi neobičajni pogoji dela, za katere delavci niso usposobljeni in
- normativna neurejenost pogojev za delo nepoklicnih delavcev v gozdu.

Nova in varnejša tehnika pripomore k zmanjšanju pojavljanja nezgod, zato je njeno sofinanciranje iz javnih sredstev upravičeno, a je le tega veliko manj kot je prevladujoče mnenje v javnosti.

5 LITERATURA

- Beguš, J. Analiza nezgod pri delu v gozdu med neprofesionalnimi delavci s poudarkom na analizi nezgod pri sanaciji žledoloma. *Ujma* 29: 165-205
- Bernik, R., Dolenšek, M. Analiza vpliva tehnične zakonodaje in trga na nesreče s traktorji v zadnjih 15 letih. *Acta agriculturae Slovenica* 87, 2: 365-380
- Direkcija RS za ceste. 2014. Vrednotenje družbenoekonomskih stroškov prometnih nesreč na cestah (posodobitev): 28 s.
- Dolenšek, M. Številnih kmetov prerani grob : varnost in zdravje pri delu - stanje, predpisi. *Kmečki glas*, 70, 7: 12
- Dolenšek, M. Varnost in zdravje pri delu v kmetijstvu in gozdarstvu. *Kmečki glas*, 70, 27: 7
- Dolenšek, M. Črna statistika: varnost in zdravje pri delu. *Kmetovalec*, 81, 3: 32
- Dolenšek, M., Jerončič, R., Bernik, R., Oljača, M. V. Udesi sa traktorima u Slovenije u periodu od poslednje tri decenije. *Poljoprivredna tehnika* 35, 1-4: 83-88
- Klun, J., Medved, M. Fatal accidents in forestry in some European countries. *Croatian journal of forest engineering*, 28, 1: 55-62
- Medved, M., Dolenšek, M. 2000. Nezgode v kmetijstvu in gozdarstvu - problem evidenc. Zbornik referatov IV. mednarodna konferenca Globalna varnost: 81-90
- Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano. 2015. Podatki o sofinanciranih investicijah v traktorje v Programu razvoja podeželja v obdobju 2007 – 2013
- Podatkovna zbirka poročil Inšpektorata RS za delo
http://www.id.gov.si/si/o_inspektoratu/javne_objave/letna_porocila/ (okt 2016)
- Podatkovni portal SI-STAT <http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/statfile2.asp> (okt 2016)
- Podatkovni portal Nacionalnega inštituta za javno zdravje <http://www.nijz.si/sl/podatki> (okt 2016)
- Podatkovni portal Ministrstva za infrastrukturo s področja prometa
http://www.mzi.gov.si/si/delovna_podrocja/kopenski_promet/evidence_motornih_vozil_in_vozniski_h_dovoljenj/statisticni_podatki_s_podrocja_prometa/leto_2016/ (okt 2016)
- Portal nacionalnega interoperabilnostnega okvira <http://nio.gov.si/nio/vstopna.nio> (okt 2016)
- Zakon o motornih vozilih (Uradni list RS, št. 106/10, 23/15 in 68/16)
- Zakon o varnosti in zdravju pri delu (Uradni list RS, št. 43/11)
- Žlender, B. 2015. Nesreče s traktorji. Svet RS za preventivo in vzgojo v cestnem prometu (interno gradivo)

Natančnost odlaganja semena pri mehanski sejalnici za strnjeno setev

Filip VUČAJNK¹⁰⁷, Rajko BERNIK¹⁰⁸, Bojan GOSPODARIČ¹⁰⁹, Gorazd FAJDIGA¹¹⁰, Blaž RINDERER¹¹¹, Janko HORVAT¹¹², Matej VIDRIH¹¹³

Izvleček

V raziskavi smo izvedli stacionarni preizkus mehanske sejalnice za strnjeno setev z ozimno pšenico na vodoravni podlagi, pri 10 % nagibu sejalnice naprej in nazaj ter pri 10 % nagibu sejalnice levo in desno. Na vodoravni podlagi je bila prečna porazdelitev mase semena po sejalnih ceveh enaka v primerjavi z ostalimi položaji sejalnice. Prečna masna porazdelitev semena po posameznih sejalnih ceveh je bila dobra pri vseh položajih sejalnice, saj je znašal koeficient variacije od 2,0 do 3,2 %. Ugotavljali smo tudi natančnost setve na polju pri dveh hitrostih setve (8,0 km/h in 11,0 km/h na traktometru) ter zdrs pogonskega kolesa sejalnice. Dejansko odstopanje količine semena na hektar je znašalo od 2,5 do 5 %. S povečanjem vozne hitrosti se ni poslabšala natančnost odlaganja semena in tudi ne odstopanje dejanske količine semena od nastavljene. Zdrs pogonskega kolesa sejalnice se ni povečal pri večji vozni hitrosti setve in je znašal 1,6 %.

Ključne besede: kmetijski stroji, sejalnice, strnjena setev, ozimna pšenica

The accuracy of seed deposition with the mechanical drill seeder

Abstract

A stationary test of the mechanical drill seeder used for the seeding of winter wheat was performed on a horizontal foundation, where the drill seeder was leaned forwards and backwards by 10 % and to the left and the right by 10 %. On such a foundation, the transverse distribution of the seed mass in the seeding tubes was even in all positions. The transverse mass distribution of winter wheat seeds was good in all experimental positions, since the coefficient of variation amounted from 2.0 to 3.2 %. The accuracy of seeding on the trial field at two different seeding speeds (8.0 km/h and 11.0 km/h on the tractometer) and the slip of the drill seeder's drive wheel were also determined. The deviation between the actual seed dose and the set seed dose was from 2.5 to 5 %. The seeding accuracy and the deviation of the actual seed dose from the set one did not increase with the seeding speed. Moreover, the slip of the drill seeder's drive wheel did not increase with a higher driving speed and it amounted 1.6%.

Key words: agricultural machinery, drill seeders, drilling, winter wheat

1 UVOD

Kakovost sejalnic za strnjeno setev je določena s prečno razporeditvijo mase semena glede na smer vožnje. Le ta je izražena s koeficientom variacije pri stacionarnem preizkusu (pregl. 1) (Hörner in Mumme, 2007). Koeficient variacije je merilo, ki pove, kolikšno je relativno odstopanje mase semena na posamezni sejalni cevi od povprečne vrednosti. Stacionarni

¹⁰⁷ Dr., univ. dipl. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: filip.vucajnk@bf.uni-lj.si

¹⁰⁸ Prof. dr., prav tam, e-pošta: rajko.bernik@bf.uni-lj.si

¹⁰⁹ Dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Cesta VIII/34, 1000 Ljubljana, e-pošta: bojan.gospodaric@bf.uni-lj.si

¹¹⁰ Prof. dr., prav tam, e-pošta: gorazd.fajdiga@bf.uni-lj.si

¹¹¹ Študent VSŠ agronomija in hortikultura, Skakovci 32 a, 9261 Cankova

¹¹² Kmet, Skakovci 34, 9261 Cankova

¹¹³ Dr., univ. dipl. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: matej.vidrih@bf.uni-lj.si

preizkusi sejalic za strnjeno setev se izvajajo pri različnih položajih sejavnice (na vodoravni podlagi oz. pri različnih nagibih).

Preglednica 1: *Prečna porazdelitev mase semena pri stacionarnem preizkusu sejavnice (Hörner in Mumme, 2007).*

Ocena prečne porazdelitve	Koeficient variacije za žita, grah in trave (%)	Koeficient variacije za oljno ogrščico (%)
zelo dobro	< 2,0	< 2,9
dobro	2,0 – 3,2	2,9 – 4,7
zadovoljivo	3,3 – 4,5	4,8 – 6,6
zadostno	4,6 – 6,3	6,7 – 9,4
nezadostno	> 6,3	> 9,4

Poleg prečne masne razporeditve semena je pomembna tudi natančnost setve na polju. Gre za vrednotenje dejanske (posejane) količine semena glede na nastavljeno količino (kg/ha) pred setvijo pri sami nastavitvi sejavnice (pregl. 2).

Preglednica 2: *Natančnost setve na polju (Hörner in Mumme, 2007).*

Odstopanje	Odstopanje dejanske količine semena od nastavljene (%)
zelo majhno	< 2,5
majhno	2,5 – 5
dopustno	> 5 – 10
veliko	> 10 – 15
zelo veliko	> 15

Različne študije so pokazale, da je pridelek nižji, če je setev neenakomerna (Bauer in sod., 2002; Parish in Bracy, 2003; Celik in sod., 2007). Velik problem predstavlja predvsem zdrs pogonskega kolesa sejavnice. Zato so mehanski pogonski sistem sejalic nadgradili z električnim pogonskim sistemom (Onal in Onal, 2009; Ruicheng in sod., 2013). Na sodobnih sejalicah je veliko elektronskih komponent, kot so različni senzorji, GPS vodenje, itd. Kamgar in sod. (2015) so na mehansko sejalnico za direktno setev namestili električni motor za pogon sejalne gredi s spreminjajočo vrtilno frekvenco, dva senzorja za merjenje obodne hitrosti pogonskega kolesa sejavnice in kontrolno enoto za zajem in analizo podatkov meritev. Pri tako opremljeni sejalnici so dobili boljšo natančnost setve v primerjavi s klasično mehansko sejalnico.

Pri stacionarnem preizkusu mehanske sejavnice smo želeli ugotoviti masno prečno porazdelitev semena po posameznih sejalnih ceveh pri vodoravnem položaju sejavnice, pri 10 % nagibu sejavnice levo in desno ter pri 10 % nagibu sejavnice naprej in nazaj. Pri dinamičnem preizkusu sejavnice na polju smo ugotavljali relativno odstopanje dejanske količine od nastavljene in zdrs pogonskega kolesa pri dveh hitrostih setve. Pri setvi ozimne pšenice je znašala teoretična hitrost setve 8 in 11 km/h.

2 MATERIAL IN METODE DELA

V poskusu smo uporabili mehansko sejalnico s posamičnim zajemanjem semena D9-30 Special, proizvajalca Amazone. Sejalnica je posejala že okoli 1.000 ha. Izmerili smo prečno porazdelitev mase semena po posameznih sejalnih ceveh. Sejalnico smo preizkušali na vodoravni podlagi, pri 10 % nagibu levo-desno ter pri 10 % nagibu naprej-nazaj. Nagib sejalnice levo in desno smo nastavili z viličarjem, tako da smo dvignili ustrezno zadnje kolo traktorja na želeni kot, pri čemer velja, da 10% nagib pomeni kot $5,7^\circ$. Digitalno vodno tehtnico smo postavili na ohišje nasipnice sejalnice in izmerili kot. Nagib sejalnice naprej in nazaj smo nastavili s hidravlično zgornjo upornico. Pri stacionarnem preizkusu z ozimno pšenico smo v nasipnico stresli 70 kg semena.

Pri meritvah prečne porazdelitve mase semena po sejalnih ceveh smo pod vsako sejarno cev postavili 10 kg vreče in zavrteli pogonsko kolo sejalnice za 38,5 vrtljaja, kar je pomenilo pri 3 m delovni širini sejalnice teoretično sejarno površino 250 m². Sejalnica je imela 25 sejalnih cevi z medvrstno razdaljo 12 cm. Z digitalno tehtnico smo stehtali maso semena po posameznih sejalnih ceveh. Tako smo na posamezni sejalni cevi dobili maso semena za 10 m². Pri vsakem položaju sejalnice smo opravili 3 ponovitve. Natančnost tehtanja je bila 0,1 g. Pri preizkusu smo uporabili zgodnjo sorto ozimne pšenice 'NS 40', ki spada v kakovostno razred B1 do B2. Absolutna masa semena je znašala 41,11 g. Nastavitve sejalnice pri stacionarnem preizkusu so navedene v preglednici 3. Iz mase izpadlega semena po posameznih sejalnih ceveh smo izračunali standardni odklon od povprečja in koeficient variacije pri vsakem položaju sejalnice s pomočjo enačb 1 in 2.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} (m_i - \bar{m})^2} \quad \dots(1)$$

σ - standardni odklon (g)

m_i - masa semena na posamezni sejalni cevi (g)

$\bar{m}$ - povprečna masa semena (g)

$$KV = \frac{\sigma}{\bar{m}} \times 100 \quad \dots(2)$$

KV – koeficient variacije

Preglednica 3: Nastavitev sejalnice pri stacionarnem preizkusu

Sorta	Količina semena (kg/ha)	Nastavitev brezstopenjskega gonila	Nastavitev dna	Mešalna gred vklopljena
'NS 40-S'	210	56	2	da

V drugem delu poskusa smo želeli z dinamičnim preizkusom pri setvi na polju ugotoviti odstopanje nastavljen količine semena (kg/ha) od dejanske količine semena (kg/ha), pri dveh različnih hitrostih setve 8,0 in 11,0 km/h (na traktometru). Poleg tega nas je zanimalo, kakšen je zdrs pogonskega kolesa sejalnice pri setvi.

Poskus smo izvedli 31. marca 2015 na polju pri Skakovcih. Najprej smo na elektronski tehtnici Kern natehtali 30000 g semena (30 kg), ga stresli v nasipnico in izvedli setev. Površina posamezne poskusne parcele je znašala 900 m² (150 m x 6 m). Poskusna parcela je

bila spomladi preorana z obračalnim plugom in obdelana s predsetvenikom v enem prehodu. Pred setvijo smo sejalnico nastavili in opravili setveni preizkus (pregl. 4). Za ta poizkus smo porabili sorto ozimne pšenice 'Alixan'. Na 150 m dolgi poti smo pri setvi merili tudi čas in kasneje izračunali še dejansko hitrost setve.

Preglednica 4: Nastavitev sejalnice pri dinamičnem preizkusu pred setvijo ozimne pšenice

PODATKI:	OZIMNA PŠENICA Sorta: 'Alixan'
Nastavitev gonila sejalnice	58
Nastavljena količina semena (kg/ha)	240
Količina semena pred setvijo v nasipnici (g)	30.000
Premier/obseg pogonskega kolesa (mm)	720/2320
Dolžina poti (m)	150
Površina posamezne poskusne parcele (m ²)	900

Teoretične hitrosti setve smo dosegli z nastavitvijo prestave in vrtilne frekvence motorja traktorja, predstavljene v preglednici 5. Ko smo posejali posamezno poskusno parcelo, smo izpraznili nasipnico in stehali preostanek semena v nasipnici. Iz tega smo izračunali maso semena, ki smo ga dejansko posejali na 900 m² in določili dejansko količino semena (kg/ha). Izračunali smo tudi relativni odklon dejanske količine semena od nastavljene pri obeh hitrostih setve. Naredili smo analizo variance in LSD test mnogoterih primerjav. Statistične analize smo naredili v programu Stagraphics Centurion XVI.

Preglednica 5: Tehnični podatki traktorja pri dinamičnem preizkusu sejalnice

Hitrost na traktometru	Prestava	Vrtilna frekvenca motorja (min ⁻¹)
8,0 km/h	3 C	1400
11,0 km/h	3 D	1500

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

Najprej smo izmerili prečno masno porazdelitev semena po sejalnih ceveh. Iz preglednice 6 se vidi, da je koeficient variacije znašal od 2,1 do 2,3 %. Eikel (2011) navaja, da gre za dobro prečno masno porazdelitev semena. Nasprotno sta Hörner in Mumme (2007) v svojih poskusih ugotovila še manjše koeficiente variacije (od 1,0 do 1,6 %) kot so bili v našem poskusu. Standardni odklon se je gibal v razponu od 4,5 g do 4,9 g (pregl. 6).

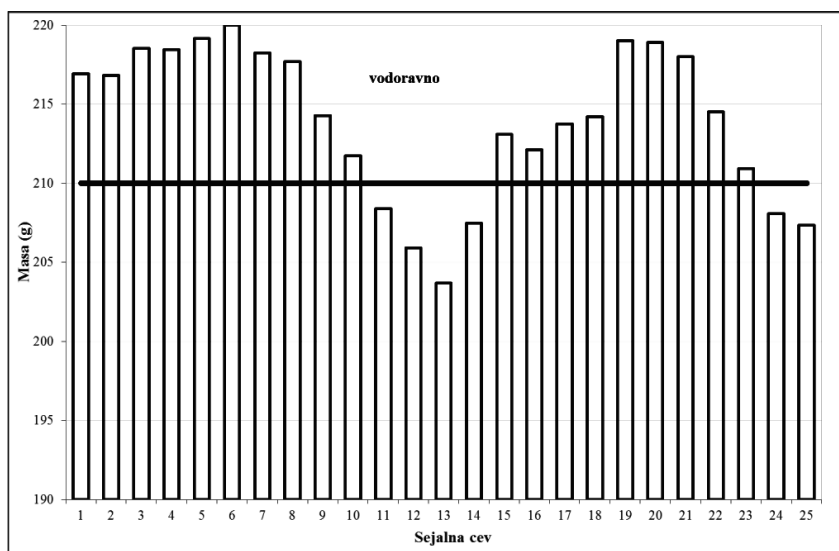
Koeficient variacije pove samo relativno odstopanje mase semena na posamezni sejalni cevi od povprečne mase semena iz vseh 25 sejalnih cevi. Ne pove pa, kolikšno je odstopanje mase semena na posamezni sejalni cevi od nastavljene količine semena in kolikšna je dejanska količina semena (kg/ha). Zaradi tega smo izračunali še odstopanje od nastavljene količine semena, ki je bila 210 kg/ha. Odstopanje je znašalo od 2,4 do 3 %, kar je še zmeraj dobra prečna masna porazdelitev po Eiklu (2011). Po drugi strani je zanimivo, da je bila dejanska količina semena pri vodoravnem položaju (213,9 kg/ha) in 10 % nagibu nazaj (213 kg/ha) večja od nastavljene (210 kg/ha). Verjetno je pri teh dveh položajih sejalnice polnjenje odgrebal za seme preveliko in gre nekoliko večja masa semena v odgrebala za seme. Le ta so že obrabljena, saj je bilo s to sejalnico posejanih že več kot 1.000 ha. Pri 10 % nagibu sejalnice levo-desno in 10 % nagibu naprej je bila dejanska količina semena (od 206,6 do 207,8 kg/ha) manjša od nastavljene količine (210 kg/ha). Predvidevamo, da je pri teh

položajih sejalnice polnjenje odgrebal s semenom slabše (pregl. 6, slike 1-3). Kljub vsemu ta odstopanja znašajo le do 2 % od nastavljene količine semena na hektar.

Preglednica 6: Koeficient variacije, standardni odklon, povprečna vrednost, dejanska količina semena na hektar in odstopanje od nastavljene količine pri različnih položajih sejalnice

Položaj sejalnice	Koef. variacije (%)	Standardni odklon (g)	Povprečna vrednost (g)	Dejanska količina semena (kg/ha)	Odstopanje od nastavljene količine semena (%)
Vodoravno	2,3	4,9	213,9	213,9	3,0
10 % nagib levo	2,3	4,8	207,6	207,6	2,5
10 % nagib desno	2,2	4,7	207,8	207,8	2,4
10 % nagib naprej	2,2	4,6	206,6	206,6	2,7
10 % nagib nazaj	2,1	4,5	213,0	213,0	2,6

Pri vseh položajih sejalnice je bila najmanjša masa semena izmerjena pri odgrebalih na sredini sejalnice, pri 12., 13. in 14. sejalni cevi. Do tega verjetno pride, ker so sredinska odgrebala za seme najbolj obrabljena (slike 1-3).



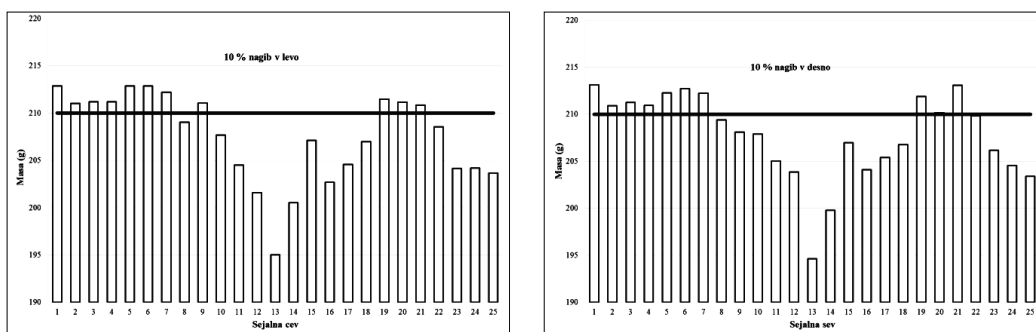
Slika 1: Prečna porazdelitev mase semena ozimne pšenice pri vodoravnem položaju

S poskusom nismo potrdili hipoteze, da bo na vodoravni podlagi pri stacionarnem preizkusu sejalnice manjši koeficient variacije kot pri 10 % nagibu sejalnice naprej-nazaj oziroma 10 % nagibu levo-desno.

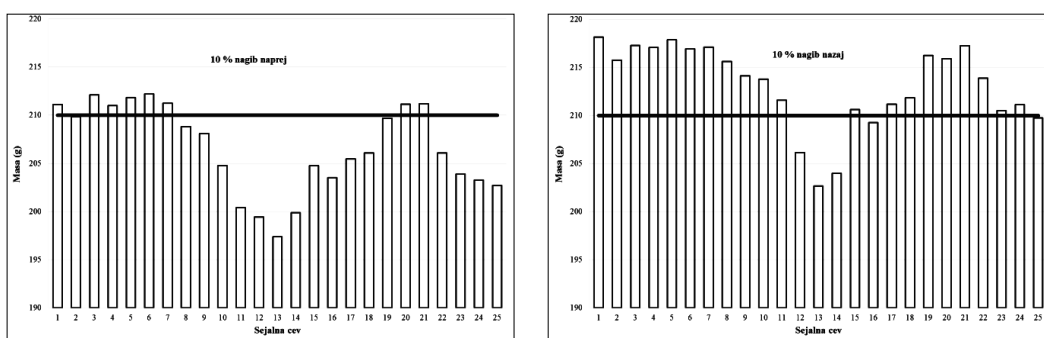
V drugem delu poskusa, pri setvi ozimne pšenice na polju smo ugotovili, da je dejanska hitrost vožnje 8,5 km/h oziroma 10,9 km/h in se loči od hitrosti na traktomeru.

Izmerjena dejanska količina semena je bila za 2,5 do 2,7 % manjša od nastavljene količine semena 240 kg/ha, kar pomeni zelo majhno do majhno odstopanje sejalnice. Nasprotno sta Hörner in Mumme (2007) v svojem poskusu ugotovila le 0,1 % manjšo količino semena od

nastavljene pri hitrosti setve 8 km/h, medtem ko je Schuchmann (2014) ugotovil 1,2 % manjšo količino semena na hektar.



Slika 2: Prečna porazdelitev mase semena ozimne pšenice pri 10 % nagibu sejavnice v levo in v desno



Slika 3: Prečna porazdelitev mase semena ozimne pšenice pri 10 % nagibu naprej in nazaj

Preglednica 7: Rezultati meritev pri dinamičnem preizkusu sejavnice (LSD test $\alpha = 0,05$).

Hitrost na traktometru (km/h)	Dejanska vozna hitrost (km/h)	Nastavljen a količina semena (kg/ha)	Dejanski količina semena (kg/ha)	Relativni odklon dejanske količine semena na ha od nastavljene (%)	Zdrs sejalnega kolesa (%)
8,0	$8,5 \pm 0,5$	240	$234,2 \pm 0,9$ a	$-2,5 \pm 0,4$ a*	$2,1 \pm 0,2$ a
11,0	$10,9 \pm 0,2$	240	$233,8 \pm 0,9$ a	$-2,7 \pm 0,4$ a	$1,6 \pm 0,5$ a

* Različne črke znotraj istega stolpca pomenijo statistično značilno razliko ($p < 0,05$). Podatki so predstavljeni kot povprečja s standardnimi napakami.

Ugotovili smo, da se zdrs pogonskega kolesa sejavnice pri dveh hitrostih setve ni značilno povečal pri večji hitrosti setve in je znašal 2,1 oziroma 1,6 %. Tako nismo potrdili hipoteze, da bo zdrs pogonskega kolesa sejavnice pri večji hitrosti setve manjši. Poleg tega tudi nismo potrdili hipoteze, da bo pri večji hitrosti setve, večje odstopanje dejanske količine semena na hektar od nastavljene (pregl. 7).

Ugotovili smo, da je tudi pri povečani hitrosti setve in setvi na nagibu, setev s sejalnico D9-30 Special, proizvajalca Amazone kakovostno opravljena. V prihodnosti bi bilo potrebno raziskati še rast in razvoj rastlin posejanih pri različnih hitrostih in vpliv hitrosti setve na pridelek ter kakovost pridelka.

4 SKLEPI

Na podlagi opravljenega poskusa smo prišli do naslednjih sklepov:

- Pri stacionarnem preizkusu je koeficient variacije pri različnih položajih sejalnice D9-30 Special, proizvajalca Amazone znašal od 2,1 do 2,3 %, kar pomeni dobro prečno porazdelitev mase semena po sejalnih ceveh,
- Na vodoravni podlagi pri stacionarnem preizkusu ni bil ugotovljen manjši koeficient variacije kot pri 10 % nagibu sejalnice naprej in nazaj oziroma 10 % nagibu sejalnice levo in desno, kar je v nasprotju s postavljeno hipotezo,
- Pri večji vozni hitrosti setve ni bilo ugotovljeno večje odstopanje dejanske količine semena na hektar od nastavljene kot pri manjši vozni hitrosti setve. V vseh poskusih je bila dejanska količina semena na hektar manjša od nastavljene količine, kar ne potrjuje postavljene hipoteze,
- Pri večji vozni hitrosti setve ni bil ugotovljen večji zdrs pogonskega kolesa sejalnice D9-30 Special, proizvajalca Amazone kot pri manjši hitrosti setve, kar je v nasprotju s hipotezo.

5 LITERATURA

- Bauer, P.J., Frederick, J. R., Busscher, W. J. 2002. Tillage effect on nutrient stratification in narrow- and wide-row cropping systems. *Soil and Tillage Research*, 66, 2: 175-182.
- Celik, A., Ozturk, I., Way, T. R. 2007. Effects of various planters on emergence and seed distribution uniformity of sunflower. *Applied Engineering in Agriculture*. 23, 1: 57-61.
- Eikel, G. 2011. Fast alles in grünen Bereich. *Profi Magazin für professionelle Agrartechnik*, 7: 20-25.
- Hörner, R., Mumme M. 2007. *Anbau-Drillmaschine D9-30 Super. Mengetreue und Querverteilung. DLG-Prüfbericht 5724F. DLG e.V. Testzentrum Technik & Betriebsmittel. Groß-Umstadt: 6 str.*
- Kamgar, S., Noei-Khodabadi, F., Shafaei, S.M. 2015. Design, development, and field assessment of a controlled seed metering unit to be used in grain drills for direct seeding of wheat. *Information processing in agriculture*, 2: 169-176.
- Onal, A., Onal, I. 2009. Development of a computerized measurement system for in-row seed spacing accuracy. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 33, 2: 99-109.
- Parish, R.L., Bracy, R.P. 2003. An attempt to improve uniformity of a Gaspardo precision seeder. *HortTechnology*. 13, 1: 100-103.
- Ruicheng, D., Bingcai, G., Ningning, L., Chenchen, W., Zidong, Y., Mingjian, M. 2013. Design and experiment on intelligent fuzzy monitoring system for corn planters. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 6, 3: 11-18.
- Schuchmann, G.H. 2014. Kuhn-Aufbaudrille Sitera 3000 20 DS. DLG TEST. DLG Mitteilungen 5/2014. 20-21 str.

Razporeditev rastlin v vrsti pri pnevmatski podtlačni sejalnici za koruzo

Filip VUČAJNK¹¹⁴, Rajko BERNIK¹¹⁵, Janko REDNAK¹¹⁶, Igor ŠANTAVEC¹¹⁷, Darja KOCJAN AČKO¹¹⁸, Jurij RAKUN¹¹⁹, Miran LAKOTA¹²⁰, Primož BERUS¹²¹, Vesna ZUPANC¹²², Matej VIDRIH¹²³

Izvleček

Ugotavljali smo vpliv hitrosti setve (7, 9 in 11 km/h) s podtlačno pnevmatsko sejalnico Amazone ED 302 na razdaljo med rastlinami v vrsti pri koruzi (*Zea mays* L.), pridelek zelene mase ter pridelek zrnja. Poskus smo izvedli na srednje težkih tleh (meljasta ilovica), na valovitem terenu, z 5 % nagibom v smeri vožnje v Dolenjem Globodolu. Poskus je bil zasnovan v obliki naključnih blokov s tremi ponovitvami. Zelena gostota setve je znašala 80.800 semen na hektar, in zelena razdalja v vrsti 16,5 cm. Pri hitrosti setve 7 km/h je bila povprečna razdalja med rastlinami v vrsti najbližje zeleni razdalji. Pri tej hitrosti setve je bil najnižji odstotek dvojnih in praznih mest med rastlinami v vrsti ter najvišji odstotek rastlin znotraj območja 0,5 do 1,5 x zelena razdalja (8,3 – 24,8 cm). Pri hitrosti setve 9 km/h je bil najvišji odstotek dvojnih (6,8 %) in praznih mest (16,0 %) ter najnižji odstotek rastlin znotraj zelenega območja (77,2 %). Kljub manj natančni setvi pri višjih hitrostih 9 km/h in 11 km/h ni bilo razlik v pridelku zelene mase, pridelku suhe snovi in pridelku zrnja s 14 % vlago.

Ključne besede: koruza, setev, hitrost, natančnost odlaganja, sejalnica, pridelek

Planting pattern of a pneumatic vacuum maize planter within a row

Abstract

The aim of the present thesis is to establish the effect of the planting speed (7, 9 or 11 km/h) of a pneumatic vacuum planter Amazone ED 302 on the distance between maize plants (*Zea mays* L.) in a planting row and, consequently, on the total biomass yield and the grain yield. The experiment was conducted on medium-textured soil (silt loam) in Dolenji Globodol. The soil was undulating and inclined in the driving direction by 5 %. The trial was designed as random blocks with three repetitions. The desired planting density was 80,800 seeds/ha, the expected distance between plants in a row was 16.5 cm. At the planting speed of 7 km/h, the average distance between plants was much alike the expected distance. At this planting speed, the percentage of doubled and empty spaces between plants in the row was the lowest, while the percentage of plants within the area of 0.5× - 1.5× expected distance (8.3-24.8 cm) was the highest. At the planting speed of 9 km/h, the percentage of doubled (6.8%) and empty spaces (16.0%) was the highest, while the percentage of plants within the desired area (77.2%) was the lowest. Despite lower planting accuracy at higher speeds, i.e. 9 and 11 km/h, there were no statistical differences in the total biomass yield, dry matter yield and the grain yield with 14 % moisture.

Key words: maize, planting distance, speed, accuracy, planters, yield

¹¹⁴ Dr., univ. dipl. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: filip.vucajnk@bf.uni-lj.si

¹¹⁵ Prof. dr., prav tam

¹¹⁶ Študent, Srednji Dolič 28 a, 2382 Mislinja

¹¹⁷ Dr., univ. dipl. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

¹¹⁸ Dr., univ. dipl. inž. agr., prav tam

¹¹⁹ Dr., univ. dipl. inž. rač. in inf., Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče

¹²⁰ Prof. dr., prav tam

¹²¹ Kmet, Srednji Globodol 6, 8216 Mirna Peč

¹²² Dr., univ. dipl. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

¹²³ Dr., prav tam

1 UVOD

Za setev koruze se uporabljajo sejalnice za presledno setev. Za uspešno setev koruze v vrsti je pomembno, da sejalnica semena odlaga v točno določenih razdaljah na želeno delovno globino. Enakomernost gostote setve je tudi pogoj za učinkovito spravilo pridelka (Bernik, 2005). Ocenjevanje natančnosti položaja rastlin temelji na računanju standardnega odklona povprečne razdalje med rastlinami v vrsti (pregl. 1), pri čemer ne upoštevamo dvojnih in praznih mest med rastlinami. Na polju mora biti še sprejemljiv odstotek rastlin, ki so preblizu (dvojna mesta) in odstotek rastlin, ki ležijo predaleč vsaksebi (prazna mesta) (Schrödl, 1993). Vučajnk in sod. (2008) so ugotovili slabšo razporeditev rastlin v vrsti pri povečani hitrosti setve 7 km/h in 10 km/h v primerjavi s hitrostjo setve 4 km/h.

Preglednica 1: Merilo za ocenjevanje natančnosti položaja rastlin (Schrödl, 1993).

Standardni odklon (mm)	Ocena
≤25	zelo dobro
>25-30	dobro
>30-35	zadovoljivo
>35-40	manj zadovoljivo
>40	nezadovoljivo

Razdalja med rastlinami ima lahko različen vpliv na pridelek. Nielsen (2001) poroča, da se je pridelek koruznega zrnja znižal za 62 kg/ha za vsak centimeter odstopanja od povprečne razdalje v vrsti pri standardnem odklonu večjem od 5 cm. Krall in sod. (1977) poročajo o zmanjšanju pridelka za 84 kg/ha pri povečanju standardnega odklona za 1 cm. Vanderlip in sod. (1988) so ugotovili povečanje pridelka pri povečani natančnosti setve. Po drugi strani Erbach in sod. (1972) niso ugotovili večjega pridelka pri enakomerno razporejenih rastlinah v vrsti v primerjavi z neenakomerno razporejenimi rastlinami v vrsti. Muldoon in Daynard (1981) prav tako poročata, da se pridelek ni zmanjšal tudi, če so bila med rastlinami prazna mesta v razdalji do 1 m v vrsti. Namen poskusa je bil ugotoviti razporeditev rastlin v vrsti pri različnih hitrostih setve koruze s sodobno podtlačno sejalnico Amazone ED 302 in ugotoviti vpliv hitrosti setve na pridelek zelene mase in na pridelek koruznega zrnja.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Poljski poskus je bil postavljen na polju kmetije Berus v Dolnjem Globodolu pri Mirni Peči. Poskusna zasnova so bili naključni bloki s tremi ponovitvami. Uporabili smo tri vozne hitrosti setve 7 km/h, 9 km/h in 11 km/h. Poskusno parcelo so predstavljale 4 vrste koruze, od teh smo vse meritve izvajali v drugi in tretji vrsti. Znotraj posamezne poskusne parcele so bile 4 ponovitve. Dolžina poskusne parcele je bila 200 m in širina 3 m. Dolžina posamezne ponovitve je merila 50 m. Setev smo izvedli s 4-vrstno podtlačno sejalnico ED 302, proizvajalca Amazone. Pred setvijo smo sejalnico nastavili na želeno razdaljo v vrsti, in sicer na 16,5 cm. Medvrstna razdalja je znašala 75 cm. Želena gostota setve je bila 80.800 semen na hektar. Uporabili smo hibrid P9721, ki spada v zrelostni razred FAO 390 in je trda zobanka. Vse nastavitve smo naredili v skladu z navodili za uporabo. Setev smo izvedli s traktorjem Fendt 516 Vario z imensko močjo 121 kW. Želena hitrost setve smo nastavili na nadzorni plošči traktorja in ob setvi vklopili tempomat. Tako smo dobili želene teoretične hitrosti setve

7 km/h, 9 km/h in 11 km/h. Vrtilna frekvenca priključne gredi traktorja je pri setvi znašala 710 min⁻¹, vrtilna frekvenca motorja pa 1340 min⁻¹ pri vseh hitrostih setve.

Približno mesec in pol po setvi smo z metrom izmerili razdalje med rastlinami znotraj vrste na dolžini 13,33 m, saj je ta pri medvrstni razdalji 0,75 m predstavljala površino 10 m². Za vsako obravnavanje smo znotraj bloka naredili 4 ponovitve. Na podlagi tega smo izračunali povprečno razdaljo med rastlinami v vrsti. Kasneje smo izračunali še standardni odklon. Pri tem izračunu smo upoštevali samo razdalje med rastlinami v območju 0,5-1,5 x zelena razdalja (8,3 do 24,8 cm). Iz meritev razdalj med rastlinami smo za dvojna mesta upoštevali vse razdalje v vrsti, ki so manjše od 8,3 cm, za prazna mesta pa vse razdalje med rastlinami v vrsti, ki so večje od 24,8 cm. Iz teh podatkov smo izračunali odstotek dvojnih mest, odstotek praznih mest in odstotek zelenih mest. Na podlagi števila rastlin na dolžini 13,33 m (površina 10 m²) smo izračunali gostoto rastlin na hektar. Poleg meritev razdalj med rastlinami v vrsti z metrom smo v začetku septembra izvedli še meritve z manjšim poljskim robotom. Posamezne meritve smo opravili tako, da smo robota postavili na začetek opazovanega segmenta in ga peljali skozi medvrstni prostor koruze. Za zajem podatkov smo uporabili LIDAR tipalo, ki izmeri razdalje med tipalom in oviro (od 0,05 m do 4 m), v 270° območju, s kotno ločljivostjo 1° in hitrostjo 15 Hz. Rezultate meritev je potrebno še obdelati in niso predstavljeni v tem članku.

Po setvi smo merili tudi velikost talnih agregatov v medvrstnem prostoru koruze, ker smo natančno vedeli, kjer so posamezna obravnavanja na polju. Najprej smo vzeli vzorec tal s posebno lopato in ga stresli na sejnalno napravo, ki je sestavljena iz osmih okvirjev. Vsak okvir ima na dnu pritrjeno sito. Sita imajo različne premere okenc, in sicer 50, 30, 10, 5, 3, 1 in 0,5 mm. Okvirji so pritrjeni na nihalno tako, da omogočajo nihanje celotne naprave. Po sejanju smo s tehtanjem določili maso posamezne frakcije. Iz podatkov o masah posameznih frakcij talnih agregatov in velikostih talnih agregatov smo izračunali povprečni masni premer talnih agregatov (pregl. 2). Poleg tega smo s Kopeckijevimi cilindri po setvi vzeli vzorce tal 10 cm levo od sejnalne vrste in do globine 10 cm za analizo fizikalnih lastnosti tal. Volumska gostota tal je pri vseh treh hitrostih setve znašala manj kot 1,40 g/cm³. Mrhar (1995) navaja, da imajo malo zbita tla gostoto manj kot 1,40 g/cm³. Poroznost tal v našem poskusu je znašala med 47 % in 49 %, kar je običajno za njivska tla po navedbah Sommerja in Zacha (1986). Volumski odstotek vode je po setvi znašal od 42 do 45 %. Pred setvijo morajo biti tla dobro pripravljena, kar kaže tudi povprečni masni premer talnih agregatov, ki ni bil večji od 16 mm. Tako velikost talnih agregatov ni ovirala setve in kasnejšega vznika rastlin (pregl. 2).

Preglednica 2: Osnovne fizikalne lastnosti tal in povprečni masni premer talnih agregatov

Hitrost (km/h)	Volumska gostota tal (g/cm ³)	Poroznost tal (%)	Volumski odstotek vode (%)	Povprečni masni premer talnih agregatov (mm)
7	1,37 ± 0,07 a*	48,3 ± 2,6 a	44,7 ± 2,3 a	14,3 ± 0,7 a
9	1,38 ± 0,06 a	47,8 ± 2,2 a	41,7 ± 0,3 a	16,0 ± 0,8 a
11	1,36 ± 0,01 a	48,6 ± 0,6 a	45,2 ± 2,7 a	15,8 ± 1,1 a

* Različne črke znotraj istega stolpca pomenijo statistično značilno razliko (p < 0,05 pri Duncan testu)

Na površini 180 m², kar je pomenilo dolžino 60 m in širino 3 m, smo s silažnim kombajnom Claas Jaguar 840 sesekali rastline v fazi voščene zrelosti in sesekano zeleno maso stresli v enoosno prikolico Tehnostroj. Z elektronsko tehtnico za tehtanje prikolic Schrran Engineering smo stehali zeleno maso sesekljanih rastlin. Nato smo iz vsake poskusne parcele vzeli vzorce

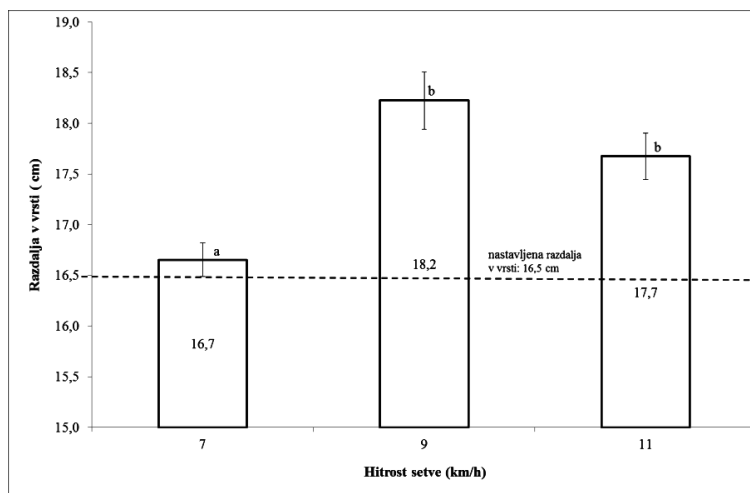
za določanje suhe snovi. Vzorce smo takoj stehali in jih dali v sušilnik na temperaturo 60 °C in posušili do konstantne mase. Po sušenju smo vzorce spet stehali. Iz dobljenih podatkov smo izračunali pridelek zelene mase in pridelek suhe snovi na hektar.

Na površini 354 m² (118 m dolžine in 3 m širine) smo s kombajnom Claas Dominator poželi tudi koruzo za zrnje. Zrnje smo stresli na enosno prikolico Tehnostroj in ga z elektronsko tehtnico za prikolice stehali. Postopek smo ponovili za vse poskusne parcele. Pri vsakem vzorcu smo izmerili vlažnost zrnja z merilnikom vlažnosti Pfeuffer in kasneje izračunali pridelek zrnja na hektar pri 14 % vlagi.

Osnovno obdelavo podatkov smo naredili v programu Excel. Izračunali smo povprečja in standardne napake. Nadaljnjo statistično analizo smo opravili v programu Statgraphics Centurion XVI. Za ugotavljanje razlik med obravnavanji smo uporabili 95 % Duncanov test mnogoterih primerjav. Različne črke pomenijo statistično značilno razliko med obravnavanji.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Pri hitrosti setve 7 km/h je bila dejanska povprečna razdalja med rastlinami v vrsti 16,7 cm najbližje nastavljeni razdalji 16,5 cm. Proti pričakovanjem je bila povprečna razdalja med rastlinami pri hitrosti setve 11 km/h manjša (17,7 cm) kot pri hitrosti setve 9 km/h (18,2 cm) (slika 1). Najmanjši standardni odklon je bil pri hitrosti setve 7 km/h (3,2 cm), največji pri hitrosti 9 km/h (3,9 cm). Če primerjamo naše rezultate z merili za ocenjevanje natančnosti položaja rastlin, ki jih navaja Schrödl (1993), vidimo da je pri hitrosti 7 km/h natančnost setve zadovoljiva, medtem ko je pri hitrostih setve 9 km/h in 11 km/h manj zadovoljiva, saj standardni odklon presega 35 mm (pregl. 3). Pri hitrosti setve 7 km/h je bilo 11,7 % rastlin z razdaljo 17 cm med rastlinami, pri hitrosti setve 11 km/h je bilo takih rastlin 9,4 % in pri hitrosti setve 9 km/h le 7,2 % (slika 2).



Slika 1: Povprečna razdalja med rastlinami v vrsti pri treh hitrostih setve. Različne črke pomenijo statistično značilno razliko ($p < 0,05$). Ročaji predstavljajo standardno napako.

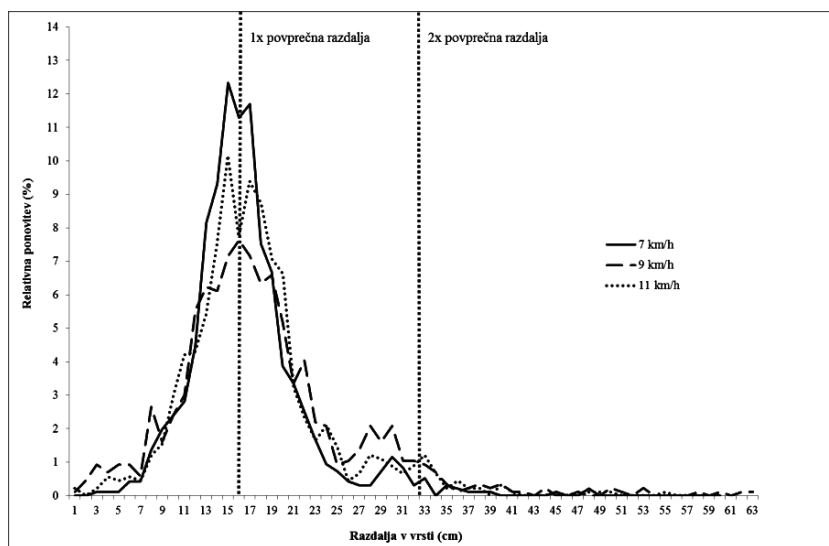
Rezultati našega poskusa kažejo, da je odstotek dvojnih mest pri hitrosti setve 7 km/h po navedbah Schrödlja (1993) nizek (2,4 %), medtem ko je pri hitrosti setve 9 km/h visok (6,8 %). Zanimivo je, da je odstotek dvojnih mest pri hitrosti setve 11 km/h 3,7 % še sprejemljiv in

nižji kot pri hitrosti setve 9 km/h. Elmore (2002) je ugotavljal vpliv hitrosti setve (6,4 km/h, 8,8 km/h in 11,0 km/h) na natančnost položaja koruznih rastlin. V njegovem poskusu se je odstotek dvojnih mest povečal pri povečani hitrosti setve, in sicer od 4,9 % pri hitrosti 6,4 km/h do 7,0 % pri hitrosti setve 11 km/h. Njegovi rezultati se nekoliko razlikujejo od naših, saj je bil v našem poskusu v povprečju nižji odstotek dvojnih mest in zaradi tega natančnost setve nekoliko boljša (pregl. 3).

Preglednica 3: Standardni odklon, odstotek dvojnih mest, odstotek praznih mest, odstotek zelenih mest ter gostota rastlin na ha pri treh hitrostih setve

Hitrost setve (km/h)	Standardni odklon (cm)	Dvojna mesta (%)	Prazna mesta (%)	Želena mesta (%)	Gostota rastlin (rastlin/ha)
7	3,2 ± 0,1 a*	2,4 ± 0,5 a	6,3 ± 1,0 a	91,3 ± 1,2 c	79833 ± 1050 c
9	3,9 ± 0,1 c	6,8 ± 1,2 c	16,0 ± 1,0 c	77,2 ± 1,2 a	72417 ± 1090 a
11	3,6 ± 0,1 b	3,7 ± 0,6 b	11,2 ± 0,8 b	85,1 ± 1,0 c	75667 ± 1018 b

*Različne črke znotraj istega stolpca pomenijo statistično značilno razliko ($p < 0,05$ pri Duncan testu)



Slika 2: Frekvenčni poligon za razdaljo med rastlinami v vrsti pri treh hitrostih setve

Analizirali smo tudi odstotek praznih mest med rastlinami v vrsti. Opazili smo, da je bil v povprečju večji odstotek praznih mest kot pa dvojnih mest pri vseh hitrostih setve. Najnižji odstotek praznih mest je bil pri hitrosti setve 7 km/h (6,3 %), najvišji pa pri hitrosti setve 9 km/h, in sicer kar 16,0 % (pregl. 3). Glede na navedbe Schröderja (1993) je bil pri vseh hitrostih setve visok odstotek praznih mest. Predvidevamo, da so bile pri setvi posamezne odprtine na sejalnih ploščah prazne, brez prisenanih semen in je bilo posledično več praznih mest med rastlinami. Drugi možen razlog je, da se pri večji hitrosti setve seme odkotali naprej po sejalni vrsti in kot posledica je kasneje po vzniku večja razdalja med rastlinami v vrsti. Podobno navaja tudi Elmore (2002). V njegovem poskusu je bil nekoliko nižji odstotek praznih mest pri hitrosti setve 8,8 km/h (10,5 %) in pri hitrosti setve 11 km/h (12,6 %). Pri

kakovostni setvi naj bi ležalo več kot 95 % rastlin v območju 0,5 x do 1,5 x zelena razdalja v vrsti (Schrödl, 1993). Pri hitrosti setve 7 km/h je bilo 91,3 % rastlin znotraj zelenega območja (med 8,3 cm in 24,8 cm). Najnižji odstotek rastlin znotraj zelenega območja je bil pri hitrosti setve 9 km/h, in sicer 77,2 %. Tako nizki odstotek se je pojavil zaradi najvišjega odstotka praznih mest in dvojnih mest. Rezultati se delno ujemajo z rezultati Elmorja (2002), ki je ugotovil znižanje odstotka zelenih mest pri povečani hitrosti setve. Tudi Vučajnk in sod. (2008) so ugotovili znižanje odstotka zelenih mest od 99,2 % pri hitrosti setve 4 km/h do 81,8 % pri hitrosti setve 7 km/h in 75,4% pri hitrosti setve 10 km/h. Izračunali smo tudi gostoto rastlin na hektar, da smo videli, kako vpliva kakovost setve na gostoto rastlin na hektar. Najvišja gostota rastlin je bila pri hitrosti setve 7 km/h (79.833 rastlin na hektar), medtem ko je znašala pri hitrosti setve 9 km/h le 72.417 rastlin na hektar. Do tega je prišlo zaradi prevelikega odstotka dvojnih in praznih mest pri povečani vozni hitrosti. Gostota rastlin nas je zanimala zaradi vpliva na pridelek zelene mase in na pridelek zrnja (pregl. 3).

