

*SAD*

SLOVENSKO AGRONOMSKO DRUŠTVO

SLOVENIAN SOCIETY FOR AGRONOMY

# **Novi izzivi v poljedelstvu 2010**

ZBORNIK SIMPOZIJA

# **New challenges in field crop production 2010**

PROCEEDINGS OF SYMPOSIUM

Rogaška Slatina 2010

*SAD*

SLOVENSKO AGRONOMSKO DRUŠTVO  
SLOVENIAN SOCIETY FOR AGRONOMY

**NOVI IZZIVI  
V POLJEDELSTVU 2010**

ZBORNIK SIMPOZIJA

**NEW CHALLENGES  
IN FIELD CROP PRODUCTION 2010**

PROCEEDINGS OF SYMPOSIUM

Rogaška Slatina, 2010

Novi izzivi v poljedelstvu 2010 z mednarodno udeležbo pod pokroviteljstvom  
**Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije**  
Rogaška Slatina, 2. in 3. december 2010

## **Zbornik simpozija**

**Urednici:** doc. dr. Darja Kocjan Ačko in doc. dr. Barbara Čeh  
Prispevki so recenzirani. Za jezikovno pravilnost odgovarjajo avtorji.

### **Uredniški odbor:**

doc. dr. Barbara Čeh, univ. dipl. inž. agr.  
dr. Andreja Čerenak, univ. dipl. biol.  
Zoran Čergan, univ. dipl. inž. agr.  
doc. dr. Zalika Črepinšek, univ. dipl. inž. agr.  
doc. dr. Darja Kocjan Ačko, univ. dipl. inž. agr.  
Roman Novak, univ. dipl. inž. agr.  
Janez Sušin, univ. dipl. inž. agr.  
dr. Igor Šantavec, asist., univ. dipl. inž. agr.  
Iris Škerbot, univ. dipl. inž. agr.  
prof. dr. Stanislav Trdan, univ. dipl. inž. agr.

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

Izdalo Slovensko agronomsko društvo  
Copyright © Slovensko agronomsko društvo

### **Organizacijski odbor simpozija:**

Zoran Čergan, univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, predsednik  
doc. dr. Darja Kocjan Ačko, Biotehniška fakulteta  
doc. dr. Barbara Čeh, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije  
Iris Škerbot, univ. dipl. inž. agr., Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, KGZ Celje  
Roman Novak, univ. dipl. inž. agr., Center za razvoj kmetijstva in podeželja Jable

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana  
633(082)

NOVI izzivi v poljedelstvu 2010 : zbornik simpozija = New challenges in field crop production 2010 : proceedings of symposium, Rogaška Slatina, [2. in 3. december] 2010 / [organizator] SAD - Slovensko agronomsko društvo = [organized by] Slovenian Society of Agronomy ; [urednici Darja Kocjan Ačko in Barbara Čeh]. - Ljubljana : Slovensko agronomsko društvo, 2010  
ISBN 978-961-90884-6-3  
1. Vzp. stv. nasl. 2. Kocjan Ačko, Darja 3. Slovensko agronomsko društvo  
253378560

## Kazalo

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| V spomin zaslužnemu profesorju dr. Jožetu Spanringu ..... | 11 |
|-----------------------------------------------------------|----|

### GNOJENJE IN PREHRANA RASTLIN

#### Nitrogen fertilizer recommendations for arable crops: concepts, technologies and implementation at farm level

Priporočila za dognojevanje poljščin z dušikom: koncepti, tehnologije in izvedba na ravni kmetije

|                        |    |
|------------------------|----|
| Hans-Werner OLFS ..... | 14 |
|------------------------|----|

#### Izvajanje analize vsebnosti mineralnega dušika v tleh in uporaba hitrih testov za ugotavljanje potreb po dognojevanju z dušikom v Sloveniji in v drugih državah srednje in vzhodne Evrope

Use of Nmin analyse and quick tests for nitrogen fertilization in Slovenia and in other CEEC countries

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Barbara ČEH, Igor ŠKERBOT ..... | 25 |
|---------------------------------|----|

#### Vsebnost mineralnega dušika v njivskih tleh v Pomurju

Mineral nitrogen content on crop fields in Pomurje region

Zita FLISAR NOVAK, Breda VIČAR, Tatjana ČEH, Stanko KAPUN,

|                      |    |
|----------------------|----|
| Metka BARBARIČ ..... | 34 |
|----------------------|----|

#### Dolgoročni učinek (1993-2009) diferenciranega gnojenja z organskimi gnojili in mineralnega dušika na pridelek in gospodarnost treh poljščin v kolobarju na dveh lokacijah

The long-term effect of differentiated fertilization with organic manure and mineral nitrogen on the yield and economics of three crops in the field crop rotation

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Zoran ČERGAN, Anton TAJNŠEK ..... | 42 |
|-----------------------------------|----|

#### Vpliv gnojenja z dušikom na ekonomsko učinkovitost pridelave ozimne pšenice (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.)

The influence of nitrogen fertilization on economic efficiency of winter wheat (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.) production

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Barbara ZAGORC, Marjeta PINTAR ..... | 49 |
|--------------------------------------|----|

#### Dinamika količine rastlinam dostopnega dušika v tleh glede na obliko dušikovega gnojila in vključevanje podsevkov pri hmelju (*Humulus lupulus* L.)

Dynamic of plant available nitrogen in soil with regard to nitrogen fertilizer and catch-crop at hops (*Humulus lupulus* L.)

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| Barbara ČEH, Bojan ČREMOŽNIK, Matej KNAPIČ ..... | 56 |
|--------------------------------------------------|----|

#### Horizontalna migracija dušika na lahkih njivskih tleh pod koruzo (*Zea mays* L.) v kolobarju

Horizontal nitrogen migration on light arable land under maize (*Zea mays* L.) in field crop rotation

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Anton TAJNŠEK, Zoran ČERGAN, Barbara ČEH ..... | 64 |
|------------------------------------------------|----|

**Uporaba sadre za zmanjšanje izgub dušika iz gnojevk**

Using gypsum to reduce the loss of nitrogen from liquid manure

Rok MIHELIČ, Ana PUCER ..... 71

**RODOVITNOST TAL****Long term field experiments – a basis to evaluate parameters of soil fertility**

Dolgotrajni poljski poskusi – osnova za vrednotenje parametrov rodovitnosti tal

Heide SPIEGEL, Georg DERSCH, Andreas BAUMGARTEN ..... 76

**Vpliv sadre na lastnosti tal in pridelek ozimne oljne ogrščice (*Brassica napus* L. (partim))**The effect of gypsum on soil properties and oilseed rape (*Brassica napus* L. (partim)) yield

Helena GRČMAN, Tadeja TROJAR, Rok MIHELIČ ..... 83

**Zbijanje njivskih tal kot posledica večkratnih prehodov vozil**

Soil compaction as a result of multiple pass of vehicles

Tone GODEŠA ..... 89

**Pregled stanja in primernosti tal za pridelavo lanu (*Linum usitatissimum* L.) v Beli krajini**Cultivation of flax (*Linum usitatissimum* L.) in Bela Krajina: current situation and soil suitability

Darja KOCJAN AČKO, Rok GREGORIČ, Marjan ŠPORAR, Helena GRČMAN ..... 96

**ŽLAHTNJENJE****Žlahtnjenje rastlin: čemu ga potrebujemo, vloga sodobnih tehnologij, lokalne potrebe in svetovni trendi**

Plant breeding: reasons for continuous breeding activities, the role of modern technologies, local needs and worldwide trends

Borut BOHANEČ ..... 103

**Strategija razvoja žlahtnjenja novih sort hmelja (*Humulus lupulus* L.)**Strategy of new hop (*Humulus lupulus* L.) variety development

Andreja ČERENAK, Sebastjan RADIŠEK, Iztok Jože KOŠIR, Monika OSET ..... 108

**Quality of barley (*Hordeum vulgare* L.) and oats (*Avena* sp.) in Novi Sad breeding program**Kakovost ječmena (*Hordeum vulgare* L.) in ovsa (*Avena* sp.) v žlahtniteljskem programu Novega Sada