Zaradi različnih hitrosti setve ni bilo značilnih razlik v pridelku zelene mase, pridelku suhe snovi in pridelku zrnja (pregl. 4). Ti rezultati kažejo, da s povečano hitrostjo setve, večjo od priporočene hitrosti, dosežemo nekoliko slabšo razporeditev rastlin, vendar kljub temu ni razlik v pridelkih med posameznimi obravnavanji. Tudi če je pri večji hitrosti setve (9 km/h) več kot 7.000 rastlin na hektar manj kot pri hitrosti setve 7 km/h, to ne vpliva na zmanjšanje pridelka. Naši rezultati se ujemajo z rezultati Erbacha in sod. (1972), Muldoona in Daynarda (1981), Edmeadesa in Daynarda (1979), Lauerja (2001) ter Liu-a in sod. (2004), ki niso ugotovili povečanja pridelka pri bolj natančni setvi pri nižjih hitrostih setve.

Preglednica 4: Pridelek zelene mase, pridelek suhe snovi namenjene siliranju in pridelek zrnja pri treh hitrostih setve

Hitrost setve (km/h)	Pridelek zelene mase (t/ha)	Pridelek suhe snovi (t/ha)	Pridelek zrnja pri 14 % vlažnosti (t/ha)
7	38,9 ± 0,6 a*	17,6 ± 0,5 a	10,3 ± 0,2 a
9	37,5 ± 1,7 a	17,1 ± 0,9 a	10,5 ± 0,1 a
11	38,0 ± 2,8 a	16,5 ± 1,3 a	10,1 ± 0,2 a

*Različne črke znotraj istega stolpca pomenijo statistično značilno razliko ($p < 0,05$ pri Duncan testu).

4 SKLEPI

Na podlagi našega poizkusa lahko trdimo naslednje:

- Pri hitrosti setve 7 km/h je bila povprečna razdalja med rastlinami v vrsti najbližje želeni razdalji (16,5 cm). Poleg tega je bil pri tej hitrosti setve najmanjši standardni odklon od zelene razdalje.
- Pri hitrosti setve 9 km/h je povprečna razdalja med rastlinami v vrsti največ odstopala od zelene razdalje.
- Najnižji odstotek praznih in dvojnih mest med rastlinami v vrsti je bil pri hitrosti setve 7 km/h, najvišji pa pri hitrosti setve 9 km/h.
- Pri hitrosti setve 7 km/h je bil najvišji odstotek zelenih mest in največja gostota rastlin na hektar, pri hitrosti setve 9 km/h pa najnižji odstotek zelenih mest ter najmanjša gostota rastlin na hektar.

- Kljub boljši razporeditvi rastlin v vrsti in bolj natančni setvi pri hitrosti 7 km/h nismo ugotovili povečanja pridelka zelene mase, pridelka suhe snovi in pridelka zrnja v primerjavi s hitrostma setve 9 in 11 km/h.

5 LITERATURA

- Bernik, R. 2005. Tehnika v kmetijstvu: obdelava tal, setev, gnojenje. Predavanja za študente agronomije in zootehnike. Biotehniška fakulteta, Oddelek za Agronomijo: 138 str.
- Edmeades, G.O., Daynard, T.B. 1979. The development of plant to-plant variability in maize at different planting densities. *Can. J Plant Sci.*, 59: 561–576.
- Elmore, R. 2002. How does planter speed affect plant spacing? *Crop Watch*: 92–95.
- Erbach, D.C., Wilkins, D.E., Lovely, W.G. 1972. Relationships between furrow opener, corn plant spacing, and yield. *Agron. J.*, 64: 702–704.
- Krall, J.M., Esehie, H.A., Raney, R.J., Clark, S., TenEyck, G., Lundquist, M., Humburg, N.E., Axthelm, L.S., Dayton, A.D., Vanderlip, R.L. 1977. Influence of within-row variability in plant spacing on corn grain yield. *Agron. J.*, 69: 797–799.
- Lauer, J.G. 2001. Theoretical and experimental evaluation of within-row plant spacing in corn. *In Annual Meetings Abstracts [CD-ROM]*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Liu, W., Tollenaar, M., Stewart, G., Deen, W. 2004. Within-row plant spacing variability does not affect corn yield. *Agron. J.*, 96: 275–280.
- Mrhar, M. 1995. Racionalna obdelava tal. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 109 str.
- Muldoon, J.F., Daynard, T.B. 1981. Effects of within-row plant uniformity on grain yield of maize. *Can. J. Plant Sci.*, 61: 887–894.
- Nielsen, R.L. 2001. Stand establishment variability in corn [Online]. Available at: http://www.agry.purdue.edu/ext/pubs/AGRY-91-01_v5.pdf [modified Nov. 2001; verified 1 Dec. 2003]. Publ. AGRY-91–1. Dep. of Agronomy, Purdue Univ., West Lafayette, IN.
- Schrödl, J. 1993. Was ist beim Kauf und beim Einsatz einer Einzelkornsämaschine zu beachten? V: Einzelkorn-sämaschinen. DLG Prüfberichte: 3–20.
- Sommer, C., Zach, M. 1986. Bodenverdichtungen und deren Auswirkungen auf die Pflanzenentwicklung und den Ertrag. V: Bodenverdichtungen beim Schlepper- und Maschineneinsatz und Möglichkeiten zu ihrer Verminderung. KTBL-Schrift 308: 73–88.
- Vanderlip, R.L., Okonkwo, J.C., Schaffer, J.A. 1988. Corn response to precision of within-row plant spacing. *Appl. Agric. Res.*, 3: 116–119.
- Vučajnk, F., Berus, P., Zver, A., Bernik, R. 2008. Vpliv hitrosti setve na natančnost odlaganja semena pri podtlačni sejalnici za koruzo. *Novi izzivi v poljedelstvu 2008: zbornik simpozija*. Rogaška Slatina. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo: 61–67.

Opremljenost slovenskih kmetij z napravami za nanašanje FFS

Tomaž POJE¹²⁴

Izvleček

Po 'Popisu kmetijstva 2010' imamo v Sloveniji 37.204 naprav za nanašanje FFS. Od tega je 20.999 traktorskih škropilnic, 10.738 nahrbtnnih motornih škropilnic in pršilnikov ter 5.467 traktorskih pršilnikov. Največ naprav se nahaja na kmetijskih gospodarstvih, ki posedujejo od 5 do 20 ha zemlje. Iz podatkovne baze Uprave RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin je ugotovljeno, da je bilo v letu 2016 pregledanih 7.809 naprav. Od tega je bilo 5.533 škropilnic in 2.269 pršilnikov. Škropilnice so starejše kot pa pršilniki. Največ škropilnic je bilo izdelanih v obdobju med 1986 in 1990. V Sloveniji prevladujejo naprave domačih proizvajalcev, izstopa zlasti Agromehanika s 67 % deležem med škropilnicami in pršilniki.

Ključne besede: škropilnice, pršilniki, število, starost, proizvajalec, Slovenija

PPP application equipment on Slovenian farms

Abstract

According to 'Agricultural Census 2010' we have 37,204 pieces of PPP application equipment in Slovenia. There are 20,999 tractor sprayers, 10,738 knapsack motor sprayers and blowers and 5,467 tractor blowers. Most of this equipment is located on farms, which have 5 to 20 ha of land in use. As stated in the database of the Administration for Food Safety, Veterinary and Plant Protection 7,809 pieces of equipment were inspected in 2016. 5,533 of them were sprayers and 2,269 were blowers. Sprayers are older than blowers. Most sprayers were produced between the years 1986 and 1990. Most of the equipment in Slovenia is made by local manufacturers, Agromehanika in particular stands out with 67% share of the sprayers and blowers.

Keywords: sprayers, blowers, number, age, manufacturer, Slovenia

1 UVOD

Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije se je prodaja pesticidov (fitofarmaceutskih sredstev) od leta 2008 vztrajno zmanjševala. V letu 2014 pa se je glede na leto 2013 povečala za 10,1 %. Tudi v letu 2015 se je prodaja pesticidov povečala za 3,7 % glede na leto 2014. Tako je bilo v letu 2015 prodanih 1.047 ton pesticidov oziroma njihovih aktivnih snovi. Največ je bilo prodanih fungicidov, 759 ton ali 72,5 %. Sledijo herbicidi z 224 tonami (21,4 %), insekticidi z 38 tonami (3,6 %) in drugih pesticidi s 25 tonami oziroma 2,4 % (Maver, 2016).

Aplikacija FFS se izvaja z napravami za nanašanje fitofarmaceutskih sredstev. Te naprave pa morajo ustrezati številnim zakonskim zahtevam. Zakonske zahteve veljajo za nove naprave, ki se dajejo v promet, in rabljene naprave.

V Sloveniji smo imeli do novembra 2012 v veljavi 'Pravilnik o pridobitvi certifikata o skladnosti za naprave za nanašanje fitofarmaceutskih sredstev'. Ta pravilnik je določal tehnične zahteve, ki so jih morale izpolnjevati naprave za nanašanje fitofarmaceutskih sredstev, da so pridobile certifikat, ki je omogočal dajanje v promet (prodajo) v Sloveniji (Pravilnik o pridobitvi..., 2001). Sedaj je v Evropi za stroje za nanašanje pesticidov v veljavi direktiva 2009/127/ES, ki dopolnjuje osnovno direktivo 2006/42/ES o strojih. Direktiva 2009/127/ES določa bistvene zahteve varstva okolja, ki jih morajo upoštevati proizvajalci ob

¹²⁴ Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: tomaz.poje@kis.si

zasnovi in izdelavi novih strojev za nanašanje pesticidov (Direktiva 2009/127/ES..., 2009). Te zahteve morajo biti tudi v skladu z zahtevami za vzdrževanje in pregledovanje strojev za nanašanje pesticidov v okviru Direktive 2009/128/ES »trajnostna raba pesticidov«. Slovenija je leta 2010 te zahteve prenesla v 'Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o varnosti strojev', kjer v prilogi 1 določa bistvene zdravstvene in varnostne zahteve, povezane z načrtovanjem in izdelavo strojev – tudi strojev za nanašanje pesticidov (Pravilnik o spremembah in dopolnitvah..., 2010). Če na kratko povzamemo: od leta 2012 naprej proizvajalec škroplilnice z CE oznako in izjavo o skladnosti zagotavlja, da njegov proizvod ustreza zahtevam slovenske (in evropske) zakonodaje. Nekateri ponudniki teh strojev pa sedaj tudi pravijo, da se v Sloveniji na področju naprav za nanašanje FFS prodaja marsikaj in da so vmes tudi naprave, ki ne ustrezajo zakonskim zahtevam. Tu je tudi vprašanje nadzora, saj vsaj v medije niso prišla poročila o tovrstnih aktivnostih.

Leta 2012 se je v skladu z 'Zakonom o fitofarmacevtskih sredstvih', s katerim se izvajajo določbe 'Direktive 2009/128/ES' o trajnostni uporabi pesticidov (člen 8 in Priloga 2), sistem testiranja naprav za nanašanje FFS prilagodil novim zahtevam (Zakon o fitofarmacevtskih sredstvih, 2012). V skladu s 'Pravilnikom o zahtevah glede pravilnega delovanja naprav za nanašanje fitofarmacevtskih sredstev in o pogojih ter načinu izvajanja njihovih pregledov' iz leta 2013 se smejo za nanašanje FFS uporabljati le naprave, ki imajo potrdilo o rednem pregledu in znak o rednem pregledu. Lastnik nove naprave mora pred prvo uporabo naprave oziroma najpozneje v šestih mesecih od nakupa pri pregledniku podati predlog za pridobitev znaka o rednem pregledu ter potrdila o pravilnem delovanju naprave. Za nove naprave velja potrdilo 5 let, vse ostale pa morajo biti pregledane vsaka tri leta (Pravilnik o zahtevah..., 2013). Sicer se je v Sloveniji začelo testiranje rabljenih naprav že leta 1991.

Naprave za nanašanje FFS morajo pred prodajo in uporabo izpolnjevati predpisane zahteve, ki zagotavljajo varno delo uporabniku FFS. Istočasno morajo varovati okolje, uporabnika FFS in potrošnika pridelkov. Poleg tehnično brezhibnih naprav je kakovost aplikacije FFS odvisna od pravilne rabe naprave, znanja uporabnika FFS, vremenskih razmer, vetra in drugih dejavnikov.

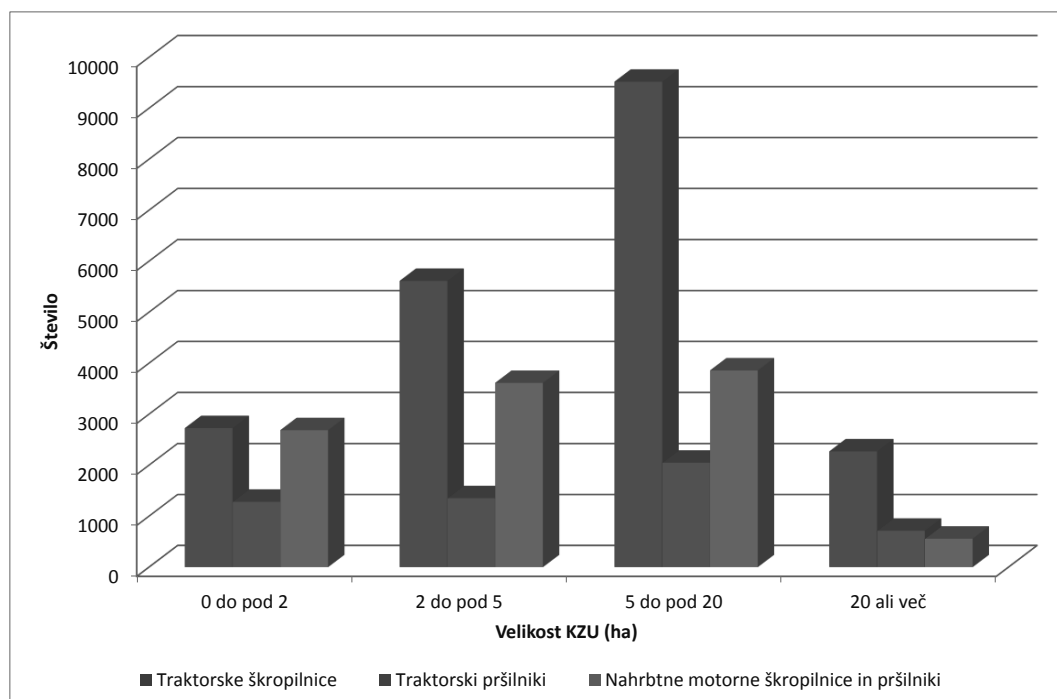
Namen prispevka je prikazati opremljenost slovenskih kmetijskih gospodarstev z napravami za nanašanje FFS.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Za analizo opremljenosti slovenskih kmetij z napravami za nanašanje FFS smo uporabili dve podatkovni bazi. Prva je na Statističnem uradu Republike Slovenije in druga na Upravi Republike Slovenije za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin. Statistični urad naprave za nanašanje FFS zajame v Popisih kmetijstva med kmetijsko mehanizacijo. V letu 2010 so popis razširili, saj so naprave za nanašanje FFS razdelili v traktorske škroplilnice in traktorske pršilnike. Na novo so uvedli popis nahrbtnih motornih škroplilnic in pršilnikov. Podatki Statističnega urada RS vsebujejo številčne podatke o omenjenih skupinah strojev po kohezijskih regijah in občinah (Kmetijski stroji in oprema, 2016). Uprava RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin pa ima podatkovno bazo o pregledanih napravah v skladu z zahtevami Pravilnika o zahtevah glede pravilnega delovanja naprav za nanašanje fitofarmacevtskih sredstev in o pogojih ter načinu izvajanja njihovih pregledov (Evidenca naprav za nanašanje FFS, 2016). V tej bazi smo uporabili podatke o testiranih napravah v letu 2016. Podatki iz obeh baz so statistično analizirani z opisnimi statistikami kot je velikost vzorca, odstotki, minimalne in maksimalne vrednosti, srednje vrednosti itn.

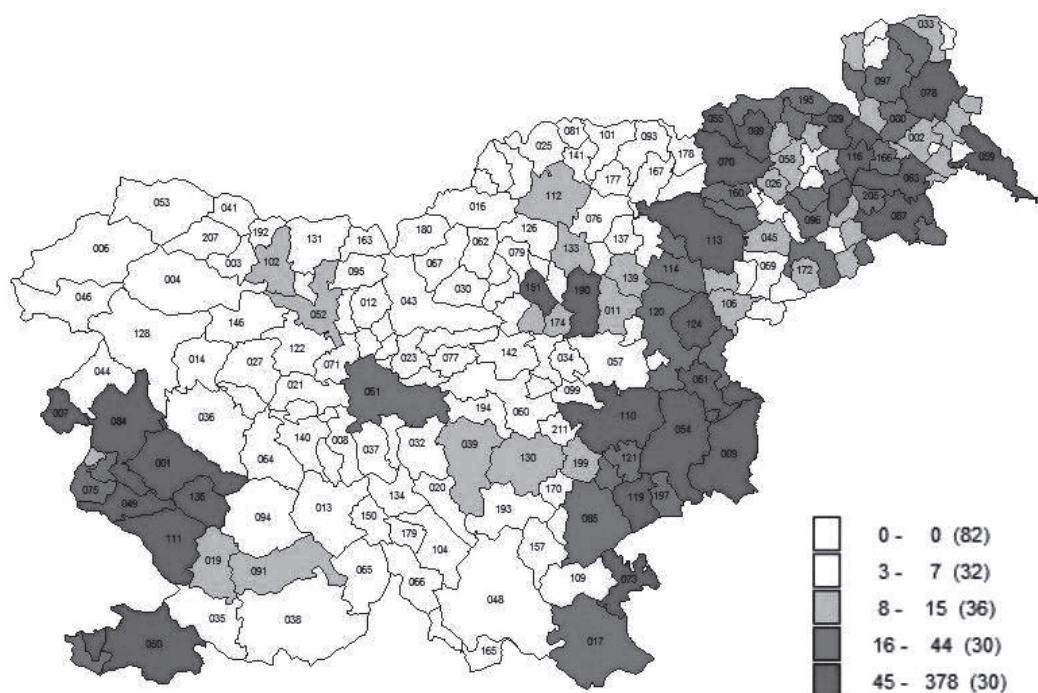
3 REZULTATI Z DISKUSIJO

V Sloveniji imamo po 'Popisu kmetijstva 2010' 37.204 lastnih in skupnih naprav za nanašanje FFS. V popisu so vključene traktorske škropilnice, traktorski pršilniki in nahrbtnne motorne škropilnice in pršilniki. Nahrbtnih motornih škropilnic in pršilnikov v popisu kmetijstva v letu 2000 niso spremljali. Kar 80,13 %, v popisu ugotovljenih, naprav za nanašanje FFS se nahaja v vzhodni kohezijski regiji. 19,87% teh naprav pa je iz zahodne kohezijske regije. V celotni Sloveniji prevladujejo traktorske škropilnice, saj jih je naštetih 20.999 oziroma 56,44 %. Sledijo nahrbtnne motorne škropilnice in pršilniki, ki so jih v Popisu našeli 10.738 ali 28,86 %. Na tretjem mestu so traktorski pršilniki, kjer navajajo 5.467 naprav oziroma 14,69 %. Na sliki 1 je prikazano število naprav za nanašanje FFS glede na velikost kmetijskega gospodarstva. Razvidno je, da imajo največ naprav kmetijska gospodarstva, ki obdelujejo od 5 do 20 ha kmetijske površin. In to velja za vse tri kategorije naprav za nanašanje FFS.

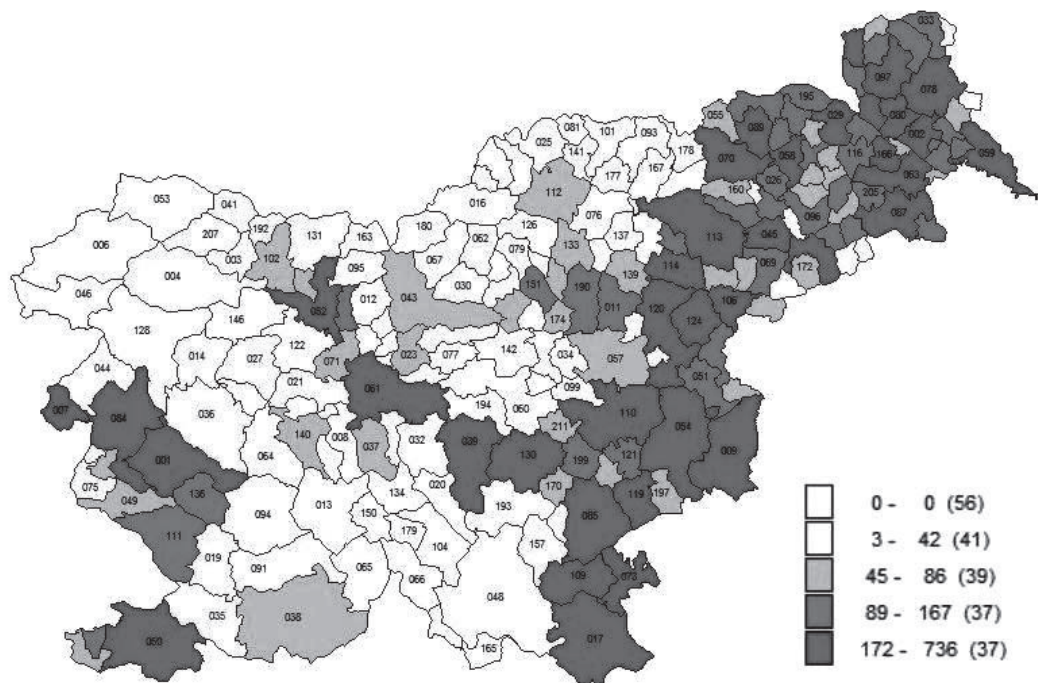


Slika 1: Število naprav za nanašanje FFS glede na velikost kmetijske zemlje v uporabi - KZU

Na slikah 2 in 3 so predstavljene občine glede na število pršilnikov ali škropilnic. Število naprav je razvrščeno v razrede glede na frekvenčno porazdelitev (metoda kvantila). Največ škropilnic (736) je v občini Krško, sledi ji občina Brežice s 734 škropilnicami. Po številu pršilnikov je prva občina Brežice s 378 pršilniki. Sledi ji občina Ormož z 296 pršilniki in občina Ajdovščina z 285 pršilniki.

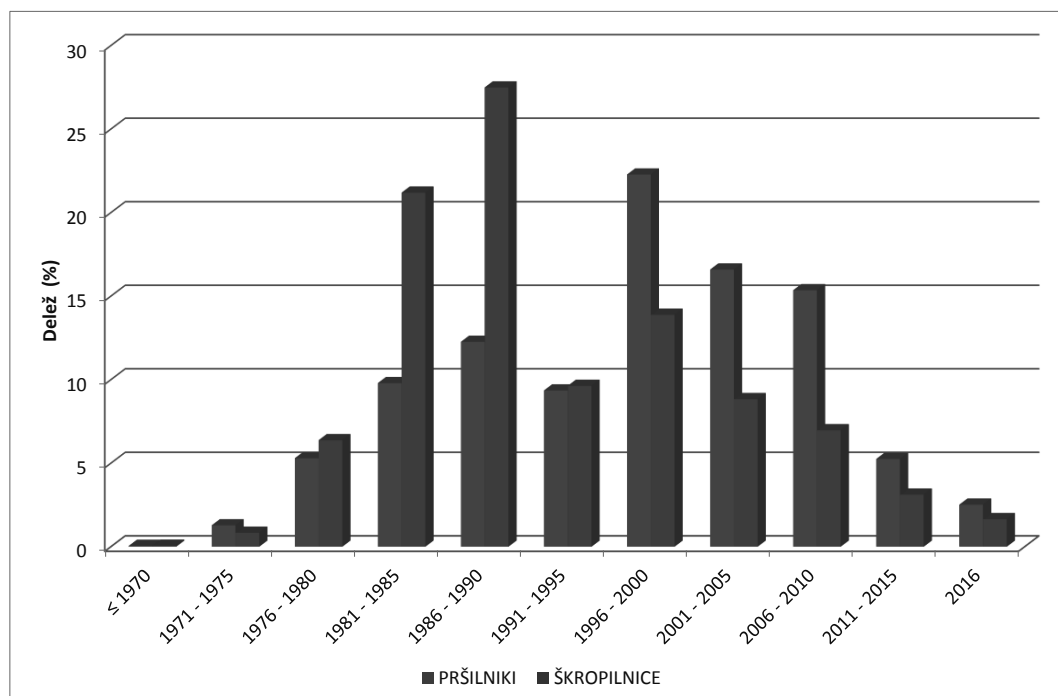


Slika 2: Število traktorskih pršilnikov po občinah



Slika 3: Število traktorskih škropilnic po občinah

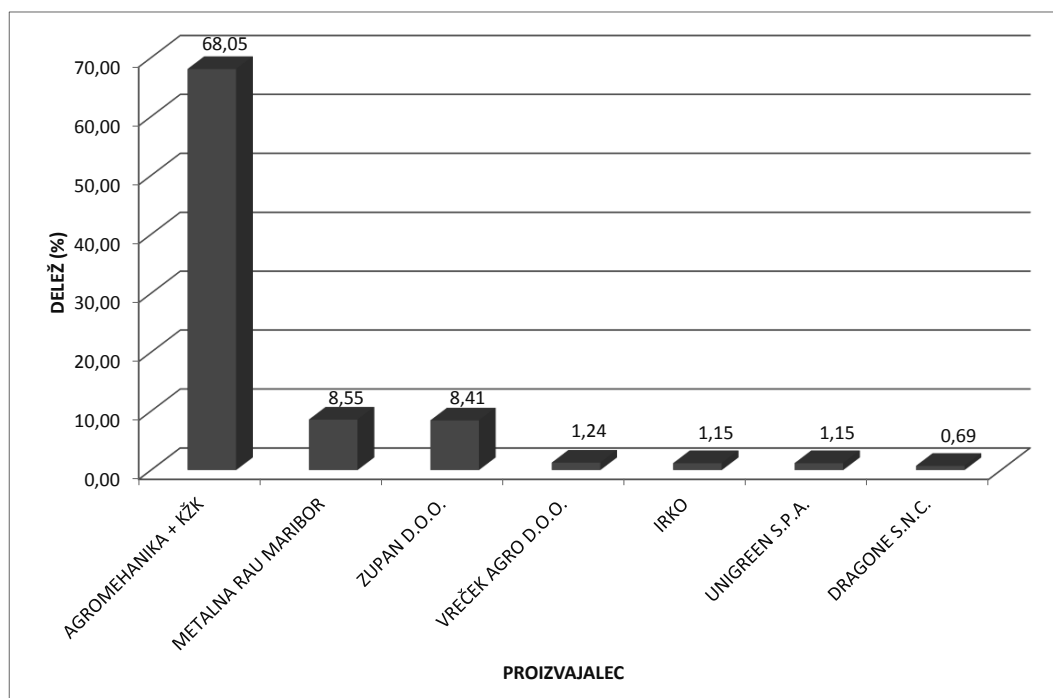
Podatki o pregledanih napravah za nanašanje FFS se zbirajo v bazi Uprave RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin. Analizirali smo naprave, ki so bile pregledane v letu 2016. Teh naprav je bilo 7.809. Od tega je bilo 5.533 škropilnic in 2.269 pršilnikov. Na sliki 4 je prikazano leto izdelave naprave. Iz podatkov je razvidno, da so škropilnice starejše kot pa pršilniki. Največ škropilnic je bilo izdelanih v obdobju med 1986 in 1990. In to kar 27,49 %. Sledijo jim škropilnice z letnico izdelave 1981 do 1985. Teh je bilo 21,19 %. Pri pršilnikih je 22,28 % naprav izdelanih med leti 1996 in 2000. Sledi jim 16,59 % pršilnikov izdelanih med leti 2001 in 2005. Tretja največja skupina pršilnikov pa je izdelana med leti 2006 in 2010, kar predstavlja 15,35 % teh naprav.



Slika 4: Leto izdelave pršilnikov in škropilnic

Škropilnice in pršilniki iz podatkovne baze Uprave RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin zadostijo minimalnim zahtevam Pravilnika o zahtevah glede pravnega delovanja naprav za nanašanje fitofarmaceutskih sredstev in o pogojih ter načinu izvajanja njihovih pregledov, tako da se s temi napravami lahko izvaja varstvo rastlin. Starostna struktura kaže, da imamo zastarele naprave, kar velja še zlasti za škropilnice. Po 'Pravilniku o seznamu kmetijske in gozdarske mehanizacije ter katalogu stroškov kmetijske in gozdarske mehanizacije' je amortizacijska doba za te naprave 12 let (Pravilnik o seznamu..., 2016). Tehnični napredek je tudi pri napravah za nanašanje FFS velik in vpliva tako na kvaliteto aplikacije škropiva kot na varnost uporabnika FFS. Takšen primer so na primer polnilne posode, ki sicer po omenjenem pravilniku niso obvezne, jih pa večina proizvajalcev vgrajuje vsaj na večje naprave. Polnilna posoda omogoča lažje rokovanje in polnjenje škropilnice, zmanjšajo se težave s pranjem embalaže, zmanjša se tveganje za onesnaženje (kontaminiranje) uporabnika FFS, zmanjša se nevarnost za razlitja (koncentriranega) FFS. Še boljša tehnična

rešitev so CTS sistemi. CTS pomeni »Closed Transfer System« ali po domače zaprt sistem odvzema koncentriranega – nerazredčenega škropiva iz originalne embalaže.



Slika 5: Delež posameznega proizvajalca

V Sloveniji prevladujejo naprave za nanašanje FFS domačega proizvajalca Agromehanika. Teh je kar 68 % in vključujejo tudi naprave proizvajalca KŽK, ki je bila predhodnica Agromehanike. Sledijo drugi domači proizvajalci: Metalna Rau Maribor, Zupan d.o.o. in Vreček Agro d.o.o.

4 SKLEPI

Po Popisu kmetijstva 2010 imamo v Sloveniji 37.204 lastnih in skupnih naprav za nanašanje FFS. 56,44 % je traktorskih škropilnic, 28,86 % je nahrbtnih motornih škropilnic in pršilnikov ter 14,69 % traktorskih pršilnikov. Največje število teh naprav imajo kmetijska gospodarstva z 5 do 20 ha kmetijske zemlje.

Iz podatkov Uprave za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin za naprave testirane v letu 2016 je razvidno, da so škropilnice starejše kot pršilniki. 27,49 % škropilnic je bilo izdelanih v obdobju med leti 1986 in 1990. V Sloveniji prevladujejo naprave za nanašanje FFS domačih proizvajalcev. Največji delež med njimi ima Agromehanika in to kar 68 %.

Zakonsko sicer ustrezne naprave so v pretežni meri dejansko tehnično zastarele. Z njimi se sicer lahko ob pravilni uporabi izvaja varstvo rastlin, vendar bi z novejšimi napravami opremljenimi s sodobnejšimi tehničnimi rešitvami aplikacijo FFS lahko opravili bolj natančno in bolj varno. Dejansko bi zamenjavo starih naprav morala bolj podpreti tudi država s sistemom subvencioniranja ustrežnejših naprav.

5 LITERATURA

- Direktiva 2009/127/ES evropskega parlamenta in sveta z dne 21. oktobra 2009 o spremembah Direktive 2006/42/ES glede strojev za nanašanje pesticidov. 2009. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0127&from=SL> (29.11.2016)
- Evidenca naprav za nanašanje FFS. 2016. Uprava RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin <http://spletni2.furs.gov.si/FFS/FFSNaprave/> (29.11.2016)
- Maver, D. 2016. Prodaja pesticidov, Slovenija, 2015. Statistični urad Republike Slovenije, <http://www.stat.si/statweb/prikazi-novico?id=6163&idp=11&headerbar=9> (29.11.2016)
- Pravilnik o pridobitvi certifikata o skladnosti za naprave za nanašanje fitofarmaceutskih sredstev. 2001. Uradni list Republike Slovenije 37/01: 4271 - 4277 <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?sop=2001-01-2122> (29.11.2016)
- Pravilnik o seznamu kmetijske in gozdarske mehanizacije ter katalogu stroškov kmetijske in gozdarske mehanizacije. 2016. Uradni list Republike Slovenije, 7/2016: 828 - 874 http://www.uradni-list.si/_pdf/2016/Ur/u2016007.pdf#/u2016007-pdf (29.11.2016)
- Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o varnosti strojev. 2010. Uradni list Republike Slovenije 66/2010: 10058- 10059 https://www.uradni-list.si/_pdf/2010/Ur/u2010066.pdf#/u2010066-pdf (29.11.2016)
- Pravilnik o zahtevah glede pravilnega delovanja naprav za nanašanje fitofarmaceutskih sredstev in o pogojih ter načinu izvajanja njihovih pregledov. 2013. Uradni list Republike Slovenije 101/2013: 11139 - 11163. http://www.uradni-list.si/_pdf/2013/Ur/u2013101.pdf#/u2013101-pdf (29.11.2016)
- Zakon o fitofarmaceutskih sredstvih. 2012. Uradni list Republike Slovenije 83/2012: 8539 – 8551 http://www.uradni-list.si/_pdf/2012/Ur/u2012083.pdf (29.11.2016)
- Kmetijski stroji in oprema. 2016. Statistični urad RS, Podatkovni portal SI-STAT Okolje in naravni viri http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Okolje/15_kmetijstvo_ribistvo/03_kmetijska_gospod/03_15163_stroji/03_15163_stroji.asp (29.11.2016)

Uporaba brezpilotnih zrakoplovov v kmetijstvu

Blaž GERMŠEK¹²⁵, Matej KNAPIČ¹²⁶

Izvleček

Brepilotni zrakoplovi in s tem povezani novi sistemi natančnega kmetovanja postajajo standard sodobne pridelave hrane. Novejše tehnologije omogočajo hitrejše spremljanje in bolj natančen nadzor nad stresom rastlin, kakovostjo tal in bolj natančno oceno razvoja vegetacije gojenih rastlin. Visokoločljivo večspektralno aerofotografiranje predstavlja, ob pravilni interpretaciji dobljenih rezultatov, osnovo za bolj natančno kmetovanje. Da bi sledili trendu uvajanja sodobnih pridelovalnih tehnologij, smo na Kmetijskem inštitutu Slovenije investirali v nakup brezpilotnega zrakoplova, opremljenega z multispektralno kamero, prilagojeno kmetijski uporabi. Po prvem letu uporabe nove raziskovalne opreme lahko zaključimo, da smo z opremo pridobili velik potencial za nadaljnji razvoj in raziskave na številnih kmetijskih področjih. Tovrstna oprema omogoča pridobivanje novih–drugačnih podatkov, s katerimi bomo lažje in boljše razumeli odzive rastlin na različne stresne situacije (suša, prehrana, zapleveljenost) in bodo omogočala lažji prehod v ti. natančno kmetovanje.

Gljučne besede: brezpilotni zrakoplovi, kmetijstvo, večspektralna aerofotografija

Unmanned aerial systems in agriculture

Abstract

Unmanned aerial systems and related new systems for more precision farming are becoming standard in modern food production. Newer technologies allow faster monitoring and precise plant stress control, soil quality and more accurate assessment of vegetation of cultivated plants. Right interpretation results of high resolution multispectral aerial photography present basis for more precise farming. In order to follow the trend of modern production technologies introduction, the Agricultural Institute of Slovenia purchased unmanned aerial systems with a multispectral camera adapted for agricultural use. The first experimental year with new research equipment showed, enormous potential for further development and research in all agricultural fields. Such equipment allows acquiring new and different kind of data which enable better understanding of plant response to various stressful circumstances (drought, nutrition, weeds), which will allow easier transition into precision farming.

Key words: UAV, agriculture, multispectral aerial photography

1 UVOD

Pridobivanje podatkov z visokoločljivim večspektralnim aerofotografiranjem se v kmetijstvu vedno bolj uveljavlja. Prav večspektralna aerofotografija omogoča pridobivanje dovolj objektivnih in predvsem ažurnih dokumentov, ki vsebujejo informacije za nadaljnjo uporabo in prehod v natančno kmetovanje. S pridobljenimi podatki, ki jih zajamemo z brezpilotnimi zrakoplovom je možno zagotoviti dostop do informacij o pridelovalnih pogojih, razvoju in zdravstvenemu varstvu rastlin v realnem času, kar omogoča pravočasno in ustrezno odzivanje na dejanske razmere na poljih (Chaerle in sod 2000). V članku so predstavljeni prvi rezultati uporabe brezpilotnega zrakoplova Kmetijskega inštituta Slovenije in možnosti nadaljnjih raziskav na tem področju. Z uporabo brezpilotnih zrakoplovov lahko na operativen način zmanjšamo potrebo po terenskem delu, kar zmanjšuje stroške in omogoča hitrejše rezultate. Kar je še nedavno trajalo več dni, je sedaj možno izvesti v samo nekaj urah. Brepilotni

¹²⁵ Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, IC Jablje, Grajska cesta 1, 1234 Mengeš, blaz.germsek@kis.si

¹²⁶ Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, matej.knapic@kis.si

zrakoplovi omogočajo pregled kmetijskih površin in analizo vegetacije gojenih rastlin iz zraka, s čimer pridobimo kvalitetne informacije, ki omogočajo hitro diagnozo in pravočasno odločanje o nadaljnjih ukrepih (Ferwerda in sod 2005). S sistematičnim in ponavljajočim večspektralnim aerosnemanjem odkrivamo spremembe na gojenih rastlinah, s čimer lahko zmanjšamo proizvodne stroške in povečamo pridelke. Pridobljeni podatki omogočajo bolj učinkovito načrtovanje in optimizacijo kmetijske proizvodnje, ki zajemajo:

- setev, gnojenje (osnovno in dognojevanje), namakanje,
- bolj natančno prepoznavanje bolezni in škodljivcev,
- premike živine na paši,
- napovedovanje časa žetve ali pobiranja pridelkov,
- spremembo tehnologije kmetovanja na določeni delih površin.

2 PREGLED LITERATURE

Če so bile t. i. “natačne tehnologije” zadnja leta gonilo inovativnih sprememb v kmetijstvu, bo pridobivanje podatkov o kmetijskih površinah in pridelkih iz zraka pogon za naslednje razvojne korake v kmetijstvu. Z uporabo brezpilotnih zrakoplovov imamo namreč zagotovljen dostop do informacij o pridelovalnih pogojih, stopnji rasti in zdravju rastlin v realnem času, kar omogoča pravočasno in ustrezno odzivanje pridelovalca na dejanske poljske razmere (Christophersen 2004).

V Sloveniji je dne 13. 8. 2016 začela veljati Uredba o sistemih brezpilotnih zrakoplovov (Uradni list RS, št. 52/2016), ki je prvič določila splošne tehnične in operativne pogoje za varno uporabo brezpilotnih zrakoplovov ter pogoje, ki veljajo za osebe, ki sodelujejo pri upravljanju zrakoplovov in sistemov. Brezpilotni zrakoplovi, s katerimi se izvajajo letalske dejavnosti, se glede na operativno maso delijo na tri razrede, in sicer:

- razred 5: do vključno 5 kilogramov,
- razred 25: nad 5 do vključno 25 kilogramov,
- razred 150: nad 25 do 150 kilogramov.

Glede na izgradnjo, naseljenost in prisotnost ljudi so področja letenja po veljavni uredbi razdeljena v štiri razrede, in sicer:

- razred I je področje, kjer ni objektov in ljudi, razen upravljavcev in osebja, ki je potrebno za letenje,
- razred II je področje, kjer so pomožni objekti ali objekti, ki niso namenjeni bivanju ljudi in kjer ni ljudi, razen upravljavcev in osebja, ki je potrebno za letenje, in kjer je dovoljen le občasni prehod brez zadrževanja ljudi na tem področju (npr. kolesarji, sprehajalci),
- razred III je področje, na katerem so objekti, namenjeni za stanovanje, za poslovanje ali rekreacijo (npr. stanovanjske zgradbe, stanovanjske hiše, šole, pisarne, športni objekti, parki), ali na katerem so objekti nizke gradnje, kjer so ljudje (npr. avtoceste),
- razred IV je področje ožjih urbanih con (npr. središča mest, naselja, kraji).

Bistvo nove uredbe je tudi, da mora operater ali lastnik skleniti zavarovanje za sistem brezpilotnega zrakoplova v skladu s predpisom, ki ureja obvezna zavarovanja v prometu, prav tako pa morata operater in lastnik BPL pridobiti dovoljenje za uporabo radiofrekvenčnega spektra.

Kategorije izvajanja letalskih dejavnosti so prikazane v preglednici 1. Sistem, ki ga uporablja Kmetijski inštitut Slovenije, uvrščamo v B kategorijo.

Preglednica 1: Kategorije izvajanja letalskih dejavnosti

Razred sistema brezpilotnega zrakoplova	Razred področja izvajanja letenja			
	I	II	III	IV
razred 5	A	A	B	C
razred 25	A	B	C	D
razred 150	B	C	D	D

Kmetijski inštitut je za svojo raziskovalno dejavnost kupil brezpilotni zrakoplov, ki glede na klasifikacijo po operativni masi spada v razred 5, pri kategorijah izvajanja letalskih dejavnosti po operativnih in tehničnih zahtevah spada v razreda A in B. Pri klasifikaciji za področja letenja lahko svojo dejavnost zajemanja slik za raziskovalne namene opravljamo pri razredih I, II in III.

3 MATERIALI IN METODE

V letu 2016 smo na posestvu Kmetijskega inštituta Slovenije v Japljah pričeli z uporabo lastnega brezpilotnega zrakoplova (sky-hero) z namenom, da ugotovimo in preučimo njegove letalske sposobnosti, preskusimo uporabo multispektralne kamere (MicaSense RedEdge) za zajemanje fotografij in uporabo programske opreme (Pix4D 2016), s katero smo zajete fotografije procesirali. Sky-hero x4a je brezpilotni zrakoplov namenjen profesionalni uporabi, s katerim lahko upravljajo samo usposobljene osebe. Masa brez koristnega tovora in baterij znaša 3 kg, največja dovoljena vzletna masa je 7 kg. Diagonalna razdalja med središči propelerjev brezpilotnega zrakoplova pripravljenega za vzlet znaša 890 mm, skupna višina pa 570 mm. Brezpilotni zrakoplov ima 4 motorje dimenzije 45 mm x 35 mm, kjer je število vrtljajev na Volt (kV) 400. Največja moč posameznega motorja je 900 W. Dimenzije propelerjev so 17 x 5,8", kjer je največje dovoljeno število vrtljajev 11.000 min⁻¹. Baterije so proizvajalca Futaba, tip: HT5F1800B. Napetost pogonskih baterij je 22,2 V (6S) z minimalno kapaciteto 16.000 mAh. Proizvajalec naprave za radijsko vodenje je FR-SKY, tip: Taranis X9D s frekvenčnim območjem delovanja 2,4 GHz in dometom 1000 m. Brezpilotni zrakoplov ima vgrajen tudi sistem varnostnega padala proizvajalca Opale Paramodels, ki je kompatibilno z avtopilotom s PWM-signalom.

Padalo, površine 4 m², je primerno za uporabo na zrakoplovih z največjo skupno maso do 7 kg. Minimalna višina odpiranja padala je 30 m z mehanskim – servo mehanizmom proženja. Za prenos telemetrijskih podatkov je nameščen modul 3DR, ki podatke prenaša preko 433 MHz podatkovne povezave. Ko smo povezani s telemetrijsko povezavo na zemeljski postaji, spremljamo telemetrijske podatke, ki jih je možno poljubno konfigurirati preko programske opreme ardupilot (Ardupilot 2016). Največja hitrost brezpilotnega zrakoplova Sky-hero je 15 m/s, medtem ko je največja hitrost dviganja programsko omejena na 5 m/s, največja hitrost spuščanja pa 3 m/s. Za zajemanje fotografij uporabljamo multispektralna kamero – MicaSense RedEdge, ki vsebuje priključke za priključitev GPS-modula, serijski in Ethernet podatkovni prikllop in priključek za zunanje proženje kamere. Kamera MicaSense RedEdge zajema sliko ločljivosti 1,3MP (1280 x 960 pixlov) v petih različnih valovnih dolžinah, s katerimi lahko prepozna stanje vegetacije. Poleg standardnih senzorjev, ki zaznajo odboj v rdečem, zelenem in modrem delu svetlobe, kamera meri odboj v bližnje infrardečem delu (NIR) ter v robnem rdečem delu valovne dolžine. Senzor robne rdeče valovne dolžine je uporaben za oceno stresnih pogojev vegetacije. Osrednje valovne dolžine posameznih senzorjev so 480 nm v modrem delu, 560 nm v zelenem delu, 670 nm v rdečem delu, 720 nm v robnem rdečem delu

in 840 nm v infrardečem delu spektra (Micasense 2016). Dodatno smo kameri integrirali še modul, ki zvezno zajema video podatke v vizualnem spektru (450–680 nm) in omogoča video povezavo z zemeljsko postajo. Ločljivost video posnetka je 1440 x 1080 pixlov pri 30 sličicah na sekundo. Za namestitev dodatnega modula smo se odločili predvsem zaradi odprave morebitnih anomalij na zajetih slikah. Kamera v času delovanja zvezno snema celoten postopek v vidnem spektru, kar lahko precej pomaga, v kolikor bi pri postprocesiranju diskretnih spektralnih kanalov naleteli na anomalije. Tako lahko v takšnem primeru iz video posnetka postopka v vidnem spektru hitro razločimo, kaj povzroča anomalije na zajetih slikah (npr. odpadne folije, premikajoči se traktor ...). Za obdelavo slik uporabljamo priznано programsko opremo švicarskega proizvajalca Pix4D (Pix4D 2016). Programska oprema Pix4Dmapper Pro je trenutno najnaprednejša programska oprema, ki je prilagojena za obdelavo multispektralnih podatkov, pridobljenih s kamero MicaSense. Tako podjetje MicaSense kot tudi podjetje Pix4D spadata pod okrilje skupine Parrot, kar je še dodatna garancija za medsebojno optimizacijo, nenehne izboljšave in prilagoditve za doseganje optimalnih rezultatov pri zajemanju in obdelavi slik. Razmerja med odbojem svetlobe v posameznih valovnih dolžinah ponazarjajo vegetacijski indeksi, s katerimi lahko ocenjujemo posamezna stanja v vegetaciji (pomanjkanje hranil, vode, bujnost rasti, zapleveljenost posevkov in podobno).

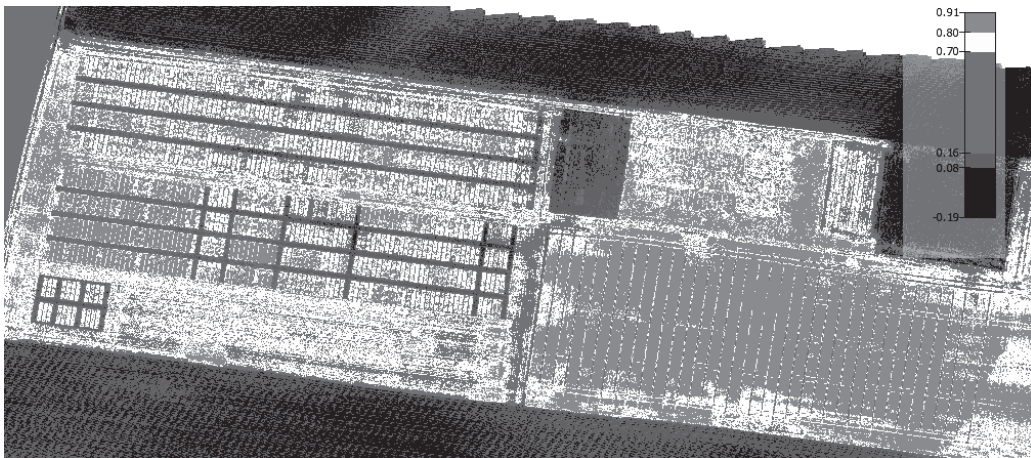
Med vegetacijskimi indeksi je najbolj poznan NDVI – vegetacijski indeks normaliziranih razlik, ki temelji na razmerju med vrednostmi spektralnega odboja v rdečem in bližnjem infrardečem delu spektra in je eden najbolj razširjenih vegetacijskih indeksov v daljinskem zaznavanju. NDVI razvršča površine glede na obseg fotosintetske aktivnosti. Zaradi fotosinteze se od rastlin odbije manj svetlobe rdeče valovne dolžine, medtem ko je s strukturo lista in vsebnostjo vode v njem, povezan večji odboj v bližnje infrardečem delu spektra. NDVI izračunamo po formuli:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Kjer je NIR spektralni odboj v bližnjem infrardečem spektru, RED pa v rdečem delu spektra. Izračunane vrednosti NDVI so v območju med -1 in +1, pri čemer večja vrednost (zelena barva na sliki 1) pomeni bolj intenzivno in bolj zdravo vegetacijo in obratno (rdeča barva na sliki 1) bolj šibko rast.