Novo PRŽULJ, Vojislava MOMČILOVIĆ, Miloš NOŽINIĆ, Mihajlo MARKOVIĆ .... 114

**Improvement of maize silage energy value by breeding**

Izboljšanje energetske vrednosti koruzne silaže z žlahtnjenjem

Michèle CHAMPION, Stanislav STUDÉNKA ..... 127

### Ocena stopnje prenosa genov med populacijami oljne ogrščice različnih habitatov v Sloveniji

Estimation of gene flow between oilseed rape populations from different habitats in Slovenia  
Barbara PIPAN, Jelka ŠUŠTAR-VOZLIČ, Vladimir MEGLIČ ..... 132

### Genetski viri in različnost slovenskih populacij ajde (*Fagopurum esculentum* Moench)

Genetic resources and polymorphism of Slovenian buckwheat (*Fagopurum esculentum* Moench) population  
Zlata LUTHAR ..... 138

### Soobstoj in določanje gensko spremenjenih organizmov v konvencionalni koruzi (*Zea mays* L.) na polju

Co-existence and determination of genetically modified organisms in the conventional maize (*Zea mays* L.) in the field  
Katja ROSTOHAR, Zoran ČERGAN, Andrej BLEJEC, Petra KOZJAK, Vladimir MEGLIČ, Jelka ŠUŠTAR-VOZLIČ ..... 145

### 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.)  
Peter DOLNIČAR, Katarina Rudolf PILIH, Metka ŽERJAV, Jelka ŠUŠTAR-VOZLIČ ..... 150

## PRIDELAVA KMETIJSKIH RASTLIN

### Pridelovanje in uporaba tatarske ajde – nov izziv v Sloveniji

Growing and utilisation of tartary buckwheat for functional food as a new possibility in Slovenia  
Ivan KREFT, Mateja GERM, Blanka VOMBERGAR ..... 155

### Gospodarsko pomembne lastnosti domačega lanu (*Linum usitatissimum* L.) iz Bele krajine ter možnosti ponovne pridelave in predelave

Economically important characteristics of autochthonous flax (*Linum usitatissimum* L.) from Bela krajina region and possible reintroduction and processing  
Darja KOCJAN AČKO, Tatjana RIJAVEC ..... 160

### Vpliv tehnik gojenja na maščobnokislinsko sestavo plodov paradižnika (*Lycopersicum esculentum* Mill.)

The impact of cultivation on the fatty acid composition of tomato fruits (*Lycopersicum esculentum* Mill.)  
Rajko VIDRIH, Terezija GOLOB, Marijan POGAČNIK, Dragan ŽNIDARČIČ ..... 169

### Vpliv roka in gostote setve na nekatere gospodarsko pomembne lastnosti presevnice pšenice (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.) sorte SW Kadrilj

The impact of sowing date and sowing density on some economically important properties of facultative wheat (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol) cultivar SW Kadrilj  
Matej ŠIFRER, Igor ŠANTAVEC, Helena TRPIN, Darja KOCJAN AČKO ..... 176

### **Vpliv različnih načinov setve v strnišče na pridelek mnogocvetne ljuljke (*Lolium multiflorum* Lam.)**

The influence of different methods of sowing in the stubble on the yield of ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.)

Denis **STAJNKO**, Jure **VIHAR** ..... 185

### **Kakšne so možnosti za povečanje pridelovanja zdravilnih rastlin v Sloveniji?**

What are the options for increase production of medicinal plants in Slovenia?

Nataša **FERANT** ..... 191

### **Vpliv giberelinske kisline na prekinjanje dormance in na rast in razvoj pri krompirju (*Solanum tuberosum* L.)**

The influence of gibberellic acid on dormancy breaking and on potato (*Solanum tuberosum* L.) growth and development

Viktor **ZADRGAL**, Peter **DOLNIČAR** ..... 195

### **Vpliv klimatskih razmer na prisotnost nekaterih bioaktivnih snovi v nizkem paradižniku (*Lycopersicum esculentum* Mill.)**

The impact of climatic conditions in the presence of some bioactive substances in the determinate tomatoes (*Lycopersicum esculentum* Mill.)

Nina **KACJAN-MARŠIČ**, Helena **ŠIRCELJ**, Dragan **ŽNIDARČIČ** ..... 202

### **Nadzor kakovosti semena zelenjadnic, namenjenega ljubiteljskim pridelovalcem v letih od 2006 do 2010 v Sloveniji**

Control of quality of vegetable seed intended for amateur gardeners from 2006 till 2010 in Slovenia

Kristina **UGRINOVIČ**, Drago **ŽITEK**, Mojca **ŠKOF**, Romana **RUTAR** ..... 210

### **Ekološka in proizvodna vrednost travinja na dveh kmetijah v predalpskem območju Slovenije**

Ecological and forage production value of grassland on two farms in pre-Alpine region of Slovenia

Matej **VIDRIH**, Mojca **KRISTAN**, Monika **KLEMENČIČ**, Klemen **ELER**, Jure **ČOP** ..... 217

## **EKOLOŠKO KMETIJSTVO**

### **Možnosti nadaljnega razvoja ekološkega kmetijstva v Beli krajini**

The possibility for further development of organic farming in Bela krajina

Tanja **JUDNIČ**, Darja **KOCJAN AČKO** ..... 224

### **Izotopska sestava dušika v ekološko in konvencionalno pridelani zelenjavi na slovenskem trgu**

Isotopic composition of nitrogen in organically and conventionally grown vegetables available on the Slovenian market

Martina **ŠTURM**, Sonja **LOJEN** ..... 232

**VARSTVO RASTLIN****Računalniško orodje FOOT-FS: upoštevanje dejavnikov okolja pri uporabi fitofarmacevtskih sredstev na ravni kmetije**

The FOOT-FS software tool: considering environmental conditions for pesticide usage at farm scale

Marjetka SUHADOLC, Franc LOBNIK ..... 239

**Ustreznost domačih ras entomopatogenih ogorčic (Rhabditida) za zatiranje rdečega žitnega strgača (*Oulema melanopus* L.)**

Suitability of domestic strains of entomopathogenic nematodes (Rhabditida) for controlling cereal leaf beetle (*Oulema melanopus* L.)

Žiga LAZNIK, Stanislav TRDAN ..... 244

**Populacijska dinamika listnih uši (Hemiptera; Aphididae) in njihovih naravnih sovražnikov v poljskem poskusu na dveh njivah ozimne pšenice (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.) v letu 2010**

Population dynamics of cereal aphids (Hemiptera; Aphididae) and their natural enemies in field experiments on two winter wheat fields (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.) in 2010

Katarina KOS, Helena ROJHT, Stanislav TRDAN ..... 251

**Uporaba treh privabilnih posevkov z namenom odvrčanja kapusovih stenic (*Eurydema* spp.) in kapusovih bolhačev (*Phyllotreta* spp.) od belega zelja**

Use of three different trap crops with the aim of prevent the attack of stink bugs (*Eurydema* spp.) and flea beetles (*Phyllotreta* spp.) on white cabbage

Tanja BOHINC, Stanislav TRDAN ..... 259

**Uspešnost alternativnih načinov razkuževanja pšenice (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.)**

The effectiveness of alternative seed treatment of wheat (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.)

Igor ŠANTAVEC, Maja KRIŽNAR, Darja KOCJAN AČKO ..... 266

**MEHANIZACIJA, BIOPLINSKE NAPRAVE****Pomen varnostnih konstrukcij na traktorjih za varnost traktoristov**

The importance of protective structure for the safety of tractor drivers

Tomaž POJE ..... 272

**Slovenska zakonodaja – gonilo in ovira za razvoj kmetijskih bioplinskih naprav**

Slovenian legislation – driving power and obstacle to the development of agricultural biogas plants

Tomaž POJE ..... 277



## OKOLJE IN KMETIJSTVO

### Ocena vodnih perspektiv na območju Slovenije in možnost rabe vode v kmetijski pridelavi

The water perspectives for Slovenia and possibilities for using water in agriculture  
Rozalija CVEJIĆ, Matjaž TRATNIK, Aleš BIZJAK, Jana MELJO, Franci STEINMAN,  
Karin KOZELJ, Tanja PREŠEREN, Janko URBANC, Kim MEZGA, Marina PINTAR.....284

### Spremljanje suše v Sloveniji in jugovzhodni Evropi

Monitoring drought in Slovenia and south-eastern Europe  
Barbara MEDVED-CVIKL, Andrej CEGLAR, Lučka KAJFEŽ-BOGATAJ ..... 291