4 LASTNE IZKUŠNJE

Pridobivanje podatkov o kmetijskih površinah z visokoločljivim večspektralnim aerofotografiranjem je zelo gospodaren način pridobivanja podatkov, saj lahko na varen in hiter način zajemamo informacije tudi na težje dostopnih krajih. Tak pristop zagotavlja kakovostne prostorske informacije, zmanjša potrebo po terenskem delu, omogoča hitrejša rezultate in zmanjšuje stroške (Jannoura in sod 2015). Postopek je hiter in ne moti delovne procese na obdelovalnih površinah. V letu 2016 smo na Kmetijskem inštitutu Slovenije izvedli 8 testnih letov, brez fotografiranja ter 4 lete, pri katerih smo fotografirali poskusne površine. V prvih poletih smo se seznanili z brezpilotnim zrakoplovom, naučili upravljanja brezpilotnega zrakoplova in uporabili opremo v praksi z namenom, da kasneje preučimo možnost implementacije tehnologije v naše delovne postopke. Na sliki 1 je prikazano območje žitnih poskusov na lokaciji Jablje.



Slika 1: Prikaz NDVI- indeksiranja poskusnih površin 25. 4. 2016

Na levi strani slike lahko razberemo zasnovo mikroposkusa, kjer so vidne poti med poskusnimi bloki in poskusnimi parcelicami. Nizke vrednosti NDVI na poteh med parcelami so posledica manjšega odboja v bližnje infrardečem delu zaradi odsotnosti listne mase. Iz slike lahko razberemo, da je v posameznih poskusnih parcelicah različna količina listne mase. Zelena barva ponazarja območja z večjo biomaso, oranžna pa kaže na motnje v rasti oziroma na drugo vrsto vegetacije. Pri interpretacijah kart vegetacijskih indeksov potrebujemo predhodno oceno merjenega parametra na posevku. V naslednjem koraku nato povežemo vrednosti indeksa v znanih točkah ter na osnovi teh vrednosti interpretiramo sliko celotnega obravnavanega območja.

5 SKLEPI

Iz prvega testnega leta smo dobili veliko koristnih informacij in praktičnih izkušenj, ki jih bomo lahko uporabili za nadaljnje delo in razvoj. Spoznali smo, da z uporabo brezpilotnega zrakoplova dobimo kvalitetne podatke, ki jih lahko pri svojem delu dobro uporabimo in predstavljajo nova spoznanja in poglede, ki prej niso bili možni. Pridobljeni podatki služijo kot pripomoček pri vrednotenju in primerjavi različnih poskusov, obravnavanih rastlinah in določanju kakovosti zemljišč. Pridružujemo se ugotovitvam (Swain in sod 2007, Hinkleya 2011 in Simelli 2015), ki v svojih raziskavah prav tako naznanjajo možnost kakovostne uporabe brezpilotnih zrakoplovov, ki kmetovalcem omogočajo bolj učinkovito načrtovanje in optimizacijo:

- sajenja, gnojenja in namakanja,
- pomoč pri odločanju ciljne uporabe FFS,
- nadzor čred.

Uporaba različnih tehnologij z uporabo brezpilotnih zrakoplovov lahko pripomore k boljši optimizaciji obdelovalnih procesov, večjim donosom, nižjim stroškom, manjšemu onesnaževanju in boljši ekonomski učinkovitosti.

Zahvala. Nakup brezpilotnega zrakoplova je delno financirala Evropska unija, in sicer iz Evropskega sklada za regionalni razvoj v okviru Operativnega programa krepitev regionalnih

razvojnih potencialov za obdobje 2007–2013, razvojne prioritete: Gospodarsko-razvojna infrastruktura; prednostne usmeritve razvoj izobraževalno-raziskovalne infrastrukture, prenova in preureditev prostorov ter dobava tehnološke opreme za področje ekofiziologija in varstvo okolja.«



6 LITERATURA

- Ardupilot 2016. <http://ardupilot.org/planner/docs/common-install-mission-planner.html> (12. 10. 2016)
- Chaerle, L., Van Der Straeten, D. 2000. Imaging techniques and the early detection of plant stress. *Trends in Plant Science* 5, 295-500.
- Christophersen, H., Pickell, R. W., Koller, A. A., Kannan, S. K., & Johnson, E.N. 2004. Small adaptive flight control systems for UAVs using FPGA/DSP 736 technology. 3rd Unmanned unlimited technical conference, workshop and exhibit (pp. 1-12).
- Ferwerda, J.G., Skidmore, A.K., Mutanga, O. 2005. Nitrogen detection with hyperspectral normalized ratio indices accross multiple plant species. *International Journal of Remote Sensing* 26, 4083-4095.
- Hinkleya, E. A., Zajkowski, T. 2011. USDA forest service-NASA: Unmanned aerial systems demonstrations-pushing the leading edge in fire mapping. *Geocarto International*, 26, 103–111.
- Jannoura, R., Brinkmann, K., Uteau, D., Bruns, C., Joergensen, R.G. 2015. Monitoring of crop biomass using true colour aerial photographs taken from a remote controlled hexacopter. *Biosystems engineering* , 129, 341-351.
- Micasense 2016. <https://www.micasense.com/rededge> (12. 10. 2016)
- Pix4D 2016. <https://pix4d.com/product/pix4dmapper-pro/> (12. 10. 2016)
- Simelli, I., Tsagaris, A., 2015. The Use of Unmanned Aerial Systems (UAS) in Agriculture, 7 th International conference on information and communication tehnologies in agriculture, food an environment (HAICTA 2015), Kavala; Greece, 17-20 sept. 2015 730-735
- Swain, K. C., Jayasuriya, H. P. W., Salokhe, V. M. 2007. Suitability of low-altitude remote sensing images for estimating nitrogen treatment variations in rice cropping for precision agriculture adoption. *Journal of Applied Remote Sensing*
- Uradni list RS, št. 52/2016. <https://www.uradni-list.si/1/content?id=127492#!Uredba-o-sistemih-brezpilotnih-zrakoplovov> (12. 10. 2016)

Multispektralni posnetki visoke prostorske ločljivosti v raziskavah v agronomiji – trije primeri uporabe

Klemen ELER¹²⁷, Boris TURK¹²⁸, Jure ČOP¹²⁹, Boris LAZAREVIĆ¹³⁰, Dominik VODNIK¹³¹

Izvleček

Spektralna sestava svetlobe odbite od vegetacije je odvisna od stanja vegetacije (višine rastlin in gostote vegetacijske odeje, preskrbljenosti rastlin s hranili in vodo, poškodovanosti zaradi bolezni, škodljivcev, mehanskih dejavnikov), kar omogoča ne destruktivno oceno fiziološkega in strukturnega stanja posevkov in napoved pridelkov. V raziskavi smo predstavili potencial in omejitve multispektralnih meritev na treh primerih poljskih poskusov, kjer smo uporabili dokaj preproste in manj natančne mere (vegetacijske indekse) za oceno stanja vegetacije. Povezanost vegetacijskih indeksov z agronomsko relevantnimi parametri vegetacije je bila največja na primeru travniškega poskusa, kjer je korelacija med pridelkom in normaliziranim diferencialnim vegetacijskim indeksom (NDVI) indeksom dosegla 0,67. Na poskusu z namakanjem koruze smo ugotovili značilne razlike med namakano in nenamakano površino, vendar je bilo težko oceniti, koliko k razlikam pripomore večji indeks listne površine in koliko višja vsebnost klorofila na namakani površini. Razpon vrednosti vegetacijskega indeksa je bil najmanjši v poskusu z ozimnim ječmenom, zato so bile korelacije med fiziološkim stanjem in pridelkom majhne, vendar smo tekom vegetacije ugotovili sortno pogojene razlike spektra odbojev svetlobe in interakcije z dognovanjem z dušikom.

Ključne besede: daljinsko zaznavanje, napoved pridelka, travinje, ječmen, koruza, suša, dušik

Use of high-resolution multispectral imagery in agronomic research – three case studies

Abstract

The spectral composition of light reflected from vegetation depends on the condition of vegetation (plant height and canopy density, nutrient supply, water availability, damage due to pests or mechanical factors). This, theoretically, allows a non-destructive evaluation of the physiological and structural condition of the vegetation and to forecast crop yield. In this study we presented the potential and limitations of multispectral measurements in three field experiments, where relatively simple and less precise measures (vegetation index) to assess the vegetation condition were used. Correlation of vegetation indices with agronomical relevant vegetation parameters was the highest for the grassland experiment with $r = 0.67$ between normalized difference vegetation index (NDVI) and yield. For maize irrigation experiment, we found significant differences between irrigated and non-irrigated area, but it was difficult to estimate the contribution of higher leaf area index and higher concentration of chlorophyll in irrigated areas to these differences. The vegetation index was the lowest in the experiment with winter barley, where only minor correlations with the physiological status of the crop were found, however some variety-specific reflectance of spectra and their interaction with N side dressing was detected during vegetative development.

Key words: remote sensing, yield forecast, grassland, barley, maize, drought, nitrogen

¹²⁷ Dr., UL, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: klemen.eler@bf.uni-lj.si

¹²⁸ Dr., prav tam, e-pošta: boris.turk@bf.uni-lj.si

¹²⁹ Dr., prav tam, e-pošta: jure.cop@bf.uni-lj.si

¹³⁰ Dr., Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska, e-pošta: blazarevic@agr.hr

¹³¹ UL, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: dominik.vodnik@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Kemične in fizikalne lastnosti snovi oziroma materialov določajo, koliko svetlobe posamezne valovne dolžine, ki prihaja od nekega vira (npr. sonca) se bo absorbiralo, koliko odbilo in koliko je bo prešlo skozi material (Knippling, 1970). Ta razmerja določajo nekakšen je podpis posameznega materiala. Meritve spektralnih odbojev niso v analitiki snovi nič novega, saj spektroskopijo uporabljamo kot eno najbolj osnovnih merilnih tehnik v zelo različnih vzorcih (vodnih, trdnih, plinastih). Pomanjkljivost spektroskopije je, da gre za točkovne meritve, pri katerih lahko le z velikim številom ponovljenih meritev sklepamo o prostorski heterogenosti vzorca. Zaradi tega je spektroskopija pretežno uporabna v homogenih ali še bolj homogeniziranih vzorcih. Za zajem prostorske komponente vzorcev pa je potrebna kombinacija fotografije in spektroskopije (Knapič in Žibrat, 2015). Pravi prostorski spektrometri oz. hiperspektralne kamere s spektralno resolucijo sto ali nekaj sto kanalov so zaenkrat še večinoma dragi in veliki instrumenti, zato se za oceno stanja posevka oziroma vegetacije še vedno poslužujemo multispektralnih kamer, kjer je spektralna resolucija znatno nižja (4 - ca. 20 kanalov), vendar še vedno dovolj za splošno oceno stanja vegetacije (Mariotto in sod., 2013). Vse pogostejše se te kamere nameščajo tudi na brezpilotne letalnike (Salami in sod., 2014; Suomalainen in sod. 2014) ali uporabljajo v preciznem kmetijstvu (Zhang in Kovacs, 2012). Multispektralne posnetke že dlje časa pridobivamo tudi s pomočjo satelitov, kjer pa so omejitve v prostorski ločljivosti (10 m in več), vremenskih razmerah (jasnost vremena) in težavnosti eliminacije atmosferskih vplivov (Huete, 2004).

Zaradi različnih karakteristik rastlin oz. njihovih listov, kot so vsebnost rastlinskih pigmentov, celična struktura, vsebnost vode, idr., imajo rastline specifičen spekter odbojev svetlobe (Knippling, 1970). Na obliko spektra najbolj vplivajo snovi, ki so v rastlini obilno zastopane in imajo veliko absorbanco svetlobe določenih valovnih dolžin. Listi zaradi klorofila in drugih pigmentov (karoteni, ksantofili) absorbirajo relativno veliko svetlobe v območju fotosintetsko aktivnega sevanja (400 – 700 nm), ki približno ustreza vidnemu delu spektra. Zaradi velike vsebnosti klorofila največ absorbirajo rdečo in modro svetlobo in le nekaj manj zelene, ki pa je prav tako relativno močno absorbirana. Nasprotno so rastline praktično prosojne za svetlobo bližnje infrardeče svetlobe (700-1300 nm); ta svetloba se znotraj lista sipa (lomi v različne smeri v prehodih skozi snovi različnih optičnih gostot), zaradi česar jo v približno enakih deležih zaznamo kot prosojno svetlobo in kot odboj. Pri valovnih dolžinah 1300-2500 nm je odboj od rastlin zopet manjši, pretežno zaradi absorpcije obilno zastopane vode, so pa tudi na tem delu spektra nekatere valovne dolžine, ki so vplivane z drugimi spojinami (npr. celulozo, ligninom) (Peñuelas in Filella, 1998).

Odboj posevka oz. vegetacijske odeje seveda ni enak odboju posameznega lista. Zaradi različnih kotov listov, na katere pada svetloba, različno osvetljenih območij vegetacije, senc in deleža golih tal je odboj cele vegetacije manjši kot odboj posameznega povprečnega lista te vegetacije. Odboj je bolj zmanjšan za valovne dolžine vidnega dela spektra kot za bližnji IR spekter (Knippling, 1970).

Bolj kot absolutno vrednost odboja v posameznem ožjem ali širšem delu spektra pri oceni stanja vegetacije oziroma posevka uporabljamo kombinacije dveh ali več pasov območij, kar ojača razlike v stanju vegetacije. Govorimo o vegetacijskih indeksih, ki jih danes poznamo že več kot 150. Nekateri indeksi se nanašajo na grobo stanje vegetacije (količina in stanje fotosintetsko aktivnih tkiv, ocena vsebnosti vode), drugi so zelo specifični in tesneje povezani z biokemičnim stanjem rastlin ali določenim fiziološkim procesom (vsebnost karotenoidov in antocianov, senescenca, ksantofilni cikel, fotokemična učinkovitost) (Peñuelas in Filella, 1998; Hatfield in Prueger, 2010).

V tem prispevku na treh primerih poljskih poskusov ocenjujemo stanje posevkov oz. vegetacije z multispektralnimi posnetki ter komentiramo uporabnost in omejitve uporabljene metodologije.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 Travniški poskus z različnimi nivoji gnojenja in frekvence košnje

Ta raziskava je bila izvedena na značilnem nižinskem travinju iz zveze visokega pahovkovja na laboratorijskem polju BF v letu 2015, kar je bilo četrto leto od vzpostavitve poskusa. Poljski poskus je izveden v zasnovi split-plot v štirih blokih z načini rabe (2-kosna, 4/3-kosna (dve leti 4-kosna, tretje leto 3-kosna z zakasnjeno prvo košnjo), 4-kosna) na glavnih parcelah in načini gnojenja (brez, PK (30 in 175 kg/ha/leto P in K), NPK (220, 30 in 175 kg/ha/leto N, P in K, N po obrokih glede na število košenj), gnojevka (22 t/ha marca in 20 t/ha avgusta), gnojevka+NPK (gnojevke in PK enako kot prej, dušika le 120 kg/ha/leto) na podparcelah. Ob vsaki košnji je bila za vsako parcelo ugotovljena sveža masa ter vzeti podvzorci (ca. 1,5 kg) za določitev suhe mase.

Multispektralne meritve smo izvedli v štirih terminih od marca do julija s pomočjo 6-kanalne kamere Mini-MCA6 (Tetracam Inc., CA, ZDA), nameščene na oktokopter geoX-8000 (Geo-konzept GmbH, Nemčija). Poskusne ploskve so bile posnete z višine 50 m v naslednjih valovnih dolžinah: 670, 700, 740, 780, 900 in 970 nm. Širine posameznih spektralnih pasov so bile za vse kanale 10 nm. Snemali smo le v jasnih dneh v sredi dneva; za kalibracijo slik glede na svetlobne razmere posameznega termina meritve smo uporabili teflonske plošče, ki imajo skoraj popolno odbojnost svetlobe v bližjem IR spektru. Za primerjavo pridelkov ob 1. košnji in spektra odbojev poskusnih parcelic smo uporabili normalizirani diferencialni vegetacijski indeks (NDVI) posamezne parcelice, izračunan kot $(780 \text{ nm} - 670 \text{ nm}) / (780 \text{ nm} + 670 \text{ nm})$. Izdelali smo regresijske modele za vsak termin posebej, ki napovedujejo pridelke na podlagi NDVI vrednosti.

2.2 Poljski poskus s sortami in načini gnojenja ječmena

V sezoni 2015/2016 je bil v Botincu pri Zagrebu izveden poljski poskus, kjer se je v dveh blokih spremljalo učinke dognjevanja (0, 60, 120 in 180 kg dodanega KAN (27% N) spomladi) in sorte ozimnega ječmena (18 sort) na različne karakteristike posevka in rastlin ječmena (vsebnost klorofila v listih, koncentracija nitrata v stebelnem soku, vsebnost suhe snovi in vsebnost dušika v rastlini, pridelek zrnja) (več o poskusu Lazarević in sod., ta zbornik). V treh terminih smo opravili tudi snemanje z višine 50 m z multispektralno kamero (enak postopek kot v prejšnjem primeru). Za vsako poskusno parcelico smo izračunali NDVI indeks.

2.3 Poljski poskus z namakanjem koruze

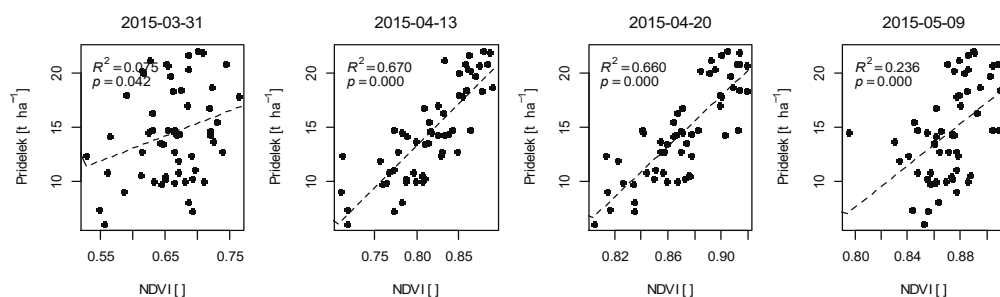
Na njivskih površinah v okolici Murske Sobote, ki so v lasti podjetja Panvita d.d., smo z podobnimi multispektralnimi meritvami kot pri prejšnjih dveh primerih ugotavljali učinke namakanja na spektralne odboje posevkov koruze. Oba, namakani in nenamakani posevek koruze za silažo sta uspevala na lahkih peščenih tleh (distrična obrečna tla) in bila gnojena z istimi gnojilnimi normami. Namakanje je bilo oroševalno (pivot sistem), čas in količine

namakanja so bili prilagojeni meritvam s tenziometri, razvojni fazi posevka in vremenskim napovedim. Meritve smo z višine 80 m opravljali v dveh terminih: 3. 8. 2016 in 25. 8. 2016, vendar zaradi toče drugi termin ni bil primeren za analizo. Izračunali smo dva indeksa: NDVI in WBI (angl. water band index); slednji je povezan z vsebnostjo vode v rastlinah (970 nm / 900 nm). Indeksa smo izračunali na sedmih vzorčnih parcelah na obravnavanje, velikosti približno 20 x 20 m v prostorski ločljivosti približno 4 cm. Hkrati so bile na obeh ploskvah opravljene tudi meritve volumskega deleža vode v tleh na zgornjih 10 cm tal (SM200, Delta-T Devices), indeksa listne površine (LAI-2200, Licor) in vsebnosti klorofila (SPAD-502, Konica Minolta) (glej Vodnik in sod., ta zbornik). Za kalibracijo merilnega senzorja za vlažnost tal smo uporabili privzete vrednosti za mineralna, peščena tla.

3 REZULTATI

3.1 Travnikiški poskus z različnimi nivoji gnojenja in frekvence košnje

Pridelki zelinja ob prvi košnji so bili pričakovano največji v obravnavanju z največ dodanega N, sledi kombinacija NPK+gnojevka. Najmanjši pridelki so bili v kontroli. Frekvenca košnje je prav tako imela učinek – največji pridelki ob 1. košnji so bili pri 2-kosni rabi, najmanjši pa pri 4-kosni, kar je pričakovano glede na zgodnejšo košnjo pri 4-kosni rabi in manjši delež visokih vrst trav pri pogostejši košnji. NDVI vrednosti so v prvih treh terminih naraščale, v četrtem terminu pa ni bilo več bistvenega povečanja vrednosti. Pri dvokosni rabi je NDVI celo upadel, kar je verjetno posledica večjega deleža manj zelenih reproduktivnih organov visokih trav (klasi, lati). Analiza povezanosti pridelkov in NDVI kaže (slika 1), da je ta povezanost največja v aprilu, manjša pa na začetku rasti travne ruše spomladi ter tudi ob četrtem snemanju. Z NDVI vrednostmi smo ob drugem in tretjem terminu snemanja (2. do 3. dekada aprila) pojasnili približno dve tretjini variabilnosti v pridelkih zelinja, kar je veliko glede na relativno podobnost obravnavanj v vrstni sestavi.

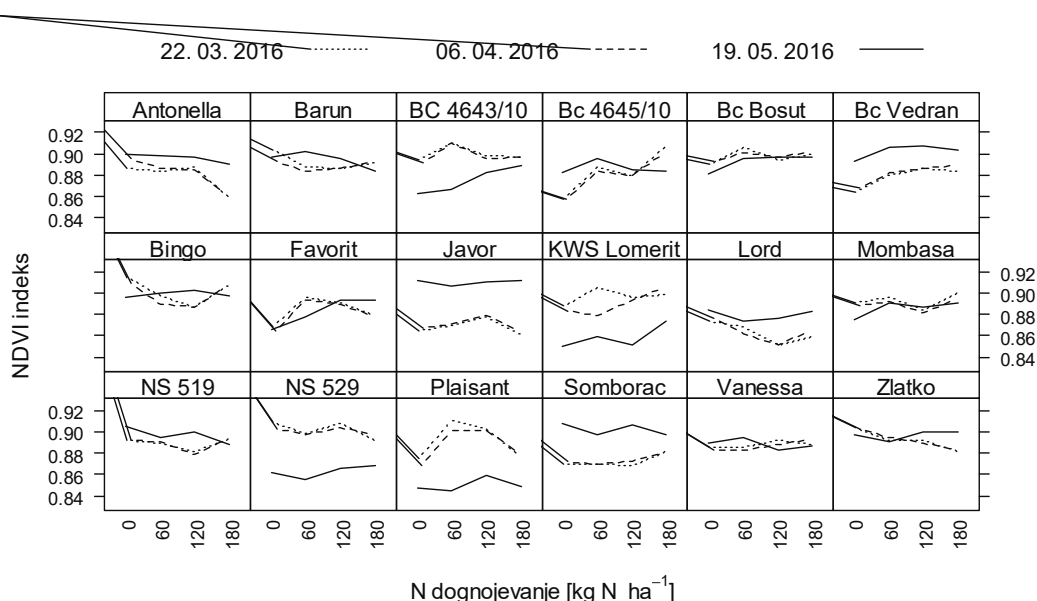


Slika 1: Povezanost NDVI indeksa in pridelkov zelinja (sveža masa) ob prvi košnji za štiri termine opravljanja multispektralnih meritev. R^2 kaže na uspešnost napovedi pridelka na podlagi NDVI vrednosti, p je statistična značilnost modela.

3.2 Poljski poskus s sortami in načini gnojenja ječmena

Rezultati NDVI snemanja (slika 2) kažejo, da največjo variabilnost v NDVI pojasni datum meritve, saj se prva dva termina značilno razlikujeta od zadnjega. Prva dva termina se med sabo ne razlikujeta, kar kaže na relativno majhno spremembo v posevkih v času od 22. 3. 2016 do 6. 4. 2016 in tudi ustrezno ponovljivost izvedenih multispektralnih meritev. V zadnjem terminu, 19. 5. 2016, je pri nekaterih sortah NDVI vrednost upadla, kar povezujemo

s spremembo odbojev svetlobe zaradi klasenja (zgodnje sorte); pri nekaterih sortah pa je vrednost NDVI tudi narasla zaradi zgostitve sestoja pred klasenjem in nekoliko večjih koncentracij klorofila v kasnejših datumi. Odzivnost NDVI na dognojevanje z N je bila dokaj slaba; pri večini sort se NDVI ni razlikoval med ravnmi dognojevanja z N v nobenem od terminov meritev. Relativno majhna odzivnost na dognojevanje z N je bila ugotovljena tudi za druge parametre posevka (koncentracija klorofila, koncentracija nitrata in vsebnost N), čeprav se je proti kasnejšim terminom meritev kazal trend večjih vrednosti pri višjih odmerkih N. Pridelek zrnja (kg/ha) je bil izrazito povezan z dognojevanjem z N. Korelacije med NDVI in parametri zelnja so bile relativno majhne in večinoma neznailne, največje so bile ob srednjem terminu 6. 4. 2016. Z NDVI je bila najbolj povezana vsebnost dušika v zelnju ($r = 0,30$). Pridelek zrnja je bil v značilni korelaciji z NDVI le pri nekaterih sortah, natančneje pri tistih, kjer je NDVI naraščal z dodajanjem N. Največje korelacije med NDVI in pridelkom zrnja so bile v drugem in tretjem terminu meritev NDVI: 0,86 pri sorti 'Favorit', 0,78 pri sorti 'BC 4643/10' in 0,67 pri sorti 'Bc Bosut'.

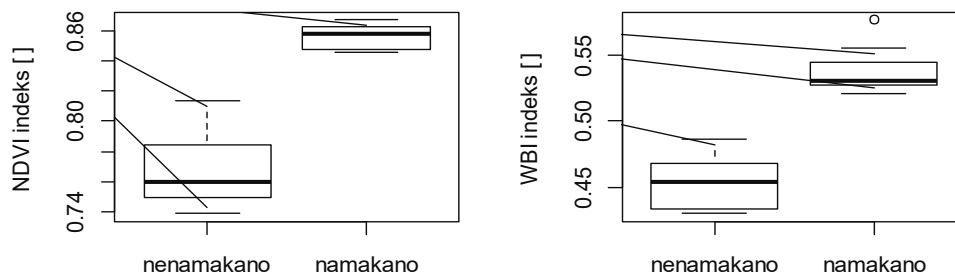


Slika 2: Povprečne vrednosti NDVI indeksa po ravneh dognojevanja z dušikom za 18 proučevanih sort ječmena v treh terminih snemanja.

3.3 Poljski poskus z namakanjem koruze

Vsebnost vlage v zgornjih 10 cm tal je bila dne 3. 8. 2016 28,1 % na namakani in 25,9 % na nenamakani površini. Tako NDVI kot WBI indeks sta se značilno razlikovala med namakanim in nenamakanim posevkom koruze ($p < 0,001$) (slika 3). Povprečji za NDVI in WBI sta znašali 0,77 in 0,45 za nenamakano površino ter 0,86 in 0,54 za namakano površino (slika 4). Višji indeks na namakani površini je lahko posledica več dejavnikov, ki delujejo hkrati ali posamezno; na namakani površini smo ugotovili tako višji indeks listne površine (5,3 proti 3,3) kot tudi višje vsebnosti klorofila. Čeprav leta 2016 med vegetacijo koruze na SV Slovenije ni bilo izrazite suše, se je namakanje izrazilo v večji listni površini oziroma gostejšem sestoju, učinkovitejšem privzemu hranil, večji vsebnosti klorofila ter zato tudi v

drugačnih vrednostih odboja svetlobe (večja absorpcija v PAR območju in večji odboj v bližjem IR spektru).



Slika 3: Indeksa NDVI in WBI na nenamakani in namakani površini s silažno koruzo dne 3.8.2016.

4 RAZPRAVA

Uporabnost vegetacijskih indeksov za oceno zelene biomase, listne površine, fotosintezne učinkovitosti in stresa, izračunanih iz multispektralnih snemanj vegetacije je bila potrjena že v veliko primerih po svetu. Posebej visoke korelacije med temi indeksi in dejanskimi podatki o stanju vegetacije ter s tem zmožnost napovedi agronomsko in fiziološko pomembnih lastnosti vegetacije se kažejo v raziskavah na prostorsko večjih območjih, saj je tam razpon vrednosti velik (Huete, 2004). V naši raziskavi smo na treh primerih pokazali, da je tudi na prostorsko majhnih ploskvah v majhnih razponih vrednosti uporabnost multispektralnih posnetkov zadovoljiva. Slabšo napovedovalno zmožnost smo ugotovili za primer z ozimnim ječmenom, kjer je bil razpon vrednosti NDVI najmanjši; posebej slabe korelacije z NDVI meritvami so se izkazale za meritve lastnosti zelinja, ki zajemajo kratkoročnejše procese (vsebnost NO_3^- , vsebnost klorofila), nekoliko boljše pa so bile napovedi za skupni pridelek, ki je bolj integrativna mera kakovosti posevka.

V naši raziskavi smo uporabili zelo splošne vegetacijske indekse (t.i. broadband index). Nasprotno z uporabo bolj specifičnih indeksov, ki hkrati korigirajo za neželene vplive atmosfere, tal, strukture vegetacijske odeje in podobno, pričakujemo boljše ocene stanja posevkov s pomočjo daljinskega zaznavanja. Tudi v primeru ustrežnejših vegetacijskih indeksov je za uporabnost metod daljinskega zaznavanja nujna ustrezna umerjenost dobljenih vrednosti z dejanskimi lastnostmi posevka, pri čemer je določena umeritvena krivulja verjetno uporabna le za primer, na katerem je bila pridobljena, saj se vrednosti vegetacijskih indeksov lahko značilno razlikujejo med tipi vegetacije, vrstami rastlin, tipi tal, načini upravljanja z zemljišči, ipd. (Johnson, 2014).

Multispektralne meritve vegetacije in posevkov imajo, kljub potencialu pri raziskavah v agronomiji in uporabi v pridelavi, svoje omejitve, ki se jih je treba jasno zavedati. Tudi v našem preprostem primeru namakanja koruze smo opozorili, da takšne meritve mnogokrat niso dovolj specifične, saj podobne spektre odbojev svetlobe lahko povzroči več dejavnikov. Suša, pomanjkanje hranil, redkejša vegetacija zaradi slabšega vznika ali toče, druge fiziopatije (npr. zaradi ozonskih poškodb) in bolezni so primeri prizadetosti posevka s podobnimi učinki na spekter odbojev svetlobe (Peñuelas in Filella, 1998; Hatfield in Prueger, 2010). Omejitve so tudi bolj tehnične narave; pomembne so svetlobne razmere meritev (osončenost, kot sonca nad vegetacijo z čim manj sencami, kot senzorja), ustrezna kalibracija meritev, korekcija za

atmosferske učinke pri snemanjih iz večjih višin, ipd. Razvoj tako na področju senzorjev kot tudi pri oblikovanju učinkovitejših vegetacijskih indeksov obeta, da se bodo omenjene omejitve meritev v prihodnje zmanjševale.

5 LITERATURA

- Hatfield, J.L., Prueger, J.H., 2010. Value of using different vegetative indices to quantify agricultural crop characteristics at different growth stages under varying management practices. *Remote Sens.* 2, 562–578.
- Huete, A.R. 2004. Remote sensing for environmental monitoring. V: *Environmental monitoring and characterization*. Artiola, J.F., Pepper, I.L., Brusseau, M. (ur.). Elsevier Academic Press, Burlington, ZDA, 183–206.
- Johnson, D.M., 2014. An assessment of pre- and within-season remotely sensed variables for forecasting corn and soybean yields in the United States. *Remote Sens. Environ.* 141, 116–128.
- Knapič, M., Žibrat, U. 2015. Hiperspektralno slikanje in možnosti uporabe v kmetijstvu. V: Čeh, B. in sod. (ur.). *Novi izzivi v agronomiji 2015: zbornik simpozija, laško, 29. in 30. januar 2015*. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo: 116–121.
- Knipling, E.B., 1970. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. *Remote Sens. Environ.* 1, 155–159.
- Mahlein, A.K., Rumpf, T., Welke, P., Dehne, H.W., Plümer, L., Steiner, U., Oerke, E.C., 2013. Development of spectral indices for detecting and identifying plant diseases. *Remote Sens. Environ.* 128, 21–30.
- Mariotto, I., Thenkabail, P.S., Huete, A., Slonecker, E.T., Platonov, A., 2013. Hyperspectral versus multispectral crop-productivity modeling and type discrimination for the HypsIRI mission. *Remote Sens. Environ.* 139, 291–305.
- Oštir, K. 2006. *Daljinsko zaznavanje*. Založba ZRC, Ljubljana: 250 s.
- Peñuelas, J., Filella, L., 1998. Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. *Trends Plant Sci.* 3, 151–156.
- Salamí, E., Barrado, C., Pastor, E., 2014. UAV flight experiments applied to the remote sensing of vegetated areas. *Remote Sens.* 6, 11051–11081.
- Suomalainen, J., Anders, N., Iqbal, S., Roerink, G., Franke, J., Wenting, P., Hünninger, D., Bartholomeus, H., Becker, R., Kooistra, L., 2014. A lightweight hyperspectral mapping system and photogrammetric processing chain for unmanned aerial vehicles. *Remote Sens.* 6, 11013–11030.
- Zhang, C., Kovacs, J.M., 2012. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. *Precis. Agric.*

Prototip operativne napovedi namakanja

Andreja SUŠNIK¹³², Gregor GREGORIČ¹³³, Katja KOZJEK¹³⁴

Izvleček

Zaradi intenzivnejših in daljših sušnih obdobji v vegetacijski sezoni, ki jih obetajo tudi najnovejši podnebni scenariji za Slovenijo, se v kmetijski pridelavi težko izognemo težavam povzročenim ob sušnem stresu pri kmetijskih rastlinah. Po hudih sušah po letu 2003 se je več pridelovalcev odločilo za namakanje, vendar je znanje o pravilnem namakanju še pomanjkljivo. Prepogosto namakanje temelji na intuiciji, premalo pa na dejanskem stanju vremena in vode v tleh na dani lokaciji. Na Agenciji RS za okolje (ARSO) že od leta 1994 uporabljamo operativno orodje 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 vključuje tudi vremensko prognozo v napoved namakanja. To pomeni, da ob napovedi večjih padavinskih dogodkov lahko namakanje izpustimo. S tem reguliramo dodajanje vode in ne dodajamo prevelikih ali premajhnih količin vode. V članku predstavljamo prototip operativne napovedi namakanja na pilotnem primeru nasada češenj sorte Gisela v Biljah. Članek vsebuje tudi ocene sprememb meteorološke vodne bilance v obdobju 2006-2015, projekcije podnebnih sprememb v 21. stoletju ter modelske ocene vodne bilance češnje in namakanja v poletju 2016 in ocene natančnosti napovedi.

Ključne besede: namakanje, vodna bilanca, napoved namakanja, podnebne spremembe

Prototype of operational irrigation forecast

Abstract

Due to more intense and longer dry periods in the vegetation season, which are also forecasted in recent climate change scenarios for Slovenia, it is very difficult to avoid difficulties in the agricultural production caused by drought stress on agricultural crops. In the last years more agricultural producers have decided for irrigation, but knowledge about accurate irrigation is still deficient. Too often is irrigation based on intuition, too little on real state of weather and soil water on specific location. Operational tool for monitoring of water balance of agricultural crops - model IRRFIB has been used at Slovenian Environment Agency for years. Model enables calculation of irrigation water for specific crop with integration of users input data (soil, phenology, type of irrigation). Model incorporates also weather forecast in the irrigation forecast. That means that in the case of forecasted abundant rain events irrigation could be omitted. This enables regulation of water applications, irrigation with superabundant/not sufficient amount of water. In the article prototype of operational irrigation forecast on the pilot case of cherry orchard var. Gisela in Bilje in summer 2016, is presented. Article includes analysis of meteorological water balance changes in the period 2006-2015, climate change projections for 21st century, model estimates of cherry-tree water balance and irrigation in 2016 and accuracy of irrigation forecast.

Key words: irrigation, water balance, irrigation forecast, climate change

1 SPREMEMBE LASTNOSTI KMETIJSKIH SUŠ ZAHTEVAJO PLANIRANJE NAMAKANJA

Kmetijska zemljišča v Sloveniji so v zadnjem desetletju vse pogostejše pod pritiskom daljše in intenzivnejše kmetijske suše, v letih 2000, 2001, 2003, 2006, 2007, 2012 in 2013 je suša

¹³² Dr., Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, e-pošta: andreja.susnik@gov.si

¹³³ Dr., prav tam, e-pošta: gregor.gregoric@gov.si

¹³⁴ Mag. geofiz., prav tam, e-pošta: katja.kozjek@gov.si

preseгла prag naravne nesreče (Sušnik, 2014). Tudi raziskave ocene tveganja suše do konca 21. stoletja za Slovenijo kažejo, da se povratne dobe suš ob isti intenzivnosti krajšajo, torej bodo suše v prihodnosti vse bolj pogoste in izrazite (ARSO, 2016 a). Na ARSO smo v letu 2016 začeli s projektom »Ocena podnebnih sprememb do konca 21. stoletja«. Projekt obravnava pripravo ocene podnebnih sprememb v prihodnosti ter njihov vpliv na izredne dogodke, med katere spada tudi suša. Obravnavana sta dva scenarija značilnih potekov vsebnosti v prihodnosti: zmerno optimističen RCP4.5 in pesimističen RCP8.5.¹³⁵

Eden izmed prilagoditvenih ukrepov na podnebne spremembe je optimalno in vodeno *namakanje z upoštevanjem vremenske napovedi*. Še dodaten argument za ukrep namakanja je dejstvo, da se državne pomoči ob razglasu suše v kmetijstvu znižujejo in je treba spodbujati trajnostne rešitve. Na primer, po suši leta 2013 je Vlada Republike Slovenije sprejela Program odprave posledic škode v kmetijstvu zaradi suše in namenila leta 2014 državno pomoč le še v višini 5 % ocenjene neposredne škode (še v 2003 okrog 30 %).

Velik napredek v smeri ponovnega razvoja namakanja v Sloveniji je osnutek *Načrta razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu do leta 2020* ter *Program ukrepov za izvedbo načrta razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu do leta 2020* (MKGP, 2016).

Pomemben gradnik za izvajanje strokovno pravilnega namakanja je spremljanje vodne bilance tal, meritve vode v tleh ter *napoved namakanja z vključevanjem vremenske prognoze*. Prvi poskusi spremljanja vodne bilance z napovedjo namakanja izbranih zelenjadnic in poljščin na Ptujsko-Dravskem polju so potekali v sodelovanju s kmetijsko svetovalno službo Kmetijsko-gozdarskega zavoda Maribor (KGZS – Zavod Maribor) v letih 2009 in 2010 v okviru projekta Pomanjkanje vode v alpskem prostoru (2008). Vzpodbudni rezultati so bili dovolj tehten razlog, da spremljanje vodne bilance na tem območju danes postaja že utečena praksa.

V članku se bomo osredotočili na napoved namakanja, ki izhaja iz modelske ocene vodne bilance češnje na testni lokaciji Bilje. V sodelovanju s kmetijsko svetovalno službo se novembra 2016 dogovarjamo tudi za operativni bilten Napovedi namakanja na regijskih centrih kmetijske svetovalne službe KGZS.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Raziskovalna lokacija in podatki

Prototip napovedi namakanja smo izvedli na lokaciji meteorološke postaje Bilje, ki je nameščena v bližini Sadjarskega centra v Biljah (geografska širina 45° 54', geografska dolžina 15° 38', 55 m nmv). Za analizo napovedi namakanja smo uporabili dnevne padavinske podatke in podatke meritev meteoroloških spremenljivk postaje Bilje, ki so potrebne za izračun referenčne evapotranspiracije v obdobju poletja v letu 2016. Za klimatološko analizo

¹³⁵ Imena scenarijev so določena po pribitku neto dolgovalovnega sevanja na površini Zemlje, ki je posledica povečane koncentracije toplogrednih plinov v ozračju. Značilni potek RCP8.5 predvideva stalno vztrajno rast koncentracije toplogrednih plinov celotno 21. stoletje in nadaljevanje rasti tudi v naslednjem stoletju. Ob koncu 21. stoletja naj bi bil pribitek neto dolgovalovnega sevanja 8,5 W/m², kar po izračunih, narejenih s pomočjo globalnih klimatskih modelov, pomeni dvig povprečne temperature na površju Zemlje za približno 3,7 °C glede na referenčno obdobje 1986-2005 (zaradi negotovosti pri izračunu je primerneje navajati interval od 2,6 °C do 4,8 °C). Značilni potek RCP4.5 pa predvideva stabilizacijo pri pribitku neto dolgovalovnega sevanja 4,5 W/m² in naj bi po izračunih privedel do povprečnega dviga temperature do konca 21. stoletja za 1,8 °C (oziroma v razponu od 1,1 °C do 2,6 °C).

smo uporabili tudi podatke o padavinah in referenčni evapotranspiraciji (meteorološki vodni bilanci) iz arhiva ARSO (ARSO, 2016 b) za obdobje 2006-2015.

Za izračun napovedi namakanja češnje sorte Gisela so bili poleg meteoroloških podatkov v realnem času uporabljeni še podatki o vodozadrževalnih lastnostih tal in fenološki podatki. Podatke o vodozadrževalnih lastnostih tal (efektivna poljska kapaciteta tal) smo pridobili s pedološko analizo Biotehniške fakultete (Pintar in sod., 2010). Podatke o fenološkem razvoju smo pridobili iz fenoloških opazovanj Sadjarskega centra v Biljah (Fajt, 2016) in iz fenološkega arhiva ARSO (ARSO, 2016 b). Da bi se vrednostim realnih datumov fenoloških faz čim bolj približali, smo za napoved namakanja uporabili oceno medfaznih razlik fenološka povprečja za češnje v Biljah iz dolgoletnih povprečij fenoloških podatkov, zbranih v bazi fenoloških podatkov državnega fenološkega monitoringa ARSO (ARSO, 2016 b). Prav tako so iz te baze povzeti podatki o globini koreninskega sistema (D) kmetijskih rastlin ter koeficienti kmetijskih rastlin (Kc), ki so v omenjeni bazi povzeti po Allen in sod. (1998). Fenološki podatki so izraženi v datumih fenoloških faz s prilegajočimi se koeficienti rastlin za vsako razvojno fazo in z globino korenin od začetne faze do popolnega razvoja. V članku so vodnoretencijske lastnosti tal izražene v mm vode pri poljski kapaciteti (PK) in točki venenja (TV), ki sta potrebni za določitev velikosti talnega vodnega zbiralnika v območju korenin t. i. rastlini dostopne vode (RDV). Tla so v analizi modelirana kot ena plast, pri čemer zanemarimo kapilarni dvig. Skupna poljska kapaciteta tal do globine 60 cm m je na lokaciji Bilje 161 mm.

Za oceno stanja meteorološke vodne bilance v prihodnosti smo uporabili preliminarne rezultate že prej omenjenega projekta »Ocena podnebnih sprememb do konca 21. stoletja«, ki trenutno poteka na ARSO. Meteorološka vodna bilanca je bila izračunana iz dnevni ocen količine padavin in evapotranspiracije za obdobje 2011-2100 za oba značilna poteka vsebnosti RCP4.5 in RCP8.5.

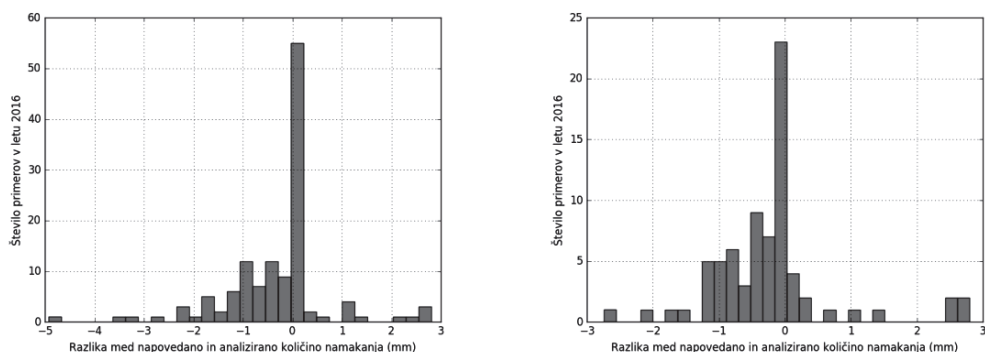
2.2 Vodno bilančni model IRRFIB 0.3.1

Agrometeorološki model IRRFIB je bil razvit na Oddelku za agrometeorologijo na ARSO. Združuje dva različna modula: modul za namakane kmetijske rastline ter modul za nenamakane rastline. Obema moduloma je skupen postopek za izračun referenčne evapotranspiracije po Penman-Monteithovi metodi in model, ki simulira vodno bilanco kmetijskih rastlin, ki uporablja metodologijo po Allen in sod. (1998). Modul za namakane rastline omogoča izračun različnih namakanj (kapljično, namakanje s fiksnim obrokom) ter ne upošteva omejitev oskrbe z vodo pri namakanju ali podatkov o prispevku podzemne vode. V članku smo analizirali le kapljično namakanje z visoko učinkovitostjo namakalnega sistema.

Po letu 2009 se je razvoj modela usmeril v sledenje vodne bilance nenamakanih rastlin ter ugotavljanje količinskega primanjkljaja vode za kmetijske rastline oziroma sušnega stresa (Sušnik in Valher, 2012; 2013; 2014). IRRFIB je bil tudi uporabljen 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) v študijah vpliva podnebnih sprememb in variabilnosti suš ter vodnega primanjkljaja (Valher, 2016). Leta 2010 je bil model korigiran (Sušnik in Habič, 2012) za potrebe ugotavljanja sušnih razmer in vodnega primanjkljaja različnih nenamakanih rastlin. Korigirana verzija modela je bila uporabljena za prototip napovedi namakanja. Natančnejši opis modela je dostopen tudi v Sušnik (2006) in Sušnik (2014), Sušnik in Valher (2015), Valher (2016).

2.2.1 NAPOVED NAMAKANJA

Posebnost in prednost modela je možnost vključevanja vremenske napovedi za 5 dni vnaprej. Vhodni podatek v model so 5-dnevne napovedi sledečih meteoroloških spremenljivk: minimalna in maksimalna dnevna temperatura zraka, relativna vlaga zraka, trajanje sončnega obsevanja, hitrost vetra in padavine. Na ARSO se dnevno generirajo prognoze teh spremenljivk z uporabo modela Evropskega centra za srednjeročno napoved vremena ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts). Iz modelskih vrednosti ECMWF za minimalno in maksimalno dnevno temperaturo zraka, relativno vlaga zraka, trajanje sončnega obsevanja ter hitrost vetra se po Penman-Monteithovi metodi nato izračuna napoved potencialne evapotranspiracije za do 5 dni vnaprej. Ta je v naslednji fazi, skupaj z napovedjo količine padavin, pogonska spremenljivka modela IRRFIB. V članku so zbrani, prikazali in analizirani podatki za napovedi namakanja češenj v Biljah za obdobje med 3. junijem in 10. oktobrom 2016. Napovedi smo primerjali z analizami optimalnih namakalnih količin na podlagi meteoroloških meritev, opravljenih na meteorološki postaji Bilje. Model ne preveri napovedi na podlagi dejanske porabe rastlin (npr. s pomočjo meritev vsebnosti vode v tleh v neposredni bližini obravnavanih dreves), temveč ugotovi razliko, ki jih pri ocenjevanju namakalnih količin prinese uporaba različnih podatkovnih virov – napovedi (za en ali več dni vnaprej) in meteoroloških meritev.



Slika 1: Porazdelitev razlik med en dan naprej napovedano in analizirano namakalno količino za češnje na lokaciji Bilje med 3. junijem in 10. oktobrom 2016, in sicer vse razlike v tem obdobju (levo) in razlike, ki so nastale ob napovedi suhega vremena (desno)

Na sliki 1 so prikazane razlike med en dan naprej napovedano in naknadno analizirano namakalno količino za češnje v Bilju v obdobju med 3. junijem in 10. oktobrom 2016. Na levi strani slike je narisana porazdelitev razlik za vse dni v obravnavanem obdobju. Povprečna napaka znaša $-0,35$ mm; v povprečju torej napoved podcenjuje potrebe po namakanju, vendar je razlika majhna. Standardni odklon znaša $1,05$ mm. V povprečju lahko torej od napovedi pričakujemo rahlo podcenjene vrednosti s pričakovano napako okoli 1 mm dnevno. Občasno pa se lahko zgodi, da so napake večje (do 5 mm). Del napake je gotovo mogoče pripisati težavam pri napovedovanju količine padavin, zato je bila podobna analiza narejena samo za dneve, ko je bila napoved količine padavin zanemarljiva (manj kot $0,1$ mm) ali pa je bilo napovedano suho vreme (slika 1 desno); v celotnem obdobju je bilo med 129 dnevi takih, ki ustrezajo temu kriteriju, 75 . Po pričakovanjih se je povprečna napaka napovedi (po absolutni vrednosti) znižala na $-0,21$ mm, tudi ekstremno velikih napak je manj in dosegajo manjše vrednosti. Morda presenetljivo pa se standardni odklon ni pomembno znižal (znaša $0,93$ mm);

tudi ob odsotnosti napovedanih padavin je torej z napako blizu 1 mm obremenjena tudi napoved evapotranspiracije.