### Modeliranje vodne bilance travinja kot orodje pri analizi suše v obdobju 1973-2009

Grassland water balance modelling as a tool of drought analysis in the period 1973-2009  
Andreja SUŠNIK, Tjaša POGAČAR..... 299

### Spremembe pri kmetovanju kot posledica upoštevanja Uredb o vodovarstvenih območjih

Changes in farming as a result of compliance with the decree of the protected water areas  
Draga ZADRAVEC ..... 307

### Prostorska analiza dejanske rabe tal na območjih z okoljevarstvenimi ukrepi v Sloveniji

Spatial analysis of the actual land use in the areas of environmental protection measures in Slovenia  
Vesna MILIČIĆ, Vesna ZUPANC, Andrej UDOVČ ..... 313

### Kmetijske rastline na območjih namakalnih sistemov v Sloveniji v obdobju 2006-2009

Agricultural plants on irrigations systems in Slovenia for the period 2006-2009  
Rozalija CVEJIĆ, Vesna ZUPANC, Matjaž TRATNIK, Marina PINTAR ..... 320

### Model za napovedovanje pridelka poljščin WOFOST

Crop growth simulation model wofost  
Lučka KAJFEŽ-BOGATAJ, Andrej CEGLAR, Barbara MEDVED-CVIKL,  
Zalika ČREPINŠEK..... 327

### Negotovost napovedi pridelka koruze (*Zea mays* L.) v severovzhodni Sloveniji z dinamičnim modelom WOFOST

Uncertainties in simulation of maize yield in north-eastern Slovenia with dynamic crop model WOFOST  
Andrej CEGLAR, Lučka KAJFEŽ-BOGATAJ, Barbara MEDVED-CVIKL ..... 333

### Upravljanje s tveganjem pri pridelovanju poljščin zaradi podnebnih sprememb in vloga države

Managing with risks in field crop production induced by climate changes and the role of the state  
Majda ZAVŠEK-URBANČIČ..... 340

**V SPOMIN ZASLUŽNEMU PROFESORJU DR. JOŽETU SPANRINGU**  
**(19. maj 1923 -20. julij 2010)**



Zaslužni profesor dr. Jože Spanring se je rodil 19. maja 1923 v Dobu pri Domžalah. Osnovno šolo je obiskoval v Laporju, gimnazijo pa končal v Ljubljani. Leta 1942 so ga internirali Italijani, pozneje pa so ga Nemci mobilizirali na prisilno delo.

Leta 1949, ko je dokončal študij agronomije v Zagrebu, se je zaposlil najprej v kmetijski delovni zadrugi Šmarje-Sap, potem pa pri planskem oddelku Ministrstva za kmetijstvo. Leta 1951 je postal asistent za poljedelstvo na Biotehniški fakulteti. Poljedelstvo je bilo njegovo začetno in vodilno strokovno področje, ki ga je razvijal z izvirnimi idejami in bogatil s širino ter smislom za povezovanje delov v celoto, ki jo zmorejo videti in ustvarjati le redki. Postopoma je uvajal pridelavo zdravilnih in aromatičnih rastlin in biotehniško informatiko.

Praktično znanje iz semenarstva in vzgoje novih sort poljščin je pridobil na nekaj mesečnem delu v selekcijskem zavodu Weißenstephan v Freisingu in na poljedelskem raziskovalnem inštitutu Völkenrode v Braunschweigu. Izpopolnjevanje in podiplomski študij je nadaljeval na univerzah v ZDA, kjer ga je delo agronoma in nobelovca prof. dr. Normana E. Borlauga navdušilo za sistematsko zbiranje in urejanje poljedelskih informacij, kar je vplivalo na njegovo enciklopedično poljedelsko znanje. Do upokojitve leta 1994 je služboval na

Biotehniški fakulteti v Ljubljani, in sicer kot predavatelj, docent in od leta 1979 kot redni profesor za področje poljedelstva. Sodeloval je v številnih odborih in komisijah, ki so oblikovale, povečevale in izkazovale znanstveni in strokovni ugled slovenskega in jugoslovanskega poljedelstva. Leta 1954 je bil idejni soustanovitelj osrednjega poskusnega polja Kmetijskega poskusnega centra v Jabljah, v sedemdesetih letih pa je skoraj desetletje opravljal delo predstojnika Katedre za poljedelstvo in pridelovanje krme ter Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete.

Od začetnega raziskovanja osnov poljedelstva, kot je vrstenje poljščin v kolobarju, se je usmeril v postavljanje in statistično vrednotenje poljskih poskusov ter v uvajanje novih sort in vrst poljščin. Zbiral je najnovejše sorte iz različnih območij sveta in prvi v Sloveniji preizkušal italijanske in ruske visoko rodne sorte pšenice. Selekcionaliral in vzgojil je štiri sorte: rž 'tetraploidna okta', ječmen 'vega', sojo 'olna' in topinambur 'bela', izoliral številne samooplodne linije koruze in vzgojil nekaj klonov krompirja. Odkril je nekatere nove vzroke negativnih alelopatskih vplivov znotraj iste vrste in predložil nov način grafičnega prikaza primerjav s pluvio-foto-termogrami.

Vodil je projekte uvajanja novih sort oljnih buč, soje, sladkorne pese, konoplje, tobaka in drugih poljščin. S sodelavci je izdelal projekt surovinske osnove za tovarno sladkorja v Ormožu. Sladkorna pesa je bila v obdobju 1980 do 2006 ena najbolj donosnih poljščin v Sloveniji. Podobno kot je bila politično utemeljena postavitev Tovarne sladkorja v Ormožu in pridelava pese na slovenskih njivah, so politični dogovori med EU in Slovenijo botrovali zaprtju tovarne in prenehanju pridelave pese. Agrarni ekonomisti so vsako leto znova izračunali, da je bila pesa za kmete ne le dohodkovno, ampak tudi fitosanitarno ustrezna poljščina pri uvrščanju v sicer ozek žitni kolobar. Velikost in kakovost pridelka sladkorne pese pri nas je bila primerljiva z najbolj razvitimi državami zahodne Evrope tudi zaradi Spanringove skrbi za sodoben in za slovenske rastne razmere ustrezen sortiment.

Doktorat iz ocenjevanja novih sort poljščin leta 1979 je bil rezultat Spanringovih dolgoletnih izkušenj, ki jih je pridobil kot poznavalec sortne in semenske problematike, vodja načrtnega uvajanja novih sort kmetijskih rastlin in pooblaščen preizkuševalca za zdravstvene in sortne preglede semenskih posevkov žita, trav in detelj v Sloveniji. Zavedal se je pomena shranjevanja in vzdrževanja genskega materiala kmetijskih rastlin in izdelal idejni program jugoslovanske genske banke. Kot eksperta za področje semenarstva so ga cenili domači in tuji semenarji.

V Sloveniji in svetu je bil dr. Jože Spanring eden prvih znanstvenikov, ki so se zavedali pomena zdravilnih in aromatičnih rastlin, varstva naravne dediščine in trajnostnega načina življenja. Na področju alternativnega poljedelstva je v 70-tih letih spodbudil pridelavo zdravilnih in aromatičnih rastlin ter si prizadeval za ohranjanje njihovih naravnih virov. Bogato znanje s področja pridelave, predelave, poznavanja učinkovin in uporabe zdravilnih rastlin je zlasti po upokojitvi prenašal v prakso z delom v Društvu zeliščarjev Ljubljana, kjer je bil dolgoletni predsednik društva in urednik revije Celež.

Pripravljalno delo pionirjev, kakršen je bil profesor Spanring, je bilo izjemnega pomena za razvoj biotehniških ved, zlasti informacijske revolucije, kakršno poznamo danes. Izpeljal je pionirsko delo pri uvajanju znanstvene informatike ne samo na Biotehniški fakulteti, ampak tudi širše v Sloveniji, sodeloval pa je tudi pri razvoju tega področja v svetu. Bil je prvi vodja

INDOK centra za biotehniko, predstavnik Univerzitetnega sveta pri knjižničnem svetu NUK, redni član Komisije za informatiko in recenzent projekta Infoterm pri Unescu.

Bil je član ali predsednik uredniških odborov, strokovnih kolegijev in svetov, med drugim časopisov Socialistično kmetijstvo in gozdarstvo in Kmečki glas ter revij Raziskovalec, Journal for scientific agricultural research, Arhiv za poljoprivredne nauke, Semenarstvo in drugih. Veliko je sodeloval tudi pri izdajanju leksikonov, prevodih standardov in pripravi semenarske zakonodaje in pri terminološki komisiji SAZU.