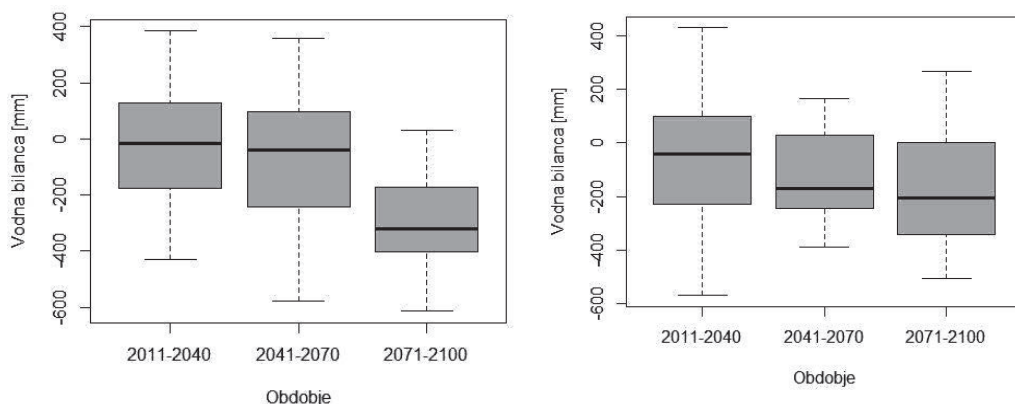
Analizo smo naredili tudi za napovedi, ki segajo do 5 dni v prihodnost (ni prikazano na sliki). Povprečna napaka naraste (vendar do 5. dneva napoved še vedno ne podceni namakalnih količin več od 0,5 mm), standardni odklon naraste za okoli 60%. Razlike med primeri z napovedanimi zaznavnimi količinami padavin in brez njih pa so podobne kot pri enodnevnih napovedih.

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

3.1 Meteorološka vodna bilanca za češnje v Biljah 2006-2015 in projekcije podnebnih sprememb

Pozitivna kumulativna poletna vodna bilanca (vsota dnevne vodne bilance v juniju, juliju in avgustu) je bila zabeležena le enkrat v obdobju, in sicer v poletju 2014, ki je bilo nadpovprečno namočeno. V preostalih letih je bila poletna vodna bilanca negativna. Največji primanjkljaj v vodni bilanci je bil izmerjen poleti leta 2012, ko se je vrednost spustila pod -300 mm. Trikrat v obdobju so primanjkljaji presegli 200 mm (2006, 2012, 2013), pod 100 mm se je vodna bilanca spustila kar v šestih od desetih poletij (2006, 2007, 2009, 2011, 2012 in 2013). Povprečna kumulativna poletna vodna bilanca za obdobje 1981-2010 za postajo Bilje je -81,2 mm. Povprečje zadnjih desetih let (obravnavano obdobje 2006-2015) je -119,8 mm. Vrednosti kumulativne poletne vodne bilance se v zadnjih letih v povprečju znižujejo.

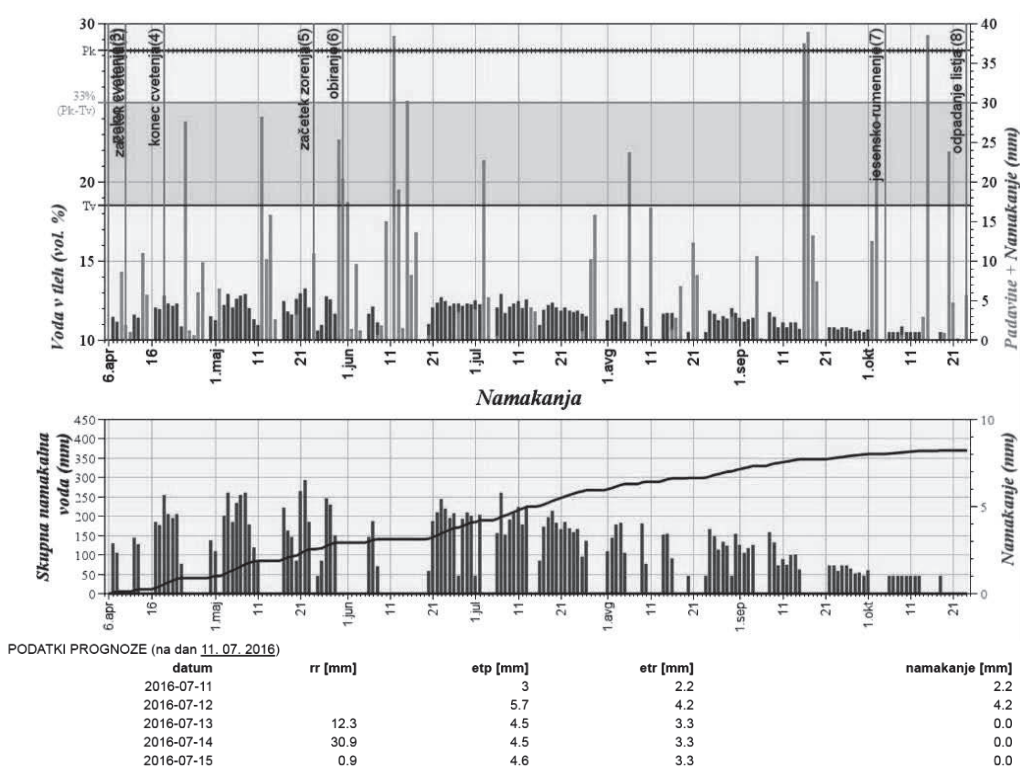
S pomočjo preliminarne rezultate projekta »Ocena podnebnih sprememb do konca 21. stoletja« (ARSO) smo preverili, če se bo trend nižanja v prihodnosti nadaljeval. Iz ocen kumulativnih vrednosti poletne vodne bilanca za obdobje 2011-2100 smo izrisali kvartilna diagrama kumulativne poletne vodne bilance za tri obdobja do konca 21. stoletja (2011-2040, 2041-2070 in 2071-2100) za oba značilna poteka vsebnosti RCP4.5 in RCP8.5 (slika 2).



Slika 2: Kvartilna diagrama kumulativne poletne vodne bilance za tri obdobja do konca 21. stoletja (2011-2040, 2041-2070 in 2071-2100) za oba značilna poteka vsebnosti RCP4.5 in RCP8.5.

Kvartilna diagrama prikazujeta razpršenost vrednosti kumulativne poletne vodne bilance med leti znotraj posameznega obdobja. Z obeh diagramov je razvidna velika medletna variabilnost poletne meteorološke vodne bilance (velik razpon »ročajev«). Oba diagrama tudi jasno nakazujeta zniževanje poletne vodne bilance za oba značilna poteka vsebnosti v prihodnosti.

Po zmerno optimističnem poteku vsebnosti RCP4.5 se v vsakem 30-letnem obdobju kažejo postopno nižje vrednosti. Do konca 21. stoletja se bodo vrednosti poletne vodne bilance v povprečju spustile pod -200 mm, kar je več kot 100 mm manj kot v dolgoletnem povprečju 1981-2010. Po pesimističnem poteku vsebnosti RCP8.5 pa signal v prvih dneh obdobjih ni povsem jasen, vrednosti vodne bilance naj bi se do leta 2070 le malce znižale, strm padec vrednosti je nakazan v zadnji tretjini 21. stoletja. Ob koncu 21. stoletja naj bi povprečni primanjkljaj v poletni vodni bilanci znašal okrog 300 mm.



Slika 3: Primer napovedi kapljičnega namakanja češnje v Bilju na dan 11. julij 2016.

3.2 Vodna bilanca češenj in napoved namakanja

Napoved namakanja smo v dnevnem protokolu izračunavali na ARSO in rezultate vodnih bilanc z namakanji in prognozo posredovali uporabnikom Sadjarskega centra (primer slika 3). Napoved namakanja grafično prikazuje potek vodne bilance češnje od začetka vegetacijskega obdobja ter tabelaričen prikaz, kolika naj bo količina dodane vode za naslednjih pet dni. Na ta način so si tehnologi v Sadjarskem centru lahko organizirali aplikacijo namakanja za naslednji dan oziroma opustili namakanje, če zaradi napovedi padavin ni bilo potrebno namakati. Z vključevanjem prognoze in podatkov meteorološkega monitoringa v vodnobilančni model IRRFIB lahko zmanjšamo število namakanj in količino namakalne vode ob eventualnih napovedanih padavinah. To omogoča oceno količine vode, ki bo v prihodnjih dneh potencialno izhlapela z rastlinskega pokrova, in temu enakovredno aplikacijo vode. Uporaba različnih podatkovnih virov s seboj prinaša različno obremenjenost z napako; analiza je pokazala, da uporaba vremenske prognoze namesto lokalnih meteoroloških meritev v

povprečju prinaša napako od 1 mm (za prvi dan prognoze) do 1,6 mm (za 5 dan prognoze), ki jo je pri uporabi potrebno upoštevati.

4 SKLEPI

Značilno za suše v zadnjem desetletju je poleg spremembe jakosti in trajanja tudi čas pojavljanja. Poleg običajne poletne suše se srečujemo s spomladansko in pozno poletno hidrološko sušo, ki pomembno vplivata na celoten vodni krog, kar je za načrtovanje namakanja zelo pomembno. Zgodnja spomladanska suša lahko moti prva spomladanska opravila, vpliva na premik rokov setve in v kombinaciji z vetrom ali visokimi temperaturami še dodatno sproža težave (burja ob spomladanski suši in vetrna erozija; ARSO, 2016).

K racionalnejši porabi vode za namakanje lahko prispeva uporaba sistemov za optimizacijo namakanja. Uporaba vremenske prognoze prinese določeno napako, ki jo moramo pri načrtovanju upoštevati; kljub temu pa ima prognoza pomembno vlogo, zlasti pri načrtovanju namakanja za nekaj dni vnaprej.

5 LITERATURA

- Alp Water Scarce - Upravljanje z vodami in pomanjkanje vode v Alpah. 2008. Dostopno na: http://www.alpine-space.org/2007-2013/uploads/tx_txrunningprojects/Recommendations_SI.pdf
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper. Technical report. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: 300 str.
- ARSO. 2016. Bilteni vodnobilančnega stanja kmetijskih tal.
Dostopno na: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/recent/wb/currentyear/>.
- ARSO 2016 a. Povzetek ocene tveganja za sušo, 4. oktober 2016.
Dostopno na: <http://www.meteo.si/met/sl/agromet/publications/>
- ARSO 2016 b. Arhiv meteoroloških in fenoloških podatkov.
- Fajt, N. 2016. Fenološki podatki za češnjo. Sadjarski center Bilje.
- Pintar, M. 2009. Končno poročilo za pilotno študijo o oceni porabljene količine vode za namakanje površin. Pilotna študija. Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije: 23
- Pintar, M., Korpar, P., Zupanc, V. 2010. Vodnozadrževalne lastnosti izbranih lokacij ARSO. Končno poročilo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo, Center za urejanje kmetijskega prostora in agrohidrologijo. ARSO: 18 str.
- Sušnik, A., Matajč, I., Kodrič, I. 2006. Agrometeorological support of fruit production: application in SW Slovenia. WMO CAgM/ET. Meteorological Applications (Supplement): 81-86
- Sušnik, A., Valher, A. 2012. Spomladanska suša in drugi vremenski vplivi na kmetijske rastline leta 2011. Ljubljana, Ministrstvo za obrambo, Uprava RS za zaščito in reševanje, Ujma, 26: 55-69
- Sušnik, A., Valher, A. 2013. Vremensko pogojene težave v kmetijstvu v letu 2012. Ljubljana, Ministrstvo za obrambo, Uprava RS za zaščito in reševanje, Ujma, 27: 62-70
- Sušnik, A., Valher, A. 2014. Od mokre pomladi do sušnega poletja 2013. Ujma 28: 75-84
- Sušnik, A., Habič, B. 2012. Diagram modela IRRFIB. Interno gradivo. Ljubljana, Agencija RS za okolje, Oddelek za agrometeorologijo (interno gradivo)
- Sušnik, A. 2014. Zasnove kazalcev spremljanja suše na kmetijskih površinah. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 256 str.
- MKGP. 2016. Načrt razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu do leta 2020 ter Program ukrepov za izvedbo načrta razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu do leta 2020. Dostopno na: http://www.mkgp.gov.si/si/medijsko_sredisce/novica/article/12981/8134/7772a9c158dadc251c895e148c3b1241/
- Valher, A. 2016. Primerjava modelov za računanje vodne bilance tal. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko. Katedra za meteorologijo.

Deficitno namakanje v poljedelstvu in zelenjadarstvu – izzivi in perspektive

Marina PINTAR¹³⁶, Vesna ZUPANC¹³⁷

Izvleček

Tehnologija deficitnega namakanja se je razvila na območjih, kjer sta pomanjkanje vode in visoka cena te naravne dobrine prisilila pridelovalce k bolj premišljeni rabi vode. Pri tej metodi namakanja z manjšo količino dodane vode, kot bi bilo optimalno, vplivamo na rast rastlin in s tem ohranjamo pridelek, vendar z manjšo obremenitvijo naravnih virov. To tehnologijo namakanja na slovenskem prostoru uspešno preizkušamo v trajnih nasadih Obalno–kraške regije. V prispevku obravnavamo glavne izzive in perspektive, povezane z deficitnim namakanjem v poljedelstvu in zelenjadarstvu.

Ključne besede: vodna bilanca, klimatske spremembe, deficitno namakanje, poljedelstvo, zelenjadarstvo

Deficit irrigation in crop and vegetable production – challenges and perspectives

Abstract

Deficit irrigation technology was developed in the areas, where availability and the cost of water forced producers towards rational use of water. The principle of deficit irrigation is effecting plant fertility and yield potential by adding smaller amount of water than optimal, thus putting less pressure on natural resources. This technology is currently successfully tested in orchards on coastal karstic region in Slovenia. The paper addresses major challenges and possibilities for deficit irrigation in crop and vegetable production in Slovenia.

Key words: water balance, climate change, deficit irrigation, crop production, vegetable production

1 UVOD

V Sloveniji se letna količina padavin giblje od manj kot 800 mm v Prekmurju in na obali do več kot 2500 mm padavin na območju Julijskih Alp in Karavank. Kljub relativno veliki količini letnih padavin prihaja zaradi neenakomerne razporeditve dežja v času rastne dobe do pomanjkanja vode. Po scenarijih klimatskih sprememb je pričakovati, da se bo skupna količina padavin zmanjšala za približno 10 % (Kurnik in sod., 2015), po nekaterih podatkih k temu dodatno pripomorejo visoke temperature zraka, ki so se v Sloveniji v zadnjih 50 letih dvignile za 1,1 +/- 0,6 °C. Napovedi kažejo, da se bo med letoma 2001 in 2030 povprečna temperatura zraka povišala za od 0,5 do 2,5 °C, razpon spremembe količine padavin bo znašal med +10 % in do -30 % (Kajfež-Bogataj s sod., 2010). Trend zmanjšanja količine letnih padavin je največji na območju Obalno-Kraške regije, sicer je opazno zmanjšanje padavin na celotnem območju zahodne Slovenije (Agencija RS za okolje, 2016).

Vse pogostejši ekstremni vremenski pojavi otežujejo pogoje za kmetijsko pridelavo. Na pridelek vplivajo rodovitnost tal, klimatske razmere, izbira naravnim pogojem ustrezne kulturne rastline in agrotehnični ukrepi (Katerji s sod., 2008). Za ohranitev gospodarne in trajnostne kmetijske pridelave postajajo agrotehnični ukrepi za urejanje vodnega režima tal čedalje pomembnejši (Geerts in Raes, 2009). Namakanje je ukrep, s katerim zagotovimo optimalno preskrbo rastlin z vodo v času suše. Pri optimalni preskrbi rastlin z vodo sta rast

¹³⁶ Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

¹³⁷ Doc. dr., prav tam, e-pošta: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si

rastlin in transpiracija največji. Zmanjšanje količine vode v tleh vpliva na dostopnost vode za rastline, s tem tudi na rast, zmanjšata se dejanska evapotranspiracija in pridelek.

V Sloveniji kmetijstvo ni največji odjemalec vode (Cvejić in Pintar, 2013), a je kljub temu pogosto dostopnost vode v času največjih potreb pridelovalcem omejena. Deficitno namakanje je mogoča alternativa za izboljšanje konkurenčnosti kmetijske pridelave v takih okoliščinah (Costa in sod., 2007, English in Raja, 1996). Medtem ko so nekatere rastline, kot so vinska trta (Ruiz-Sanches s sod., 2010) in oljka (Moriana s sod., 2003, Podgornik in Bandelj, 2015), dobro dovzetne za deficitno namakanje, pomanjkanje vode pri zelenjadnicah bolj negativno vpliva na pridelek (Costa s sod., 2007). V prispevku obravnavamo izhodišča za to tehnologijo namakanja v Sloveniji.

2 PRINCIP DEFICITNEGA NAMAKANJA

Pri deficitnem namakanju z manjšo količino dodane vode kot bi bilo optimalno povečamo rodnost rastline in s tem pridelek, a z manjšo obremenitvijo naravnih virov (Feres in Soriano, 2007, Podgornik in Bandelj, 2015).

V tleh dostopnost vode opišemo z vodno zadrževalnimi lastnostmi tal. Interval rastlinam dostopne vode je med poljsko kapaciteto in točko venenja. Voda, ki je vezana s silo, manjšo od poljske kapacitete, praviloma prehitro odteče iz tal, da bi jo rastline lahko koristile. Voda, ki je vezana s silo, večjo od točke venenja, pa je vezana premočno. Čeprav je privzeta vrednost sile, s katero je voda vezana pri točki venenja, $-1,5$ MPa, se odziv med rastlinami razlikuje. Pri nekaterih kmetijskih rastlinah, ki imajo manjšo sesalno moč korenin, se znaki pomanjkanja pojavijo že prej, ko je voda vezana z nižjo silo. Pogosto je to pri zelenjadnicah, ki imajo plitvejši in šibkejši koreninski splet. Dostopnost vode se znotraj intervala rastlinam dostopne vode spreminja, in sicer bližje točki venenja se nahaja, več energije rastlina porabi za odvzem vode iz tal. Razpon intervala rastlinam dostopne vode je odvisen od lastnosti tal, predvsem od teksture in strukture (Tueller in Or, 2005). Za uspešno deficitno namakanje je poznavanje vodnozadrževalnih lastnosti tal nujno (Montalebifard s sod., 2013). V peščenih tleh lahko rastline hitreje občutijo vodni stres, medtem ko imajo v tleh finejših teksturnih frakcij možnost postopne prilagoditve na večji matrični potencial (Katerji s sod., 2008).

Pri konvencionalnem pristopu namakanja rastlinam dodajamo toliko vode, da je rastlina optimalno preskrbljena, t.j. do poljske kapacitete (Pintar, 2006). Hkrati pri načrtovanju namakalnega sistema upoštevamo načelo, da pokrivamo potrebe najbolj zahtevne rastline, pri čemer pokrivamo 80–90 % verjetne potencialne evapotranspiracije (Cvejić in Pintar, 2013), izračunane po Penman Monteithovi metodi (Allen s sod., 1997). Pri deficitnem namakanju je količina dodane vode pod točko optimalne preskrbe, zato jedovoljen manjši vodni stres, ki ima minimalen učinek na pridelek (English in Raja, 1996). Primanjkljaj vode pri deficitnem namakanju torej ni prepuščen naključju, temveč količino vode nadzorovano zmanjšamo glede na razvoj rastline in lastnosti tal.

Glavni izziv pri uvedbi deficitnega namakanja je ugotoviti obseg primanjkljaja, ki je za izbrano gojeno rastlino še sprejemljiv, in v katerem obdobju je gojena rastlina na primanjkljaj najmanj občutljiva. Pri deficitnem namakanju moramo natančno poznati odziv rastline na pomanjkanje vode, saj je občutljivost rastlin na vodni stres zelo različna in je odvisna od kulturne rastline, vrste, kultivarjev in fenofaze. Tako je na primer koruza občutljiva na sušo predvsem v času metličenja in oblikovanja storžev in manj v fazah vegetativne rasti (Çakir, 2004). Izboljšanje kakovosti pridelka ob ustrezni uporabi deficitnega namakanja so ugotovili pri pšenici (Tari, 2016, Sang s sod., 2016). Pri poskusih z različnimi genotipi paradižnika se je pokazalo, da se v posameznih fenofazah različni genotipi različno odzivajo na vodni deficit,

kar se odraža na količini in kakovosti pridelka (Ripoll s sod., 2016). Podobno so ugotovili pri poskusih v pridelavi glavnatega zelja (Radovich s sod., 2005).

Ključ za uspeh deficitnega namakanja predstavlja nadzor nad primanjkljajem vode, ki mu je rastlina izpostavljena. Za uravnavanje primanjkljaja vode lahko uporabimo različne indikatorje. Primanjkljaj vode lahko uravnavamo na podlagi potreb rastlin po vodi, t.j. rastlinam je v namakalnem obroku dodan ustrezno zmanjšan delež potencialne evapotranspiracije rastline (Moriana s sod., 2003); primanjkljaj lahko uravnavamo na osnovi meritev stanja rastline, t.j. merjenje vodnega potenciala v rastlini (Moriana s sod., 2003; Fernandez, 2014); primanjkljaj lahko uravnavamo tudi tako, da merimo količino vode v tleh in glede na meritve ustrezno dodajamo vodo (Moriana s sod., 2003; Ruiz-Sanches s sod., 2010). Slednja dva pristopa zahtevata določeno opremo, ki omogoča meritve na polju. Nekateri agrotehnični ukrepi zahtevajo pri deficitnem namakanju prilagoditev, npr. gostota rastlin, količina dodanega gnojila, čas setve oz. sajenja, izbira sort s krajšo rastno dobo. V izogib neželenemu primanjkljaju vode moramo pri uvedbi deficitnega namakanja natančno pripraviti urnik namakanja, ki ne zagotovi (nujno) pokritje potreb rastlin po vodi, temveč omogoči optimalno rabo vode dovedene vode (English in Raja, 1996).

3 NAMAKANJE V SLOVENIJI

Glede na klimatološke razmere je v Sloveniji namakanje lahko osnovni ukrep pri pridelovanju zelenjadnic, hmelja, jagodičevja, sadnih vrst na šibkih podlagah ali dopolnilni – v poljedelstvu. V Sloveniji je še vedno navada, da se namaka po občutku (Cvejić s sod., 2015). Pogosto so količine vode, dodane v enem obroku tako velike, da presežejo vodnozadrževalne sposobnosti tal. Po drugi strani raziskave kažejo, da večina pridelovalcev z namakanjem začne prepozno v rastni dobi rastline (Zupanc in sod., 2016). Najbolj razširjeno obliko namakanja pri velikih namakalnih sistemih predstavljajo v Sloveniji stabilni razpršilci (42 %), s katerimi namakamo poljščine (kot so koruza za zrnje, semenska koruza, sončnice), vrtnine in trajne nasade. Kapljično namakanje (32 %) se najpogosteje uporablja pri hmelju, jagodah in v drugih trajnih nasadih. Bobenski namakalniki (26 %) se uporabljajo za namakanje poljščin predvsem hmelja, koruze in oljnih buč (Cvejić in Pintar, 2013). Deficitno namakanje uspešno uporabljajo s kapljičnim nanosom vode in razpršilci v državah Sredozemlja ter v aridnih delih Severne in Južne Amerike (Moriana s sod., 2003, Ruiz-Sanches s sod., 2010), vendar je zaradi boljše učinkovitosti bolj uporabno kapljično namakanje.

V Sloveniji je za uravnavanje namakanja razširjen tenziometer, ki ob pravilni uporabi sicer zelo natančno izmeri silo vezave vode v tleh (Zupanc in Pintar, 2007), vendar deluje do podtlaka 100 kPa (1 bar oz. 1 atm). Pri deficitnem namakanju lahko vrednost podtlaka preseže mejno delovanje tenziometra, zato za uravnavanje deficitnega namakanja ni primeren. Za prenos v prakso je v Sloveniji primeren način dodajanja količine vode v posameznem obroku, ki ustreza zmanjšanemu deležu potencialne evapotranspiracije rastline. Podatki o evapotranspiraciji za referenčno rastlino za pretekli dan, teden in sezono so dostopni na podstrani agrometeorološke spremenljivke za tekoče leto Agencije RS za okolje (www.meteo.si, zadnjič dostopano 30.10.2016). Za preteklo 30–dnevno obdobje so na isti strani na voljo v grafičnem prikazu tudi za več samodejnih postaj v Sloveniji. Prognoza parametrov vodne bilance za izbrane kmetijske kulture oziroma prognoza namakanja je še na nivoju prototipa. V nekaj prejšnjih in tudi v letošnji rastni sezoni je napoved poskusno potekala na več točkah po Sloveniji (Dravsko Ptujsko polje, Goriška, Savinjska dolina). Izbrani uporabniki (zelenjadarji, sadjarji, hmeljarji) so s strokovno podporo Kmetijsko svetovalne službe preko spletnih povezav dostopali do grafičnih prikazov modelirane vodne bilance s

prognozo namakanja. Zaradi pozitivnega odziva uporabnikov potekajo priprave, da bi sistem nadgradili in prognozo namakanja razširili na več kmetijskih kultur ter ga približali čim večjemu številu uporabnikov. Ti bodo v sistem vnašali podatke o rastlinah, njihovem fenološkem razvoju, ter podatke o tleh in tudi o tehnologiji namakanja (Agencija RS za okolje, 2016). Prav tako potekajo pripravljala dela za t.i. namakalne biltene v prihodnji vegetacijski sezoni. Dodana vrednost teh biltenov bo, da bodo lahko zainteresirani uporabniki preko spletnih povezav spremljali potek vodne bilance za izbrane kmetijske kulture skupaj s prognozami namakanja (Agencija RS za okolje, 2016).

V Sloveniji obstajajo realne možnosti za uspešen prenos deficitnega namakanja v prakso. Potrebna je kombinacija znanja o principih strokovnega namakanja, poznavanju lastnosti tal, o razvoju fenofaz gojene rastline in predvsem, kako ustrezno količino dodane vode prilagoditi, t.j. obrok vode ustrezno zmanjšati glede na potencialno evapotranspiracijo ob sledenju agrometeorološke napovedi.

4 SKLEPI

Deficitno namakanje je alternativna rešitev za pridelovalce poljščin in zelenjadnic v primeru pomanjkanja vode v času suše bodisi zaradi omejenih količin vode, bodisi zaradi tehničnih težav ali administrativnih prepovedi. Za uspešen prenos principa deficitnega namakanja v prakso je potrebno poznati tudi kritične fenofaze namakanih kulturnih rastlin in dostop do opreme, ki bo omogočala nadzor deficita.

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

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and drainage paper 56. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations: 300 str.
- Agencija RS za okolje, www.meteo.si, zadnjič dostopano 30.10.2016
- Agencija RS za okolje. 2016. osebna komunikacija Ana Žust
- Çakir, R. 2004 Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research. 89(1)1–16 <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2004.01.005>
- Costa, JM., Ortuno, M., Chaves, MM. 2007. Deficit Irrigation as a Strategy to Save Water: Physiology and Potential Application to Horticulture, Invited Review. Journal of Integrative Plant Biology 49 (10): 1421–1434
- Cvejić R., Pintar M. 2013. Možnosti rabe voda za namakanje. Glas dežele, 9 (7) 1-3 (priloga: Namakanje)
- Cvejić, R., Zupanc, V., Pintar, M. 2015. Primerjava razvoja namakanja v Sloveniji z globalnim trendom = Development of irrigation in Slovenia from a global perspective. Hmeljarski bilten 22, 74-85
- English, M., Raja, S. N. 1996. Perspectives on deficit irrigation. Agricultural Water Management, 32: 1-14
- Fereres, E., Soriano, M. A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany, 58, 2: 147-159
- Fernandez, JE. 2014 Understanding olive adaptation to abiotic stresses as a tool to increase crop performance. Environmental and Experimental Botany (103) 158–179
- Geerts, S., Raes, D. 2009. Deficit Irrigation as an On-Farm Strategy to Maximize Crop Water Productivity in Dry Areas. Agricultural Water Management, 96, 1275-1284.

- Montalebifard, R., Najafi, N., Oustan, S., Nyshabouri, M. R., Valizadeh, M. 2013. The combined effects of phosphorous and zinc on evapotranspiration, leaf water potential, water use efficiency and tuber attributes of potato under water deficit conditions. *Scientia Horticulturae* 162, 31 - 38
- Nangare, D. D., Singh, Y., Kumar, P. S., Minhas, P. S. 2016. Growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by deficit irrigation regulated on phenological basis. *Agricultural Water Management*, 171, 73-79
- Katerji, N., Mastrorilli, M., Rana, G. 2008. Water use efficiency of crops cultivated in the Mediterranean region: Review and analysis *European Journal of Agronomy*. 28(4) 493-507
- Kajfež-Bogataj, L., Pogačar, T., Ceglar, A., Črepinšek, Z. 2010. Trends in agro-climate variables in Slovenia *Acta Agric. Slov.* 95 (1), 97-109
- Kurnik, B., Kajfež-Bogataj, L., Horion, S. 2015. An assessment of actual evapotranspiration and soil water deficit in agricultural regions in Europe. *Int. J. of Climatology* 35 (9), 2451-2471
- 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: 55 str.
- Podgornik, M., Bandelj, D. 2015. Deficitni princip namakanja oljčnih nasadov v Slovenski Istri. *Acta agriculturae Slovenica*, 105: 337-344
- Moriana, A., Orgaz, F., Pastor, M., Fereres, E. 2003. Yield Responses of a Mature Olive Orchard to Water Deficits. *J.Amer. Soc. Hort. Sci.* 128 (3), 425-432
- Radovich, T. J. K., Kleinhenz, M. D., Streeter, J.G. 2005. Irrigation timing relative to head development influences yield components, sugar levels, and glucosinolate concentrations in cabbage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130 (6) 943-949
- Ripoll, J., Urban, L., Brunel, B., Bertin, N. 2016. Water deficit effects on tomato quality depend on fruit developmental stage and genotype. *Journal of Plant Physiology*, 190, 26-35 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2015.10.006>
- Ruiz-Sanchez, M. C., Domingo, R., Castel, J. R. 2010. Review. Deficit irrigation in fruit trees and vines in Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8, S2: S5-S20
- Fernandez, J.E. (2014). Understanding olive adaptation to abiotic stresses as a tool to increase crop performance. *Environmental and experimental botany*. 103, 158-179
- Sang, X., Wang, D., Lin, X. 2016. Effects of tillage practices on water consumption characteristics and grain yield of winter wheat under different soil moisture conditions. *Soil and Tillage Research*, 163, 185-194
- Tari, A. F. 2016. The effects of different deficit irrigation strategies on yield, quality, and water-use efficiencies of wheat under semi-arid conditions. *Agricultural Water Management*, 167, 1-10
- Tuller, M., Or, D. 2005. Water films and scaling of soil characteristic curves at low water contents, *Water Resour. Res.*, 41, W09403,
- Zupanc, V., Pintar, M. 2007. Metode za merjenje količine vode v tleh : 1. del: tenziometer = Soil water measurement methods : 1. part: tensiometer. *Acta agriculturae Slovenica*, 89(1): 279-287
- 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. Split: Institute for Adriatic Crops, 2016

Vplivi klimatskih dejavnikov na območja z omejenimi dejavniki za kmetijstvo (OMD) v Sloveniji

Mateja ZALAR¹³⁸, Tjaša POGAČAR¹³⁹, Zalika ČREPINŠEK¹⁴⁰, Lučka KAJFEŽ BOGATAJ¹⁴¹

Izvleček

Klimatski dejavniki imajo velik vpliv na kmetijstvo in s tem posredno tudi na izplačila za omejene dejavnike za kmetijstvo (OMD). Po predlogu Joint Research Centre (JRC) se je pripravil izbor klimatskih dejavnikov, ki v Sloveniji vplivajo na kmetijsko pridelavo. Obravnavali smo dolžino rastne dobe in učinkovite temperaturne vsote. Poleg omenjenih meteoroloških dejavnikov smo analizirali še fenološke podatke in meteorološko vodno bilanco v vegetacijskem obdobju ter poleti za obdobje med leti 1981 in 2010. Izkazalo se je, da so - če upoštevamo le dolžino rastne dobe in učinkovite temperaturne vsote - v Sloveniji območja OMD le v visokogorju. Analiza fenoloških podatkov je dala podobne rezultate - omejitve se pojavljajo predvsem v višje ležečih krajih.

Ključne besede: OMD, klimatska spremenljivost, dolžina rastne dobe, vsote učinkovitih temperatur, meteorološka vodna bilanca, domača češnja, fenologija

The impacts of climatic factors on the LFA in Slovenia

Abstract

Climate factors represent a major impact on agriculture and thus on payment of LFA. According to the proposal of the JRC the selection of climate factors that impact Slovenian agriculture production was prepared. The length of the growing season and the effective temperature sum were discussed. In addition to both meteorological factors phenological data and meteorological water balance during vegetation season and summer were analyzed for the period between 1981 and 2010. It turned out that if only the growing season and the effective temperature sum are considered, that only areas in the high mountains are part of the LFA. The analysis of the phenological data gave similar results - the restrictions occur mainly in the higher altitude.

Key words: LFA, climate variability, vegetation period length, effective temperature sums, meteorological water balance, plum, phenology

1 UVOD

Slovenija podpira ohranitev Skupne kmetijske politike (SKP) v sedanji dvostebni strukturi, s skupnimi pravili in mehanizmi (Markeš, 2010). Analiza subvencijskih vlog za izravnalna plačila v območjih z omejenimi dejavniki za kmetijstvo (OMD) območjih v Sloveniji, ki jo je za obdobje 2010-2013 izdelal Kmetijski inštitut Slovenije (KIS), je pokazala, da je nov sistem vrednotenja teh območij, ki temelji na točkovanju posameznih GERK-ov oziroma kmetijskih gospodarstev, prinesel precej sprememb, tako z vidika višine individualnih plačil kot tudi z vidika razmerij med posameznimi tipi kmetijskih gospodarstev. Na osnovi izvedene analize je bilo ocenjeno, da je z metodološkega vidika sistem pravilno zasnovan in da predstavlja pomemben korak k objektivnejši oceni težavnostnih razmer v OMD v Sloveniji. Analiza je

¹³⁸ Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: mateja.zalar@bf.uni-lj.si

¹³⁹ Dr., prav tam, e-pošta: tjasa.pogacar@bf.uni-lj.si

¹⁴⁰ Doc. dr., prav tam, e-pošta: zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si

¹⁴¹ Prof. dr., prav tam, e-pošta: lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

hkrati pokazala, da bi bilo možno z izpopolnitvijo nekaterih podatkovnih baz, tudi z uporabo dodatnih, empiričnih podatkov, izboljšati sistem točkovanja (Kajfež Bogataj in sod., 2016).

Evropski parlament je decembra 2013 z uredbo št. 1305/2013 predlagal naslednja biofizikalna merila za določanje OMD za pravičnejša izplačila: nizko temperaturo zraka, suhost, prekomerno vlažnost tal, zastajanje vode, neugodna tekstura in kamnitost, plitko koreninjenje, slabe kemijske lastnosti in strmo pobočje.

Prve poskuse obravnavanja klimatskih kriterijev kot podlago za izračunavanje višine izravnalnih plačil, je možno zaslediti šele v devetdesetih letih prejšnjega stoletja. Do tedaj se je ta element težavnostnih razmer večinoma obravnaval preko nadmorske višine le kot eden izmed kriterijev za opredelitev OMD. Šele z uvajanjem t.i. registrov (katastrov) kmetijskih gospodarstev pa so bile izvedene tudi prve ocene vpliva klimatskih razmer kot omejitvenega dejavnika na kmetijsko pridelavo v OMD. Primerljivo metodologijo točkovanja kmetijskih gospodarstev lahko zasledimo predvsem v izbranih agrarno ekonomskih raziskavah švicarskih in avstrijskih avtorjev (Kajfež Bogataj in sod., 2016).

V okviru preučevanja vpliva klimatskih razmer na kmetijsko pridelavo v zadnjem obdobju tako v strokovni kot tudi znanstveni literaturi prevladujejo prispevki s področja klimatskih sprememb in njihovih posledic na potencialni obseg pridelave. Kako bodo klimatske spremembe v prihodnosti vplivale na višino pridelkov, postaja eno od osrednjih strateških vprašanj, s katerim se ukvarjajo številni znanstveniki. Lobell in Field (2007) trdita, da pri šestih glavnih globalnih kulturah dva klimatska dejavnika - vsota temperatur v rastni dobi in padavine, pojasnjujeta več kot tretjino vseh medletnih odstopanj v višini pridelka.

Poleg temperaturnega režima je predvsem vodna bilanca tal tisti klimatski dejavnik, ki najbolj neposredno vpliva na višino pridelka. Raven spreminjanja meteorološke vodne bilance se v okviru okoljskih raziskav redno spremlja s strani evropske okoljske agencije (EEA, 2012), z globalnega vidika pa tudi FAO (2012). Med številnimi simulacijami vpliva vodne bilance v tleh jih je kar nekaj izdelanih za najbolj razširjene poljščine, npr. za pšenico in koruzo (Raes in sod., 2006). Glede na to, da se je v zadnjih 60 letih Slovenija kar 18 krat soočala s pojavi suše in negativne vodne bilance v tleh, se posledično temu primerno povečuje tudi število študij na to temo v Sloveniji (Ipavec in Kajfež, 2008; Sušnik, 2014).

Za smotnejše prilagajanje kmetijskih rastlin na vodno bilanco so izrednega pomena tudi fenološki podatki. Kar nekaj raziskav v preteklosti se je ukvarjalo z obravnavo fenoloških faz posameznih rastlin, med njimi tudi tistih, ki so kot reprezentanti vključeni v model ovrednotenje vpliva klimatskih razmer kot omejitvenega dejavnika na stroške kmetijske pridelave (Sušnik, 1994; Zrnec, 1994).

2 MATERIAL IN METODE DELA

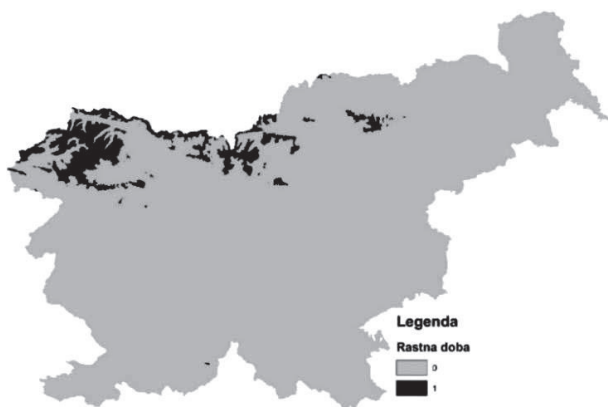
Preučili smo, ali so predlagani izračuni primerni in izvedljivi za Slovenijo, primerjali različne načine izračunov (ARSO in JRC – npr. metoda za določitev praga je različna, bolj podrobno sta metodi predstavljeni v Kajfež Bogataj in sod. (2016)) in pripravili izračune za sorodne podnebne parametre, za katere vemo, da v Sloveniji pomenijo veliko omejitev za kmetijstvo. Vključeni so bili tisti klimatski dejavniki, za katere se nam zdi nujno določiti, kakšno dodatno obremenitev predstavljajo pri pridelavi kmetijskih kultur v Sloveniji: dolžina rastne dobe, vsote efektivnih temperatur zraka za rastno sezono, temperaturni pragovi, slana ali pozeba, število hladnih dni, število ledenih dni, zgodnost fenološkega razvoja, število vročih dni in suhost. Pri tem so bili potrebni dolgi nizi podatkov brez manjkajočih vrednosti za čim več postaj po Sloveniji za obdobje 1981–2010.

Podatke, ki smo jih analizirali, smo pridobili iz arhiva meritev Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO, 2014). Podatke smo pridobili za 30 meteoroloških in 38 fenološki postaj za obdobje 1981–2010. Povprečne, najvišje in najnižje temperature smo uporabili za izračun vsot efektivnih temperatur zraka, za izračun meteorološke vodne bilance smo uporabili podatke o mesečnih padavinah in evapotranspiraciji. Natančnejši opis metod ARSO in Joint Research Centre (JRC), izračun vsote efektivnih temperatur zraka in meteorološke vodne bilance in ostalih klimatskih parametrov, prostorske interpolacije ter seštevanja kart je pojasnjen v Pogačar in sod. (2016) in v Kajfež Bogataj in sod. (2016).

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

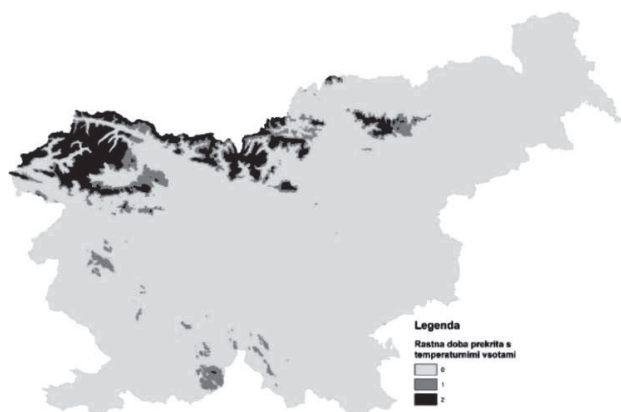
3.1 Povprečna rastna doba in efektivne vsote

Po metodi JRC smo najprej določili, kdaj je dosežen spomladanski in jesenski temperaturni prag, nato smo izračunali dolžino rastne dobe ter vsoto efektivnih temperatur zraka. Pod mejo, ki je s strani EU določena za vključitev v OMD, je le dolžina rastne dobe na Krvavcu in Kredarici, pri vsoti efektivnih temperatur zraka pa območja na Krvavcu, Planini pod Golico, Kredarici, Vojskem in Voglu. Vse te postaje ležijo nad 1000 m nadmorske višine. Upoštevati je treba še načelo verjetnosti. Če je vsaj 7 od 30 let na postaji pod pragom 180 dni oziroma pod pragom 1500 °C (meje določeno s strani JRC), se območje uvrsti v OMD. Po tem kriteriju se dodatno uvrsti le postaja Rateče. Pri rezultatih za medletno variabilnost se moramo zavedati, da teh podatkov ne moremo kartirati in zato je pripravljena karta povprečnih vrednosti (Slika 1). Rateče tako na karti niso vključene v območje pod pragom, saj cela dolina v povprečju izpade iz kriterija. Karta povprečnih vsot efektivnih temperatur je podobna karti rastne dobe, saj sta oba klimatska kriterija povezana s temperaturo.



Slika 1: Povprečna rastna doba v obdobju 1981–2010. Siva (0) označuje območje nad JRC kriterijem 180 dni, črna (1) pa pod.

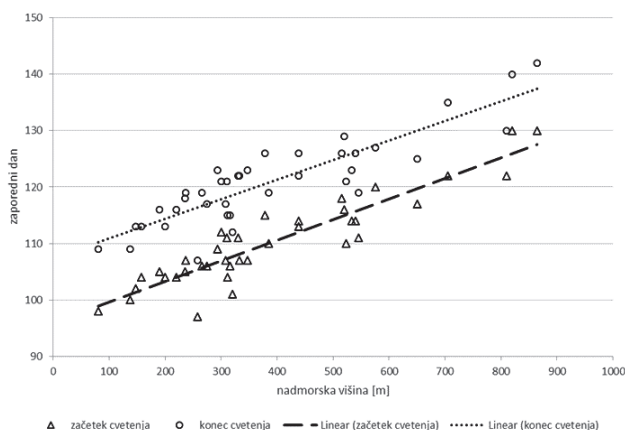
Ob prekritju kart povprečne dolžine rastne dobe in povprečnih vsot efektivnih temperatur zraka (Slika 2) so se pokazala območja, ki so popolnoma neustrezna za pridelavo kmetijskih rastlin po obeh kriterijih (gorski deli Alp, Pohorje), območja, ki so neustrezna zaradi enega ali drugega kriterija (obronki Alp in Pohorja, Snežnik) in območja, ki so povsem ustrezna po obeh kriterijih (preostala Slovenija).



Slika 2: Kombinacija doseganja praga za minimalno povprečno dolžino rastne dobe in povprečne vsote efektivnih temperatur zraka v obdobju 1981–2010. Svetlo siva (0) označuje območje nad JRC pragom tako za rastno dobo (180 dni) kot za vsote efektivnih temperatur zraka ($1500\text{ }^{\circ}\text{C}$), siva (1) označuje območja, omejena zaradi enega kriterija, črna (2) pa zaradi obeh.

3.2 Fenologija

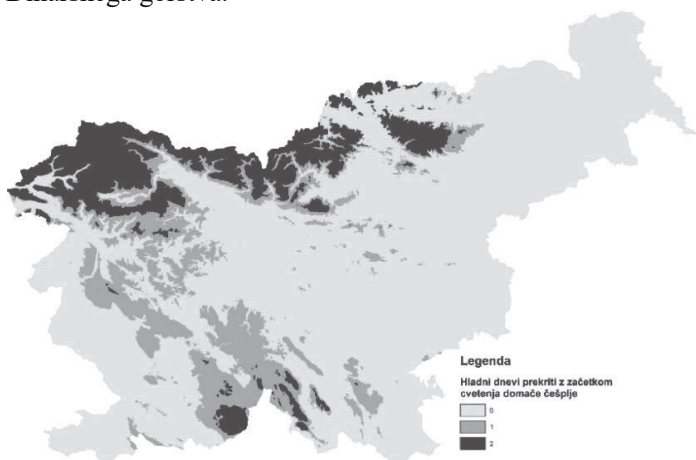
Mejo začetka cvetenja domače češplje smo postavili na 120. zaporedni dan v letu (1. maj), ker je po strokovni presoji (Sterniša, 2013) to še najkasnejši datum, ki omogoča normalno pridelavo, prav tako pa je to datum, ki še dovoljuje setev ostalih poljščin in ne omejuje pridelka. Domača češplja začne cveteti po 120. dnevu v letu v Julijskih in Kamniško-Savinjskih Alpah z okolico, na Pohorju, Snežniku z okolico, Kočevju, Idrijskem hribovju. Po pričakovanjih so to območja visokogorja. Fenološke faze cvetenja se z naraščajočo nadmorsko višino zamikajo, in sicer v povprečju za 3,5 dni na 100 m za začetek cvetenja, za 3,7 dni za splošno cvetenje (Slika 3) in za 3,5 dni za konec cvetenja.



Slika 3: Povprečni zaporedni dan začetka (trikotnik) in konca (krog) cvetenja domače češplje v odvisnosti od nadmorske višine v obdobju 1981–2010.

S prekritjem kart povprečnega števila hladnih dni in povprečnega začetka cvetenja domače češplje (Slika 4) smo dobili območja, kjer bi kmetijstvo lahko bilo omejeno zaradi poznega

začetka cvetenja, prevelikega števila hladnih dni ali obojega. Slednja so pričakovano območja Alp, Pohorja in Dinarskega gorstva.



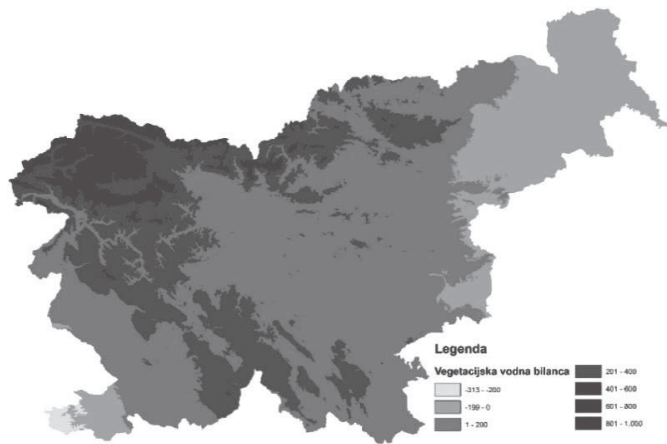
Slika 4: Kombinacija doseganja praga za dovolj zgodnji povprečni nastop cvetenja domače češnje (120. dan) in za največje povprečno število hladnih dni (135 dni) v obdobju 1981–2010. Svetlo siva (0) označuje območje pod pragom tako za nastop cvetenja kot za število hladnih dni, siva (1) označuje območja, omejena zaradi enega kriterija, črna (2) pa zaradi obeh.

Ob obravnavi več klimatskih dejavnikov lažje zajamemo različna območja, kjer se pojavljajo težave pri kmetijskih pridelavi. Nekatera območja Slovenije so znana kot mrazišča, v kotlinah se ob inverzijah pozimi zadržujejo jezera hladnega zraka. Značilna višina jezera za Ljubljansko kotlino je okoli 120 m. A ker je april najbolj prevetren mesec, kasneje pa temperaturne razlike niso več tako opazne, tudi na teh območjih v vegetacijskem obdobju večinoma ni težav. Takšnih pojavov na karte ne moremo vključiti, v kolikor se ne odražajo pri meritvah na meteoroloških postajah.

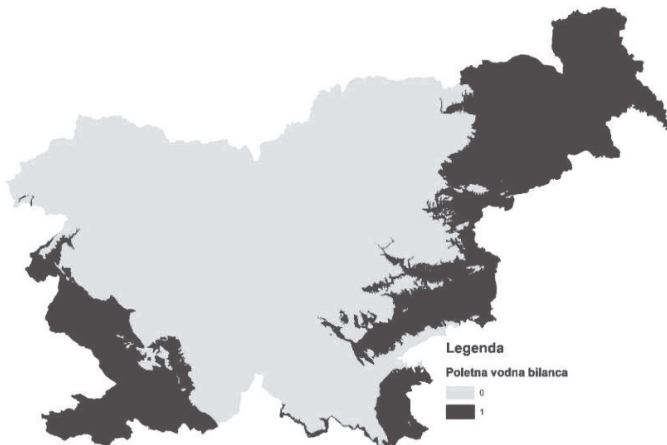
3.3 Meteorološka vodna bilanca

Pripravili smo tudi izračune poletne meteorološke vodne bilance, kjer se dejansko pomanjkanje vode pokaže bolj kot v celotnem vegetacijskem obdobju (slika 5). Območje v povprečju negativne vodne bilance sega poleti od SV in JZ globlje v notranjost Slovenije in na JV.

Poletna vodna bilanca je tako negativna na Primorskem in na severovzhodu države, kar kaže karta (Slika 6), na kateri je zeleno območje pozitivne in rdeče območje negativne vodne bilance. Pojavila se je tudi črta ob meji s Hrvaško, kjer se nakazuje negativna vodna bilanca. Glede na dejstvo, da je na tem območju porečje Kolpe in Vinice, je možna napaka pri interpolaciji zaradi pomanjkanje podatkov ob meji.



Slika 5: Povprečna vegetacijska meteorološka vodna bilanca (mm) v obdobju 1981–2010



Slika 6: Povprečna poletna meteorološka vodna bilanca v obdobju 1981–2010. S sivo (0) je označeno območje pozitivne in črno (1) območje negativne vodne bilance.

4 SKLEPI

Metodi ARSO in JRC za izračun nastopa temperaturnih pragov se med seboj razlikujeta, razlike so bile majhne. Pokazalo se je, da so po temperaturnem kriteriju (rastna doba in vsota efektivnih temperatur zraka) pod pragom le vrednosti na meteoroloških postajah v hribovitem svetu, nad ali blizu 1000 m nadmorske višine, najnižja uvrščena meteorološka postaja je v Ratečah.

Za fenološki razvoj rastlin je ključnega pomena, da je dovolj hladnih dni, preveliko število toplih ali celo vročih dni pa deluje stresno (Kajfež-Bogataj in sod., 2010). Rezultati so pokazali, da se z nadmorsko višino pričakovano zamika povprečni dan začetka, splošnega in konca cvetenja. Kombinacija s povprečnim številom hladnih dni je podala območja, kjer lahko preveliko število hladnih dni onemogoča normalno pridelavo zaradi prepoznega začetka cvetenja.

Meteorološka vodna bilanca ima na kmetijsko pridelavo velik pomen, predvsem v času vegetacije in še bolj poleti. Prav v poletnem času je lahko negativna vodna bilanca omejujoč dejavnik, saj je povezana z nastankom suše, ki lahko povzroči veliko gospodarsko škodo. Zato svetujemo, da se začne pri namakanju in izbiri sort upoštevati tudi meteorološke in klimatološke podatke.

Prostorska interpolacija izbranih osnovnih in izvedenih klimatskih spremenljivk lahko predstavlja problem, v kolikor so podatki dostopni za premajhno število meteoroloških postaj po Sloveniji, zato menimo da bi bilo potrebno take analize ponavljati v primernem časovnem okviru, pri nekaterih spremenljivkah pa spremljati časovni trend.

5 LITERATURA

- ARSO. 2014. Arhiv meteoroloških podatkov.
- EEA (European Environment Agency). 2012. Rate of change of the meteorological water balance, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/rate-of-change-of-the>
- FAO. 2012. Crop yield response to water, FAO Irrigation and drainage paper 66, Land and Water Division, Rome, 500 str.
- Ipavec, T. in Kajfež-Bogataj, L. 2008. Možni vplivi podnebnih sprememb na vodno bilanco tal v Sloveniji, *Acta agriculturae Slovenica*, 91: 427 – 441
- JRC, EC. 2013. Updated common biophysical criteria to define natural constraints for agriculture in Europe. Definition and scientific justification for the common biophysical criteria. Van Orshoven J., Terres J.M., Toth T. (ur.). JRC Scientific and Technical Reports, 66 str.
- Kajfež Bogataj, L., Črepinšek, Z., Pogačar, T., Cunder, T., Rednak, M., Zagorc, B. 2016. Vključitev klimatskih podatkov med kriterije za določitev območij z omejenimi možnostmi za kmetijsko dejavnost (OMD) : zaključno poročilo o rezultatih opravljenega raziskovalnega dela na projektu v okviru Ciljnega raziskovalnega programa "Zagotovimo.si hrano za jutri" 2011-2020. Ljubljana: Biotehniška fakulteta: Kmetijski inštitut Slovenije. [4], 62 str., XL str. pril., ilustr.
- Lobell, D., Field, C., 2007. Global scale climate-crop yield relationships and the impacts of recent warming, *Environmental Research letters* 2. 7 str.
- Markeš, M. 2010. Izhodišča za pripravo Programa razvoja podeželja 2014–2020 s poudarkom na aktivnem upravljanju NATURA 2000 območij. Ljubljana, MKGP. http://www.zrsvn.si/dokumenti/73/2/2010/10_Markes_Politika_razvoja_podezelja_po_2013_in_Natura_2196.pdf (4.3.2014)
- Pogačar, T., Valher, A., Zalar, M., Črepinšek, Z., Kajfež Bogataj, L. 2016. Priprava klimatskih podlag kot dodatnega kriterija za določanje območij z omejenimi možnostmi za kmetijsko dejavnost. *Acta agriculturae Slovenica*. 107 (1): 299-242
- Raes, D., Geerts, S., Kipkorir, E., Wellens, J., Sahli, A. 2006. Simulation of yield decline as a result of water stress with a robust soil water balance model. *Agricultural Water Management* 81: 335–357
- Sternaša, T. 2013. Analiza fenofaze cvetenja za sadne rastline v Sloveniji za obdobje 1961-2010. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. XI, 42, [4] str.
- Sušnik, A. 2014. Zasnove kazalcev spremljanja suše na kmetijskih površinah. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 256 str.
- Sušnik, A. 1994. Uporabnost raznih metod prikaza fenološkega razvoja koruze (*Zea mays* L.) za Slovenijo, Slovensko meteorološko društvo, Razprave-Papers 31: 27-40.
- Zrnec, C. 1994. Značilnosti cvetenja nekaterih vrst rastlin in njihova uporabnost v agrometeorologiji, Slovensko meteorološko društvo, Razprave-Papers 31: 51-60.

Vpliv vročinskih valov na delavce v kmetijstvu

Tjaša POGAČAR¹⁴², Mateja ZALAR¹⁴³, Lučka KAJFEŽ BOGATAJ¹⁴⁴

Izvleček

Raziskave v okviru evropskega projekta Heat-Shield se ukvarjajo z iskanjem rešitev glede vročinskega stresa za delovno aktivno prebivalstvo v petih gospodarskih sektorjih: kmetijstvu, turizmu, gradbeništvu, industriji in transportu. V Sloveniji je v kmetijstvu izpostavljenost delavcev vročinskemu stresu v času vročinskih valov glede na rezultate anketnega vprašalnika že problem, stanje pa se zaradi podnebnih sprememb in staranja delovne populacije slabša. Področje ni dobro raziskano in spremljano, kmetijski svetovalci so brez smernic, kako pomagati kmetom. Kmetje v večini navajajo, da pijejo več vode, poskusijo prilagajati delovni čas in se primerneje oblečejo. Kljub temu v veliki meri doživljajo simptome vročinskega stresa, kot so povečano potenje, žeja, utrujenost in v določeni meri vrtoglavica, povečan stres in zmedenost. Od zdravstvenih težav so med vročinskimi valovi najpogostejše že doživeli izčrpanost in glavobol, v manjšem številu pa slabost/bruhanje, vročinski izpuščaji, omedlevico in mišične krče. Če želimo ostati konkurenčni, moramo ohraniti zdravje in produktivnost delavcev, zato v okviru projekta Heat-Shield razvijamo opozorilni sistem in rešitve za vseh pet sektorjev.

Ključne besede: vročinski val, simptomi vročinskega stresa, delavec, kmetijstvo, Heat-Shield

The impact of heat waves on workers in agricultural sector

Abstract

In the frame of European Heat-Shield project, there is an on-going research dealing with solutions to heat stress impact on working population in five economic sectors: agriculture, tourism, construction, industry, and transport. According to the questionnaire, the exposure of Slovenian workers to heat stress during heat waves is already a problem in agriculture, apparently getting worse due to climate change and aging of working population. The topic is not well analysed and monitored; there are no guidelines for agricultural advisors how to help farmers. Workers in agricultural sector mostly drink more water, try to adapt working time and wear more appropriate clothes. However, they report about frequently experienced heat stress symptoms like increased sweating, thirst, fatigue and some of them about dizziness, enhanced stress and confusion. Among health issues during heat waves mainly has been already experienced exhaustion and headache, but in smaller extent also nausea/vomiting, heat rash, fainting and muscle cramps. To maintain the competitiveness we have to preserve the health and productivity of workers, so in the frame of Heat-Shield project warning systems and solutions for workers in all five sectors are being developed.

Keywords: heat wave, heat stress symptoms, worker, agriculture, Heat-Shield

1 UVOD

Vplivi podnebnih sprememb na javno zdravje, okolje in aktivnosti ljudi so vedno boljše dokumentirani, česar pa ne moremo reči za vplive na delovno aktivno prebivalstvo (Adam-Poupart in sod., 2013). Zelo malo raziskav se namreč osredotoča na vplive podnebnih sprememb na zdravje in produktivnost delavcev. Enega redkih pregledov literature, ki obravnava vpliv podnebnih sprememb na zdravje in varnost delavcev, sta za obdobje 1998-2008 objavila Schulte in Chun (2009). Kot najbolj pomembne globalne nevarnosti, povezane s

¹⁴² Dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: tjasa.pogacar@bf.uni-lj.si

¹⁴³ Prav tam, e-pošta: mateja.zalar@bf.uni-lj.si

¹⁴⁴ Prof. dr., prav tam, e-pošta: lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

podnebjem, so bile identificirane: dvig temperature, onesnaženje zraka, izpostavljenost ultravijoličnemu (UV) sevanju, ekstremni vremenski dogodki, nalezljive vektorske bolezni in širjenje območij pojavljanja vektorjev, spreminjanje in združevanje industrij ter spremembe v pozidanih okoljih. Ena od posledic podnebnih sprememb je tudi vročinski stres (Adam-Poupart in sod., 2013). Podobno se pri obravnavi vpliva vročinskih valov na kmetijstvo večina avtorjev tako v strokovnih kot v poljudnih revijah osredotoča na rastline in živali (Steenkamp, 2016; Vale in sod., 2010; Lesk in sod., 2016; Nuttall in sod., 2016). Malo je raziskav vpliva na delavce v kmetijstvu in posledic, ki jih na njihovem zdravju in počutju pušča poletno delo na vročini. Dodaten stres kmetom poleg obremenitve zaradi dela v (pre)vročih razmerah povzroča tudi zaskrbljenost glede negativnega vpliva vročine na pridelek.

Možni vplivi izpostavljenosti vročini na zdravje in produktivnost delavcev so posredni in neposredni. V splošnem izpostavljenost visokim temperaturam okolja povzroči dvig telesne temperature, kar povzroči razširitev podkožnih žil, potenje in povečan srčni utrip. Pri telesni temperaturi od 38 do 39 °C se poveča tveganje za izčrpanost zaradi vročine, pojavijo se simptomi vročinskega stresa (Adam-Poupart in sod., 2013). Vročinska kap (odpoved sistema za termoregulacijo v centralnem živčnem sistemu) se v splošnem pojavi, ko telesna temperatura doseže med 40 in 41 °C (LoVecchio in sod., 2007). V primeru visoke relativne zračne vlage se poveča potenje in posledično tudi srčni utrip, kar poveča tveganje za nastanek bolezni, povezanih s telesno temperaturo. Ukvarjanje s telesno aktivnostjo dalj časa v takem okolju poveča tveganje za izčrpanost in vročinsko kap (Kjellstrom in sod., 2009). Izpostavljenost vročini prav tako spremeni določene fiziološke parametre: pljučno ventilacijo, razširitev krvnih žil, potenje in pretok krvi (Kjellstrom in sod., 2010).

Posredni učinki izpostavljanja vročini pomenijo povečano tveganje za poškodbe, povzročene zaradi zmanjšane pozornosti in utrujenosti. Stopnja nesreč na delovnem mestu je minimalna, ko se delo izvaja pri temperaturah mokrega termometra med 17 in 23 °C, pri nižjih ali višjih pa se poveča (Ramsey in sod., 1983). Delo, opravljeno pri visokih temperaturah okolja, lahko spremeni delavčeve sposobnosti in produktivnost. Fizično neugodje v povezavi z visoko telesno temperaturo lahko spremeni delavčevo emocionalno stanje (npr. nerazložljiva jeza), kar vodi v slabšo varnost pri delu (Tawatsupa in sod., 2010). Dehidracija, ki je prav tako posledica izpostavljenosti vročini, vpliva na kognitivne sposobnosti, vizualne motorne kapacitete, kratkoročni spomin in pozornost (Adam-Poupart in sod., 2013).

V Kanadi je med leti 2000 in 2007 v času vročinskih valov umrlo 49 delavcev med 20. in 64. letom starosti zaradi prekomerne izpostavljenosti vročini. V Franciji je med leti 2003 in 2006 v vročinskih valovih na delovnih mestih umrlo več ljudi, med drugimi tudi trije mladi v enem dnevu. Med leti 1992 in 2006 je v Združenih državah Amerike zaradi vročinske kapi na delovnem mestu umrlo 423 ljudi. Skoraj četrtina teh ljudi se je ukvarjala s kmetijstvom, gozdarstvom, lovom ali ribolovom. Na Japonskem se od 19 do 29 % vročinski kapi zgodi delavcem. Na splošno je stopnja smrti, povezanih z vročino, v kmetijstvu in povezanih panogah dvajsetkrat večja kot pri drugih delavcih (Adam-Poupart in sod., 2013).

Po napovedih poročil IPCC (2014) se bo v prihodnosti pojavnost ekstremnih vremenskih dogodkov povečala. Scenariji predvidevajo povečanje vročinskih valov po pogostosti in intenziteti in s tem dvig koncentracij ozona, kar bo imelo številne negativne posledice za več sektorjev, vključno s kmetijstvom (Adam-Poupart in sod., 2013). Scenariji so še bolj zaskrbljujoči v kombinaciji s podatki o staranju delovne populacije. Zato se v 5-letnem evropskem projektu Heat-Shield, katerega soizvajalec je tudi Biotehniška fakulteta, ukvarjamo z vplivom vročinskih valov na zdravje in produktivnost delavcev v petih sektorjih: kmetijstvu, gradbeništvu, turizmu, transportu in industriji.

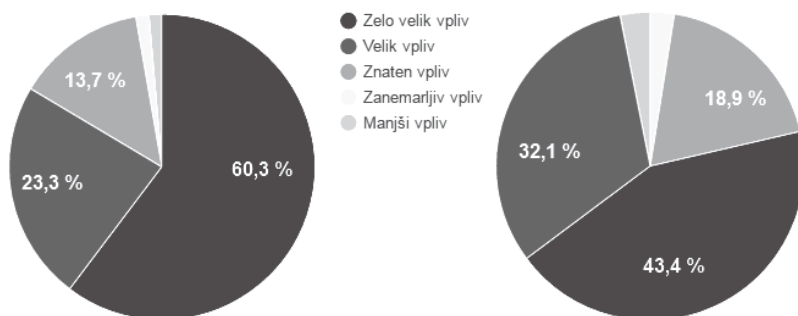
2 MATERIALI IN METODE DELA

Spletni anketni vprašalnik o vplivu vročinskih valov na delavce v kmetijstvu je bil razposlan kmetijskim svetovalcem, ti pa so ga posredovali naprej kmetom. Raziskava je še v teku, objavljamo pa prve rezultate, ki glede na veliko število izpolnjenih anket že v veliki meri odražajo realno stanje. Pri tem pa moramo opozoriti na dejstvo, da trenutno prevladujejo kmetje iz gorenjske regije (57 %), sledijo kmetje iz savinjske (23 %) in pomurske regije (8 %). Iz notranjsko-kraške, goriške, obalno-kraške, spodnje posavske in zasavske regije zaenkrat še nihče ni izpolnil vprašalnika. Svetovalci prevladujejo iz pomurske in savinjske (po 27 %) ter gorenjske (23 %) regije.

Na vprašalnik je odgovorilo 73 kmetijskih svetovalcev in 159 kmetov. Pri tem je med svetovalci 55 % moških in 45 % žensk, 51 % je starih nad 50 let. Pri kmetih je 58 % moških in 42 % žensk, manj kot pri svetovalcih pa je starih nad 50 let – le 31 %. Pri svetovalcih ima univerzitetno izobrazbo 48 % sodelujočih, pri kmetih 24 %. Za 28 % sodelujočih kmetov je kmetija edini vir dohodkov. Od dejavnosti na kmetiji prevladuje govedoreja za meso (33 %) in mleko (27 %), sledi poljedelstvo (13 %).

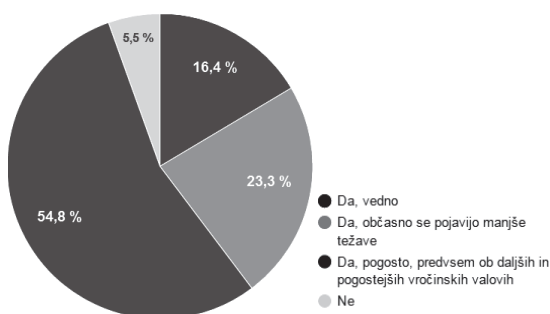
3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Na splošno nas je zanimalo, kakšen vpliv imajo na kmetijstvo vročinski valovi. Več kot polovica (60 %) kmetijskih svetovalcev in malo manj (43 %) kmetov meni, da imajo vročinski valovi zelo velik vpliv, 23 % svetovalcev in 32 % kmetov, da ima velik vpliv, ter 14 % svetovalcev in 19 % kmetov, da ima znaten vpliv (slika 1). Takšni rezultati kažejo na velik pomen obravnave vročinskih valov v kmetijstvu.



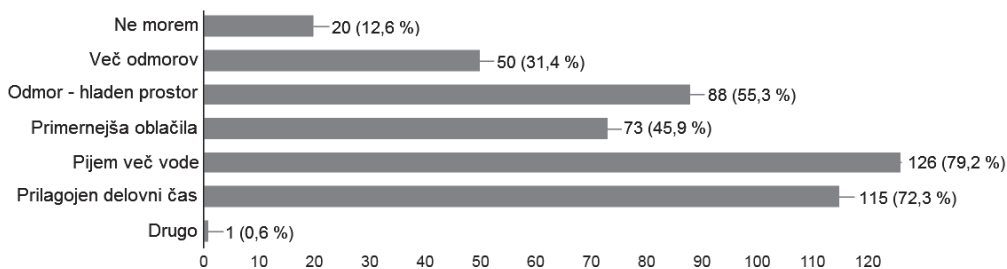
Slika 1: Odgovori kmetijskih svetovalcev (levo) in kmetov (desno) na vprašanje, »Kakšen vpliv na kmetijstvo imajo po vašem mnenju vročinski valovi?«

Svetovalci v večini (55 %) menijo, da predstavlja izpostavljenost vročinskemu stresu za delavce v kmetijstvu pogosto problem, predvsem ob daljših in pogostejših vročinskih valovih. Pri tem jih 23 % meni, da se le občasno pojavijo manjše težave, 16 % pa, da se težave pojavijo vedno (slika 2).



Slika 2: Odgovori kmetijskih svetovalcev na vprašanje, »Ali predstavlja izpostavljenost vročinskemu stresu za delavce v kmetijstvu problem?«

Med drugim so v odgovorih izpostavili, da bo vročinski stres del našega vsakdanjika tudi v prihodnje, zato mu bo potrebno posvečati veliko pozornosti tako v okviru varnosti in zdravja pri delu kot v okviru same kmetijske pridelave. Opozarjajo, da so svetovalci sami premalo poučeni o problemu in da bi bilo potrebno več narediti na osveščanju o vplivih in posledicah vročinskih valov. Med svetovalci jih je 32 % odgovorilo, da kmetov niso nikoli seznanili z možnimi vplivi vročinskih valov, kar 86 % pa jih je navedlo, da v ta namen nimajo pripravljenih navodil za ukrepe oziroma zanje ne vedo. To potrjujejo tudi odgovori kmetov, kjer jih 61 % pravi, da o vplivih vročinskih valov niso bili seznanjeni. Eden izmed svetovalcev izrecno navaja, da se kmetje premalo zavedajo vpliva vročinskih valov in svoje izpostavljenosti, zato premalo uporabljajo zaščitna pokrivala, kreme in UV oblačila. Še vedno je namreč živa miselnost, da so za delo v kmetijstvu primerna vsa (najcenejša) oblačila, veliko del na kmetiji pa se opravi v najbolj vročem delu dneva. Kmetje sicer pravijo (slika 3), da si pri izpostavljenosti vročinskemu stresu sicer v največ primerih pomagajo s pitjem več vode (79 %), prilagojenim delovnim časom (72 %), z odmori v hladnejšem prostoru (55 %) in primernejšimi oblačili (46 %). Kljub vsemu pa jih 13 % trdi, da ne morejo storiti ničesar, da bi zmanjšali vročinski stres.

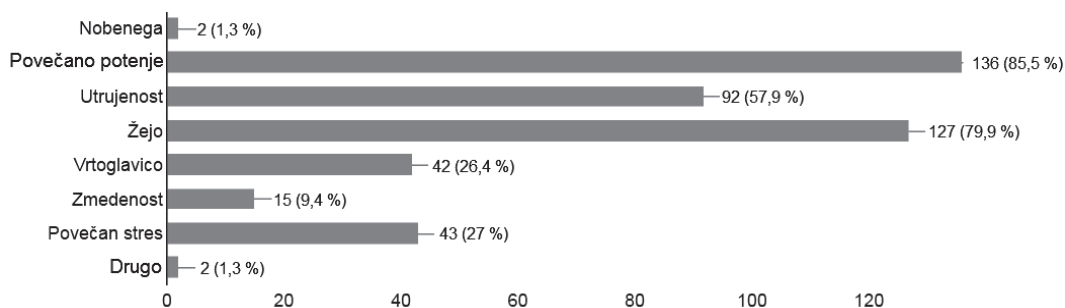


Slika 3: Odgovori kmetov na vprašanje, »Na kakšen način zmanjšate izpostavljenost vročinskemu stresu? (možnih več odgovorov)«

Največkrat so zapisali, da čutijo največji vpliv vročinskih valov pri spravilu krme. Tega opravila ne morejo prestaviti na jutranje ali večerne hladnejše ure, kot tudi ne na primer žetve in večerne molže, pri opravih s kmetijsko mehanizacijo pa je težava v tem, da so za tak čas dneva preglasna.

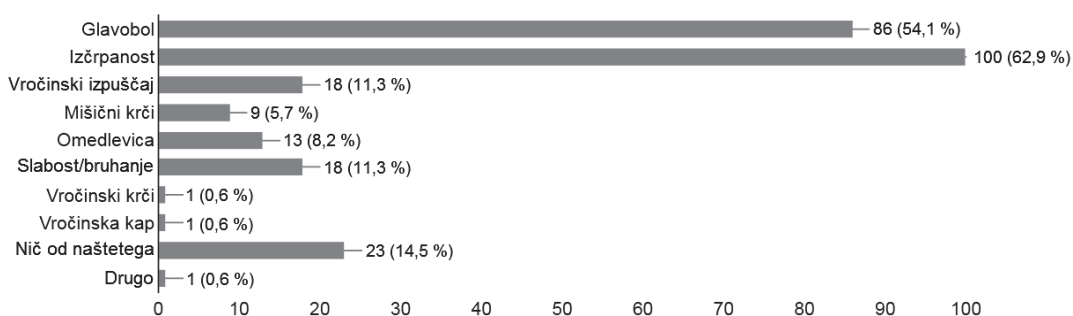
V tuji literaturi najdemo ugotovitve, da se produktivnost delavcev ob previsokih temperaturah zraka zmanjša (Franchetti in Komaki, 2012). Med kmetijskimi svetovalci jih 64 % meni, da kmetje v vročinskem valu za isto opravilo potrebujejo nekoliko več časa, s tem se strinja tudi 65 % kmetov. Da potrebujejo za isto opravilo celo bistveno več časa, pa meni 21 % svetovalcev in 13 % kmetov. Po drugi strani nekateri svetovalci menijo, da je novejša kmetijska mehanizacija po storilnosti zmogljivejša, zato kmetje hitreje opravijo delo.

Kmetje v veliki meri poročajo o simptomih, ki jih občutijo pri delu med poletnimi meseci (slika 4). V največ primerih gre za osnovne simptome, kot so povečano potenje (86 %), žeja (80 %) in utrujenost (58 %), kar ob zavedanju in primernem ukrepanju ne pomeni resnejših težav. Le en odstotek kmetov ne občuti nobenega izmed navedenih simptomov, medtem ko gre pri 27 % še za povečan stres, kar 26 % jih doživlja vrtoglavico in 9 % zmedenost. Ti simptomi že lahko pomembno vplivajo na kakovost dela in brez ukrepanja na poslabšanje zdravstvenega stanja delavcev.



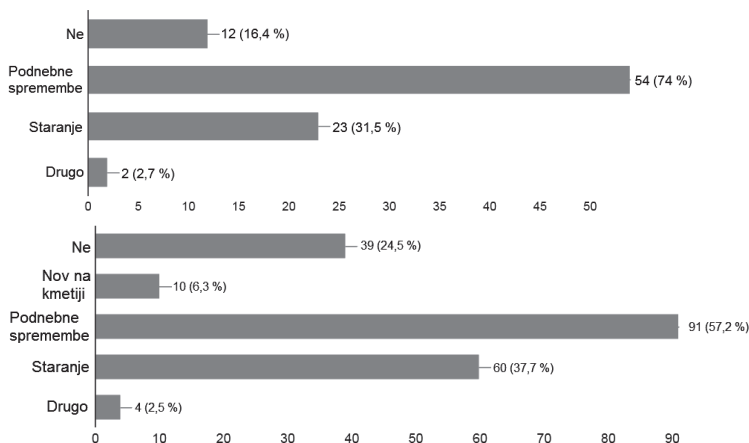
Slika 4: Odgovori kmetov na vprašanje, »Katere simptome najpogosteje občutite pri delu med poletnimi meseci? (možnih več odgovorov)«

Med vročinskimi valovi kmetje doživljajo tudi resnejše težave zaradi vročinskega stresa (slika 5). Kar 63 % jih poroča, da so že doživeli izčrpanost in 54 % glavobol. Nobene od naštetih zdravstvenih težav jih še ni imelo 15 %, a se je pri 11 % že pojavil vročinski izpuščaj, prav tako pri 11 % slabost/bruhanje, pri 8 % omedlevica in pri 6 % mišični krči. Eden izmed kmetov je že doživel vročinske krče in eden vročinsko kap, na kar opozarjajo tudi tuje raziskave (Kjellstrom in sod., 2009). Dva izmed anketiranih sta zaradi zdravstvenih težav med vročinskim valom že bila hospitalizirana; eden zaradi dehidriranosti in drugi zaradi izčrpanosti.



Slika 5: Odgovori kmetov na vprašanje, »Ali ste med vročinskim valom pri delu že kdaj doživeli kaj od naštetega? (možnih več odgovorov)«

Del svetovalcev (16 %) in kmetov (25 %) meni, da v zadnjih letih delavci v kmetijstvu niso bolj izpostavljeni vročinskemu stresu kot v preteklosti (slika 6). Eden od sodelujočih je navedel, da so kmetije v preteklosti veliko več delali ročno na prostem preko celega dne, danes pa je obdelava bolj strojna, pri čemer so mnogi sodobni traktorji opremljeni s klimatsko napravo. Ostali se s tem ne strinjajo in potrjujejo navedbe Agencije RS za okolje, da se zaradi podnebnih sprememb temperatura zraka v Sloveniji povečuje (ARSO, 2014). Večjo izpostavljenost vročinskemu stresu v zadnjih letih namreč 74 % svetovalcev in 57 % kmetov pripisuje podnebnim spremembam, 32 % svetovalcev in 38 % kmetov pa staranju.



Slika 6: Odgovori kmetijskih svetovalcev (zgoraj) in kmetov (spodaj) na vprašanje, »Ali ste opazili, da ste v zadnjih letih bolj izpostavljeni vročinskemu stresu kot v preteklosti? (možnih več odgovorov)«

4 SKLEPI

Prvi rezultati vprašalnika so sicer preveč regijsko uteženi, saj prevladujejo kmetje iz gorenjske regije. Kljub temu se zelo jasno kaže, da imajo vročinski valovi v kmetijstvu velik pomen in da izpostavljenost vročinskemu stresu za kmete predstavlja problem. To področje v Sloveniji ni dovolj raziskano in spremljano, kmetijski svetovalci pa nimajo smernic, kakšne nasvete in rešitve naj ponudijo kmetom. Poleg tega jih pet odstotkov še vedno meni, da izpostavljenost vročinskemu stresu za kmete ne predstavlja problema. Velik delež kmetov se sicer zaveda, da je potrebno piti več vode, poskušati prilagoditi delovni čas, se med odmori umakniti v hladnejši prostor in obleči primernejša oblačila.

Med kmeti jih 61 % navaja, da o vplivih vročinskih valov niso bili seznanjeni, med svetovalci pa jih je le 32 % izbralo možnost, da kmetov o tem niso seznanili. Na vsak način moramo torej svetovalce in kmete ozaveščati in usposobiti, jim pripraviti rešitve in opozorilni sistem, kar so nadaljnji koraki v okviru projekta Heat-Shield. S tem želimo zmanjšati pojavnost simptomov vročinskega stresa, predvsem pa večjih zdravstvenih težav, za katere je iz odgovorov razvidno, da se že pojavljajo v nezanemarljivem deležu. Če želimo ostati konkurenčni na evropskem trgu ali povečati samooskrbo v okolju, ki se spreminja, moramo ohraniti zdravje in produktivnost delavcev. Ti so v večini tudi sami izpostavili, da so v zadnjih letih zaradi podnebnih sprememb (74 % svetovalcev in 57 % kmetov) in staranja (32 % svetovalcev in 38 % kmetov) bolj izpostavljeni vročinskemu stresu kot v preteklosti.

Zahvala. Raziskava je bila finančno podprta s strani okvirnega programa EU za razvoj in inovacije Obzorje 2020 s pogodbo št. 668786.

(This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 668786.)

5 LITERATURA

- Adam-Poupart, A., Labreche, F., Smargiassi, A., Duguay, P., Bosque, M. A., Gagne, C., Zayed, J. 2013. Impacts of climate change on occupational health and safety. URL: www.irsst.qc.ca
- ARSO. 2014. Trendi podnebnih spremenljivk in kazalcev. URL: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/trends/>
- Franchetti, M., Komaki, G. 2012. Quantification methods for employee health and productivity rates. *International Journal of Environmental Engineering Research*, 1: 104-114
- 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 (ur.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 str.
- Kjellstrom, T., Butler, A. J., Lucas, R. M., Bonita, R. 2010. Public health impact of global heating due to climate change: potential effects on chronic non-communicable diseases. *International Journal of Public Health*, 55 (2): 97-103
- Kjellstrom, T., Gabrysch, S., Lemke, B., Dear, K. 2009. The 'Hothaps' programme for assessing climate change impacts on occupational health and productivity: an invitation to carry out field studies. *Global Health Action*, 2: 10-7
- Lesk, C., Rowhani, P., Ramankutty, N. 2016. Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*, 529, 84-87
- LoVecchio, F., Pizon, A. F., Berrett, C., Balls, A. 2007. Outcomes after environmental hyperthermia. *The American Journal of Emergency Medicine*, 25 (4): 442-4
- Nuttall, J., O'Leary, G., Delahunty, A., Barlow, K., Christy, B., Tausz, M., Fitzgerald, G. J. 2016. Research increases understanding of heatwave impacts. URL: <https://grdc.com.au/Media-Centre/Ground-Cover/Ground-Cover-Issue-123-JulyAugust-2016/Research-increases-understanding-of-heatwave-impacts>
- Ramsey, J. D., Burford, C. L., Beshir, M. Y., Jensen, R. C. 1983. Effects of workplace thermal conditions on safe work behaviour. *Journal of Safety Research*, 14 (3): 105-114
- Schulte, P., Chun, H. 2009. Climate Change and Occupational Safety and Health: Establishing a Preliminary Framework. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 6: 542-54
- Steenkamp, J. 2016. SA's heatwave, a national crisis. URL: <http://www.sabc.co.za/news/a/4b447d804b39c0449b6bfb445cadceaa/SAs-heatwave,-a-national-crisis>
- Tawatsupa, B., Lim, L. L.-Y., Kjellstrom, T., Seubsman, S., Sleight, A., the Tai Cohort Study team. 2010. The association between overall health, psychological distress, and occupational heat stress among a large national cohort of 40,913 Thai workers. *Global Health Action*, 3: 10-20
- Vale, M. M., Moura, D. J., Nääs, I. A., Pereira, D. F. 2010. Characterization of heat waves affecting mortality rates of broilers between 29 days and market age. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 12 (4): 279-285

The protection of old varieties and eco populations of vegetables in Croatia

Vesna SAMOBOR¹⁴⁵, Dijana HORVAT¹⁴⁶, Zdravko MATOTAN¹⁴⁷

Abstract

The tradition of growing vegetables in Croatia and the diversity of weather and soil conditions have created a valuable eco populations and varieties of vegetables. A large part of Croatian germplasm of vegetables is lost and the remaining part is at risk due to newly introduced hybrid varieties and the loss of local seed production. Croatia realised the problems about a decade ago and initiated several activities aiming at preservation of plant genetic resources. National programme of preservation and sustainable use of plant genetic resources for food and agriculture of Republic of Croatia (National programme) was adopted in 2013. The work within the Plant gene bank that operates in the frame of National programme is divided into working groups one of them being Vegetable working group. This group has, with the support of different projects and National programme, identified 60 most important local vegetable varieties, successfully collected and preserved them. There are 200 samples that have been surveyed and a part of it is prepared and ready to be included in the collection; the rest numbering 100 samples is in the preliminary stage of the survey. So far, 25 varieties have been registered in the list of protected varieties.

Key words: gene bank, vegetables, seed, genetic resources

Varovanje starih sort in ekopopulacij zelenjadnic na Hrvaškem

Izvilleček

Bogata tradicija pridelave zelenjadnic, raznolikost klimatskih razmer in tal so pripomogli razvoju številnih vrednih ekopopulacij in sort zelenjadnic na Hrvaškem. Žal je, zaradi uvajanja novih hibridnih sort in opustitve pridelave semen lokalnih sort, velik del teh genskih virov danes že izgubljen. Hrvaška se je pred slabim desetletjem problema zavedela in začela izvajati različne aktivnosti, katerih cilj je ohranjanje rastlinskih genskih virov. Leta 2013 je bil sprejet Nacionalni program ohranjanja in trajnostne rabe rastlinskih genskih virov za hrano in kmetijstvo v Republiki Hrvaški (Nacionalni program), v okviru katerega deluje tudi Rastlinska genska banka. Delo v okviru rastlinske genske banke poteka v delovnih skupinah, ena od teh je skupina za zelenjadnice. Le-ta je v okviru različnih projektov in Nacionalnega programa doslej identificirala 60 najpomembnejših lokalnih sort zelenjadnic in jih tudi že uspešno zbrala in shranila. 200 vzorcev smo raziskali in od tega jih je del že pripravljen za vključitev v kolekcijo. Preostalih 100 vzorcev je na preliminarni stopnji raziskave. Doslej je bilo registriranih na listo zaščitene sort 25.

Ključne besede: genska banka, zelenjadnice, seme, genski viri

1 INTRODUCTION

The existing genetic diversity, which is the basis for our rich and diverse world, comes from the long process of natural evolution and the hard work of numerous generations of farmers and breeders. In the last hundred years, the needs of modern society have led to the massive development of genetics, plant breeding and the wide use of modern varieties that are consistent and high yielding. Old and traditional varieties and populations are progressively disappearing from production. As a result, the genetic diversity of plants is reduced.

¹⁴⁵ Dr., College of Agriculture at Križevci, HR-48260 Križevci, Milislava Demereca 1, e-mail: vsamobor@vguk.hr

¹⁴⁶ Dipl.ing. College of Agriculture at Križevci, HR-48260 Križevci, Milislava Demereca 1, e-mail: dhorvat@vguk.hr

¹⁴⁷ Prof., Podravka d.d. Koprivnica, Agricultural Development, HR-48000 Koprivnica, Ante Starčevića 32, e-mail: zdravko.matotan@podravka.hr

Preserving genetic resources ensures that biodiversity is accessible to farmers, breeders and researchers and that the material can be used in the future.

When once lost, biodiversity can no longer be recovered. There are no self-sufficient countries and everyone depends on the genetic diversity from other countries and regions. The future of agriculture depends on international cooperation and the free exchange of plant genetic resources. Therefore, besides developing activities for the conservation of plant genetic resources in Croatia, it is necessary to develop international cooperation in this field as well (Matotan et al. 2008). In 2006 the Swedish Agency for International Development has started the SEEDNet project in order to actualize national programs in the period of five years and help with the conservation and sustainable use of plant genetic resources. The project organizes working groups for particular plant species and their task is to preserve the most endangered varieties, regenerate them and store its seeds in the gene bank. The Croatian working group for vegetables is comprised of the staff of the College of Agriculture in Križevci, the Faculty of Agriculture in Zagreb, the Faculty of Agriculture in Osijek, the Institute for Adriatic Cultures in Split, the Institute for Agriculture and Tourism in Poreč and Podravka company from Koprivnica. Certain old domestic varieties and vegetable eco populations with seeds that are not commercialized but are listed in the Croatian Varieties Catalogue are prioritized for the preservation and protection (*Table 1*).

The collected seeds and propagating material is sown or planted on the collection field of the College of Agriculture in Križevci – it was described and after confirming the varietal identity it has been recovered and prepared for the permanent preservation in the National Plant Gene Bank. In 2010 the SEEDNet project was completed and further funding of the project should have been provided by the Croatian government, which was not done until 2014. During 2014 the funding of the project of protection of old varieties and eco population of vegetables has started in Croatia and there are ongoing plans to make it permanent.

The tasks of the National program of conservation and sustainable use of plant genetic resources for food and agriculture in Croatia include activities relating to ex situ conservation, in situ conservation, on farm management, sustainable use, and organizing both human and institutional resources for the conservation of plant genetic resources for food and agriculture. Regulation on the conservation and sustainable use of plant genetic resources (Narodne novine, 89/2009, 4/2014) determines the method of implementation and organizing the system of conservation of plant genetic resources. According to the Regulation, the participants in the National program are administrative bodies, public institutions, entities that keep collections included in the National Bank of Plant Genes, universities, research institutes, plant breeders, seed producers, NGO's, farmers and other legal entities and people whose work is related to the conservation and use of plant genetic resources. Heads or members of working groups enter data in the database and manage receipts in their collections. When data is entered in the database, the receipt is included in National Bank of Plant Genes. The Croatian Plant Gene Resource Database (CPGRD) should help the data transfer from the Croatian National Inventory to the European database EURISCO (European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources).

The commercialization of vegetable production, depopulation of rural areas and the disappearance of traditional gardens have endangered the genetic stock and biodiversity of vegetables in Croatia and the once lost variety or eco population is impossible to recover. Many countries have already formed national gene banks where the most endangered varieties and plant eco population are conserved and protected from extinction.

2 MATERIALS AND METHODS

The activities of the working groups for vegetables includes collecting samples of old varieties and vegetable eco population throughout Croatia. Samples are collected through designated institutions and with the help of students of high schools and elementary schools. The collected samples are inventoried; samples are sown at the collection field, they are observed according to the UPOV guidelines and they go through the process of selection. In 2006 the Commission for the Protection of Plant Genetic Resources was established in Croatia and it have had the task to develop the National program of conservation, protection and sustainable use of plant genetic resources. The gene bank constantly takes care of collecting, identifying, restoring and preserving endangered varieties and plant populations from extinction.

Activities included to implement the National program:

- Inventory of existing collections of plant genetic resources.
- Eco-geographical survey and collection of plant genetic resources.
- Conservation of plant genetic resources in situ and ex situ.
- Maintenance and regeneration of receipts.
- Description and evaluation of plant genetic resources on the morphological, biochemical and molecular level.
- Developing information and documentation system.
- Setting up rules for accessing plant genetic resources and sharing benefits from the utilization.
- Organizing and building up the capacity for storage of plant resources.
- Setting up legislation in the field of plant genetic resources.
- Informing the public about the importance of plant genetic resources.
- Encouraging the work of NGO's and family farms in the area of conservation and sustainable use of plant genetic resources and launching cooperation between these organizations and the National Bank of Plant Genes.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The collected seeds and propagating material is sown or planted on the collection field of the College of Agriculture at Križevci – it was described and after confirming the varietal identity it has been recovered and prepared for the permanent preservation in the National Plant Gene Bank. The members of the vegetable group in 2006 managed to collect most of the varieties and eco populations from the priority list.

The working group for vegetables formed by the Commision of Plant Genetic Resources has been also involved in three regional projects:

- a. Collecting old local varieties of and vegetable eco populations with the help of students in primary and secondary schools in the Koprivnica-Križevci County (in 2007).
- b. Collecting and restoring the local eco population of Collard greens (*Brassica oleracea* var. *acephala*) in the East Adriatic coastal areas.
- c. Collecting old local varieties of and vegetable eco populations with the help of students in primary and secondary schools in the Krapinsko-zagorje County (in 2014).



Figure 1: Collection field at Križevci

3.1 Collecting seeds of old local varieties and vegetable eco-populations

In April 2007, the pilot project was launched to collect seeds of old local varieties and vegetable eco populations with the help of students in primary and secondary schools in the Koprivnica-Križevci County. All schools displayed a billboard with guidelines for preserving old varieties of vegetables, how to collect seeds and what are further plans. Each student received a handout for his or her parents, neighbours and relatives with some basic information about the project, small bags for collecting seeds and propagating material plus some forms that needed to be filled in for each sample. In two-week period 9.536 samples were collected. Besides collecting the material, the project was also very valuable because it helped to raise the awareness of younger population about the need to preserve biodiversity.

3.2 Collecting and restoring the local eco-population of collard greens (*Brasica oleracea* var *achephala*)

The project of collecting and restoring the local eco population of Collard green in the East Adriatic coastal area included Croatia, Bosnia and Herzegovina and Montenegro. Around 100 samples of Collard green were collected and sowed in the Institute for Adriatic Cultures and Karst Melioration in Split. The collected material was restored and its seed has been permanently stored in the National Plant Gene Bank.

3.3 Collecting seeds of old local varieties and vegetable eco populations in Krapina-Zagorje county

Thanks to the funding from the Ministry of Agriculture in April 2014 we organized the collection of seeds with the help of students in primary and secondary schools in the Krapina-Zagorje County. We have collected 4530 samples of old varieties and vegetables eco population. Some samples were planted (onions, garlic) and sown (beans and pumpkins) for

descriptions. Other samples have been stored in the gene bank and are in the process of registration.

Table 1: Old domestic varieties and vegetable eco populations which are endangered

Species	Varieties
Artichoke	Domaća
Cauliflower	Trogirska rana, Trogirska srednje rana
Endive	Dalmatinska kopica
Shallot	Domaći
Cabbage	Ogulinski, Cerski, Čepinski, Brgutski, Varaždinski
Watermelon	Vukovarska
Onion	Istarski ljubičasti, Istarski žuti, Rapski žuti pogačar, Turopoljski
Garlic	Domaći jari, Domaći ozimi, Slavonski ozimi, Petrinjski ozimi, Polački ozimi
Carrot	Domaća žuta
Pepper	Feferoni crveni ljuti, Feferoni slatki zeleni, Feferoni slatki žuti, Feferoni žuti ljuti
Eggplant	Domaći plavi
Parsley	Domaći lišćar
Turnip	Varaždinska
Rhubarb	Zagrebačka
Lettuce	Dalmatinska ledenka, Kristal ljetna žuta



Pepper (*Feferon žuti ljuti*)



Tomato (*Šibenski šljivar*)

Figure 2: Protected varieties

Croatia has granted the exchange of seeds of old varieties and vegetable eco population among producers or producer organizations; but for any commercial use it is necessary to register the variety in the Catalogue as a protected variety. The process of recognition of protected varieties is significantly simplified but unfortunately 23 varieties have been

recognized so far: Varaždinski kupus (cabbage), Ogulinski kupus (cabbage), Ludbreški hren (horseradish), Brački jabučar (tomato), Podravkin bijeli (parsnip), Domaći lišćar (parsley), Virovitičanka (pepper), Slavonski ljubičasti (onion), Feferoni crveni ljuti (pepper), Feferoni žuti ljuti (pepper) and Feferoni zeleni blagi (pepper) etc.

4 CONCLUSION

In order to preserve its natural resources and fulfill international commitments, Croatia develops the National program for the systematic care of plant genetic resources for food and agriculture. The National program of conservation and sustainable use of plant genetic resources for food and agriculture in Croatia has been confirmed and approved by the Croatian government.

In order to make the optimal use of current capacities and experts, the work needs to be decentralized through various institutions and working groups. This requires good coordination which is provided by the Commission for plant genetic resources with the technical support from HCPHS – the Institute for Seeds and Seedlings. The national program clearly defines the tasks of individual participants. There are 60 different varieties in the Croatian database (CPGRD) so far; 200 varieties are pending to be included in the data. Despite the activities which have been carried out so far, including inventorying, collecting, describing and storing in the active and secured collection, there have been no collection activities in most part of Croatia and there is a risk of permanent loss of many valuable local vegetable varieties. Taking care of plant genetic resources is a long-term process, therefore it is necessary to ensure the continuity of these activities as well as their financing.

5 LITERATURE

Matotan, Z, Samobor, V., Erhatic, R. 2008. Preserving biodiversity of cultivated vegetable species in Croatia. *Agronomski glasnik*, 70, 6: 527-541.

Preskušanje sort pora v poletno-jesenski pridelavi

Mojca ŠKOF¹⁴⁸, Kristina UGRINOVIC¹⁴⁹

Izvleček

Por v Sloveniji uporabljamo predvsem kot jesensko in zimsko zelenjavo, zato je tudi pridelava prilagojena pobiranju pridelka v jesenskih in zimskih mesecih. Zaradi klime je v večini območij uveljavljena predvsem pridelava za jesensko spravilo. V poljskih poskusih smo v letih 2015 in 2016 na dveh lokacijah v poletno jesenski pridelavi pri 8 sortah pora različnih morfoloških tipov in zgodnosti spremljali kako termini spravila vplivajo na pridelek in lastnosti tržnega dela rastlin (maso in dolžino lažnega stebila). V obdobju od 105 do 155 dni po presajanju je imela izbira sorte veliko večji vpliv na pridelek kot različni termini spravila. Med sortami so v poletno jesenskem terminu pridelave največje pridelke dosegle sorte iz skupin poletnih in poletno-jesenskih sort, jesenske sorte so dosegle nižje pridelke, še nižji so bili pridelki zimskih sort. Različni termini spravila večinoma niso vplivali na maso tržnega dela rastlin in na tržni pridelek. Značilno pa so termini spravila vplivali na dolžino lažnih stebel očiščenih rastlin, ki so bila ob kasnejših spravilih daljša.

Ključne besede: *Allium porrum*, pridelek, čas spravila, dolžina lažnega stebila, masa rastline

Testing of leek varieties in the summer-autumn production

Abstract

In Slovenia leek is mainly used as an autumn and winter vegetable. The production is therefore timed to autumn and winter months harvest. Because of the climate, the production for autumn harvest prevails in most of the regions. The influence of harvest time on the yield and characteristics of marketable part of the plant (weight and pseudostem length) for 8 varieties of leek belonging to different morphological types and maturity groups was tested in field trials on two locations in 2015 and 2016. In the period from 105 till 155 days after the transplanting the variety choice influenced the yield much stronger than the harvest time. In summer-autumn production period the varieties belonging to the summer and summer-autumn groups gave higher yields than autumn varieties, while the winter varieties gave the lowest yields. Different harvest times mostly did not significantly influence the weight of marketable parts of the leek plants and the marketable yield while they had a significant influence on the pseudostem length, which were longer at later harvests.