Znanje je prenašal tudi s pomočjo strokovno-poljudnih člankov in predavanj po radiu v kmetijskih nasvetih in na poljedelskih posvetih, v katerih je kmetom in kmetijskim strokovnjakom svetoval, kako obdelati njive, kako izbrati sorte in sejati, da bo čim več pridelkov in izdelkov z domačih njiv. Časi se spreminjajo in publikacije, kot so Kolobarjenje, Poljedelska knjiga, Genetika in introdukcija poljščin so ponovno temeljnega pomena za sedanje kmetijske strokovnjake, vzgajajo in izobražujejo pa tudi vsakogar, ki mu je mar trajnostni razvoj, civilizacijski napredek in obstoj. Njegov prispevek k današnji znanosti se izkazuje posredno s citati njegovih del.

Kot navdušen predavatelj je imel profesor Spanring rad pozorno občinstvo. Njegov bister in iskričast um je privlačil mlajše in starejše poslušalce ter sogovornike. Študentje, sodelavci in stanovski kolegi smo ga poznali kot živo enciklopedijo. Ob njem smo čutili dominantnost in moč volje, po drugi strani pa blagost, požrtvovalnost in nesebičnost. Pri reševanju strokovnih dilem in iskanju strokovnih odgovorov smo se posvetovali z njim in se včasih preveč zanašali nanj. Tudi po upokojitvi, celo v letošnjem juliju je spremljal naše delo, ko smo potrebovali njegovo strokovno mnenje za ali proti uporabi konoplje v prehrani. Kmetijstvo in poljedelstvo je preprosto živel in s svojo neizmerno požrtvovalnostjo služil ljudem, stroki in znanosti do konca.

Za svoje delo je prejel red dela z zlatim vencem, Kidričevo nagrado, Jesenkovo priznanje in številna druga odlikovanja, Univerza v Ljubljani pa mu je leta 2006 podelila naziv zaslužni profesor.

Spoštovani profesor, kmetijski in poljedelski strokovnjaki širom po Sloveniji se Vas bomo spominjali kot učitelja in človeka, ki nas je učil iskati resnico, zaupanja v sebe in v soljudi. V prazničnem voščilu za leto 2010 ste zapisali: "Obstaja čudovit, skrivnosten zakon narave, da tri reči, po katerih v življenju najbolj hrepenimo: **duševni mir, srečo in svobodo** vedno pridobimo tako, da jo podarimo drugemu!"

Leto se je obrnilo in vem, da bi nam za Novo leto 2011 zaželel isto!

*doc. dr. Darja Kocjan Ačko,  
Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo*

## Nitrogen fertilizer recommendations for arable crops: concepts, technologies and implementation at farm level

Hans-Werner OLFS<sup>1</sup>

### Abstract

Precision nitrogen applications adjusted to the specific crop demand and the growing conditions are essential from an ecological perspective, but even more important for economic performance of a farm business. Different methodological approaches have been suggested to improve N fertilizer recommendations. Based on field calibration trials soil mineral N in the soil profile can be used to adjust fertilizer recommendations to ensure optimal N supply for the crop. To characterize N mineralization from different soil pools numerous methods were tested, but introduction into fertilization advisory schemes is limited. Plant based methods follow the concept to use the plant as indicator for the N supply from any source within the growth period. A number of methods have been proposed from quantitative laboratory analysis to semi-quantitative tests at field level. In-field methods (e.g. nitrate plant sap test, chlorophyll tester) have practical relevance, because adjustment of the N application strategy within the season is feasible. During the last years several canopy sensors (mainly based on non-contacting optical measuring techniques) have been introduced to practical farming. Using these monitoring systems farmers are enabled to move from a blanket N application rate per field to a real-time variable N application to cover in-field variability.

**Key words:** canopy sensor, chlorophyll tester, N mineralization, nitrate plant sap test, soil mineral N

## Priporočila za dognojevanje poljščin z dušikom: koncepti, tehnologije in izvedba na ravni kmetije

### Izvleček

Natančni odmerki dušika, prilagojeni specifičnim potrebam posevka in rastnim razmeram, so iz naravovarstvenega vidika nujni, še bolj pa pomembni za ekonomičnost kmetovanja v okviru kmetije. Za izboljšanje svetovanja na področju dognojevanja z dušikom obstajajo različni metodološki pristopi. Na podlagi poljskih poskusov se lahko za optimiziranje svetovanja odmerka N uporabi podatek o vsebnosti mineralnega N v tleh. V namen določevanja mineralizacije N v različnih tleh so preizkušali številne metode, vendar se zdi, da je njihova introdukcija v svetovalne sheme omejena. Metode, ki temeljijo na meritvah na rastlinah, temeljijo na tem, da služijo rastline kot indikator oskrbe z N iz kateregakoli vira v rastni sezoni. V ta namen predlagajo različne metode, od kvantitativnih laboratorijskih analiz do delno kvantitativnih testov na terenu. Metode na terenu (na primer rastlinski test na vsebnost nitrata v rastlinskem soku, klorofilmetar) imajo praktičen pomen, saj je skozi sezono možno prilagajanje strategije dognojevanja z N. V zadnjih letih se v praksi uporabljajo tudi številni senzorji rastlinske odeje, ki v glavnem temeljijo na optičnih meritvah. Te tehnike omogočajo pridelovalcem, da ne dognojujejo na slepo, pač pa sledijo dejanskim potrebam po aplikaciji dušika.

**Ključne besede:** senzor rastlinske odeje, klorofilmetar, mineralizacija N, rastlinski hitri nitratni test, mineralni N v tleh

## 1 Introduction

Land area available for food production per person will decline substantially during the next decades. Therefore it is essential to increase land use efficiency, i.e. to enable crops to fully utilize their yield potential. Good growing conditions for arable crops (i.e. fertile soils with

<sup>1</sup> Prof. Dr., University of Applied Sciences Osnabrueck, Am Kruempel 31, D-49090 Osnabrueck, Germany, e-mail: h-w.olfs@hs-osnabrueck.de

sufficient and evenly distributed water supply by rainfall and/or irrigation) are found in many regions in Europe, but also in North and South America and Asia. To ensure optimal crop growth appropriate fertilizing strategies are one important prerequisite. Nitrogen (N) is the plant nutrient that most frequently limits crop production and is needed by most crops at high quantities. Improving N fertilizer recommendations for arable crops and assisting farmers to adopt N application rate to the crops actual demand will improve N use efficiency. This leads to reduced environmental contamination and optimized economic performance.

## 2 Conceptual background to derive economic optimum N rate

From an economic perspective, optimum N fertilizer use means to apply just that amount of N, that will give the maximum financial return, i.e. the “economic optimum N rate” (Nopt). From N response trials it can be concluded, that yield as well as Nopt vary among fields and years considerably (e.g. Lory and Scharf, 2003). Due to spatial variability, which is more or less present within all fields, different N optima exist even for different areas in a field. Application of N fertilizer has to fill the gap between crop N uptake minus soil N supply. Furthermore other N inputs and inevitable N losses have to be taken into account, i.e. Nopt can be calculated according to the following equation:

$$\text{Nopt} = \text{plant N uptake} + \text{inevitable N losses} - \text{other N inputs} - \text{soil N supply}$$

However, none of the variables of this equation is constant over time and space. Defining the optimum N fertilizing strategy is therefore a recurrent challenge for the farmer before and during each cropping period.

Plant N uptake can be calculated based on the total crop biomass (produce + by-product) present at harvest and its N content. If the final yield and its N content would be known at the time of fertilizer application, a better estimation of the necessary N supply should be possible. This is the reason why many N recommendation systems are based on predefined average crop yields (= “expected yield” or “target yield”) and typical N contents. However, N fertilizer recommendations solely based on yield expectations do not take into account the annual variability in growing conditions, and as a consequence will lead to incorrect N applications (Lobell et al., 2004; Lory and Scharf, 2003; Schröder et al., 2000).

Under most growing conditions arable farming will be associated with N losses from the soil-plant-system. During the vegetation period of most arable crops nitrate leaching is an exception, because water consumption by the crop generally exceeds water inputs. To characterize the risk for nitrate leaching during fall and winter residual mineral N in the soil profile after harvest can be used as an indicator (e.g. Chaney, 1990). This residual N increases substantially at N rates exceeding Nopt, while reducing N application rates below Nopt will have only a small effect on leaching losses (Figure 1).

Depending on climate, soil characteristics, management techniques and N fertilizer form gaseous losses as ammonia (NH<sub>3</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) and dinitrogen (N<sub>2</sub>) from the soil-plant-system in principle have to be considered as well (e.g. Bussink and Oenema, 1996; Bockman and Olf, 1998). However, at farm level no specific data are available to be used as input for the calculation of fertilizer recommendations.

N inputs to arable fields via dry and wet deposition of N (e.g. NH<sub>3</sub> and NO<sub>x</sub>) as well as via symbiotic N fixation have to be taken into consideration when fertilizer application planning is done. For Europe it is reported that from 8 kg N ha<sup>-1</sup> (Southern Norway) to more than 30 kg N ha<sup>-1</sup> (BeNeLux region) are deposited (EEA, 1998). Total quantities of N fixed by

legumes (e.g. peas or beans) within arable crop rotations can be much higher (see review of Unkovich and Pate, 2000). As a consequence arable crops grown after a leguminous pre-crop usually profit from higher soil N mineralization compared to non-leguminous pre-crops. In summary it can be concluded that improvement of fertilizer recommendations is largely focused on improving the approximation of soil N supply.

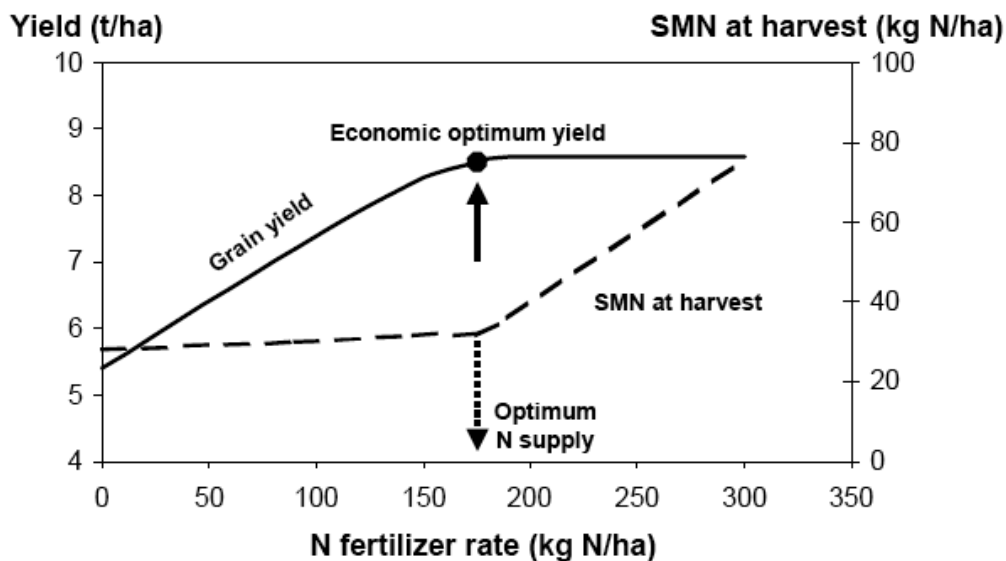


Figure 1: Schematic relation between N application rate and grain yield as well as residual soil mineral N (SMN) after harvest (Olfs, 2009)

### 3 Methods to derive N fertilizer recommendations

Ideally an indicator should identify crop N deficiency as well as oversupply, the assessment should be quick and cost efficient, and the equipment should be easy to handle and robust, there should be no interference with other factors (water, nutrients, etc.) and facts should be delivered to decide about (1) the necessity, (2) the timing and/or (3) the rate of N application.

#### 3.1 SOIL BASED METHODS TO DERIVE N FERTILIZER RECOMMENDATIONS

Several procedures have been developed to consider soil N supply for N fertilizer recommendations. Basically soil N supply can be subdivided into plant available soil mineral N ( $\text{SMN} = \text{NO}_3^- \text{-N} + \text{NH}_4^+ \text{-N}$ ), already present in soil at the start of the vegetation period and N that will be mineralized from organic N forms (coming from soil organic matter, plant residues and/or organic manure) during the vegetation period.

In the late sixties and early seventies field studies were initiated in many countries (e.g. Canada, France, Germany, Sweden, The Netherlands, United States) to use SMN information for improvement of N fertilizer recommendations. It was demonstrated that crop response to additional N applications was lower on fields with high SMN and vice versa. The principle procedure can be summarized as follows (for more details see review by Wehrmann and Scharpf, 1986): representative soil samples are taken with an auger from different soil layers (e.g. potatoes 0 - 60 cm / cereals 0 - 100 cm) and analyzed for nitrate (and ammonia). These lab results (expressed either as kg N/ha or as mg N/kg soil) have been calibrated using data from N response trials for different crops.

This SMN based concept to derive N fertilizer recommendations is used in different modifications. The official advisory services in Germany recommend farmers to take soil sample in early spring and to adjust the first N rate using a crop specific “target value” minus the amount of SMN analyzed for that field (Wehrmann and Scharpf, 1986). In the US mid-west region and in Canada analysis of SMN at the start of the vegetation period is widely used as “pre-plant nitrate test” (=PPNT) for spring-sown crops, while the pre-sidedress nitrate test (= PSNT) is based on soil samplings during the vegetation period (e.g. Fox et al., 1989). Critical values for PSNT established in field trials indicate that crops grown on soils above this level typically show no response to additional N applications. Although a substantial improvement of the N application precision has been demonstrated, the overall acceptance in the farmer community is rather limited due to some shortcomings (e.g. workload/costs for soil sampling, analysis costs and interval between sampling and data availability). In recent years SMN quick tests for on-farm use have been developed (e.g. Schmidhalter, 2005), allowing more frequent SMN determinations at low costs and direct availability of the results to be used for the decision on N application rates.

N fertilizer recommendations could be substantially improved, if reliable information would be available about how much of the soil N pool might become plant available during the growing period. However, N mineralization rate depends on many factors (e.g. soil type, tillage, pre-crop and weather conditions) resulting in a considerable variability from year to year (Table 1). Many efforts have been made to characterize soil N pools in respect to their function in N turnover processes by quantifying the size of a “mineralizable N pool” as well as the intensity of the turnover process. N mineralization under field conditions can be estimated based on the so-called “fallow plot” approach or on the “N zero plot”, but these approaches are only operational for research projects and not for standard farm practice (Olfs et al., 2005).

Table 1: Net N mineralization [ $\text{kg N ha}^{-1}$ ] during the vegetation period after different pre-crops (Olfs et al., 2005).

|         | Pre-crop |            |         |               |        |
|---------|----------|------------|---------|---------------|--------|
|         | Cereals  | Sugar beet | Legumes | Oil seed rape | Potato |
| Minimum | 27       | 29         | 33      | 37            | 25     |
| Maximum | 99       | 109        | 163     | 120           | 97     |
| Average | 62       | 73         | 103     | 82            | 59     |

Laboratory incubation procedures under optimal conditions for N turnover concerning soil moisture and temperature can be used to determine the soil N mineralization potential. However, as simplicity and sample throughput are still not acceptable for most commercial soil labs utilization for fertilizer recommendations is rather limited. Although it is well accepted that microorganisms play the most important role in soil N mineralization, calibration algorithms to convert “soil microbial biomass” data into a quantitative value to calculate net N mineralization are still not available. In consequence this approach is not used to fine-tune N application at field level.

During the last two decades a huge number of soil extraction procedures have been proposed to quantify soil N mineralization (see review by Olfs et al., 2005). In principle results obtained with mild extraction procedures can be used to estimate soil mineralizable N after calibration under different growing conditions (Appel and Mengel, 1998). Even though these extraction procedures are already used for advisory purposes, it is still discussed controversy if (and to



what extend) the calculation of N fertilizer recommendations can be improved (e.g. Appel and Mengel, 1998; Olfs et al., 2005). It has to be kept in mind that all lab based approaches (i.e. incubation tests, soil microbial biomass size and/or activity, soil extraction procedures) to estimate the amount of N that is available for crops are only suitable to detect a certain "N mineralization potential", but that the realization of this potential under field conditions is depending on the actual conditions for mineralization in the specific year (Rice et al., 1995). Although these tests are routinely used in research studies, their application for on-farm decisions has seen limited use.