Key words: *Allium porrum*, yield, harvesting time, pseudostem length, plant weight

1 UVOD

Por v Sloveniji uporabljamo predvsem kot jesensko in zimsko zelenjavo zato je tudi pridelava prilagojena pobiranju pridelka v jesenskih in zimskih mesecih. Zaradi klime v Sloveniji pridelava za spravilo v zimskih mesecih poteka skoraj izključno v priobalnem pasu Primorske, medtem ko je v ostalih območjih uveljavljena predvsem pridelava za jesensko spravilo. Sorte pora glede na morfološke lastnosti (dolžino in debelino lažnega stebila, barvo listov, nagnjenost k oblikovanju čebulice) in odpornost proti nizkim temperaturam delimo v več skupin (Brittain, 1988). Za sorte, ki so slabo odporne proti nizkim temperaturam (t.i. poletne in poletno-jesenske sorte), je značilno, da imajo daljše in tanjše lažno steblo, svetleje zelene liste in običajno dosežejo visoke pridelke. Sorte, ki so nekoliko bolj odporne na nizke temperature (jesenske sorte), imajo srednje dolgo in nekoliko debelejšo lažno steblo in srednje

¹⁴⁸ Univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta:

mojca.skof@kis.si

¹⁴⁹ Dr., prav tam, e-pošta: kristina.ugrinovic@kis.si

ali temno zelene liste. Sorte z dobro odpornostjo na nizke temperature imajo običajno kratko in debelo lažno steblo, temno zelene liste in nižje pridelke. Por raste počasi, zato od setve do takrat, ko rastline dosežejo tržno velikost, potrebuje razmeroma dolgo časa (Brewster, 1994). Značilno je, da število listov narašča linearno in da se nov list zasnuje vsakič, ko vsota efektivnih temperatur nad 0 °C doseže 100 °C. Vsak novi list je, zato da se lahko prebije skozi lažno steblo, daljši od prejšnjega, tako se lažno steblo s časom podaljšuje (Brewster, 1994). Zanimalo nas je, kako pri pridelavi pora za jesensko spravilo termin pobiranja pri različnih sortah vpliva na lastnosti tržnega dela rastlin (maso in dolžino lažnega stebela) in na tržni pridelek.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Zasnova poskusov

Poskusi so potekali v letih 2015 in 2016 na Seleksijsko-poskusnem centru Semenarne Ljubljana d.o.o. na Ptuj, v letu 2016 pa tudi na poskusnem polju Kmetijskega inštituta Slovenije (KIS) v Jabljah pri Trzinu. V poskuse je bilo vključenih 8 sort iz različnih skupin: sorti Varna in Domači dolgi iz skupine poletnih sort, Lancelot, Volta in Sevilla iz skupine poletno jesenskih sort, sorti Nestor in Axima iz skupine jesenskih sort in sorta Forrest kot zimska sorta.

Primerjali smo 4 termine spravila, (1) 105 do 110 dni po presajanju, (2) 120 do 125 dni po presajanju, (3) 135 do 140 dni po presajanju in (4) 150 do 155 dni po presajanju. V letu 2015 smo na Ptuj primerjali 3 termine spravila in sicer termine 1, 2 in 3, v letu 2016 na Ptuj le termina 2 in 3 in v Jabljah vse 4 termine. Termini pobiranja so si sledili v razmiku 14 dni.

Poskusi so bili zasnovani v treh ponovitvah z naključno razporeditvijo sort znotraj ponovitev. Na Ptuj smo sadike pora sadili v dvo-vrstne pasove, razdalja med vrstami je bila prilagojena mehanizaciji in strojni oskrbi poskusa in je znašala 55 cm, razdalja med rastlinami v vrsti je bila 20 cm. Na poskusni parceli, ki je merila 2,2, m² je bilo posajenih 20 rastlin. V Jabljah smo sadike presajali v tri-vrstne pasove na gredice, razdalja je bila 30 cm med vrstami in 20 cm v vrsti. Na poskusno parcelo, ki je merila 1,8 m², smo posadili po 18 rastlin.

2.2 Vzgoja sadik in oskrba rastlin

Sadike smo vzgojili v polistirenskih gojitvenih ploščah (160 celic) v ogrevanem plastenjaku KIS v Jabljah pri Trzinu. Setev za vzgojo sadik smo opravili sredi marca (12.03.2015, 10.03.2016), presajanje na prosto pa sredi maja (Ptuj 2015 - 20.05., Jablje 2016 - 10.05. in Ptuj 2016, 17.05.).

V letu 2015 smo na Ptuj z osnovnim gnojenjem ob pripravi tal dodali 22,5 kg/ha N, 67,5 kg/ha P₂O₅, 135 kg/ha K₂O, z dognojevanjem pa še 52 kg/ha N v dveh obrokih. V letu 2016 smo na Ptuj pognojili s 40 t/ha govejega hlevskega gnoja in pred presajanjem dodali še 21 kg/ha N, 60 kg/ha P₂O₅, 270 kg/ha K₂O. Med rastjo smo v dveh obrokih dodali še 81 kg/ha N. V Jabljah smo poskusno parcelo jeseni pognojili s 40 t/ha govejega hlevskega gnoja in spomladi z osnovnim gnojenjem dodali še 102 kg/ha N, 60 kg/ha P₂O₅, 270 kg/ha K₂O. Pred presajanjem smo tla oblikovali v gredice in jih prekrili s črno PE folijo.

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*).

2.3 Meritve rastlin in vrednotenje pridelka

Ob vsakem terminu spravila smo z vsake poskusne parcele pobrali vse rastline. Pobranim rastlinam smo odstranili korenine, prikrajšali liste na 10 do 15 cm in z lažnih stebel odstranili poškodovane zunanje liste. Ob vsakem pobiranju smo pridelek sortirali v tržni in netržni (rastline katerih premer lažnega stebela je bil manjši od 10 mm in gnile rastline). Za meritve posameznih rastlin smo z vsake poskusne parcele izbrali po 3 povprečne rastline ter očiščene rastline stehali in jim izmerili dolžino lažnega stebela.

2.4 Statistična obdelava podatkov

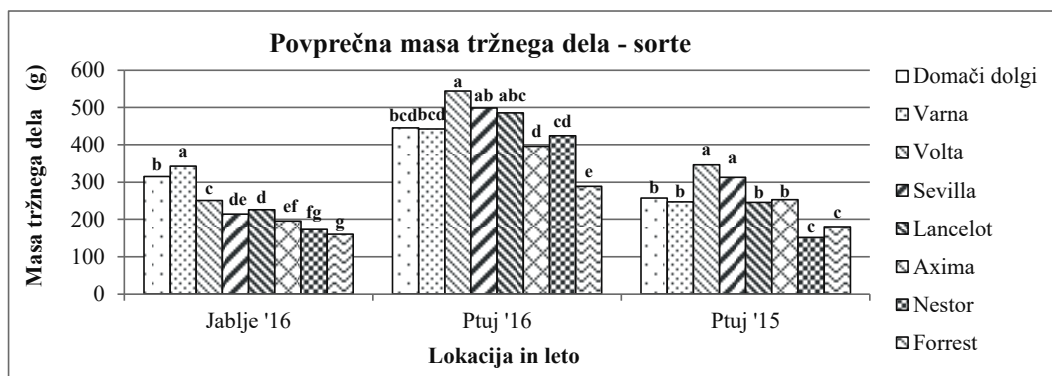
Zbrane rezultate smo za vsak poskus posebej statistično ovrednotili s pomočjo programa Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Centurion, 2009). Statistično značilnost razlik med posameznimi obravnavanji smo določili z analizo variance (ANOVA) za slučajne skupine, značilnost razlik med povprečji posameznih obravnavanj pa z LSD testom. Vsa testiranja smo opravili pri 95% zaupanju ($p < 0,05$).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

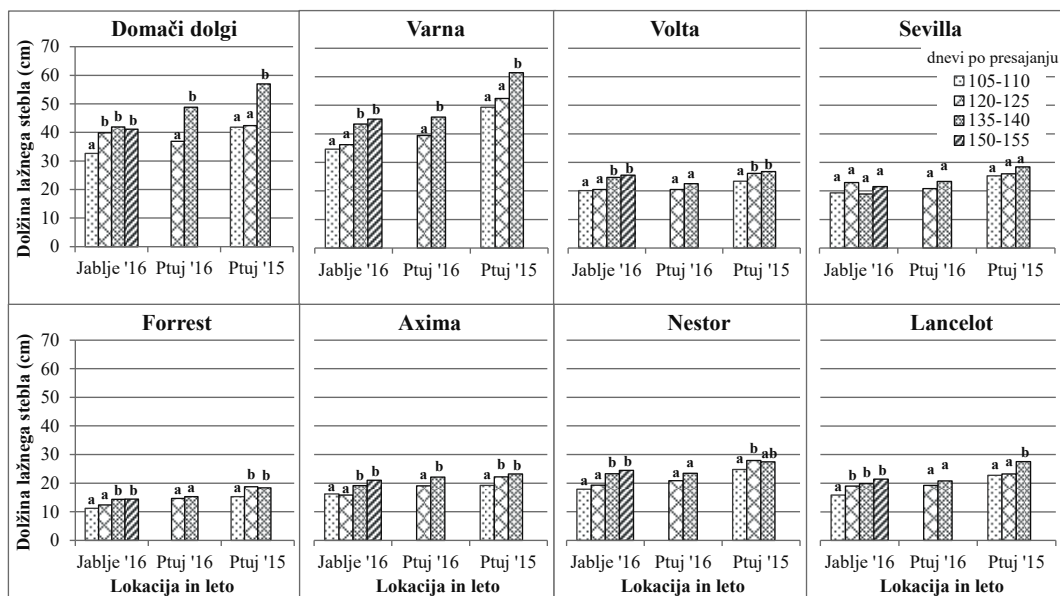
3.1 Rast in razvoj rastlin

V letu 2015 so se rastline pora v poskusu na Ptuju sprva lepo razvijale, sredi poletja, ki je bilo zaznamovano z vročinskimi valovi, se je razvoj močno upočasnil. V tem času je prišlo tudi do močnega napada tobakovega tripsa, ki ga kljub rednemu zatiranju nismo uspeli povsem obvladati. Trips je poškodbe povzročal vse do zadnjega termina pobiranja, kar je vplivalo tudi na slabši razvoj rastlin. V letu 2016 so se ob obilnih padavinah v maju tako na Ptuju kot v Jabljah rastline sprva počasi razvijale. V Jabljah, kjer so bile padavine pogoste tudi v juniju, so bila težka tla pogosto zasičena z vodo, zato so rastline močno zastale v rasti. V toplem, a ne prevročem poletju, so si rastline opomogle, nekaj težav je na obeh lokacijah povzročal tobakov trips.

Kot najugodnejše za rastline pora so se izkazale razmere na Ptuju v letu 2016, saj so bile rastline pri vseh sortah skoraj za polovico težje kot v poskusih na Ptuju 2015 in v Jabljah 2016 (slika 1). V poskusih na Ptuju 2015 in v Jabljah 2016 se je pokazalo, da termini pobiranja v obdobju od konca avgusta do začetka oktobra, t.j. od 105 do 155 dni po presajanju niso značilno vplivali na maso tržnega dela rastlin pora. Na Ptuju v letu 2016 se je masa tržnega dela pora v obdobju od 120 do 134 dni po presajanju v povprečju vseh sort sicer značilno povečala, vendar pa je bilo to povečanje na nivoju posameznih sort značilno le pri sorti Domači dolgi. Veliko bolj kot termini pobiranja so na maso tržnega dela pora vplivale sorte (slika 1). V Jabljah 2016 sta bili najtežji poletni sorti Varna in Domači dolgi, sledile so poletno jesenske sorte Volta, Lancelot in Sevilla, jesenski sorti Axima in Nestor ter zimska sorta Forrest. V obeh poskusih na Ptuju je bil tržni del rastlin pora najtežji pri jesenskih sortah Volta in Sevilla, sledila je še tretja jesenska sorta Lancelot, obe poletni sorti Domači dolgi in Varna ter jesenska sorta Axima. Jesenska sorta Nestor je bila v letu 2016 enako težka kot Axima, v letu 2015 pa je bila ta sorta najlažja med vsemi. Zimska sorta Forrest je bila v obeh poskusih na Ptuju med tistimi z najmanjšo maso.



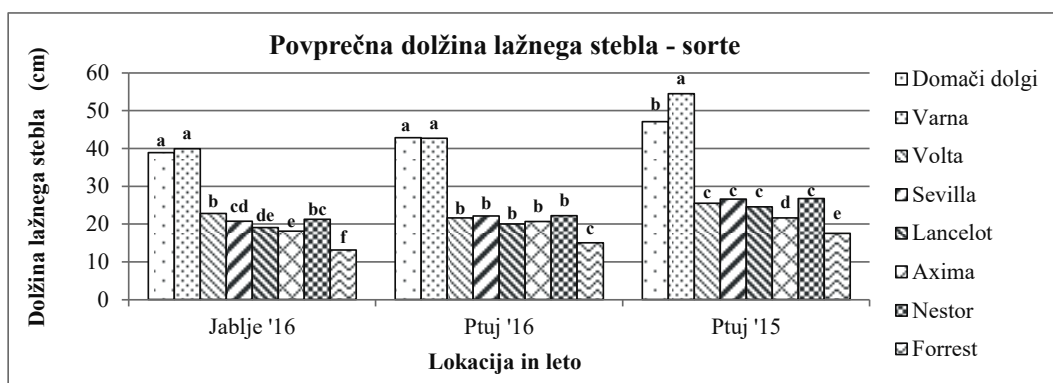
Slika 1: Povprečna masa tržnega dela rastlin pora za vsa pobiranja skupaj pri posameznih sortah v poskusih na Ptuj v letih 2015 in 2016 ter v Jabljah 2016; statistično značilno različne vrednosti ($p \leq 0,05$) po posameznih poskusih so označene z različnimi črkami.



Slika 2: Dolžina lažnega stebila rastlin pora pri posameznih sortah za vsako pobiranje posebej v poskusih na Ptuj v letih 2015 in 2016 ter v Jabljah 2016; statistično značilno različne vrednosti ($p \leq 0,05$) za določeno sorto po posameznih poskusih so označene z različnimi črkami.

Drugače kot pri masi tržnega dela rastlin se je pokazalo, da so termini pobiranja v vseh treh poskusih značilno vplivali na dolžino lažnega stebila. Le-ta se je od prvega do zadnjega termina značilno podaljševala. Razlike so bile v večini primerov značilne tudi na nivoju posameznih sort. V vseh treh poskusih je bila izjema le sorta Sevilla, pri kateri termini pobiranja niso značilno vplivali na dolžino lažnega stebila. Na Ptuj 2016 razlike med obema terminoma pobiranja niso bile značilne še pri sortah Volta, Nestor, Lancelot in Forrest, čeprav je prav pri vseh opazen trend podaljšanja lažnega stebila (slika 2). Razlog za podaljšanje

lažnega stebila s podaljševanjem termina spravila je iskati v dejstvu, da je bilo pri kasnejših pobiranjih z rastlin potrebno očistiti več poškodovanih zunanjih listov. S tem so na tržnem delu rastlin ostali bolj notranji listi, za katere je znano, da so daljši kot zunanji (Brewster 1994). Na dolžino lažnega stebila je pričakovano značilno vplivala tudi izbira sort (slika 3). Daleč najdaljše lažno steblo sta imeli poletni sorti Varna in Domači dolgi, sledile so poletno jesenske in jesenske sorte s skoraj pol krajšimi stebli, najkrajše steblo smo v vseh poskusih izmerili pri zimski sorti Forrest. Zanimivo je, da med poletno-jesenskimi in jesenskimi sortami ni bilo večjih razlik v dolžini lažnega stebila, so pa bile poletno-jesenske sorte običajno nekoliko težje od jesenskih sort.



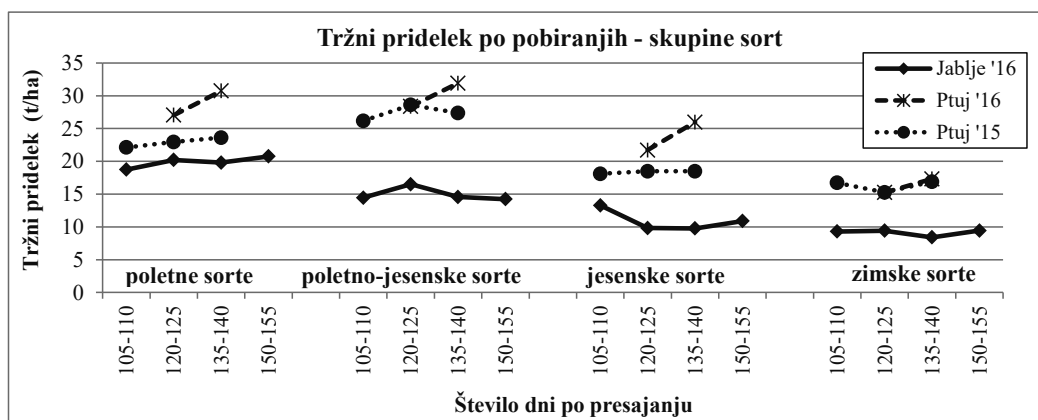
Slika 3: Povprečna dolžina lažnega stebila rastlin pora za vsa pobiranja skupaj pri posameznih sortah v poskusih na Ptujju v letih 2015 in 2016 ter v Jabljah 2016; statistično značilno različne vrednosti ($p \leq 0,05$) po posameznih poskusih so označene z različnimi črkami.

3.2 Količina in dinamika pridelka

Gledano v celoti, so bili pridelki v vseh treh poskusih razmeroma nizki. Najnižji so bili pridelki v Jabljah v letu 2016, ko smo v povprečju pobrali le 14,5 t/ha oz. pri najbolj rodnih sortah okoli 20 t/ha tržnega pridelka. Nekoliko višji so bili pridelki obeh poskusov na Ptujju (povprečni tržni pridelek 22,6 t/ha v letu 2015 in 26,5 t/ha v letu 2016 oz. pri najrodnejših sortah okoli 30 t/ha). V naših preteklih poskusih smo tako na lokaciji Jablje kot na drugih lokacijah po Sloveniji v enakih terminih pridelovanja dosegli tudi do enkrat višje pridelke (Škof in Ugrinović, 2008). Razlog za nižje pridelke je v Jabljah v letu 2016 iskati v res neugodnih pogojih v začetnem obdobju rasti, ko so bila težka tla pogosto zasičena z vodo, rastline pa kasneje niso uspele nadoknaditi zamujenega. Pridelki na Ptujju so bili od preteklih poskusov nekoliko nižji zaradi redkejšega sklopa rastlin, saj je bila medvrstna razdalja v tokratnih poskusih prilagojena strojni medvrstni obdelavi.

Med posameznimi termini spravila v okviru vsakega od poskusov so bile razlike med tržnimi pridelki značilne le med obema terminoma v letu 2016 na Ptujju, ko smo 120 dni po presajanju v povprečju pobrali za okoli 12 % manj tržnega pridelka kot 134 dni po presajanju. Pri ostalih dveh poskusih razlike med tržnimi pridelki ob različnih terminih spravila med koncem avgusta in začetkom oktobra niso bile značilne. Tudi podrobnejša analiza po skupinah sort ni pokazala značilnih razlik med različnimi termini pobiranja. Tako poletne, kot poletno – jesenske, jesenske in zimske sorte od konca avgusta oz. od začetka septembra do začetka

oktobra torej niso značilno ne pridobivale ne izgubljale na pridelku (slika 4). V naših preteklih poskusih smo ugotovili, da pride pri poletnih in jesenskih sortah pora do velikega povečanja pridelka predvsem v avgustu ter da se pri jesenskih sortah pridelki do začetka oktobra še povečajo in nato proti koncu oktobra začnejo padati. Pri poletnih sortah pa se, odvisno od leta, od septembra do oktobra pridelki bodisi nekoliko povečajo bodisi nekoliko zmanjšajo in se nato od oktobra do novembra zmanjšajo, ker začnejo zunanji listi intenzivno propadati (Škof in Ugrinović, 2008). Za razliko od preteklih poskusov se torej v tokratnih poskusih pridelek jesenskih sort od začetka septembra do začetka oktobra (t.j. v obdobju od 105 do 130 dni po presajanju) ni značilno povečal. Biesiada in sod. (2007) so pri zgodnji sorti pora Kilima, ki so jo gojili v poletnem terminu (od aprila do avgusta), ugotovili, da se je pridelek v obdobju od 85 do 117 dni po presajanju skoraj podvojil.



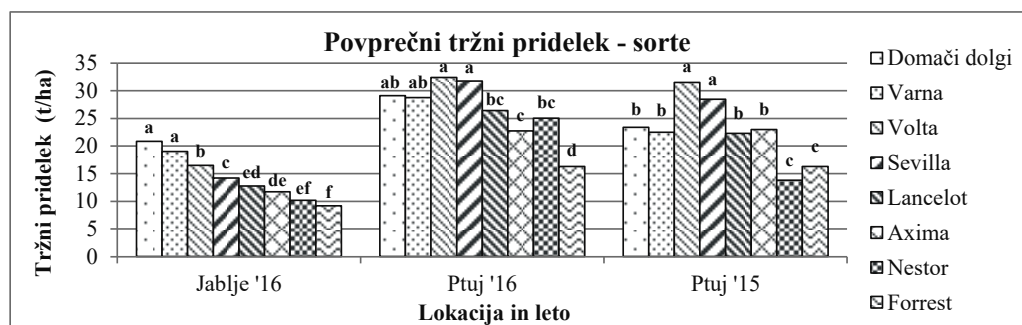
Slika 4: Tržni pridelki različnih skupin sort pora ob posameznih terminih spravila v poskusih na Ptujju v letih 2015 in 2016 ter v Jabljah 2016.

Veliko večji vpliv kot termini pobiranja je na pridelke imela izbira sorte oz. skupine sort (preglednica 1, slika 5). V vseh treh poskusih smo v povprečju vseh terminov spravila najmanj tržnega pridelka pobrali pri zimski sorti Forrest, nekaj več pridelka je bilo običajno pri jesenskih sortah (Nestor in Axima). Večji pridelek kot zimske in jesenske sorte so v vseh treh poskusih imele poletno – jesenske sorte Volta, Sevilla in Lancelot ter poletni sorti Domači dolgi in Varna. V Jabljah 2016 je bil pridelek poletnih sort večji kot pridelek poletno-jesenskih sort, na Ptujju v letu 2016 med poletnimi in poletno jesenskimi sortami ni bilo razlik, ne Ptujju v letu 2015 pa je bil pridelek poletno jesenskih sort večji kot pridelek poletnih sort. Podrobnejša analiza razlik med sortami je pokazala, da smo v povprečju vseh pobiranj v vseh poskusih najmanj pridelka pobrali pri sorti Forrest, enako malo pridelka smo v Jabljah 2016 in na Ptujju 2015 pobrali tudi pri jesenski sorti Nestor, medtem ko je na Ptujju 2016 imela ta sorta značilno več pridelka kot sorta Forrest. Pridelki druge jesenske sorte, t.j. sorte Axima, so bili primerljivi s pridelki sorte Nestor, le na Ptujju 2015 so bili značilno večji. Enaki ali nekoliko višji kot pri sorti Axima so bili pridelki pri poletno jesenski sorti Lancelot. Ostali dve poletno jesenski sorti, t.j. sorti Sevilla in Volta, sta imeli v obeh poskusih na Ptujju značilno višji pridelek kot sorta Lancelot, za sorto Volta pa je to veljalo tudi v Jabljah 2016. Poletni sorti Domači dolgi in Varna sta imeli v Jabljah 2016 najvišja pridelka, na Ptujju 2016 nekoliko, a ne značilno, nižja pridelka kot poletno jesenski sorti Sevilla in Volta, medtem ko sta na Ptujju 2015 poletni sorti imeli značilno nižja pridelka kot Sevilla in Volta in enaka pridelka kot sorti Lancelot in Axima. Razmerja med sortami pri tržnem pridelku so zelo podobna razmerjem pri

masi tržnega dela rastlin, kar je, glede na to, da je bil delež netržnih rastlin pri vseh sortah in terminih pobiranja majhen, logično.

Preglednica 1: Povprečni tržni pridelek vseh terminov spravila pri različnih skupinah sort

Skupina sort	Povprečni tržni pridelek (t/ha)		
	Jablje 2016	Ptuj 2016	Ptuj 2015
Zimske	9,14	16,28	16,29
Jesenske	10,94	23,85	18,36
Poletno - jesenske	14,94	30,15	27,39
Poletne	19,88	28,89	22,89



Slika 5: Povprečni tržni pridelek pora za vsa pobiranja skupaj pri posameznih sortah v poskusih na Ptujju v letih 2015 in 2016 ter v Jabljah 2016; statistično značilno različne vrednosti ($p \leq 0,05$) po posameznih poskusih so označene z različnimi črkami.

4 SKLEPI

Na osnovi tokratnih in naših preteklih poskusov s pridelavo pora za jesensko spravilo lahko ugotovimo, da ima v obdobju od 3 do 5 mesecev po presajanju izbor sorte veliko večji vpliv na pridelek kot različni termini spravila. Med sortami so v poletno jesenskem terminu pridelave najbolj donosne sorte iz skupine poletnih in poletno-jesenskih sort, jesenske sorte v tem terminu dosežejo nižje pridelke, še nižji so pridelki zimskih sort. Različni termini spravila v času od 100 do 150 dni po presajanju večinoma ne vplivajo na maso tržnega dela rastlin in na tržni pridelek, značilno pa je, da so lažna stebila očiščenih rastlin ob kasnejših spravilih daljša.

5 LITERATURA

- Biesiada, A., Kolota, E., Adamczewska-Sowinska, K. 2007. The effect of maturity stage on nutritional value of leek, zucchini and kohlrabi. *Vegetable crops research bulletin*, 66: 39-45.
- Brewster, J.L. 1994. Onions and other vegetable alliums. CAB International, Wallingford, UK, 11-12, 86-91, 115-121.
- Brittain, M. 1988. Leeks – the long and the short of it. *Grower*, 110(3): 20-23.
- Statgraphics Centurion XVI. 2009. Statpoint Technologies, Inc. Warrenton, Virginia.
- Škof, M., Ugrinović, K. 2008. Influence of harvesting time on leek yield in summer-autumn production = Utjecaj roka berbe na prinos poriluka u ljetno-jesenskom uzgoju. V: 43. Hrvatski i 3. međunarodni simpozij agronoma, 18. do 21. veljače 2008, Opatija, Hrvatska = 43rd Croatian & 3rd International Symposium on Agriculture, February 18-21, 2008, Opatija, Croatia: proceedings [and] abstracts. Zagreb: Agronomski fakultet, 149-150.

Izkušnje z eno- in dvostebelnimi rastlinami drobnoplodnega paradižnika pri gojenju v tleh

Kristina UGRINOVIC¹⁵⁰, Mojca ŠKOF¹⁵¹

Izvleček

Nedeterminanten paradižnik v Sloveniji tradicionalno vzgajamo z enim stebлом, pri določenih tehnologijah pridelave (hidroponika, cepljene sadike) pa tudi z dvema steblooma. S poskusi v neogrevanem tunelu smo pri drobnoplodnem paradižniku, ki je rasel na svojih koreninah in smo ga gojili v tleh, primerjali vzgojo rastlin z enim stebлом in rastlin z dvema steblooma, ki smo jih vzgojili na dva različna načina, t.j. bodisi tako, da smo pustili primarno steblo in nato še prvi močan zalistnik na primarnem stebelu (2S-PZ) bodisi tako, da smo sadikam odstranili vrh in sta se obe stebli razvili iz zalistnikov (2S-ZZ). Spremljali smo razvoj rastlin ter količino in dinamiko pridelka. Z rastlin z enim stebлом smo skupno pobrali za okoli polovico manjše število plodov kot z rastlin z dvema steblooma, ne glede na način vzgoje le-teh. Med skupnimi pridelki na površino med različnimi načini vzgoje rastlin ni bilo razlik, podrobnejša analiza pa je pokazala, da smo pri obeh načinih vzgoje rastlin z dvema steblooma ob prvih pobiranjih pobrali nekaj manj pridelka kot pri rastlinah z enim stebлом. Značilno je bilo tudi, da smo pri sadikah 2S-PZ s sekundarnega stebela pobrali manjše število plodov kot s primarnega.

Glavne besede: *Lycopersicon esculentum*, število stebel, pridelek, dinamika dozorevanja

The experience with one- and two-stem plants of cherry tomato grown in the soil

Abstract

Indeterminate tomato in Slovenia is traditionally trained to one stem, while two stems training is practiced in certain production technologies (e.g. hydroponics, grafted plants). The trials with cherry tomato were set up in unheated plastic tunnel to compare the one stem training with two types of two stems training for soil grown ungrafted tomato. Two stems plants were conducted either as primary stem plus secondary stem conducted from first strong auxiliary shoot on the primary stem (2S-PZ) either as two secondary stems conducted from two axillary shoots that developed after pruning of the top at the seedling stage (2S-ZZ). The development of plants and the amount and dynamics of yield were monitored. The one stem plants produced only about half as many fruits as two stems plants regardless the type of two stems training. Total yield per surface area did not differ among the different training systems, anyhow more detailed analysis revealed that both two stems training systems yielded slightly less at the early harvests. On 2S-PZ trained plants, secondary stems produced less fruits than primary stems.

Key words: *Lycopersicon esculentum*, number of stems, yield, ripening dynamics

1 UVOD

Rastline paradižnika lahko vzgajamo na različne načine, odvisno od tipa rasti (determinanten, nedeterminanten), bujnosti sorte, načina pridelave (na prostem, v zaščitenem prostoru, v tleh, na hidroponiki,...) in drugega. Cilj izbire načina vzgoje rastlin paradižnika je vzdrževati tako ravnotežje med viri in ponori asimilatov, ki omogoča dober razvoj plodov, saj je le-ta ključen za optimizacijo pridelave (Franco et al., 2009).

Nedeterminantne sorte paradižnika tradicionalno vzgajamo tako, da primarno steblo vodimo ob opori, vse stranske poganjke, t.j. zalistnike, pa redno odstranjujemo. Tak način gojenja je

¹⁵⁰ Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: kristina.ugrinovic@kis.si

¹⁵¹ Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: mojca.skof@kis.si

enostaven, zagotavlja dobro zračnost nasada, omogoča dober nadzor nad rastjo rastlin in dobro razporeditev socvetij ob stebelu (Ledda et al., 2009). S tem, ko so bile v pridelavo uvedene nove bujnejše sorte in tehnike gojenja, ki omogočajo bujnejšo rast rastlin (npr. hidroponsko gojenje, cepljenje rastlin na podlage z močnejšim koreninskim sistemom...) je bila, z namenom zmanjšanja vhodnih stroškov pridelave, v pridelavo uvedena vzgoja rastlin z dvema stebroma. Za enako končno gostoto posevka pri takem načinu vzgoje potrebujemo za polovico manj sadik, le-te pa predstavljajo pomemben strošek pri pridelavi paradižnika. Zanimalo nas je, ali lahko sorte drobnoplodnega paradižnika, ki rastejo na svojih koreninah (niso cepljene) in jih gojimo v zemlji, v slovenskih agroekoloških razmerah uspešno vzgajamo tudi z dvema stebroma ter kako različni načini vzgoje dveh stebel vplivajo na razvoj rastlin ter na količino pridelka in njegovo dinamiko med sezono pobiranja.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Zasnova poskusov

Poskusi so potekali v letih 2011, 2012 in 2013 v neogrevanem zaščitenem prostoru (tunelu) na poskusnem polju Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah pri Trzinu. Vse poskuse smo opravili s hibridno sorto 'Sweet Million' (dobavitelj semena Sakata). Sorta je srednje zgodna z visokimi pridelki. Plod je dobrega okusa, se zelo dobro skladišči, po obliki je okrogel, povprečne mase okoli 20 g. Grozdi so zelo močno razvejani (Ugrinović in Škof, 2012).

Primerjali smo tri načine vzgoje sadik oz. rastlin, t.j.: (1) rastline z enim stebrom, pri katerih smo steblo vzgojili iz primarnega poganjka, vse stranske poganjke (zalistnike) pa smo redno odstranjevali (v nadaljevanju 1S), (2) rastline z dvema stebroma, pri katerih smo eno steblo vzgojili iz primarnega poganjka, drugo, sekundarno steblo pa po presajanju sadik iz zalistnika pod prvim socvetjem na primarnem stebelu, (v nadaljevanju 2S-PZ) in (3) rastline z dvema stebroma, pri katerih smo obe stebli vzgojili iz zalistnikov, ki sta se razvila po odstranitvi vrha primarnega poganjka v fazi, ko so sadike imele razvita prva dva prava lista, (v nadaljevanju 2S-ZZ).

Poskusi so bili zasnovani v štirih ponovitvah z naključno razporeditvijo obravnavanj znotraj ponovitev. V vsaki ponovitvi je poskusna parcela posameznega obravnavanja obsegala po 8 stebel, t.j. po 4 stebela v dveh sosednjih vrstah na isti gredici in je merila 2,4 m². Na parcelah 1S je bilo tako 8 rastlin z enim stebrom, na parcelah 2S-PZ in 2S-ZZ pa 4 rastline, vsaka z dvema stebroma. V letu 2011 smo primerjali le obravnavanji 1S in 2S-PZ. V letu 2012 smo primerjali vse tri opisane načine vzgoje rastlin, v letu 2013 pa le obravnavanji 1S) in 2S-ZZ.

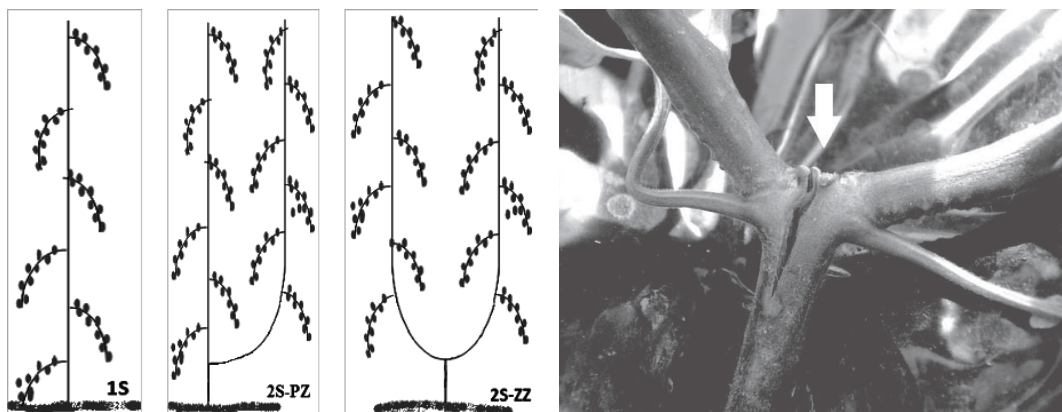
2.2 Vzgoja sadik in rastlin

Sadike smo vzgojili v polistirenskih gojitvenih ploščah v ogrevanem plastenjaku Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah pri Ljubljani.

Za vzgojo rastlin 1S in 2S-PZ smo sejali sredi marca (15.03.2011, 14.03.2012 in 18.03.2013). Do presajanja smo sadike teh rastlin vzgajali v skladu z uveljavljeno agrotehniko za rastline z enim stebrom. Ob prvem odstranjevanju zalistnikov, ki smo ga opravili približno 4 tedne po presajanju, smo pri rastlinah 1S s primarnega stebela odstranili vse zalistnike, pri rastlinah 2S-PZ pa smo na primarnem stebelu pustili prvi močan zalistnik in ga speljali na samostojno oporno vrstico. Praviloma je bil to zalistnik, ki se je razvil pod prvim socvetjem na primarnem stebelu. Pri nadaljnji oskrbi smo tako s primarnega kot s sekundarnega stebela odstranjevali vse zalistnike (slika 1).

Za vzgojo rastlin 2S-ZZ smo sejali teden dni prej kot za ostali dve obravnavanji. V fazi, ko so imele sadike polno razvita prva dva prava lista, smo jim odstranili vrhove. Iz pazduh obeh listov sta odgnala zalistnika, ki sta se nato razvila v stebli. Kasneje smo nato z obeh tako nastalih stebel redno odstranjevali zalistnike (slika 1).

Vse sadike smo v tunel presadili istočasno, t.j. v drugi polovici aprila oz. v prvih dneh maja (20.04.2011, 05.05.2012 in 30.04.2013).



Slika 1: Shema vzgoje rastlin paradižnika:

1S – rastline z enim stebłom; 2S-PZ – rastline z dvema stebłoma, eno iz primarnega stebła, drugo iz zalistnika na primarnem stebłu; 2S-ZZ – rastline z dvema stebłoma, obe iz zalistnikov, ki sta odgnala po odstranitvi vrha

Slika 2: Pokanje primarnega stebła na mestu razraščanja sekundarnih stebel pri rastlinah, pri katerih sta bili obe stebli vzgojeni iz zalistnikov, ki sta odgnala po odstranitvi vrha.

2.3 Oskrba rastlin

Gojenje je potekalo v skladu z uveljavljeno agrotehniko. Tla v tunelu smo v letih 2011 in 2012 pognojili s 30 t/ha govejega hlevskega gnoja, v letu 2013 pa z 2 t/ha organskega peletiranega gnojila (FertilDung), pripravljenega iz mešanice govejega in kokošjega gnoja. V letu 2011 smo med rastjo redno dognojevali preko namakalnega sistema in skupno dodali še 72 kg/ha N, 128 kg/ha P_2O_5 , 160 kg/ha K_2O , 24 kg/ha Mg, 24 kg/ha S. V letu 2012 smo z osnovnim gnojenjem dodali 7 kg/ha N, 20 kg/ha P_2O_5 , 30 kg/ha K_2O , z dognojevanjem preko namakalnega sistema pa še 40 kg/ha N, 70 kg/ha P_2O_5 , 88 kg/ha K_2O , 13 kg/ha MgO, 13 kg/ha S. V letu 2013 smo z osnovnim gnojenjem dodali 143 kg/ha N, 112 kg/ha P_2O_5 , 288 kg/ha K_2O in še 63 kg/ha N, 112 kg/ha P_2O_5 , 140 kg/ha K_2O , 21 kg/ha MgO, 21 kg/ha S z dognojevanjem preko namakalnega sistema. Pred presajanjem smo tla oblikovali v gredice in jih prekrili s črno PE folijo, pod katero so bile za vsako vrsto posebej položene cevi za kapljično namakanje. Na gredici sta bili posajeni po 2 vrsti, razdalja med vrstami je bila 75 cm, razdalja med rastlinami v vrsti pa 40 cm pri sadikah z enim stebłom oz. 80 cm pri sadikah z dvema stebłoma, tako da je gostota nasada znašala 33.333 stebel/ha. Vsako steblo je rastlo ob vertikalni opori iz vrvice. Oskrba poskusov je vključevala redno namakanje s fertigacijo, odstranjevanje zalistnikov in spodnjih listov. V letu 2013 smo zaradi napada južne plodovrtke (*Helicoverpa armigera* Hb) ob koncu avgusta rastline poškropili z biotičnim

pripravkom Delfin (*Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*). Ob koncu rastne dobe smo vsem stebлом 3 liste nad 13. socvetjem odrezali vrh.

2.4 Vrednotenje pridelka

Pobirali smo rdeče obarvane plodove, praviloma 1-krat tedensko, le zadnja pobiranja v drugi polovici septembra in v oktobru smo opravili na 10 dni. Ob vsakem pobiranju smo ločeno pobrali posamezne plodove vsake etaže. Pri rastlinah 2S-PZ smo ločeno pobirali plodove vsakega od obeh stebel (t.j. primarnega in sekundarnega).

Pridelek vsakega pobiranja smo v skladu s Standardom UNECE FFV-36 za trženje in nadzor nad tržno kakovostjo paradižnika (United Nations Economic Commission for Europe, 2012) sortirali na tržni pridelek prvega in drugega razreda in na odpadni pridelek (bolni, razpokani in drobni plodovi).

2.5 Statistična obdelava podatkov

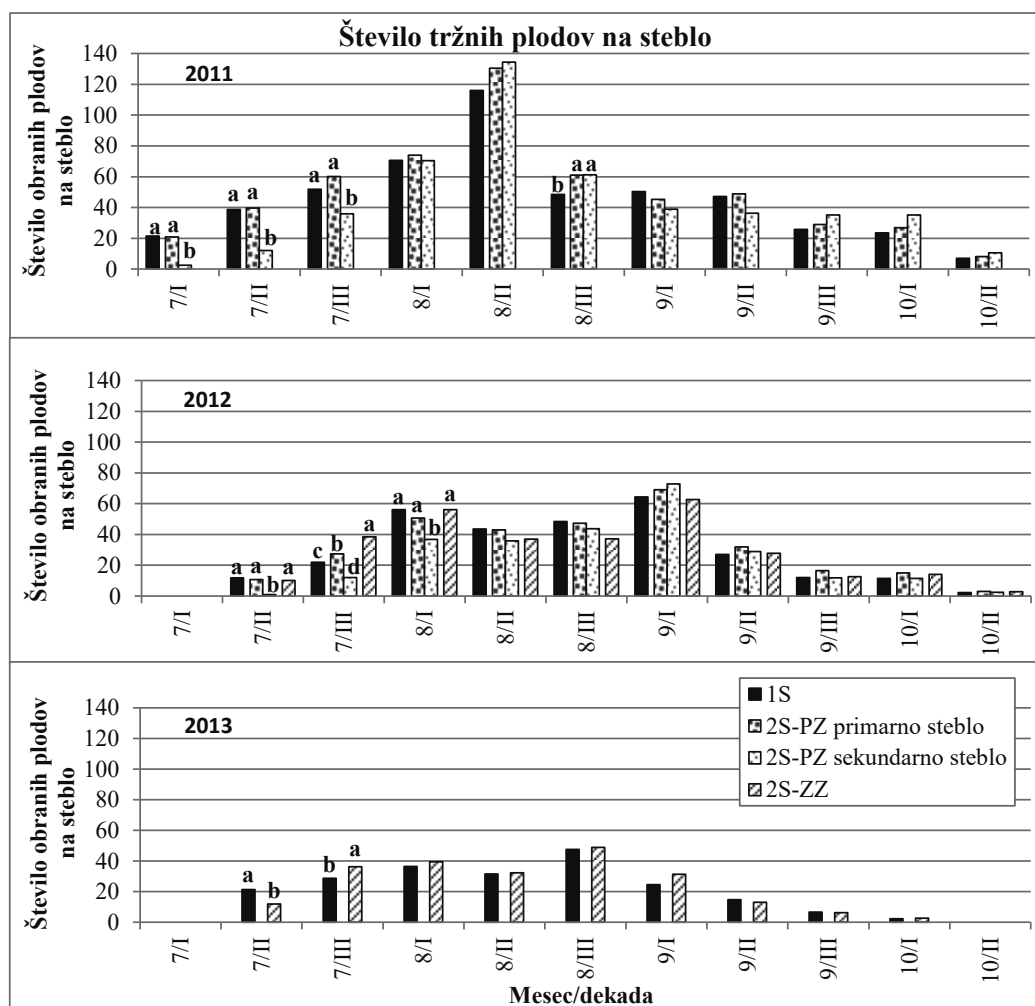
Zbrane rezultate smo za vsako leto in za vsako dekada znotraj leta posebej statistično ovrednotili s pomočjo programa Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Centurion, 2009). Statistično značilnost razlik med obravnavanji smo določili z analizo variance (ANOVA) za slučajne skupine, značilnost razlik med povprečji posameznih obravnavanj pa z LSD testom. Vsa testiranja smo opravili pri 95% zaupanju ($p < 0,05$).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Rast in razvoj rastlin

Sadike, ki smo jim z namenom vzgoje dveh stebel odstranili vrh (2S-ZZ), so kljub zgodnejši setvi ob presajanju v razvoju nekoliko zaostajale za sadikami z enim stebлом (1S). Sadike 1S so imele ob presajanju 3 do 4 liste, sadike 2S-ZZ pa so imele poleg polno razvitih prvih dveh listov še dva mlada stranska poganjka. Poleg tega pri okoli 10 % sadik, 2S-ZZ nista odgnala oba zalistnika, temveč le en ali celo noben, kar je povečalo izpad sadik, ki je bil sicer okoli 1%. Manjši zamik v razvoju se je kazal tudi po presajanju – začetek cvetenja posameznih socvetij je bil pri rastlinah 2S-ZZ za nekaj dni kasnejši kot pri rastlinah 1S (rezultati niso prikazani). Poleg zamika v razvoju se je pri rastlinah 2S-ZZ že kakšne tri tedne po presajanju začelo pojavljati pokanje primarnega stebela na mestu razraščanja v dve stebli (slika 2). Omeniti velja tudi, da je bilo začetno napeljevanje opornih vrvic pri teh rastlinah nekoliko bolj zamudno kot pri rastlinah z enim stebлом.

Pri rastlinah 2S-PZ, je bilo primarno steblo po fazah razvoja enako rastlinam 1S. Sekundarno steblo je v primerjavi s primarnim v razvoju zaostajalo za približno 2 tedna – npr. prvo socvetje na sekundarnem stebelu je s cvetenjem začelo približno 2 tedna kasneje kot prvo socvetje na primarnem stebelu. To je pomenilo, da je prvo socvetje na drugem stebelu cvetelo sočasno s tretjim socvetjem na prvem stebelu (rezultati niso prikazani). Podobno ugotavljajo tudi Ledda in sod. (2009), ki navajajo, da pri tako vzgajanih rastlinah sekundarno steblo za prvim v razvoju zaostaja za eno socvetje. Za razliko od sadik 2S-ZZ se pri sadikah 2S-PZ na mestu razraščanja obeh stebel pokanje ni pojavilo. Tudi pri teh rastlinah je bilo začetno napeljevanje opornih vrvic nekoliko bolj zamudno kot pri rastlinah z enim stebлом.



Slika 3: Število tržnih plodov na steblo po dekadah v letih 2011, 2012 in 2013 pri različnih načinih vzgoje rastlin – enostebelne (1S), dvostebelne s primarnim stebлом in sekundarnim stebлом iz zalistnika (2S-PZ) in dvostebelne z dvema stebroma iz zalistnikov po odstranitvi vrha (2S-ZZ); statistično značilno različne vrednosti ($p \leq 0,05$) po dekadah so označene z različnimi črkami.

Razlike, ki so se pri različnih načinih vzgoje pokazale pri razvoju rastlin, so se odrazile tudi pri dozorevanju plodov. Pri rastlinah 2S-PZ smo tako v vseh treh dekadah julija leta 2011 s sekundarnega stebła pobrali manj tržnih plodov kot z rastlin 1S in manj tržnih plodov kot s primarnega stebła taiste rastline (slika 3). Ob kasnejših pobiranjih večjih razlik med stebli ni bilo, z izjemo tretje dekade avgusta, ko smo z obeh stebel rastlin 2S-PZ pobrali več tržnih plodov kot z rastlin 1S. Podobne rezultate smo dobili tudi v letu 2012. V drugi in tretji dekadi julija ter v prvi dekadi avgusta smo najmanj tržnih plodov pobrali s sekundarnih stebel rastlin 2S-PZ, rastline 1S, primarna stebła rastlin 2S-PZ in stebła rastlin 2S-ZZ se po številu obranih tržnih plodov med seboj niso razlikovala z izjemo tretje dekade julija, ko smo največ plodov pobrali s stebel rastlin 2S-ZZ, sledila so sekundarna stebła rastlin 2S-PZ in rastline 1S. Od

druge dekade avgusta dalje v letu 2012 razlik med različnimi načini vzgoje rastlin v številu pobranih tržnih plodov ni bilo več. V letu 2013, ko smo primerjali le rastline 1S in rastline 2S-ZZ, smo v drugi dekadi julija s stebel rastlin 1S pobrali več tržnih plodov kot s stebel rastlin 2S-ZZ, v tretji dekadi julija pa je bilo ravno obratno. Ob kasnejših pobiranjih med obema načinoma vzgoje rastlin ni bilo značilnih razlik v številu pobranih plodov na steblo (slika 3).

Preglednica 1: Skupno število tržnih in vseh plodov na rastlino v celotnem obdobju obiranja v letih 2011, 2012 in 2013 pri različnih načinih vzgoje rastlin

Način vzgoje rastlin	Število plodov na rastlino					
	2011		2012		2013	
	tržni	vsi	tržni	vsi	tržni	vsi
1S	501 a	751 a	299 a	482 a	214 a	361 a
2S-PZ	1017 b	1638 b	571 b	883 b	/	/
2S-ZZ	/	/	597 b	873 b	446 b	715 b

1S - enostebelne, 2S-PZ - dvostebelne s primarnim stebлом in sekundarnim stebлом iz zalistnika in 2S-ZZ - dvostebelne z dvema stebroma iz zalistnikov po odstranitvi vrha; statistično značilno različne vrednosti v posameznih letih ($p \leq 0,05$) so označene z različnimi črkami.