### 3.2 PLANT BASED METHODS TO DERIVE N FERTILIZER RECOMMENDATIONS

Plant analysis covers a wide range of procedures from quantitative laboratory analysis to semi-quantitative "quick tests" carried out on-farm. The basic idea is that the plant itself should be the best indicator for N availability within the growing period, because the actual N level in the plant is the result of the interactions between soil mineral N reserves, N mineralization, soil water status, root growth, N uptake efficiency, etc. (Rice et al., 1995).

For a lab based analysis of plant N concentration whole plants or specific plant parts (e.g. the youngest fully expanded leaves) have to be sampled from a field in a representative way. After sample preparation (drying, milling) N concentration can be measured using different analytical procedures. To define critical values for N concentrations at a distinct growth stage pot trials or field experiments have to be conducted. When N is deficient, application of N increases crop growth and N concentration in the plant until maximum yield is reached. For many crops, critical values for different plant organs and growing stages have been determined. However, measurement of total N concentration is mainly used for scientific purposes and not an appropriate standard for farm practice, because it is a costly procedure and the time period between sampling and feedback of the lab results to the farmer/adviser is often too long.

Starting in the mid seventies/early eighties petiole sap nitrate (PSN) tests have been developed to enable farmers to make their decision on N rate/timing directly in the field (e.g. Gardner and Jones, 1975). Nowadays so-called "nitrate test strips" (e.g. Merckoquant, Merck, Darmstadt, Germany) in combination with a hand-held reflectometer or portable NO<sub>3</sub> meters (e.g. Cardy Nitrate Meter, Spectrum Technologies Inc., Plainfield, US or Nitrate Pocket Colorimeter II, Hach Company, Loveland, US) can be used to measure the nitrate concentration (e.g. Jemison and Fox, 1988; Westcott et al., 1993). In cereals and potatoes, the concept to derive N fertilizer recommendations based on the plant sap nitrate concentration is a widely accepted procedure to enable a quick assessment of the crop N status. Compared to total N in plants nitrate concentration reacts more rapidly to changes in the N supply. According to Goffart et al. (2008) it takes about 45 minutes to use the PSN test (sampling of ca. 20 petioles, sap extraction, nitrate measurement) to get a result for a potato crop.

For many crops it was shown that chlorophyll concentration is a good indicator for leaf N concentration (e.g. Wood et al., 1992). As leaf greenness is related to chlorophyll content, crop colour is the simplest method to be used by farmers to decide on N application rate (Wollring et al., 1998). It has to be kept in mind that other nutrient deficiencies (like sulphur or magnesium), growth stage, leaf age, and the point of measurement on the leaf impact chlorophyll reading and that crop varieties differ in their genetically determined chlorophyll content. It is therefore important to follow a strict protocol and interpretation has to be based on N response trials (Schröder et al., 2000). However, the use of a chlorophyll meter to derive a N fertilizer recommendation is rather straight forward and leads to a result within ca. 10 minutes for a 1 - 2 ha field (Goffart et al., 2008).

Assessment of leaf greenness can be done by (1) transmission/absorbance measurement (e.g. SPAD-502®, Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan; YARA N-Tester®, YARA ASA, Oslo, Norway; CCM-200®, Opti-Sciences, Inc., Hudson NH, USA), (2) reflectance techniques (e.g. Cropscan® MSR87, Cropscan Inc., Rochester, MN, USA; Field Scout CM-1000®, Spectrum Technologies Inc., Plainfield, IL, USA; GPN Pilot®, GPN, Paris, France) or (3) fluorescence detection (MULTIPLEX®, FORCE-A, Orsay, France). Many studies have been conducted to verify the potential of such chlorophyll testers as a device for N fertilizer recommendations and in general results from the different instruments are closely correlated and give a good indication of the N status of a crop (Ma et al., 2005). These chlorophyll testers have been successfully introduced into farm practice based on calibration algorithms using data from multi-year/multi-site N rate trials and variety trials to cover the genetic differences in crop greenness.

Tools used to derive N fertilizer recommendations at farm level can be evaluated against several properties: (1) reliability [i.e. measurements should reflect the actual crop N status], (2) repeatability [independent measurements should show a low variation], (3) sensitivity [N deficiency or oversupply should be detected early], (4) specificity [no interference with other crop growth limiting factors], (5) handling [no specific knowledge of the operator necessary, misuse of the instrument is unlikely and the robustness of the tool is high], (6) application time [the instrument should be usable anytime (24h/all-season)], and (7) market acceptance [is the instrument already used by farmers/advisors]. Based on a simple benchmarking approach the different chlorophyll meters can be compared (Table 2). Obviously the different chlorophyll meters have individual strong and weak points.

Table 2: Benchmarking of chlorophyll meters

|                         |                | Reliability | Repeatability | Sensitivity | Specificity | Handling | Application time | Market acceptance |
|-------------------------|----------------|-------------|---------------|-------------|-------------|----------|------------------|-------------------|
| Transmission/absorbance | SPAD-502       | 0           | 0             | 0           | 0           | 0        | +                | +                 |
|                         | YARA N-Tester  | 0           | 0             | 0           | 0           | 0        | +                | +                 |
|                         | CCM-200        | 0           | 0             | 0           | 0           | 0        | +                | -                 |
| Reflectance             | Cropscan MSR87 | +           | 0             | 0           | -           | +        | -                | -                 |
|                         | GPN Pilot      | 0           | 0             | 0           | -           | +        | -                | -                 |
|                         | Field Scout    | 0           | 0             | 0           | -           | +        | -                | -                 |
| Fluorescence            | MULTIPLEX      | +           | 0             | +           | +           | +        | +                | -                 |

“-” = low/bad, “0” = medium/acceptable, “+” high/excellent

#### 4 Considering in-field variability

In-field heterogeneity of crop growth due to varying soil properties (e.g. SMN, N mineralization, soil water and nutrient status) requires spatial adaptation of N application rates to avoid over- and under-fertilization in different parts of a field. This so-called “variable rate application” (VRA) for nitrogen requires information on N fertilizer demand with high spatial resolution. Yield mapping to derive recommendations for site-specific N applications is questionable, because of high yield variability for individual spots within a field from year to year (Schröder et al., 2000).

Although several soil sensors are in use at farm level to monitor soil heterogeneity (e.g. EM38®, Geonics Limited, Ontario, Canada; Veris MSP®, Veris Technologies Inc., Salina, KS, USA) none of these tools are suitable to deliver data on the actual soil nitrogen status. The most promising approach to deliver these facts fast, efficiently and at affordable costs is non-destructive plant sensing.

In many studies strong relationships between optical reflection of a green crop canopy and the N content have been demonstrated (Filella et al., 1995; Wollring et al., 1998). Due to absorption of the incoming radiation by leaf pigments reflectance spectra for plant canopies are characterized by low reflectance in the visible domain (400-700 nm), while in the near-infrared domain (700-1300 nm) reflectance is high. With increasing N supply typically reflectance in the visible domain is decreased due to higher chlorophyll content and in the near infrared domain reflectance is enlarged due to increased plant biomass (Figure 2). From such reflectance spectra vegetation indices (i.e. particular combinations of reflectance data at different wavebands) are derived. Commonly used vegetation indices are (e.g. Yoder and Pettigrew-Crosby, 1995): (1) Infrared-to-Red-Ratio [IR/R], (2) Normalised Difference Vegetation Index [NDVI], (3) Soil Adjusted Vegetation Index [SAVI], and (4) Red-Edge-Inflection-Point [REIP]. For several of these indices significant correlations to crop biomass (Plummer, 1988; Wood et al., 2003a) as well as to chlorophyll content and N uptake (e.g. Jensen and Lorenzen, 1990) have been reported.

#### Reflectance

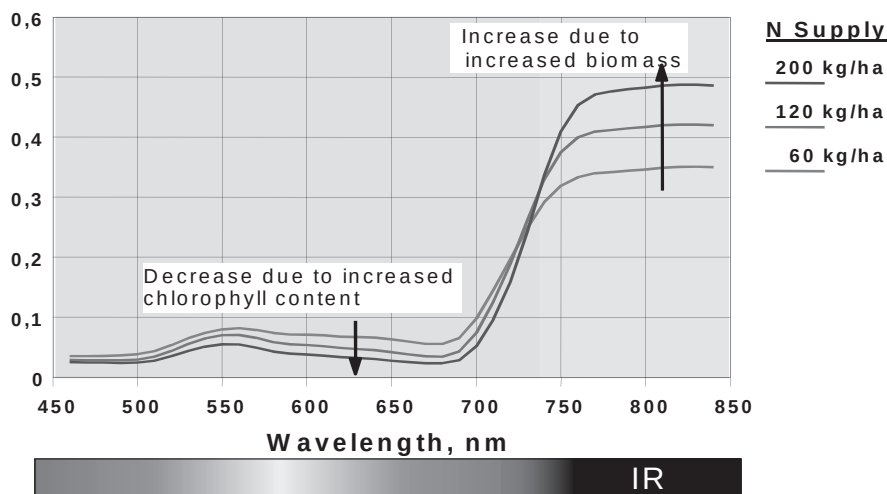


Figure 2: Typical reflectance spectra of a winter wheat crop as affected by different N rates (adopted from Lammel et al., 2001).

In principle instruments for reflectance measurement can be satellite, airborne or ground based. Several commercial providers offer N fertilizer advice packages based on images either taken from satellites or from aircraft. One of the benefits of satellite- and aircraft-mounted systems is that they can cover large areas. On the other hand it has to be mentioned that fertilizer application is rather time-sensitive and unsuitable weather conditions are often limiting the use of these systems for practical farming. Furthermore separate data processing followed by GPS based fertilizer application according to a prescription map is mandatory. To overcome these disadvantages several tractor mounted systems have been developed for on-farm use during the last 15 years. The key differences between these systems are: (1) reflectance based on sun light or an artificial light source, (2) viewing geometry, (3) distance to crop, and (4) selected wavelengths and calculated vegetation indices (Table 3). Finally the particular combination of these parameters selected for the set-up of a certain sensor system is decisive for the performance under practical farming conditions.

*Table 3: Characteristics for different real-time crop monitoring systems for measurement of in-field canopy N status heterogeneity (adopted from Olfs, 2009)*

|                     | Measuring principle            | Light source      | Position of sensor                  | Viewing mode | Distance to crop |
|---------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------------|--------------|------------------|
| YARA N-Sensor       | sunlight reflectance (passive) | na *              | tractor cabin                       | oblique      | 4 - 6 m          |
| YARA N-Sensor ALS   | reflectance (active)           | Xenon flash light | tractor cabin                       | oblique      | 4 - 6 m          |
| CropSpec            | reflectance (active)           | laser diodes      | tractor cabin                       | oblique      | 2 - 4 m          |
| GreenSeeker RT200   | reflectance (active)           | LEDs              | fixed to tractor, sprayer, spreader | vertical     | 0.8 - 1.2 m      |
| Crop Circle ACS-210 | reflectance (active)           | LEDs              | fixed to tractor, sprayer, spreader | vertical     | <1.5 m           |
| ISARIA              | reflectance (active)           | LEDs              | special boom in front of tractor    | vertical     | 0.5 - 1.5 m      |
| CROP-Meter          | pendulum deflection            | na                | special boom in front of tractor    | na           | Na               |

\* na = not available

A completely different technical approach to collect data on in-field variability for a crop stand is realized with the CROP-Meter® (CLAAS Agrosystems GmbH & Co. KG, Gütersloh, Germany), a mechanical sensor based on the pendulum principle for online determination of crop biomass (Ehlert et al., 2003). The use of the CROP-Meter is more or less limited to cereal crops from shooting to flowering, because the plants need to have a certain height (> 50 cm) and the stems have to be "flexible". Furthermore N fertilizer recommendations only based on the determination of the crop biomass variability are not as reliable as the detection of the crop N content (Link et al., 2005).

Sensor data from tractor mounted systems are typically converted on-the-go into N application rates ("online approach"). It is generally recommended to either do spot measurements in the field (e.g. at two contrasting patches or in 2 tramlines to adjust the sensor to the specific field

conditions) or to use a nitrogen rich/low stripe settled with the first N application for field internal cross-calibration.

In principle good correlations between different sensor systems should be expected. However, each sensor might have characteristic sensitivities (e.g. depending on growth stage). It follows that calibration algorithms for variable rate N application developed for a specific sensor can not be transferred directly to any other system (e.g. Tremblay et al., 2009). This is not only due to the different wavelengths used to calculate the vegetation indices, but also because the sensor geometry affects the readings: an oblique recording of reflectance results in a greater area covered by each scan compared to a vertical set up at a given distance to the crop (Poss et al., 2006) making such an oblique system more reliable at earlier growth stages.

Field-scale trials with paired variable and uniform rate treatments confirm increased N use efficiency (higher yields and/or reduced N rates). In a field study on commercial farms Mayfield and Trengove (2008) demonstrated that an increase in grain yield and protein content in wheat was achieved by using the YARA N-Sensor for variable rate N application. Additional positive side-effects of VRA for nitrogen (e.g. superior and more uniform crop quality, more even ripening) have been found in research trials as well as under practical farming conditions. Feiffer et al. (2007) evaluated combine harvester performance for field blocks where N was applied uniformly versus blocks with N application based on VRT showing an increase of up to 33 % due to a more homogeneous crop stand resulting in a more even flow into the harvester. However, if and to what extent any plant sensing technique will result in an extra profit for the farmer depends very much on the specific circumstances on the farm (e.g. price for the technical equipment/service, soil/crop in-field heterogeneity, product and fertilizer prices, etc.; Biermacher et al., 2009).

## 5 Conclusions

N applications have to be adjusted to the individual demand of the crop, because (1) attainable yields show a high variability from year to year as well as from field to field (and even within a field), (2) fertilizer N required to meet crop N demand is not related to the yield level, and (3) due to serious ecological and economic consequences excess/deficit N applications are not tolerable. In intensive farming systems split N application strategies are the preferable choice for most arable crops: the decision on the total amount of N to be applied can be delayed and thereby the total N rate can be fine-tuned during the season.

During the last decades different methodological approaches to derive recommendations with the aim to improve the precision of N applications (concerning rate and timing) have been developed. Best management practice in regard to N fertilizer application should consider soil and crop status at each relevant point in time during the growing season to readjust the N application strategy. To derive N fertilizer recommendations for farmers' different soil and plant based methods/tools are available. Each approach offers specific advantages, but also implies certain shortcomings concerning several important criteria e.g. costs, handling, workload, availability of results.

In order to further optimize N fertilizer recommendations it is desirable to integrate the different sources of information (coming from soil/crop analysis and sensing, weather data and computer based modeling) to build up flexible decision support systems. However, the success of an on-farm decision support tool for N management depends on the willingness of the developers to offer "ready-to-use" tools that do not require too many input data from the farmer.