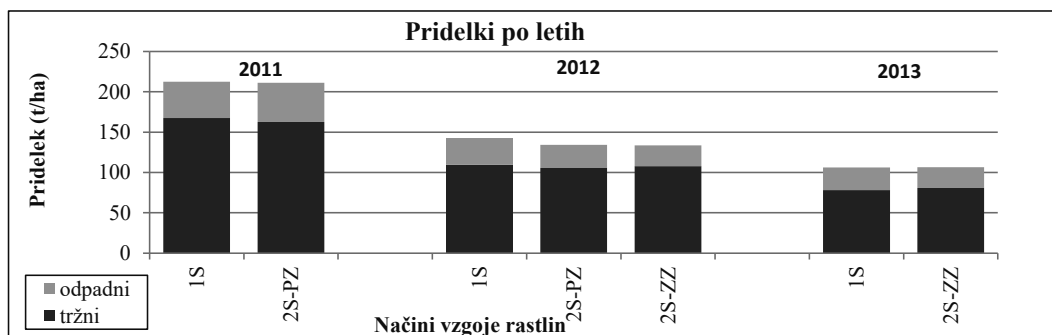
Če primerjamo število plodov, ki smo jih pobrali s posameznih rastlin, ugotovimo, da smo z rastlin z enim stebлом pobrali za okoli polovico plodov manj kot z rastlin z dvema stebroma, ne glede na način vzgoje teh rastlin (preglednica 1). Tudi Rahmatain in sod. (2014) navajajo, da so pri hidroponskem gojenju češnjevega paradižnika pri gostoti 3,6 stebel/m² z rastlin z dvema stebroma (način vzgoje 2S-PZ) pobrali za 40 % več plodov kot z rastlin z enim stebлом. Med obema načinoma vzgoje rastlin z dvema stebroma t.j. med rastlinami 2S-PZ in 2S-ZZ v naših poskusih v letu 2013 ni bilo značilnih razlik v številu plodov na rastlino (preglednica 1), medtem ko so Takahashi in sod. (2015) pri gojenju cepljenih rastlin češnjevega paradižnika, ki so jih prav tako gojili v tleh, z rastlin 2S-ZZ pobrali 20 % več tržnih in 12 % več vseh plodov kot z rastlin 2S-PZ.

3.2 Količina in dinamika pridelka

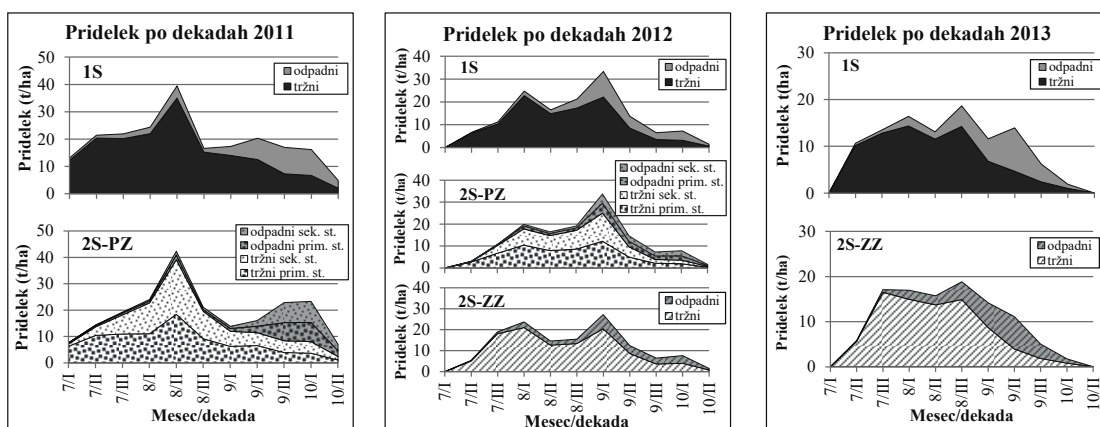
V vseh treh letih smo prvo pobiranje opravili v začetku julija (04.07.2011, 11.07.2012 in 11.07.2013), zadnje pobiranje pa v prvi polovici oktobra (13.10.2011, 08.10.2012 in 07.10.2013). Do konca poskusa smo v letih 2011 in 2012 opravili skupno 12 pobiranj, v letu 2013 pa 14 pobiranj.

V celotnem obdobju pobiranja smo tako v letu 2011, ko so bili pridelki zelo visoki, kot v letu 2012, ko so bili pridelki za več kot tretjino nižji kot v letu poprej in v letu 2013, ko so bili pridelki za polovico manjši ko v prvem letu, pri vseh treh načinih vzgoje rastlin do konca sezone pobrali enako količino tako tržnega kot skupnega pridelka (slika 4).

Podrobnejši pogled v dinamiko pridelka preko celotne sezone pobiranja razkrije, da smo v vseh treh letih ob prvih pobiranjih pri rastlinah z enim stebлом (1S) pobrali več pridelka kot pri rastlinah z dvema stebroma, t.j. rastlinah 2S-PZ v letih 2011 in 2013 in rastlinah 2S-ZZ v letih 2012 in 2013. Ob kasnejših pobiranjih so bili pridelki pri različnih načinih vzgoje rastlin podobni. Pri rastlinah z dvema stebroma smo ob nekaterih pobiranjih pobrali nekaj, a ne značilno, več pridelka, tako da so se pridelki teh rastlin do konca pobiranja izenačili s pridelki rastlin z enim stebлом (slika 5).



Slika 4: Tržni in skupni pridelki v letih 2011, 2012 in 2013 pri različnih načinih vzgoje rastlin – enostebelne (1S), dvostebelne s primarnim stebлом in sekundarnim stebлом iz zalistnika (2S-PZ) in dvostebelne z dvema stebroma iz zalistnikov po odstranitvi vrha (2S-ZZ).



Slika 5: Pridelki po dekadah v letih 2011, 2012 in 2013 pri različnih načinih vzgoje rastlin – enostebelne (1S), dvostebelne s primarnim stebлом in sekundarnim stebлом iz zalistnika (2S-PZ) in dvostebelne z dvema stebroma iz zalistnikov po odstranitvi vrha (2S-ZZ).

Dinamika pridelka preko sezone pobiranja se je med leti nekoliko razlikovala, zanimivo pa je, da je bila, razen začetnega zamika pri rastlinah z dvema stebroma, pri vseh treh načinih vzgoje rastlin v posameznih letih zelo podobna. V letu 2011 smo tako daleč največ pridelka pobrali v drugi dekadi avgusta, sledil je izrazit padec in nato postopno zmanjševanje količin tržnega pridelka do konca obiranja v oktobru. Zanimivo je, da so se skupni pridelki v sredini septembra v primerjavi s koncem avgusta povečali, vendar pa je bil delež odpada zaradi številnih predrobnih in počenih plodov zelo visok. V letu 2012 je bil prvi vrh pobiranja v prvi dekadi avgusta, temu je sledil manjši padec in nato še drugi vrh v prvi dekadi septembra, nato pa so se pridelki proti koncu pobiranja počasi zmanjševali. V letu 2013 v srednjem delu sezone obiranja ni bilo izrazitejših vrhov in padcev v količinah pridelka, so pa se v septembru pridelki začeli relativno hitro zmanjševati (slika 5).

4 SKLEPI

Rezultati naših poskusov kažejo, da pri pridelavi v zemlji z vzgojo paradižnika na dveh steblih v celotni sezoni obiranja lahko dosežemo enake pridelke kot z vzgojo paradižnika na enem steblu. Pomembne razlike med načini vzgoje rastlin so pri pridelkih prvih obiranj, ki so običajno tržno najbolj zanimivi, pri številu potrebnih sadik in začetni oskrbi rastlin. Pri obeh načinih vzgoje rastlin z dvema stebloma, smo ob prvih pobiranjih pobrali manj pridelka kot pri rastlinah z enim steblom. Zamiku v razvoju in s tem v pridelku bi se pri tistih rastlinah z dvema stebloma, pri katerih stebla vzgojimo po odstranitvi vrha v fazi sadik, verjetno lahko izognili s še zgodnejšo setvijo, t.j. približno 14 dni pred običajnim terminom, kar pa bi podražilo vzgojo sadik. Kljub temu, da pri rastlinah z dvema stebloma za enako gostoto posevka potrebujemo za polovico manj sadik, bi bilo potrebno preveriti, ali višji stroški vzgoje sadik in tudi kasnejše oskrbe rastlin zaradi večje porabe časa ne presežejo prihranka, ki ga predstavlja manjše število sadik.

5 LITERATURA

- Franco, J.L., Rodríguez, N., Díaz, M., Camacho, F. 2009. Influence of Different Pruning Methods in Cherry Tomato Grown Hydroponically in a Cropping Spring Cycle: Effects on the Production and Quality. Proc. IS on Soilless Culture and Hydroponics, Eds.: Rodriguez-Delfin, A., Martínez, P.F., Acta Hort. (ISHS) 843:165-169.
- Ledda, L., Deligios, P.A., Leoni S. 2009. L'allevamento si due branche esalta la produttività dello cherry. *Informatore Agrario*, 7: 57-60.
- Rahmatian, A., Delshad, M., Salehi, R. 2014. Effect of Grafting on Growth, Yield and Fruit Quality of Single and Double Stemmed Tomato Plants Grown Hydroponically. *Hort. Environ. Biotechnol.* 55(2):115-119.
- Statgraphics Centurion XVI. 2009. Statpoint Technologies, Inc. Warrenton, Virginia.
- Takahashi, K., Cardoso, AII. 2015. Produção e qualidade de mini tomate em sistema orgânico com dois tipos de condução de hastes e poda apical. *Horticultura Brasileira* 33: 515-520.
- Ugrinović, K., Škof, M. 2012. Drobnoplodni paradižnik. *Kmečki glas*, 69 (2): 9.
- United Nations Economic Commission for Europe. 2012. Standard UNECE FFV-36 za trženje in nadzor nad tržno kakovostjo paradižnika, Združeni narodi, New York in Ženeva. 7 str.

Biokemični odziv izbranih solatnic na listno gnojenje s selenatom

Dragan ŽNIDARČIČ¹⁵², Nina KACJAN MARŠIČ¹⁵³, Helena ŠIRCELJ¹⁵⁴, Emil ZLATIČ¹⁵⁵

Izvleček

V poskusu na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete so bila vključena štiri obravnavanja: kontrola (brez dodajanja Se) in tri obravnavanja z dodajanjem Na₂SeO₄. Rastline (radič – sorti 'Monivip' in 'Anivip', regrat, rukvica in dvoredec) so bile škropljene dvakrat (v prvem poskusu z 1 + 1; 2 + 2 in 5 + 5 mg Se/l; v drugem poskusu pa z 10 + 0, 10 + 10 in 10 + 50 mg Se/l). V povprečju so najmanj Se privzele obe vrsti radiča. Vrtnine škropljene z raztopino 10 + 50 mg Se/l so pokazale največjo sposobnost privzema Se. Škropljenje rastlin z visoko koncentracijo selenata v raztopini (10 + 50 mg Se/l) je na splošno povzročilo zmanjšanje prisotnosti antioksidantov v primerjavi z ostalimi obravnavanji. Srednja preskrbljenost z Na₂SeO₄ (2 + 2 mg Se/l) je v prvem poskusu (razen pri listih regrata) vplivala na povečanje vsebnosti askorbata. V drugem poskusu so s Se obogateni listi pripomogli k povečanju askorbinske kisline v vseh vzorcih z delno (10 + 0 mg Se/l) in srednjo (10 + 10 mg Se/l) povečano selenatno oskrbo. Medtem pa je vsebnost kisline značilno upadla pri najvišji oskrbi z Na₂SeO₄ (10 + 50 mg Se/l). Listi solatnic v drugem poskusu, ki jih nismo škropili z Na₂SeO₄ (kontrola) so imeli najvišjo vsebnost α -tokoferola.

Glavne besede: solatnice, selen, koncentracija, privzem selen, neencimski antioksidanti

Influence of nutrient solution on morphometric and biochemical parameters of forced chicon (*Cichorium intybus* L.)

Abstract

Four variants of the experiment were performed in the Experimental Field of the Biotechnical Faculty: the control variant (without Se application) and three experimental variants of the treatment with Na₂SeO₄. Plants (chicory – varieties of 'Monivip' and 'Anivip', dandelion, salad rocket and wild rocket) were sprayed twice with Na₂SeO₄ of various concentrations (1 + 1; 2 + 2 and 5 + 5 mg Se L⁻¹ in first experiment; 10 + 0; 10 + 10 and 10 + 50 mg Se L⁻¹ in second experiment). On average the lowest accumulation of Se was observed for both varieties of chicory. Vegetables sprayed with 10 + 50 mg Se L⁻¹ solution showed a high capacity to accumulate Se. The treatments of plants exposed to highest amount of selenate (10 + 50 mg Se L⁻¹) caused a decreased in antioxidants, in comparison with plants obtained according to other treatments. The moderate spraying with Na₂SeO₄ (2 + 2 mg Se L⁻¹) in the first experiment (except in leaves of dandelion) increased the content of ascorbate. In the second experiment Se-enriched leaves provided a higher content of ascorbic acid in all samples by slight (10 + 0 mg Se L⁻¹) and medium (10 + 10 mg Se L⁻¹) increase of selenate supply. However, significant decreases began to occur in ascorbic acid of samples sprayed with enlarged enrichment of Na₂SeO₄ solution (10 + 50 mg Se L⁻¹). Regular leafy vegetable leaves (control) in the second experiment provided the highest amount of α -tocopherol.

Key words: leafy vegetables, selenium, concentration, selenium accumulation, non-enzymatic antioxidants

¹⁵² Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: dragan.znidarcic@bf.uni-lj.si

¹⁵³ Prof. dr., prav tam, e-pošta: nina.kacjan.marsic@bf.uni-lj.si

¹⁵⁴ Doc. dr., prav tam,, e-pošta: helena.sircelj@bf.uni-lj.si

¹⁵⁵ Dr., prav tam, e-pošta: emil.zlatic@bf.uni-lj.si

1 UVOD

V razvitem svetu se proizvodnja in količina pridelanih kmetijskih rastlin povečujeta, in to predvsem zaradi ekonomsko usmerjenega okolja. Ta usmerjenost je pogosto v nasprotju z delovanjem naravnega okolja, saj k zdravemu življenju poleg zadostnih količin pomembno pripomore tudi kakovost pridelanih rastlin. Prav s tem ciljem, se že vrsto let izvajajo številne raziskave v več smereh, kot so žlahtnjenje in izbira najprimernejših vrst oz. sort vrtnin za različne namene pridelave in za različne gojitvene razmere, določevanje najprimernejših gnojilnih odmerkov posameznih hranil, uporaba različnih formulacij gnojil in načinov njihove aplikacije, razvijanje in uporaba sredstev za varstvo rastlin itd.

Ena od smeri raziskovanja preučuje tudi dodajanje selen (Se) gojenim rastlinam in nakazuje možnost, da bi pridelek sadja in zelenjave obogatili z izbranimi tehnikami dodajanja Se (Curtin in Hanson, 2008). Razlog, zakaj narašča zanimanje za rastline s povečano količino naravno prisotnega Se namesto prehranskih dopolnil, ki vsebujejo Se, lahko iščemo v naslednjih dejstvih:

- preskrbljenost ljudi s Se je v večini evropskih držav manjša od priporočenega dnevnega vnosa. S premajhno preskrbljenostjo s Se pa so povezane številne bolezni, kot so anemija, povišan krvni tlak, cistična fibroza, ciroza... (Peters in sod., 2007);
- selenobeljakovine sodelujejo pri antioksidativni zaščiti pred delovanjem reaktivnih kisikovih spojin, pri razstrupljanju toksičnih kovin in pri regulaciji redoks procesov v celici (Brown in Arthur, 2001);
- selenobeljakovine so vključene v kontrolo metabolizma hormonov žleze ščitnice (Behne in Kyriakopoulos, 2001);
- pozitivni učinek Se se kaže tudi v znižanju glukoze v krvi sladkornih bolnikov in v zmanjšani verjetnosti umrljivosti pri ljudeh, ki so HIV pozitivni (Kupka in sod., 2004).

Povečano vsebnost Se v gojenih rastlinah lahko dosežemo z dodajanjem Se v mineralna gnojila ali z razvojem genotipov rastlin z izboljšano sposobnostjo privzemanja Se (White in sod., 2004).

Literatura je zelo skopa z informacijami o tem, ali rastlinske celice oziroma rastline, ki jim foliarno dodajamo Na_2SeO_4 , vsebujejo sisteme za preprečevanje in popravljanje poškodb, ki jih je povzročil stresni dejavnik. Ti sistemi vključujejo predvsem reducente, kot so askorbinska kislina (C- vitamin), tokoferoli (E- vitamin) in asimilacijska barvila. Zato je bil cilj raziskave poglobiti vedenje o biokemičnih spremembah na rastlinah, ko so te v stresu zaradi dodajanja Na_2SeO_4 , to pa bi bil pomemben prispevek k spoznavanju zakonitosti mineralne prehrane z enim izmed elementov v sledovih – Se. Poleg tega je raziskava skušala zadostiti tudi zahtevi po pridelku z večjo prehransko vrednostjo in zahtevi, da je količina Se v pridelku, namenjenemu prehrani, varna. V ta namen in zato, da bi se izognili navzkrižni kontaminaciji rastlin s Se, je bil poskus izveden v dveh delih. Tako se je koncentracija Na_2SeO_4 v raztopini med obema poskusoma razlikovala za en velikostni razred.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Raziskavo smo izvedli na laboratorijskem polju Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani (zemljepisna širina: $46^\circ 04' \text{ S}$, dolžina $14^\circ 31' \text{ V}$, okoli 300 m n. m. v.). Poljski poskus je bil zasnovan po sistemu naključnih skupin in opravljen v dveh zaporednih rastnih sezonah (2011 in 2012) in je vključeval radič (*Cichorium intybus* L.), sorti 'Monivip' in 'Anivip', regrat (*Taraxacum officinale* (L.) Weber), rukvico (*Eruca sativa* Mill.) in dvoredec (*Diploaxis tenuifolia* (L.) DC.). Obravnavanja so se med seboj razlikovala po koncentraciji

natrijevega selenata (Na_2SeO_4). Za foliarno oskrbo rastlin z Na_2SeO_4 smo se odločili na podlagi predhodnih raziskav (Ožbolt in sod., 2008). Pri tem smo predpostavljali, da se bodo rastline ob višji koncentraciji Na_2SeO_4 odzvale s spremenjenimi vrednostmi nekaterih biokemičnih parametrov. Obravnavanje A (za 1. poskus) oz. A' (za 2. poskus), v katerem so bile rastline škropljene z destilirano vodo (kontrola), je bilo namenjeno za primerjavo z drugimi obravnavanji – B, C in D (za 1. poskus) oz. B', C' in D' (za 2. poskus), v katerih je bila koncentracija Na_2SeO_4 glede na kontrolo zmerno, srednje in močno povečana.

Preglednica 1: Štiri obravnavanja z različnimi koncentracijami Na_2SeO_4 v foliarni raztopini

Obravnavanje	Oznaka		Koncentracija Se (mg/l)			
			1. poskus		2. poskus	
	1. poskus	2. poskus	1. škropljenje	2. škropljenje	1. škropljenje	2. škropljenje
kontrola	A	A'	0	0	0	0
delno povečana oskrba z Na_2SeO_4	B	B'	1	1	10	0
srednje povečana oskrba z Na_2SeO_4	C	C'	2	2	10	10
močno povečana oskrba z Na_2SeO_4	D	D'	5	5	10	50

V času razvoja štirih pravih listov smo vse rastline prvič poškropili z raztopino Na_2SeO_4 , kar smo ponovili čez 5 dni. Pet tednov stare sadike smo presadili na prosto, pod polietilensko folijo in sicer na razdaljo 25 x 25 cm. Rastline so bile med rastno dobo oskrbovane glede na priporočila za posamezno vrsto.

Vzorčenje za biokemične analize je v obeh poskusih potekalo ob istem času (ob 8. uri). Liste smo zamrzili v tekočem dušiku in liofilizirali pri $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ in tlaku 0,05 mbara v liofilizatorju (CHRIST ALPHA 1-4, LOC-1) ter jih zmleli v ahatnem planarnem mikromlinu (FRITCH, Pulveristte 7), (hitrost: 2.600 obratov/min; čas mletja: 10 minut). Vzorce smo do analiz shranili v nepredušnih zaprtih prahovkah pri sobni temperaturi.

Vzorce za analizo selena smo, na Inštitutu Jozef Stefan, razkrojili po postopku, ki sta ga opisali Smrkolj in Stibilj (2004). Postopek za razkroj vzorcev supernatantov pa je predstavljen v delu Stibilj in sod. (2003). Vzorce za analizo askorbinske kisline (AK) smo pripravili po metodi, ki so jo opisali Tausz in sod. (1995). α -tokoferola (E-vitamina) smo določili po metodi, ki sta jo opisala Wildi in Lütz (1996). Oba neencimska antioksidanta smo določili na Katedri za aplikativno botaniko, ekologijo in fiziologijo rastlin (Oddelek z agronomijo).

Statistično značilne razlike meritev smo analizirali in statistično obdelali s programskima paketoma Microsoft Excell 7.0 (Microsoft corporation, ZDA) in Statgraphic plus 4.0 (Manugistics, ZDA). Statističnost značilnost razlik smo preverjali s Tukeyevim HSD (Honest Significant Difference) testom z upoštevanjem 5 % stopnje tveganja.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Vsebnost selena

V prvem poskusu (preglednica 1) se je povprečna vrednost Se v listih radiča sorte 'Anivip' postopno in značilno povečevala od obravnavanja A (0,059 μg Se /g suhe snovi) prek obravnavanja B (0,348 μg Se/g suhe snovi) in obravnavanja C (1,135 μg Se/g suhe snovi) do

obravnavanja D (1,957 $\mu\text{g Se/g}$ suhe snovi). S podobnim trendom so se gibale tudi vrednosti pri sorti 'Monivip', le s to razliko, da so bile absolutne vrednosti v primerjavi s sorto 'Anivip' v obravnavanjih B in C višje za 0,057 oz. 0,080 $\mu\text{g Se/g}$ suhe snovi, nasprotno pa je obravnavanje D vsebovalo za 0,382 $\mu\text{g Se/g}$ suhe snovi manj. V primerjavi s preostalimi solatnicami, čeprav so se vrednosti Se v listih z naraščajočo koncentracijo gnojila značilno večale, so imeli listi regrata v vseh obravnavanjih z dodatkom raztopine Na_2SeO_4 manjši delež Se. Tudi v listih rukvice in dvoredca je bil trend gibanja Se v listih podoben kot pri ostalih solatnicah. Čeprav so bile koncentracije Na_2SeO_4 v raztopini prvega poskusa v primerjavi z drugim poskusom za en velikostni razred nižje, so s stališča prehranske varnosti za človekovo prehrano primerne le s solatnice iz obravnavanja B oz. iz obravnavanja z zmerno povečano oskrbo z Na_2SeO_4 . Zgornja meja zaužitja Se, ki pri človeku še ne povzroča zdravstvenih težav je 400 $\mu\text{g Se}$ na dan (RDA, 1989).

Preglednica 1: Vsebnost Se v listih solatnic ($\mu\text{g/g}$ suhe snovi), ki smo jih škropili z raztopino Na_2SeO_4

1. poskus						
Koncent. foliarne	Vsebnost selena v listih solatnic ($\mu\text{g/g}$ suhe snovi)					
	'Anivip'	'Monivip'	Regrat	Rukvica	Dvoredec	
0 (A)	0,059 $\pm$ 0,00 a	0,030 $\pm$ 0,00 a	0,053 $\pm$ 0,00 a	0,052 $\pm$ 0,00 a	0,035 $\pm$ 0,00 a	
1 + 1 (B)	0,348 $\pm$ 0,00 b	0,405 $\pm$ 0,01 b	0,344 $\pm$ 0,00 b	0,481 $\pm$ 0,00 b	0,505 $\pm$ 0,00 b	
2 + 2 (C)	1,135 $\pm$ 0,00 c	1,216 $\pm$ 0,00 c	0,928 $\pm$ 0,00 c	1,256 $\pm$ 0,00 c	1,078 $\pm$ 0,01 c	
5 + 5 (D)	1,957 $\pm$ 0,04 d	1,575 $\pm$ 0,06 d	1,512 $\pm$ 0,09 d	3,718 $\pm$ 0,01 d	2,592 $\pm$ 0,08 d	
2. poskus						
0 (A)	0,059 $\pm$ 0,00 a	0,030 $\pm$ 0,00 a	0,053 $\pm$ 0,00 a	0,052 $\pm$ 0,00 a	0,035 $\pm$ 0,00 a	
10 + 0 (B)	2,224 $\pm$ 0,06 b	2,203 $\pm$ 0,09 b	6,709 $\pm$ 0,06 b	14,314 $\pm$ 0,07 b	4,260 $\pm$ 0,03 b	
10 + 10 (C)	19,842 $\pm$ 0,36 c	26,717 $\pm$ 0,31 c	12,572 $\pm$ 0,61 c	31,609 $\pm$ 0,37 c	9,674 $\pm$ 0,14 c	
10 + 50 (D)	63,152 $\pm$ 0,18 d	61,416 $\pm$ 0,31 d	97,420 $\pm$ 0,31 d	102,38 $\pm$ 0,52 d	13,036 $\pm$ 0,17 d	

Tudi v drugem poskusu se je vsebnost Se z naraščajočo koncentracijo Na_2SeO_4 v raztopini povečevala v listih vseh solatnic. Masni delež Se se je v kontrolnem obravnavanju gibal med 0,030 $\mu\text{g Se/g}$ suhe snovi (radič sorte 'Monivip') in 0,059 $\mu\text{g Se/g}$ suhe snovi (radič sorte 'Anivip'). Delež Se je v listih sorte 'Anivip' v obravnavanju B znašal 2,224 $\mu\text{g Se/g}$ suhe snovi, v obravnavanju C 19,842 $\mu\text{g Se/g}$ suhe snovi in v obravnavanju D 63,152 $\mu\text{g Se/g}$ suhe snovi. Podoben trend gibanja vsebnosti Se med obravnavanji smo zaznali tudi pri sorti 'Monivip'. Rastline regrata so pokazale veliko večjo sposobnost privzema Se. Trend povečevanja vsebnosti skupnega Se je bil še bolj izrazit pri rastlinah rukvice. Tako je obravnavanje B' pri rukvici med vsemi solatnicami vsebovalo največ skupnega Se (14,314 $\mu\text{g Se/g}$ suhe snovi), podobno pa je bilo tudi pri obravnavanjih C' (31,609 $\mu\text{g Se/g}$ suhe snovi) in D' (102,383 $\mu\text{g Se/g}$ suhe snovi).

3.2 Vsebnost askorbinske kisline

Gede deleža AK v prvem poskusu (Preglednica 2), je bil odziv rastlin v primerjavi z drugim poskusom veliko milejši. Pri sorti 'Anivip' med obravnavanjema A (42,1 mg AK/100 g sveže mase) in B (41,6 mg AK/100 g sveže mase) ni bilo značilnih razlik, medtem ko sta obravnavanji C (43,8 mg AK/100 g sveže mase) in D (45,6 mg AK/100 g sv. teže) vsebovali značilno več AK. Pri sorti 'Monivip' pa so značilno izstopale le rastline v obravnavanju D, ki so vsebovale največ AK v primerjavi s preostalimi obravnavanji. V prvem poskusu se samo

rastline regrata niso odzvale na povečevanje koncentracije Na_2SeO_4 , tako da med obravnavanji ni bilo značilnih razlik in so se povprečne vrednosti AK v listih gibale med 58,7 mg AK/100 g sveže mase (obravnavanje C) in 61,5 mg AK/100 g sveže mase (obravnavanje B). Pri rukvici je bil trend gibanja AK podoben kot pri sorti radiča 'Anivip', s to razliko, da so bile absolutne vrednosti v povprečju za 2,7-krat višje. Vsebnost AK se je v listih rukvice, izpostavljenim povečani koncentraciji Na_2SeO_4 , postopno večala od obravnavanja A do obravnavanja C. Podoben trend gibanja smo ugotovili tudi pri dvoredcu. Listi dvoredca pa so tudi, ne glede na obravnavanje, v povprečju vsebovali največ AK med vsemi solatnicami. Sicer pa so med vsemi solatnicami in vsemi obravnavanji v obeh poskusih največ AK imeli listi dvoredca v obravnavanju D (166,8 mg AK/100 g sveže mase).

Preglednica 2: Vsebnost askorbinske kisline v listih solatnic (mg/100 g sveže teže), ki smo jih škropili z raztopino Na_2SeO_4 .

1. poskus						
Koncent. foliarne	Vsebnost askorbinske kisline v listih solatnic ($\mu\text{g/g}$ suhe snovi)					
	'Anivip'	'Monivip'	Regrat	Rukvica	Dvoredec	
0 (A)	42,1 $\pm$ 1,5 a	43,6 $\pm$ 0,8 a	60,7 $\pm$ 1,3 a	110,4 $\pm$ 3,2 a	148,6 $\pm$ 2,8 a	
1 + 1 (B)	41,6 $\pm$ 0,9 a	44,8 $\pm$ 1,2 a	61,5 $\pm$ 1,5 a	113,2 $\pm$ 2,1 a	156,1 $\pm$ 2,9 b	
2 + 2 (C)	43,8 $\pm$ 0,7 b	45,1 $\pm$ 0,7 a	58,7 $\pm$ 1,2 a	120,5 $\pm$ 2,7 b	158,7 $\pm$ 3,2 b	
5 + 5 (D)	45,6 $\pm$ 0,8 c	50,3 $\pm$ 1,8 b	61,2 $\pm$ 1,8 a	127,6 $\pm$ 3,2 c	166,8 $\pm$ 2,7 c	
2. poskus						
0 (A')	38,0 $\pm$ 1,4 a	43,0 $\pm$ 0,7 a	56,4 $\pm$ 2,3 b	112,5 $\pm$ 2,6 b	146,2 $\pm$ 4,6 b	
10 + 0 (B')	46,2 $\pm$ 1,6 c	44,6 $\pm$ 0,9 ab	52,2 $\pm$ 1,4 b	120,8 $\pm$ 3,1 c	164,3 $\pm$ 3,4 c	
10 + 10 (C')	45,1 $\pm$ 0,8 c	46,1 $\pm$ 1,2 b	58,2 $\pm$ 1,8 b	130,6 $\pm$ 3,2 d	152,1 $\pm$ 4,2 b	
10 + 50 (D')	42,4 $\pm$ 0,6 b	40,2 $\pm$ 0,5 a	49,7 $\pm$ 1,2 a	96,4 $\pm$ 2,8 a	126,3 $\pm$ 2,7 a	

Preglednica 3: Vsebnost α -tokoferola v listih solatnic (ng/g suhe snovi), ki smo jih škropili z raztopino Na_2SeO_4 .

1. poskus						
Koncent. foliarne	Vsebnost α -tokoferola v listih solatnic ($\mu\text{g/g}$ suhe snovi)					
	'Anivip'	'Monivip'	Regrat	Rukvica	Dvoredec	
0 (A)	309,3 $\pm$ 4,7 a	359,8 $\pm$ 6,2 a	120,9 $\pm$ 4,1 a	277,1 $\pm$ 4,2 c	64,5 $\pm$ 2,8 c	
1 + 1 (B)	375,4 $\pm$ 3,9 c	413,9 $\pm$ 5,6 c	135,9 $\pm$ 3,8 b	300,4 $\pm$ 5,8 d	75,6 $\pm$ 2,6 d	
2 + 2 (C)	389,3 $\pm$ 4,0 d	446,5 $\pm$ 7,1 d	148,2 $\pm$ 4,4 c	64,4 $\pm$ 3,9 b	48,7 $\pm$ 3,2 b	
5 + 5 (D)	361,6 $\pm$ 5,1 b	372,6 $\pm$ 2,8 b	129,4 $\pm$ 4,9 b	37,7 $\pm$ 2,6 a	41,9 $\pm$ 2,5 a	
2. poskus						
0 (A')	318,3 $\pm$ 6,8 d	346,1 $\pm$ 7,2 c	116,4 $\pm$ 5,4 d	248,6 $\pm$ 3,8 c	60,1 $\pm$ 2,8 c	
10 + 0 (B')	142,1 $\pm$ 3,6 c	165,8 $\pm$ 3,6 b	83,7 $\pm$ 3,7 c	20,2 $\pm$ 2,5 b	32,4 $\pm$ 2,6 b	
10 + 10 (C')	72,8 $\pm$ 2,9 b	160,7 $\pm$ 4,3 b	54,0 $\pm$ 2,3 b	16,4 $\pm$ 1,8 b	29,9 $\pm$ 1,2 b	
10 + 50 (D')	45,8 $\pm$ 2,7 a	122,6 $\pm$ 2,8 a	47,5 $\pm$ 2,1 a	12,9 $\pm$ 0,7 a	28,8 $\pm$ 1,8 a	

V drugem poskusu smo pri vseh obravnavanjih, z izjemo sorte radiča 'Anivip', najnižje vrednosti AK izmerili v obravnavanju z močno povečano oskrbo z Na_2SeO_4 (obravnavanje D'). Tudi v drugem poskusu so listi dvoredca vsebovali najvišje vrednosti AK ne glede na obravnavanje, kar lahko pripišemo vrstni značilnosti.

3.4 Vsebnost α -tokoferola

V Preglednici 3 so prikazane vrednosti za vsebnost α -tokoferola, ki smo jih določili v listih solatnic v prvem in drugem poskusu. Vrednosti za preostale zvrsti tokoferola nismo prikazali, ker jih naše analize niso zaznale oz. so bile zanemarljive.

Za rastline v prvem poskusu je statistična analiza pokazala, da se je delež α -tok. v listih, ki so rasli ob oskrbi z zmerno povečano koncentracijo Na_2SeO_4 (obravnavanje B), značilno povečal pri vseh vrstah solatnic. Pri obeh sortah radiča in pri regratu so največjo vsebnost α -tok. dosegle rastline ob srednje povečani koncentraciji Na_2SeO_4 (obravnavanje C). Ob močno povečani oskrbi z Na_2SeO_4 (obravnavanje D) pa se je vsebnost tokoferola zmanjšala, vendar so bile vrednosti značilno višje kot pri kontrolnih rastlinah. Pri rukvici in dvoredcu so rastline dosegle vrh v obravnavanju B, potem pa je pri večjih koncentracijah sledil strm padec deleža tokoferola. Tako so npr. listi dvoredca v obravnavanju D imeli več kot 7-krat manj tega vitamina kot tisti v obravnavanju A (kontrolno obravnavanje).

Največ α -tok. pri vseh solatnicah v drugem poskusu so vsebovali listi brez foliarnega gnojenja (obravnavanju A'). V obravnavanju A' sta izstopali predvsem obe sorti radiča, ki sta imeli v povprečju 318,3 ng α -tok./100 g suhe snovi ('Anivip') oz. 346,1 ng α -tok./100 g suhe snovi ('Monivip'). Zanemarljive pa so bile vrednosti α -tok. pri dvoredcu, saj so listi te rastline npr. v obravnavanju A' vsebovali le 60,1 ng α -tok./100 g suhe snovi. Za solatnice, ki so bile foliarno dognojene z različnimi koncentracijami Na_2SeO_4 , smo potrdili značilno razliko med kontrolnim (A') in preostalimi (B', C', D') obravnavanji. S povečevanjem koncentracije Na_2SeO_4 se je v vseh primerih nižala vrednost α -tok. Vse solatnice, ki so bile podvržene močno povečani oskrbi z Na_2SeO_4 (obravnavanje D'), so vsebovale značilno najnižje vrednosti α -tok. v primerjavi z rastlinami v preostalih treh obravnavanjih. Najmanj so vplivale visoke koncentracije Na_2SeO_4 na vsebnost tokoferola pri radiču sorte 'Anivip', saj se je pri tej sorti delež tokoferola v obravnavanju D' v primerjavi s kontrolnim zmanjšal za 14 %. Najbolj pa so bili »prizadeti« listi rukvice, ki so »izgubili« kar 95 % tokoferola.

4 SKLEPI

Na podlagi dobljenih rezultatov lahko povzamemo naslednje sklepe:

- Privzem Se s strani rastlin se je povečeval z naraščanjem koncentracije raztopine Na_2SeO_4 ;
- V povprečju so najmanj Se privzele obe vrsti radiča;
- Največjo sposobnost privzema in tolerantnost na Se so pokazali regrat in rukvica, tako da bi ti dve vrtnini lahko bili potencialno namenjeni za fitoremediacijo s Se onesnaženih tal;
- Škropljenje rastlin z visoko koncentracijo selenata v raztopini (10 + 50 mg Se/l) je na splošno povzročilo zmanjšanje prisotnosti antioksidantov v primerjavi z ostalimi obravnavanji. Ta koncentracija je presegala prilagoditvene sposobnosti rastlin;

5 LITERATURA

- Behne, D., Kyriakopoulos, A. 2001. Mammalian selenium-containing proteins. *Annual Review of Nutrition*, 21: 453-473
- Brown, K.M., Arthur, J.R. 2001. Selenium, selenoproteins and human health: a review. *Public Health Nutrition*, 4: 593-599
- Curtin, D., Hanson, R. 2008. Effect of selenium fertiliser formulation and rate of application on selenium concentrations in irrigated and dryland wheat (*Triticum aestivum*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 36: 1-7

- Ožbolt, L., Kreft, S., Kreft, I., Germ, M., Stibilj, V. 2008. Distribution of selenium and phenolics in buckwheat plants grown from seeds soaked in Se solution and under different levels of UV-B radiation. *Food Chemistry*, 110, 3: 691-696
- Peters, U., Foster, C.B., Chatterjee, N., Schatzkin, A., Reding, D., Andriole, G.L., Crawford, E.D., Sturup, S., Chanock, S.J., Hayes, R.B. 2007. Serum selenium and risk of prostate cancer – a nested case-control study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 85: 209-217
- RDA. Recommended dietary allowances, 1989. 10th ed. Washington, D.C., National Academy Press: 217-224
- Smrkolj, P., Stibilj, V. 2004. Determination of selenium in vegetables by hydride generation atomic fluorescence spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 512: 11-17
- Stibilj, V., Mazej, D., Falonga, I. 2003. A study of low level selenium determination by hydride generation atomic fluorescence spectrometry in water soluble protein and peptide fraction. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 377: 1175-1183
- Tausz, M., Kranner, I., Grill, D. 1995 Simultaneous determination of ascorbic acid and dehydroascorbic acid in plant materials by high performance liquid chromatography. *Phytochemical Analysis*, 17: 136-141
- White, P.J., Bowen, H.C., Parmaguru, P., Fritz, M., Spracklen, W.P., Spiby, R.E., Meacham, M.C., Mead, A., Harriman, M., Trueman, L.J., Smith, B.M., Thomas, B., Broadley, M.R. 2004. Interactions between selenium and sulphur nutrition in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Experimental Botany*, 55, 404: 1927-1937
- Wildi, B., Lütz, C. 1996. Antioxidant composition of selected high alpine species from different altitudes. *Plant, Cell & Environment*, 19: 138-146

Modelske simulacije pridelka suhega zelinja travnih monokultur v Jabljah in Rakičanu v obdobju 1964–2013

Tjaša POGAČAR¹⁵⁶, Lučka KAJFEŽ BOGATAJ¹⁵⁷

Izvleček

Za modelske simulacije smo uporabili predhodno umerjeni model LINGRA-N, ki je namenjen simuliranju rastnih komponent in pridelka travnih monokultur. Obravnavali smo pridelek suhega zelinja, indeks listne površine in faktor zmanjšanja rasti zaradi suše za navadno pasjo travo (*Dactylis glomerata* L.), trpežno ljuljko (*Lolium perenne* L.) in travniški mačji rep (*Phleum pratense* L.) v Jabljah ter za trpežno ljuljko v Rakičanu v obdobju 1964–2013. Pokazala se je izrazita povezava največjih znižanj pridelka s sušnimi razmerami. Pridelek suhega zelinja trpežne ljuljke in travniškega mačjega repa v Jabljah ima v obravnavanem obdobju statistično značilen negativen trend. Pri analizi posameznih let so se pokazali različni odzivi travnih monokultur na sušo. Pri povišanih temperaturah zraka in koncentraciji CO₂ se predvideva zmanjšana mediana in večja variabilnost pridelka.

Ključne besede: pridelek suhega zelinja, travne monokulture, LINGRA-N, simulacije, suša

Model simulations of grass monocultures' herbage dry matter yield in Jablje and Rakičan in the period 1964–2013

Abstract

LINGRA-N model was designed for simulations of growth components and yield of grass monocultures. Calibrated version for Slovenia was used for calculation of herbage dry matter, leaf area index and growth reduction factor due to drought simulations for cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.), perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and timothy grass (*Phleum pratense* L.) in Jablje, and for perennial ryegrass in Rakičan in the period 1964–2013. The highest yield reductions are strongly correlated to drought. A statistically significant negative trend was determined for perennial ryegrass and timothy grass herbage dry matter yield in Jablje. Analyzing daily simulation results, specific responses of grass monocultures to drought conditions were detected. Higher air temperatures and CO₂ concentrations caused lower yield median and increased variability.

Key words: herbage dry matter yield, grass monocultures, LINGRA-N, simulation, drought

1 UVOD

Uporaba agrometeoroloških modelov je v tujini že stalnica pri načrtovanju kmetijske pridelave, poljskih poskusih in pripravi strategij za prilagajanje podnebnim spremembam. Simulacijski modeli so potrebni za razumevanje podnebnih sprememb in njihovega vpliva na vegetacijo, vključno z odzivom kmetijskih rastlin (Rapacz in sod., 2014). V prispevku je predstavljen prvi poskus modeliranja pridelka suhega zelinja travnih monokultur v Sloveniji. Pri simuliranju rasti in pridelka travne ruše moramo upoštevati interakcijo mnogih okoljskih dejavnikov in načinov gospodarjenja, kar je še posebej zahtevno. Kljub vsemu pa so glavni omejujoči dejavniki znani: vremenske razmere – predvsem energija sončnega obsevanja in dostopnost vode v povezavi s temperaturo zraka (Pogačar, 2015). Podnebna variabilnost je eden najbolj omejujočih dejavnikov pri pridelavi krme, poleg tega se na podnebne spremembe ne odzivajo vse vrste trav enako, kar vodi v spremembe v sestavi travne ruše (Olesen in Bindi,

¹⁵⁶Dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: tjasa.pogacar@bf.uni-lj.si

¹⁵⁷Prof. dr., prav tam, e-pošta: lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

2002). Z globalnim segrevanjem ozračja in s tem povezanim vse pogostejšim pojavljanjem daljših sušnih obdobij se pridelovalci čedalje bolj zanimajo za rastline, s katerimi lahko tudi v sušnem obdobju pridelajo nekaj krme (Kapun, 2005).

Kot kažejo scenariji Agencije RS za okolje (ARSO, 2014b), je po »srednjem« IPCC-jevem scenariju A1B (najbolj primerljiv novemu scenariju RCP6.0) zelo verjetno, da se bo Slovenija do sredine stoletja še naprej segrevala: najmanj spomladi – za 1,5 °C, v drugih letnih časih pa najverjetneje do 2 °C. Za padavine pa scenariji kažejo precej večjo negotovost, zato predvsem spomladi in jeseni na večjem območju Slovenije ne moremo z veliko gotovostjo trditi, ali se bo količina padavin povečala ali zmanjšala.

2 MATERIALI IN METODE DELA

Za simulacije smo uporabili nizozemski model LINGRA-N (Wolf, 2012), ki spada v družino nizozemskih modelov. Model je bil predhodno umerjen z uporabo podatkov o pridelkih suhega zelinja, pridobljenih na Kmetijskem inštitutu Slovenije v okviru poskusov 'Preizkušanje vrednosti sort za pridelovanje in uporabo' in 'Posebno preizkušanje sort za opisno sortno listo' (KIS, 2014), in sicer za navadno pasjo travo (*Dactylis glomerata* L.; J-DG), trpežno ljuljko (*Lolium perenne* L.; J-LP) in travniški mačji rep (*Phleum pratense* L.; J-PP), v Rakičanu pa le za trpežno ljuljko (R-LP) (Pogačar, 2015; Pogačar in sod., 2015). Predhodnik uporabljenega modela, LINGRA (Schapendonk in sod., 1998), ali njegove različice, so bili uporabljeni v številnih raziskavah (Rodriguez in sod., 1999; Van Oijen in sod., 2005 ...). Pri novem modelu LINGRA-N je dodana simulacija dušika, kar je pri obravnavanju pridelka suhega zelinja zelo dobrodošlo.

Preglednica 1: Povprečni dnevi košenj in količina dodanega dušika za vse simulacije (J-Jablje, R-Rakičan, DG-navadna pasja trava, LP-trpežna ljuljka, PP-travniški mačji rep). Gnojenje se izvede 1. aprila, nato pa naslednji dan po 1. in 2. košnji. (Pogačar, 2015)

Poskus	Povprečni dan košnje 1.-2.-3.-4. košnja (dan v letu)	Količina dodanega dušika 1.-2.-3. gnojenje (kg N ha ⁻¹)
J-DG	132-182-242-290	60-50-46
J-LP	141-173-228-280	60-50-46
J-PP	135-187-245-294	60-50-46
R-LP	125-164-225	60-54-54

Uporabili smo dnevne meteorološke podatke za obdobje 1964–2013, ki smo jih pridobili na Agenciji RS za okolje (ARSO, 2014a) za meteorološki postaji letališče Jožeta Pučnika Brnik (reprezentativna za Jablje) in Murska Sobota – Rakičan (reprezentativna za Rakičan). Kot vhodni podatek za model potrebujemo najvišje in najnižje temperature zraka, količino padavin, povprečno hitrost vetra, energijo sončnega obsevanja in jutranji tlak vodne pare. Fenološke faze so v modelu določene kar na podlagi temperaturnih vsot, zato moramo pripraviti le datume košenj ter datume in količine gnojenja z dušikom (preglednica 1).

Ostali parametri, ki se nanašajo na tla in travno rušo, so umerjeni in podrobno opisani v Pogačar (2015). Tudi lastnosti tal v Jabljah in Rakičanu so predstavljene na istem mestu v modelu opisane do globine 80 cm s poljsko kapaciteto (0,36 in 0,22 cm³ cm⁻³), točko venenja (0,14 in 0,09 cm³ cm⁻³) in točko zasičenja (0,50 in 0,43 cm³ cm⁻³).

V prispevku smo se osredotočili na modelske rezultate za pridelek suhega zelinja (*GRASS*), potencialni pridelek suhega zelinja (*YIELD*), faktor zmanjšanja rasti zaradi suše (*TRANRF*) in indeks listne površine (*LAI*). *GRASS* predstavlja pridelek vseh košenj, *YIELD* pa dodatno še ostanek pridelka po zadnji košnji, ki je na izbran dan na voljo na travniku. *TRANRF* je določen kot razmerje med dejansko in potencialno evapotranspiracijo travne ruše, *LAI* pa predstavlja površino, ki jo glede na površino tal pokriva zeleni del trave. Poleg letnih vrednosti smo dodatno prikazali še dnevne vrednosti za *YIELD* in *LAI* v letih 2003, 2013 (majhen pridelek) in za primerjavo še J-PP v letu 1995 (velik pridelek), kjer lahko primerjamo vpliv suše in različne odzive treh travnih monokultur.

Pripravili smo še primer simulacije vpliva podnebnih sprememb na variabilnost in količino pridelka travne ruše. Najnižje in najvišje dnevne temperature zraka smo povišali za 1, 2 in 3 °C, pri tem pa smo upoštevali tudi spremenjeno koncentracijo CO₂: uporabili smo začetno vrednost 360 ppm (pri +1 °C), srednjo 540 ppm (pri +2 °C) in podvojeno 720 ppm (pri +3 °C). Za primerjavo smo simulacije naredili še ob nespremenjeni koncentraciji CO₂ (360 ppm) (pri +1, +2 in +3 °C) (Pogačar, 2015).

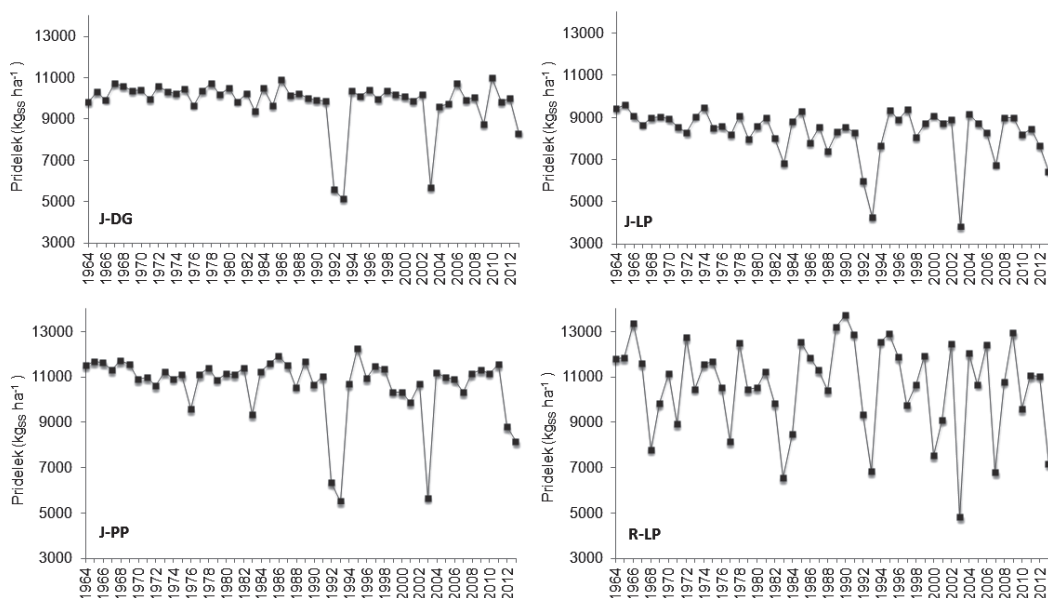
3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Izmerjen pridelek suhega zelinja je v Rakičanu (slika 1: R-LP) bolj spremenljiv kot v Jabljah (slika 1: J-DG, J-LP, J-PP), kjer izstopajo leta z izjemno majhnim pridelkom: 1992, 1993 in 2003. Rezultate v Rakičanu lahko delno pripišemo tlom s slabšo vodno zadrževalno sposobnostjo, kjer vsakoletni vremenski vplivi pridejo močnejše do izraza, in bolj suhemu podnebju, do neke mere pa se moramo zavedati tudi negotovosti rezultatov, saj je bilo umerjanje za ta primer slabše (Pogačar, 2015). Kot pri rezultatih za Jablje, je bil po podatkih Statističnega urada (SURS, 2014) v Sloveniji zelo očiten upad pridelka v letih 1992, 1993 in 2003, prav to potrjuje tudi analiza Sušnik in Pogačar (2010). V vseh treh letih je bil pridelek glede na povprečje 1964–2013 manjši za vsaj 30 % povprečne vrednosti oz. za 2,5 do 5,5 t_{SS} ha⁻¹leto⁻¹. Ta leta so hkrati tudi leta z najmanj padavinami tako v vegetacijskem obdobju (april–september) kot tudi poleti (junij–avgust) (Pogačar, 2015). Kljub temu pa se v ostalih letih ni pokazala statistično značilna povezava med vhodnimi meteorološkimi spremenljivkami in pridelkom suhega zelinja. Leta z najmanjšim *GRASS* so hkrati tudi leta z najmanjšim *TRANRF* (slika 2). Ker je *TRANRF* v modelu mera sušnosti, so to torej leta, ki so tudi po simulacijah najbolj sušna. Enako navajajo Smit in sod. (2008), da pridelke travne ruše posebej prizadene suša.

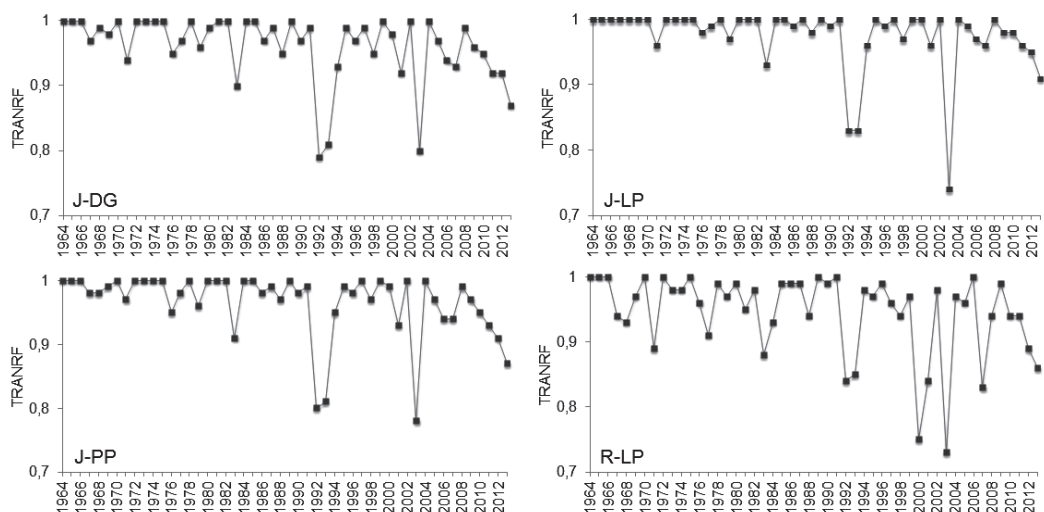
Pri analizi časovnih vrst letnih rezultatov simulacij potencialnega pridelka se je pokazal statistično značilen ($p = 0,05$) negativni trend za primera J-LP (-24 kg_{SS} ha⁻¹leto⁻¹) in J-PP (-29 kg_{SS} ha⁻¹leto⁻¹), variabilnost pa se ni statistično značilno spremenila. Iz oblike razčlenjene časovne vrste *TRANRF* lahko sklepamo, da se je v drugi polovici obravnavanega obdobja variabilnost spremenila (Pogačar, 2015).

Slika 3 prikazuje dnevne vrednosti spremenljivk *YIELD* in slika 4 prikazuje *LAI* v sušnih letih 2003 in 2013, kjer lepo vidimo, kako se s pomanjkanjem vode v tleh ustavi rast travne ruše in potencialnega pridelka. V letu 2003 se je to zgodilo že konec maja, 2013 nekoliko kasneje, proti koncu junija. Za primerjavo so dodane simulirane vrednosti za J-PP v letu 1995, ko je bil pridelek pri travniškem mačjem repu največji. Pri tem se pokažejo lastnosti posameznih travnih monokultur. Navadna pasja trava sušo najbolj prenaša, zato tudi poleti med sušo ni ves čas mirovala, temveč se je v nekaterih dneh potencialni pridelek nekoliko povečal, *LAI* pa nikoli ni padel na 0. Nasprotno trpežna ljuljka sušo najslabše prenaša in včasih celo propade. To se je zgodilo v letu 2003 že konec maja, leta 2013 pa proti koncu julija. Obakrat se *YIELD*

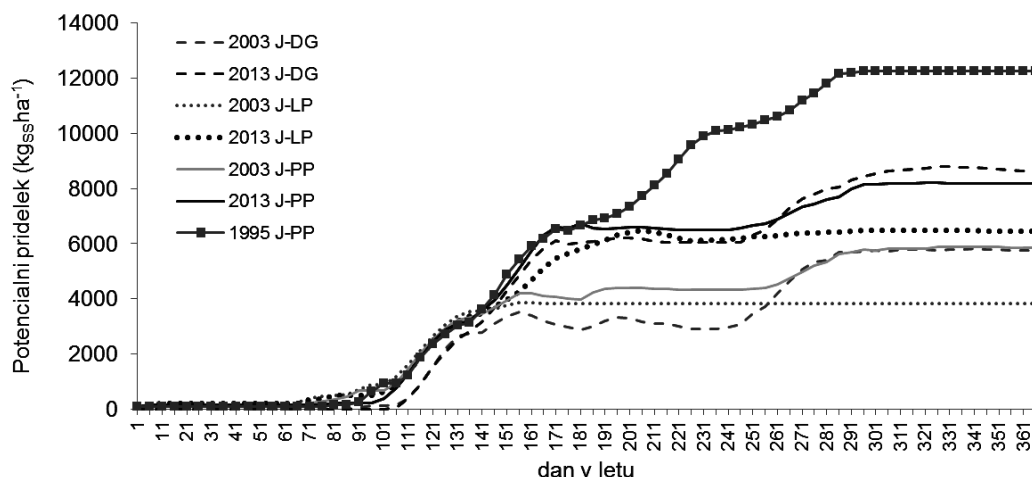
jeseni ni več povečal. Travniški mačji rep je v obeh letih v sušnem obdobju miroval in si nato nekoliko opomogel v drugi polovici septembra, ko sta vročina in suša popustili.



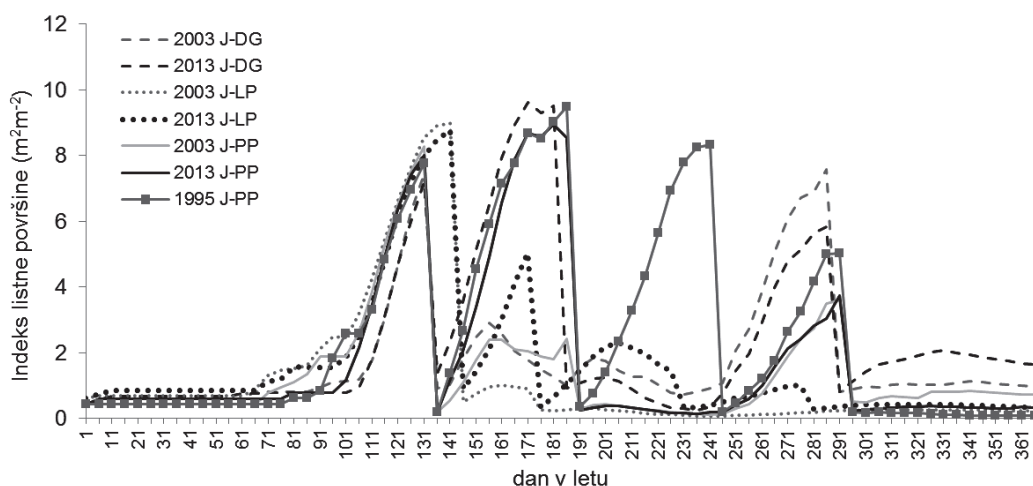
Slika 1: Letni pridelek suhega zelinja (GRASS) za vse štiri primere za celotno obdobje 1964–2013. Zgoraj levo navadna pasja trava v Jabljah (J-DG), zgoraj desno trpežna ljujka v Jabljah (J-LP), spodaj levo travniški mačji rep v Jabljah (J-PP), spodaj desno trpežna ljujka v Rakičanu (R-LP) (Pogačar, 2015)



Slika 2: Faktor zmanjšanja rasti zaradi suše (TRANRF) za vse štiri primere za celotno obdobje 1964–2013. Zgoraj levo navadna pasja trava v Jabljah (J-DG), zgoraj desno trpežna ljujka v Jabljah (J-LP), spodaj levo travniški mačji rep v Jabljah (J-PP), spodaj desno trpežna ljujka v Rakičanu (R-LP) (Pogačar, 2015)

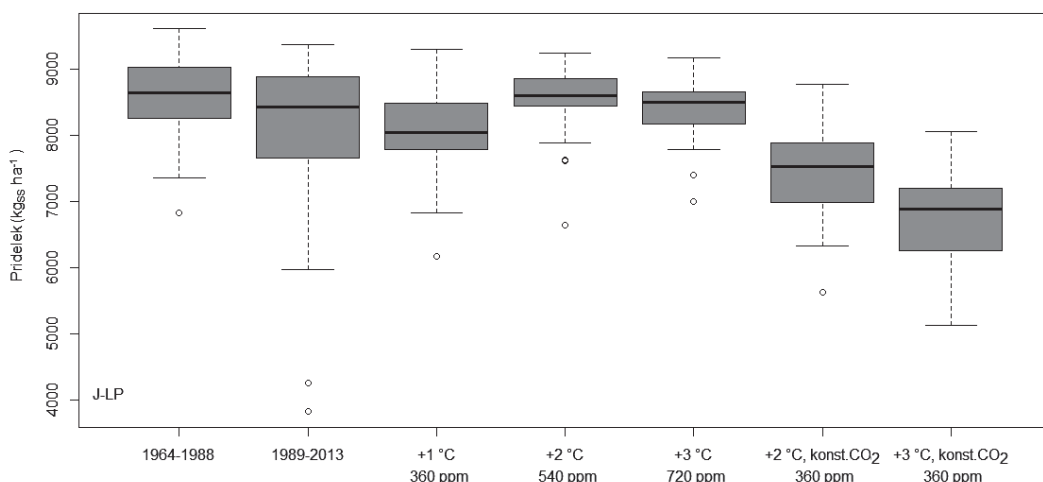


Slika 3: Potencialni pridelek (YIELD) za navadno pasjo travo (J-DG), trpežno ljuljko (J-LP) in travniški mačji rep v Jabljah (J-PP) v letih 2003, 2013 in 1995 (le J-PP)



Slika 4: Indeks listne površine (LAI) za navadno pasjo travo (J-DG), trpežno ljuljko (J-LP) in travniški mačji rep v Jabljah (J-PP) v letih 2003, 2013 in 1995 (le J-PP)

Z umerjenimi modeli lahko analiziramo vplive spremenjenih podnebnih razmer na komponente rasti in pridelok. Ko smo povišali najvišje in najnižje temperature zraka ter koncentracijo CO_2 , se je v večini primerov mediana pridelka zmanjšala. Rezultati za obdobje 1989–2013 so najbolj primerljivi z varianto dviga temperatur zraka za 2°C . V vseh treh primerih v Jabljah (slika 5: J-LP) so se pri zvišanju temperature zraka pri pridelku suhega zelinja začeli pojavljati osamelci (eden do trije). Pri višjih temperaturah zraka ob nespremenjeni koncentraciji CO_2 se mediana pridelka premakne še k manjšim vrednostim, hkrati pa se poveča variabilnost pridelka (Pogačar, 2015).



Slika 5: Letni pridelek suhega zelinja (GRASS) trpežne ljuljke v Jabljah (J-LP) v prvi (1964–1988) in drugi (1989–2013) polovici 50-letnega obdobja, pri povišanih najnižjih in najvišjih temperaturah zraka (povišana je tudi koncentracija CO₂) za 1 (CO₂ 360 ppm), 2 (CO₂ 540 ppm) in 3 °C (CO₂ 720 ppm) glede na 1964–1988 ter pri povišanih temperaturah zraka in nespremenjeni koncentraciji CO₂ (+2 °C, konst. CO₂; +3 °C, konst. CO₂) (Pogačar, 2015)

4 SKLEPI

Pri simulacijah pridelka travne ruše za tri monokulture, od tega za eno na dveh lokacijah, se je za obdobje 1964–2013 izkazalo, da ta ni statistično značilno odvisen od nobene vhodne meteorološke spremenljivke. Kljub temu pa se je pokazalo izrazito zmanjšanje pridelka v najbolj vročih in sušnih letih. Simulacije lahko izvedemo tudi za spremenjene podnebne razmere, pri čemer se kaže, da se mediane pridelkov suhega zelinja ob povišanih temperaturah zraka in koncentraciji CO₂ večinoma zmanjšajo. Pojavljajo se novi osamelci, kar lahko nakazuje pogostejša izrazita zmanjšanja pridelka.

Zavedati se moramo negotovosti, ki jo prinašajo modelski rezultati. Ta izvira iz netočnosti vhodnih podatkov (meteoroloških, pedoloških, podatkov o gospodarjenju), iz (za določeno obdobje) umerjenih modelskih parametrov, iz modelske strukture in koncepta (Pogačar, 2015). Rezultati osvetljujejo pomen novih raziskav, tako poljskih poskusov kot modelskih simulacij. Zelo dobro bi bilo izvajanje travniških poskusov, pri katerih bi dodatno vključili meritve različnih spremenljivk, v bližini pa bi se izvajale meritve vsebnosti vode v tleh in meteorološke meritve. Dodatno bi lahko izločili del negotovosti, če bi podatke pridobili na enako stari ruši. Želeli bi nadaljevati delo z umerjanjem za druge travne kulture, velik izziv pa predstavlja uspešno modeliranje rasti in pridelka trajnega travinja. Umerjen model ima za travne monokulture, še posebej pa za trajno travinje, veliko vrednost pri načrtovanju zalog krme in prilagajanja na podnebne spremembe.

5 LITERATURA

- ARSO. 2014a. »Klimatološki podatki iz baze«. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje (izpis iz baze podatkov, maj 2014)
- ARSO. 2014b. Prihodnje spremembe podnebja v Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje: 3 str.

- http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/PSS/scenariji/podnebni_scenariji.pdf (21. maj 2015)
- Kapun, S. 2005. Pridelovanje pasje trave. Naše travinje, 1, 1: 10-11
- KIS. 2014. »Podatki o pridelku suhega zelinja iz baze poskusov«. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije (izpis iz baze podatkov, maj 2014)
- Olesen, J.E., Bindi, M. 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16: 239-262
- Pogačar, T. 2015. Modeliranje vpliva vremena in podnebja na rast in pridelek travne ruše v Sloveniji. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 134 str.
- Pogačar, T., Ipavec, D., Verbič, J., Kajfež-Bogataj, L. 2015. Calibration of the LINGRA-N model to simulate herbage yield of grass monocultures and permanent grassland in Slovenia. *Acta agriculturae Slovenica*, 105, 1: 111-123
- Rapacz, M., Ergon, A., Höglind, M., Jorgensen, M., Jurczyk, B., Ostrem, L., Rognli, O.A., Tronsmo, A.M. 2014. Overwintering of herbaceous plants in a changing climate. Still more questions than answers. *Plant Science*, 225: 34-44
- Rodriguez, D., Van Oijen, M., Schapendonk, A.H.C.M. 1999. LINGRA-CC: a sink-source model to simulate the impact of climate change and management on grassland productivity. *New phytology*, 144: 359-368
- Schapendonk, A.H.C.M., Stol, W., Van Kraalingen, D.W.G., Bouman, B.A.M. 1998. LINGRA, a sink/source model to simulate grassland productivity in Europe. *European Journal of Agronomy*, 9: 87-100
- Smit, H.J., Metzger, M.J., Ewert, F. 2008. Spatial distribution of grassland productivity and land use in Europe. *Agricultural Systems*, 98: 208-219
- SURS. 2014. Statistični urad RS za okolje (izpis podatkov o travinju). <http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Okolje/Okolje.asp> (17. dec. 2014)
- Sušnik, A., Pogačar, T. 2010. Modeliranje vodne bilance travinja kot orodje pri analizi suše v obdobju 1973–2009. V: *Novi izzivi v poljedelstvu 2010*. Rogaška Slatina, 2.-3. 12. 2010. Kocjan Ačko, D., Čeh, B. (ur.). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 299-306
- Van Oijen, M., Höglind, M., Hanslin, H.M., Caldwell, N. 2005. Process-based modeling of Timothy regrowth. *Agronomy Journal*, 97: 1295-1303
- Wolf, J. 2012. LINGRA-N: Simple generic model for simulation of grass growth under potential, water limited and nitrogen limited conditions. User guide for LINGRA-N. Wageningen, Wageningen University: 65 str.
- <http://www.wageningenur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-343434373232> (28. mar. 2013)

Ekonomika pridelave sena na trajnem travinju v prisotnosti velike rastlinojede divjadi

Barbara ZAGORC¹⁵⁸, Janko VERBIČ¹⁵⁹, Drago BABNIK¹⁶⁰

Izvleček

Izpad pridelka na trajnem travinju zaradi paše velike rastlinojede divjadi poslabšuje ekonomiko pridelave krme in negativno vpliva na učinkovitost reje prežvekovalcev. V kolikor želijo rejci ohraniti stalež živali, so primorani manjkajočo krmo dokupiti. V raziskavi smo proučevali, kako paša jelenjadi vpliva na ekonomiko pridelave krme na trajnem travinju. Ekonomske kazalce smo izračunali s pomočjo modelnih kalkulacij KIS. Predvideli smo pridelavo sena pri osmih izhodiščnih pridelkih (2000–8000 kg SS/ha) in 10–80 % manjšem pridelku zaradi paše prostoživečih parkljarjev. Stroške pridelave krme na trajnem travinju in stroške dokupa krme smo ocenili za 72 različnih kombinacij, ki smo jih združili v tri povprečne razrede intenzivnosti. Izgube zaradi paše divjadi so bile za vse kombinacije v raziskavi izračunane kot vsota razlike v skupnih stroških in stroškov dokupljene krme. Izgube zaradi paše velike rastlinojede divjadi se na intenzivnejših travnikih gibajo 61–404 EUR/ha, na srednje intenzivnih travnikih 35–295 EUR/ha ter na ekstenzivnih travnikih 21–217 EUR/ha. Pričakovano so izgube največje, in posledično poslabšanje ekonomičnost pridelave največja, na intenzivnejših močno popašenih trajnih travnikih.

Glavne besede: ekonomika pridelave, seno, trajno travinje, popašenost, velika rastlinojeda divjad

The economics of hay production on permanent grassland in the presence of large wild herbivores

Abstract

Grazing of permanent grassland by large herbivores is deteriorating economics of fodder production and negatively affects the efficiency of cattle breeding. If farmers want to maintain the stock of animals, they are forced to purchase the missing forage. In this study, we examine how deer grazing affects the economics of a fodder production on permanent grassland. Economic indicators were calculated using model calculations AIS. In our study, we assumed to harvest hay with eight initial yields (2000–8000 kg DM / ha) and 10–80 percent reduction in crop yields due to grazing of wild herbivores. The costs of fodder production on permanent grassland and additional costs for forage purchase were estimated for 72 different combinations of production intensity and levels of large herbivore grazing. Losses due to large herbivores grazing were calculated as the sum of the difference in the total costs and the costs of the purchased forage. Losses due to grazing of large herbivore on more intensive grassland range between 61 and 404 EUR / ha, in mid-intensive grassland between 35 and 295 EUR / ha, and in the extensive grassland between 21 and 217 EUR / ha. Expected losses are greatest and consequently the deterioration in the economy of production is the largest in the intensive heavily grazed permanent pastures.

Key words: economic of production, hay, permanent grassland, grazing, large wild herbivores

1 UVOD

V Sloveniji se je v zadnjih desetletjih zaradi povečanega števila večine vrst prostoživečih parkljarjev povečal tudi njihov neželeni vpliv na kmetijska zemljišča. Na območjih, kjer je

¹⁵⁸ Univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, Slovenija, e-pošta: barbara.zagorc@kis.si

¹⁵⁹ Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: janko.verbic@kis.si

¹⁶⁰ Dr., prav tam, e-pošta: drago.babnik@kis.si

gostota prostoživečih parkljarjev največja, zadnja leta kmetje pogosto ugotavljajo velike izpade pridelka, ne samo na posameznih manjših lokacijah, temveč tudi na ravni celotnih kmetij. Z zniževanjem pridelka prihaja do poslabševanja ekonomike pridelave, saj se zaradi izpada pridelka stroški pridelave na enoto proizvoda zvišujejo, zaradi nezadostnih količin pridelane krme pa lahko pride tudi do zmanjševanja staleža rejnih živali.

Na območju Kočevskega so zaradi velike gozdnatosti škode zaradi divjadi na kmetijskih zemljiščih še posebno velike, saj je to območje po gostoti jelenjadi, in s tem tudi po gostoti odstrela, na prvem mestu v Sloveniji (Jerina, 2006). Po nekaterih raziskavah naj bi se jelenjad, ki povzroča večino škode na trajnem travinju v Sloveniji, na Kočevskem zaradi pomanjkanja krme v gozdu in na gozdnih jasad, pasla na obrobju gozdov, na pašnikih in travnikih skozi celo leto. V času največje ponudbe trav pa naj bi volumski delež krme s travinja predstavljal tudi prek 50 % zaužite krme (Jerina, 2007).

V dosedanjih raziskavah so prav na širšem območju Kočevske ugotavljali, da zaradi paše velike rastlinojede divjadi prihaja do izgub pridelka na trajnem travinju (Trdan in Vidrih, 2008; Verbič in sod., 2013; Vidrih in sod., 2014), ki so lahko zelo variabilne in lahko na posameznih lokacijah znašajo tudi do 80 %. Pretekle domače in tuje raziskave so tudi pokazale, da ima lahko paša divjadi pozitiven vpliv na kakovost pridelane krme (Verbič in sod., 2013; Vidrih in sod., 2014; Marchiori in sod., 2012). Da so ekonomske posledice izpada pridelka zaradi intenzivne paše jelenjadi velike, smo ugotavljali že v eni od preteklih raziskav. Ugotovili smo, da se neposredni stroški krme na kmetiji zaradi izpada pridelka v povprečju zvišajo za okoli četrtno (Verbič in sod., 2013).

V Sloveniji zavzema trajno travinje okoli 60 % vse kmetijske zemlje v uporabi, zato je živinoreja najpomembnejša kmetijska panoga, saj lahko edino travojede živali izkoristijo ta vir krme. Pridelava krme je v Sloveniji pretežno vezana na porabo na lastnem kmetijskem gospodarstvu (Pintar in sod., 2015), medtem ko je pridelava sena in travne silaže za prodajo razširjena le v manjšem obsegu. Krma pridelana in porabljena na lastnem gospodarstvu se šteje kot strošek vmesne porabe, vrednost pridelave pridelovalci in rejci ustvarjajo prek prodaje končnih proizvodov, v takem primeru so to živinorejski proizvodi (mleko, živali, meso).

Spremljanje dejanskih ekonomskih rezultatov v kmetijski pridelavi je v Sloveniji zelo skopo, zato se za oceno ekonomičnosti kmetijske pridelave največkrat uporablja modelni pristop (Modelne kalkulacije..., 2016; Katalog kalkulacij za načrtovanje..., 2011; Rozman in sod., 2013), ki omogoča simulacijo različnih pogojev pridelave in oceno kazalcev ekonomičnosti v različnih pridelovalnih razmerah.

Namen naše raziskave je bil ugotoviti, kako paša jelenjadi vpliva na ekonomiko pridelave krme na trajnem travinju. Ker so pretekle raziskave in raziskave v okviru projekta Škode na travinju zaradi paše velike rastlinojede divjadi (CRP, V4-1432) pokazale na zelo veliko variabilnost v izpadih pridelka na trajnem travinju zaradi paše prostoživečih parkljarjev, smo se odločili za proučitev ekonomike pridelave sena pri različnih stopnjah izpada pridelka zaradi popašenosti. Za oceno ekonomike pridelave sena na trajnem travinju smo uporabili enega od modelov, ki omogoča oceno stroškov pridelave in drugih ekonomskih kazalcev v različnih pridelovalnih pogojih. Izbrali smo modelne kalkulacije Kmetijskega inštituta Slovenije (KIS), ki so izdelane na podlagi splošnih metodoloških izhodišč (Rednak, 1998; Modelne kalkulacije..., 2016).

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Tehnološka in ekonomska izhodišča ter predpostavke

Pridelovalne značilnosti trajnega travinja na območjih s prisotno veliko rastlinojedo divjadjo smo opredelili s hektarskim pridelkom, kakovostjo krme, številom košenj in načinom rabe. Predvideli smo izhodiščne pridelke sena 2000–8000 kg SS/ ha z energijsko vrednostjo 4,5–5,3 MJ NEL/ kg SS. Velikost pridelka in energijsko vrednost krme smo določili glede na rezultate projekta (CRP, V4-1432), in podatke iz literature (Verbič in Babnik, 1998). Predvideli smo spravilo sena v eni ali dveh košnjah, z odvozom pridelka v senik. Zaradi paše prostoživečih parkljarjev smo predvideli 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 in 80 % zmanjšanje pridelka in v povprečju za pol odstotka boljšo kakovost na travinju prizadetem zaradi paše divjadi.

Preglednica 1: Tehnološki parametri

Bruto pridelek SS (kg/ ha)	8000	7000	6000	5000	5000	4000	3000	2000
Neto pridelek sena (kg/ha)*	7442	6512	5581	4651	4651	3721	2791	1860
Energijska vrednost krme (MJ NEL/ kg SS)/ št. košenj	5,3/ 2	5,3/ 2	5,1/ 2	5,1/ 2	4,5/ 1	4,5/ 1	4,5/ 1	4,5/ 1

* 86 % SS, 20 % izgub od spravila do skladišča

Preglednica 2: Bruto pridelek suhe snovi (SS) in število košenj pri različni stopnji popašenosti (SP) zaradi paše velike rastlinojede divjadi

Stopnja popašenosti (n) - SP (%)								
0	10	20	30	40	50	60	70	80
Izhodiščna intenzivnost P (i = ...8)*	Kombinacije							
8000 2 (P1)	7200 2	6400 2	5600 2	4800 2	4000 2	3200 2	2400 1	1600 1
7000 2 (P2)	6300 2	5600 2	4900 2	4200 2	3500 2	2800 2	2100 1	1400 1
6000 2 (P3)	5400 2	4800 2	4200 2	3600 2	3000 2	2400 1	1800 1	1200 1
5000 2 (P4)	4500 2	4000 2	3500 2	3000 2	2500 2	2000 1	1500 1	1000 1
5000 1 (P5)	4500 1	4000 1	3500 1	3000 1	2500 1	2000 1	1500 1	1000 1
4000 1 (P6)	3600 1	3200 1	2800 1	2400 1	2000 1	1600 1	1200 1	800 1
3000 1 (P7)	2700 1	2400 1	2100 1	1800 1	1500 1	1200 1	900 1	600 1
2000 1 (P8)	1800 1	1600 1	1400 1	1200 1	1000 1	800 1	600 1	400 1

* kg SS/ ha_ št. košenj

Osem izhodiščnih intenzivnosti pridelave (P1–P8) smo zaradi preglednosti združili v tri povprečne intenzivnosti pridelave (I, SI in E), ki kljub združitvi, še vedno dovolj dobro odražajo pridelovalne razmere na trajnem travinju, na območju s prisotno veliko rastlinojedo divjadjo (preglednica 3).

Obstoječo modelno kalkulacijo za pridelavo sena (Modelne kalkulacije..., 2016) smo glede na predvidene različice (P1–P8) in stopnje popašenosti prilagodili tako, da omogoča izračun ekonomskih kazalcev pri pridelavi krme na popašenih in nepopašenih travnikih. Za vse kombinacije v načrtu (preglednica 2) smo ocenili stroške pridelave krme na trajnem travinju in stroške dokupa krme zaradi izpada pridelka kot posledice popašenosti.

Temeljni predpostavki pri oceni ekonomike pridelave sena na trajnem travinju ob prisotnosti velike rastlinojede divjadi sta, da se kmetijska gospodarstva ukvarjajo z rejo travojedih rejnih živali in imajo obseg prireje na taki ravni, kot bi jim ga omogočal pridelovalni potencial trajnega travinja brez izpada pridelka, ki ga na trajnem travinju povzroča paša velike rastlinojede divjadi.

Preglednica 3: Parametri pridelave pri različnih intenzivnostih

Intenzivnost pridelave	Bruto pridelek SS (kg/ ha)	Energijska vrednost krme (MJ NEL/ kg SS)	Število košenj	Enačba za izračun povprečne intenzivnosti
Intenzivna (I)	6000–8000	5,30	2	$I_n = ((P1)_n + (P2)_n + (P3)_n)/3$
Srednje intenzivna (SI)	4000–5000	4,50–5,10	1–2	$SI_n = ((P4)_n + (P5)_n + (P6)_n)/3$
Ekstenzivna (E)	2000–4000	4,50	1	$E_n = ((P6)_n + (P7)_n + (P8)_n)/3$

Pri oceni stroškov pridelave in stroškov dokupa krme smo upoštevali povprečne cene brez DDV iz obdobja 2013–2015. Vir podatkov o cenah so baze modelnih kalkulacij KIS, ki se napajajo iz različnih uradnih virov (SURS, MKGP) in drugih virov (ceniki iz katalogov in spletnih strani ipd.). Pri izračunu stroškov, ki smo jih pripravili v okolju Microsoft Excel 2010, plačil za ukrepe kmetijske politike nismo upoštevali.

2.2 Ekonomski kazalci

Na podlagi tehnoloških in ekonomskih izhodišč ter predpostavk smo postavili metodo za izračun ekonomskih kazalcev, s pomočjo katere smo ocenili ekonomske posledice paše divjadi na trajnem travinju. S pomočjo modelne kalkulacije za seno smo za vse kombinacije v načrtu ocenili skupne stroške pridelave, ki vključujejo stroške kupljenega materiala in storitev, amortizacije in domačega dela. Pri oceni ekonomičnosti pridelave smo izhajali iz tega, da imajo kmetijska gospodarstva, ne glede na stopnjo popašenosti trajnega travinja, enak obseg prireje, kar pomeni, da krmo izgubljeno zaradi paše velike rastlinojede divjadi, dokupujejo. Pri izgubah pridelka do 30 %, smo izgubljeni pridelek nadomeščali le z nakupom močne krme; pri izgubah pridelka 30 % in več pa je polovica izgub nadomeščena z nakupom močne krme in polovica izgub z nakupom sena. Ker je seno na trgu pogosto slabše kakovosti od doma pridelanega, smo predvideli, da je v primeru nakupa sena potrebno nadomestiti tudi del energijskih potreb. Vrednost potreb po dokupljeni močni krmi smo zato povečali za 10 %. Ponudba voluminozne krme na trgu v Sloveniji v zadnjih letih niha in se je zaradi dobrih letin na trajnem travinju v letih 2014–2015 (Zagorc in sod., 2016) močno povečala, vendar delo z iskanjem ustrezne voluminozne krme na trgu in s tem povezani stroški, kljub temu niso zanemarljivi. K stroškom dokupljenega sena smo zato prišteli tudi del stroškov, ki jih imajo kmetijska gospodarstva z iskanjem ustrezne krme (5 % stroškov nakupa oziroma v povprečju okoli evro in pol na balo sena).

Ekonomičnost pridelave je za vse kombinacije v raziskavi ocenjena kot vsota razlike v skupnih stroških in stroškov dokupljene krme in pomeni izgubo pridelovalcev zaradi paše velike rastlinojede divjadi. V zadnjem koraku so bile izračunane povprečne izgube pridelovalcev za tri povprečne intenzivnosti pri osmih različnih stopnjah popašenosti.

Preglednica 4: Izbrani ekonomski kazalci

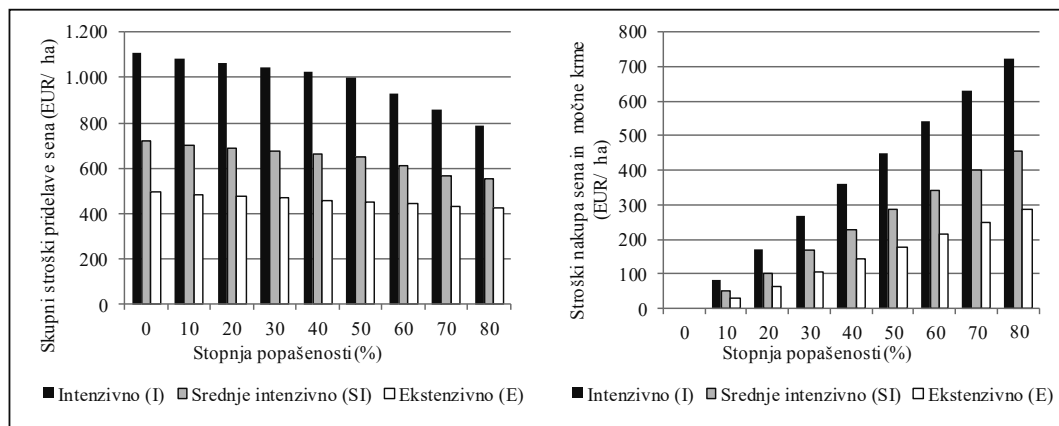
Razlika v skupnih stroških	Stroški dokupljene krme
$SSR_{(i,n)} = SSP_{(i,n)} - SSP_{(i,0)}$	$SP < 30\%$ $SDK_{(i,n)} = SDK_{mk(i,n)} + SDK_{s(i,n)}$ $SDK_{mk(i,n)} = (ENG_{(i,0)} - ENG_{(i,n)}) \times PC_{nel} \times 1$ $SDK_{s(i,n)} = 0$ $SP = > 30\%$ $SDK_{(i,n)} = SDK_{mk(i,n)} + SDK_{s(i,n)}$ $SDK_{mk(i,n)} = (ENG_{(i,0)} - ENG_{(i,n)}) \times PC_{nel} \times 0,5 \times 1,1$ $SDK_{s(i,n)} = (P_{(i,0)} - P_{(i,n)}) \times PC_s \times 0,5 + (P_{(i,0)} - P_{(i,n)}) \times PC_s \times 0,5 \times 0,05$
Izgube zaradi paše velike rastlinojede divjadi	
$IZG_{(i,n)} = SSR_{(i,n)} + SDK_{(i,n)}$	

Legenda:

SS – suha snov; P – pridelek SS na ha; i – izhodiščna intenzivnost pridelave (P1...P8); I – intenzivna; SI – srednje intenzivna; E – ekstenzivna; SSP – skupni stroški pridelave na ha; SSR – razlika v SSP; SDK – stroški dokupljene krme; IZG – izgube zaradi paše velike rastlinojede divjadi; ENG – energijska vrednost pridelane krme na ha (MJ NEL); SP – stopnja popašenosti (%) (n = 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 in 80); mk – močna krma; s – seno; PC_{nel} – cena MJ NEL; PC_s – nabavna cena sena;

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Za vse predvidene kombinacije smo ocenili skupne stroške pridelave sena, razlike v skupnih stroških pridelave v primerjavi s stroški pri izhodiščnih intenzivnostih, stroške dokupa krme zaradi izpada pridelka in skupne izgube zaradi paše velike rastlinojede divjadi. V nadaljevanju smo izračunali povprečne ekonomske kazalce za tri povprečne izhodiščne intenzivnosti, ki dobro odražajo intenzivnost pridelave na trajnih travnikih, kjer je v večjem obsegu prisotna velika rastlinojeda divjad.

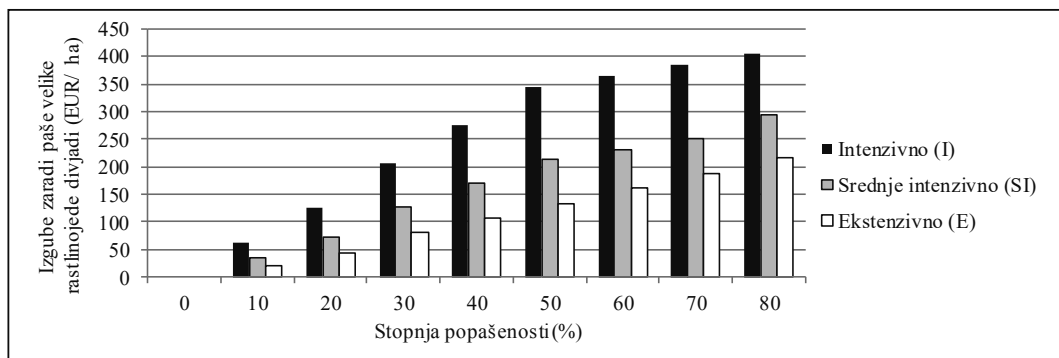


Slika 1: Stroški pridelave sena in dokupa sena ter močne krme (EUR/ha)

Skupni stroški pridelave sena glede na stopnjo popašenosti na enoto površine padajo. Najvišji stroški pridelave na hektar so na intenzivnejših nepopašenih travnikih, najnižji pa na ekstenzivnih močno popašenih travnikih. Inputi v pridelavo na intenzivnejših travnikih

(gnojila, poraba goriva, poraba strojnega in ročnega dela), in s tem tudi višina stroškov, so zaradi večjih pridelkov in več opravljenih košenj na teh travnikih pomembno višji. Skupni stroški pridelave sena na hektar prikazani na levi strani slike 1 se na intenzivnejših travnikih gibajo med 1107 in 789 EUR/ha, na nekoliko manj intenzivnih travnikih med 718 in 557 EUR/ha ter na ekstenzivnih travnikih med 495 in 426 EUR/ha.

Skupni stroški pridelave sena so pri 80-odstotni stopnji popašenosti na intenzivnejših travnikih za približno 29 % nižji, na nekoliko manj intenzivnih travnikih za 22 % in na ekstenzivnih travnikih za 14 % nižji od nepopašenih travnikov.



Slika 2: Izgube zaradi paše velike rastlinojede divjadi (EUR/ ha)

Zaradi izpada pridelka se s stopnjo popašenosti količina in s tem tudi stroški nakupa nadomestne krme strmo povečujejo. Stroški dokupljene krme se po naših ocenah na intenzivnejših travnikih gibajo med 82 in 722 EUR/ha, na srednje intenzivnih travnikih med 49 in 455 EUR/ha in na ekstenzivnih travnikih med 30 in 287 EUR/ha.

Izgube pridelovalcev zaradi popašenosti od prostoživečih parkljarjev zaradi počasnejšega padanja skupnih stroškov pridelave na enoto površine v primerjavi s hitrim naraščanjem stroškov nakupa nadomestne krme, s stopnjo popašenosti trajnih travnikov, naraščajo. Izgube zaradi paše velike rastlinojede divjadi se po naših ocenah na intenzivnejših travnikih gibajo med 61 in 404 EUR/ha, na srednje intenzivnih travnikih med 35 in 295 EUR/ha ter na ekstenzivnih travnikih med 21 in 217 EUR/ha.

4 SKLEPI

Raziskava je pokazala, da se ekonomičnost pridelave sena s stopnjo popašenosti trajnega travinja s strani prostoživečih parkljarjev poslabšuje. Izgube pridelovalcev, ocenjene na podlagi razlike v stroških pridelave sena na nepopašenih in popašenih trajnih travnikih ter stroškov nakupa izgubljene krme, s stopnjo popašenosti trajnih travnikov strmo naraščajo. Pričakovano so izgube največje, in posledično s tem poslabšanje ekonomičnost pridelave največja, na intenzivnejših močno popašenih trajnih travnikih. Npr. približno enake izgube, 210 EUR/ha, so pri 30-odstotni popašenosti na intenzivnejših travnikih in pri 50-odstotni popašenosti na srednje intenzivnih travnikih, na ekstenzivnih enokosnih travnikih pa tolikšne izgube nastanejo šele pri 80-odstotni stopnji popašenosti.

Zahvala. Prispevek je pripravljen na podlagi podatkov pridobljenih v raziskavah projekta CRP Škode na travinju zaradi paše velike rastlinojede divjadi (V4-1432), za kar se

zahvaljujemo nosilcu, drugim sodelujočim v projektu in financerjem projekta (ARRS in MKGP).

5 LITERATURA

- Jerina, K. 2006. Prostorska razporeditev, območja aktivnosti in telesna masa jelenjadi (*Cervus elaphus* L.) glede na okoljske dejavnike: doktorska disertacija = Spatial distribution, home range and body mass of red deer (*Cervus elaphus* L.) in regard to environmental factors: doctoral dissertation. Ljubljana. 172 str.
- Jerina, K. 2007. The effects of habitat structure on red deer (*Cervus elaphus*) body mass. Zbornik gozdarstva in lesarstva 82 (2007), s. 3–13.
- Katalog kalkulacij za načrtovanje gospodarjenja na kmetijah. 2011. Jerič D. (ur.) s sod.. Ljubljana, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije: 267 str.
- Marchiori, E., Sturaro, E., Ramanzin, M. 2012. Wild red deer grazing may seriously reduce forage production in mountain meadows. Italian Journal of Animal Science, Volume 11, 9, s. 47–53.
- Modelne kalkulacije Kmetijskega inštituta Slovenije. 2016. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije. http://www.kis.si/Modelne_kalkulacije_OEK (2. nov. 2016)
- Pintar, M., Bedrač, M., Kožar, M., Moljk, B., Rednak, M., Volk, T., Zagorc, B., Piškur, M. et al. 2015. Poročilo o stanju kmetijstva, živilstva, gozdarstva in ribištva v letu 2014, (KIS - Poročila o strokovnih nalogah, 170). Ljubljana, MOP in KIS: 18–20.
- http://www.kis.si/f/docs/Porocila_o_stanju_v_kmetijstvu_OEK/ZP-2014-splosnopriloge_koncno.pdf (15. maj 2016).
- Rednak, M. 1998. Modelne kalkulacije 1997: Splošna izhodišča in metodologija izdelave modelnih kalkulacij za potrebe kmetijske politike. Prikazi in informacije, 189. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 15 str.
- Rozmana, Č., Pažek, K., Kljajić, M., Bavec, M., Turk, J., Bavec, F., Kofljač, D. in Škraba, A. 2013. The dynamic simulation of organic farming development scenarios – A case study in Slovenia. Computers and Electronics in Agriculture, Volume 96, p. 163–172.
- Trdan, S. in Vidrih, M. 2008. Quantifying the damage of red deer grazing on grassland production in southeastern Slovenia. European journal of wildlife research, vol. 54, no. 1, str. 138–141.
- Verbič, J., Žnidaršič, T., Zagorc, B. in Babnik, D. 2013. Vpliv paše divjadi na kakovost in zmanjšanje pridelka krme s travinja. V: Zbornik predavanj: Zdravec-Erjavac Days 2013, Radenci, 14th and 15th November 2013. Čeh T. (ur.), Kapun S. (ur.). Murska Sobota, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod: str. 79–85.
- Verbič, J. in Babnik, D. 1998. Vrednotenje oskrbljenosti prežvekovalcev z beljakovinami: navodila, normativi, preglednice, Prikazi in informacije, 195. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 51 str.
- Vidrih, M., Laznik, Ž., Sinkovič, T., Jakovac-Strajn, B., Tavčar-Kalcher, G. in Trdan, S. 2014. Influence of red deer (*Cervus elaphus* L.) grazing on yield reduction and changes in the chemical composition of grassland forage: experiences from an organic farm at Stari Breg in the Kočevje Region. Acta Biologica Slovenica, vol. 57, št. 2, str. 25–35.
- Zagorc, B., Moljk, B. in Pintar, M. 2016. Poročilo o stanju kmetijstva, živilstva, gozdarstva in ribištva v letu 2015. Pregled po kmetijskih trgih. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano in Kmetijski inštitut Slovenije. http://www.kis.si/f/docs/Porocila_o_stanju_v_kmetijstvu_OEK/ZP-2015-trgi-net.pdf (2. nov. 2016)

— Z —



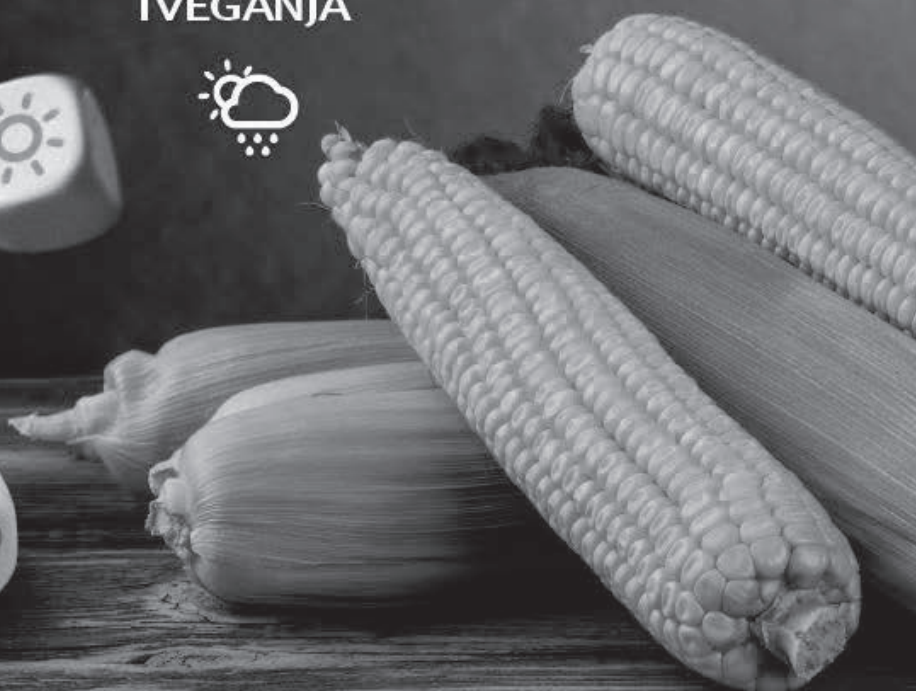
Optimum® AQUA max®

HIBRID

čreke

NE PREDSTAVLJA

TVEGANJA



Pioneer hibridi koruze so preizkušeni lokalno v mreži 150 poskusov, zato smo vodilni na trgu. Nova skupina Optimum® AQUA max® hibridov zagotavlja našim kmetov stabilen in visok pridelek. Dokazana prednost.



<http://slovenia.pioneer.com>

VRNIMO ZEMLJI ŽIVLJENJE

in omogočimo sprostitve "zaklenjenih" hranil v tleh.



Naravni izdelki za dvig pH v zemlji

APNENEC IGM

Postopnost apnilnega delovanja.
Spodbuja življenje mikroorganizmov.
Izboljša strukturo tal in poveča dostopnost fosforja.
Neagresiven, uporabljamo ga lahko celo leto.
Vir kalcija in magnezija.
Dobava v rinfuzi.



AGRO APNO

Hitro delujoče sredstvo za apnenje.
Apnenje v času mirovanja rastlin.
Pakirano v big bag vrečah (1 tona) ali v rinfuzi
Granulacija 3 – 9 mm.



TELEFON: 03/ 56 55 583(041-708-752) E-MAIL: marta.globokar@igm.si
www.igm.si



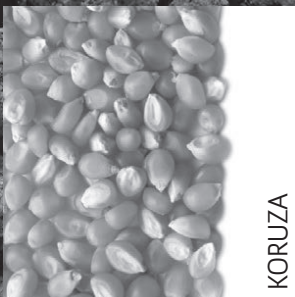
Levstikova 39, 1230 DOMŽALE
Tel. 01 7213-680, fax 01 7213-690
e-pošta: uprava@agroemona.si



KMETIJSKO GOSPODARSTVO LENDA VA d.d.
Glavna ulica 115, 9220 Lendava

NAJVEČJI TRŽNI PRIDELOVALEC ŽIT
V SLOVENIJI

**»Žel boš
kar boš
sejal.«**



KORUZA



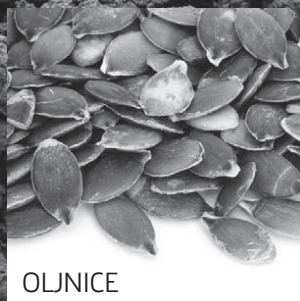
KROMPIR



ŽITA



TRAVINJE, SIRKI



OLJNICE



DOSEVKI



METULJNICE



RASTLINE ZA VRT

Več informacij o ponudbi
Agrosaat dobite na prodajnih
mestih, v katalogu Gospodarjev
priročnik 2014 ter na naši
spletni strani.

SEJEMO PRIHODNOST

www.agrosaat.si

Agrosaat

PE Ljubljana: 01 514 00 70

PE Puconci: 02 545 94 16

PE Ptuj: 02 795 08 80

ISBN 978-961-90884-7-0



9 789619 088470