## 6 Literature

- Appel, T., Mengel, K. 1998. Prediction of mineralizable nitrogen in soils on the basis of an analysis of extractable organic N. *Z. Pflanzenernähr. Bodenkd.* 161: 433-452.
- Biermacher, J.T., Brorsen, W.B., Epplin, F.M., Solie, J.B., Raun, W.R. 2009. The economic potential of precision nitrogen application with wheat based on plant sensing. *Agricultural Economics* 40: 397-407.
- Bockman, O.C., Olfs, H.-W. 1998. Fertilizers, agronomy and N<sub>2</sub>O. *Nutri. Cycl. Agroecosyst.* 52: 165-170.
- Bussink, D.W., Oenema, O. 1996. Ammonia volatilization from diary farming systems in temperate areas: a review. *Nutri. Cycl. Agroecosyst.* 51: 19-33.
- Chaney, K. 1990. Effect of nitrogen fertilizer rate on soil nitrate nitrogen content after harvesting winter wheat. *J. Agric Sci. Camb.* 114: 171-176.
- EEA [European Environment Agency] 1998. *Europe's Environment: The Second Assessment*. EEA, Copenhagen, Denmark, 1-293.
- Ehlert, D., Dammer, K.-H. 2006. Widescale testing of the Crop-meter for site-specific farming. *Precision Agric.* 7: 101-115.
- Ehlert, D., Hammen, V., Adamek, R. 2003. On-line sensor pendulum-meter for determination of plant mass. *Precision Agric.* 4: 139-148.
- Feiffer, A., Jasper, J., Leithold, P., Feiffer, P. 2007. Effects of N-Sensor based variable rate N fertilization on combine harvest. In: J.V. Stafford (Ed.) "Precision Agriculture '07". Proceedings of the 6th European Conference on Precision Agriculture. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, 673-679.
- Filella, I., Serrano, L., Serra, J., Penuelas, J. 1995. Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. *Crop Science* 35: 1400-1405.
- Fox, R.H., Roth, G.W., Iversen, K.V., Piekielek, W.P. 1989. Soil and tissue nitrate test compared for predicting soil nitrogen availability to corn. *Agron. J.* 81: 971-974.
- Gardner, B.R., Jones J.P. 1975. Petiole analysis and the nitrogen fertilization of Russet Burbank potatoes. *Am. Potato J.* 52: 195-200.
- Goffart, J.P., Olivier, M., Frankinet, M. 2008. Potato crop nitrogen status assessment to improve N fertilization management and efficiency: past - present - future. *Potato Res.* 51: 355-383.
- Graham, P.H., Vance, C.P. 2000. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. *Field Crops Res.* 65: 93-106.
- Jemison, J.M., Fox, R.H. 1988. A quick-test procedure for soil and plant tissue nitrates using test strips and a hand-held reflectometer. *Soil Sci. Plant Anal.* 19: 1569-1582.
- Jensen, A., Lorenzen, B. 1990. Radiometric estimation of biomass and nitrogen content of barley grown at different nitrogen levels. *Intern. J. Remote Sensing*, 11: 1809-1820.
- Lammel, J., Wollring, J., Reusch, S. 2001. Tractor based remote sensing for variable nitrogen fertilizer application. In: W.J. Horst, M.K. Schenk, A. Bürkert, N. Claassen, H. Flessa, W.B. Frommer, H. Goldbach, H.-W. Olfs, V. Römhild, B. Sattelmacher, U. Schmidhalter, S. Schubert, N. v. Wiren and L. Wittenmayer (Eds.) "Plant nutrition - Food security and sustainability of agro-ecosystems through basic and applied research". Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 694-695.
- Link, A., Jasper, J., Reusch, S. 2005. Suitability of different crop parameters for the determination of site-specific nitrogen demand. In: J.V. Stafford (Ed.): "Precision Agriculture", Proceedings of the 5th European Conference on Precision Agriculture. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands: 297-302.
- Lobell, D.B., Ortiz-Monasterio, J.I., Gregory, P.A. 2004. Relative importance of soil and climate variability for nitrogen management in irrigated wheat. *Field Crops Res.* 87: 155-165.
- Lory, J.A., Scharf, P.C. 2003. Yield goal versus delta yield for predicting fertilizer nitrogen need in corn. *Agron. J.* 95: 994-999.
- Ma, B.L., Subedi, K.D., Costa, C. 2005. Comparison of crop based indicators with soil nitrate test for corn nitrogen requirement. *Agron. J.* 97: 462-471.

- Mayfield, A.H., Trengove, S.P. 2008. Grain yield and protein responses in wheat using the N-Sensor for variable rate N application. *Crop Pasture Sci.* 60: 818-823.
- Olfs, H.-W. 2009. Improved precision of arable nitrogen applications: requirements, technologies and implementation. *The International Fertilizer Society, Proceedings* 662: 1-35.
- Olfs, H.-W., Blankenau, K., Brentrup, F., Jasper, J., Link, A., Lammel, J. 2005. Soil- and plant-based nitrogen-fertilizer recommendations in arable farming. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168: 414-431.
- Plummer, S.E. 1988. Exploring the relationships between leaf nitrogen content, biomass and the near-infrared/red reflectance ratio. *Intern. J. Remote Sensing* 9: 177-183.
- Poss, J.A., Russel, W.B., Grieve, C.M. 2006. Estimating yields of salt- and water-stressed forages with remote sensing in the visible and near infrared. *J. Environ. Quality* 35: 1060-1071.
- Rice, C.W., Havlin, J.L., Schepers, J.S. 1995. Rational nitrogen fertilization in intensive cropping systems. *Fertilizer Res.* 42: 89-97.
- Schmidhalter, U. 2005. Development of a quick on-farm test to determine nitrate levels in soil. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168: 432-438.
- 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 Crops Res.* 66: 151-164.
- Tremblay, N., Wang, Z., Ma, B.L., Belec, C., Vigneault, P. 2009. A comparison of crop data measured by two commercial sensors for variable-rate nitrogen application. *Precision Agric.* 10: 145-161.
- Unkovich, M.J., Pate, J.S. 2000. An appraisal of recent field measurements of symbiotic N<sub>2</sub> fixation by annual legumes. *Field Crops Res.* 65: 211-228.
- Wehrmann J., Scharpf, H.C. 1986. The Nmin-method – an aid to integrating various objectives of nitrogen fertilization. *Z. Pflanzenernähr. Bodenkd.* 149: 428-440.
- Westcott, M.P., Rosen, C.J., Inskeep, W.P. 1993. Direct measurement of petiole sap nitrate in potato to determine crop nitrogen status. *J. Plant Nutr.* 16: 515-521.
- Wollring, J., Reusch, S., Karlsson, C. 1998. Variable nitrogen application based on crop sensing. *The International Fertilizer Society, Proceedings* 423: 1-27.
- Wood, C.W., Reeves, D.W., Duffield, R.R., Edmisten, K.L. 1992. Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. *Plant Nutrition* 15: 487-500.
- Wood, G.A., Taylor, J.C., Godwin, R.J. 2003. Calibration methodology for mapping within-field crop variability using remote sensing. *Biosystems Engineering* 84: 409-423.



## Izvajanje analize vsebnosti mineralnega dušika v tleh in uporaba hitrih testov za ugotavljanje potreb po dognovanju z dušikom v Sloveniji in v drugih državah srednje in vzhodne Evrope

Barbara ČEH<sup>2</sup> in Igor ŠKERBOT<sup>3</sup>

### Izveleček

Medtem ko v Sloveniji izvajamo za namen dognovanja nekaterih kmetijskih rastlin (ozimna žita, koruza, krompir, hmelj, zelenjadnice) predvsem hitre talne in rastlinske teste, se v ostalih preučevanih državah srednje in vzhodne Evrope le-ti ne izvajajo v praktične namene oziroma se uporabljajo v manjšem obsegu. Najbolj je razširjena uporaba laboratorijskega Nmin testa. V nekaterih državah se meritve Nmin v tleh izvajajo v obliki državnega monitoringa na referenčnih lokacijah (Avstrija, Latvija, Litva, ponekod v Nemčiji, na Poljskem), na podlagi česar izdajajo navodila za dognovanje predvsem ozimnih žit pa tudi nekaterih drugih kmetijskih rastlin za pridelovalce na teh območjih. Na Slovaškem kmetje vzorčijo tla sami in dostavijo vzorce v laboratorij, kot v Sloveniji, vendar pri njih izvedejo laboratorijsko Nmin analizo. V Estoniji za napoved potrebne količine dušika za dognovanje ne uporabljajo Nmin analiz ali hitrih testov. Na Madžarskem priporočajo meritve Nmin v tleh za posebne kulture, na primer za sladkorno peso, in v primerih predvidenih višjih odmerkov dušika. Na Češkem dognuje na podlagi meritev okrog polovica pridelovalcev. V Nemčiji izvajajo kombinacijo Nmin testa spomladi z meritvami, ki odsevajo stanje preskrbljenosti rastline z dušikom pred ostalimi dognovanji v rastni sezoni.

**Gljučne besede:** analiza Nmin, dušik, države srednje in vzhodne Evrope, hitri rastlinski testi, hitri talni testi

## Use of Nmin analyse and quick tests for nitrogen fertilization in Slovenia and in other CEEC countries

### Abstract

In Slovenia quick plant and quick soil tests are performed to detect plant available nitrogen in soil or nitrogen status of cultivated crops (winter cereals, maize, potatoes, hops, vegetables) in order to make nitrogen fertilization decisions mostly, but in the other CEEC countries these tests are not common in practise or are used in a lesser extent. Mostly lab Nmin analyse is performed. In some countries (Austria, Latvia, Lithuania, some parts of Germany, Poland) state monitoring of Nmin on some reference locations is performed, which serves as a basis for nitrogen fertilization advising, specially for winter cereals, for surrounding areas. In Slovakia farmers take soil samples by themselves, as in Slovenia, take them to the lab where lab Nmin analyse is performed. In Estonia Nmin analyse or quick tests are not common to predict nitrogen fertilization. In Hungary Nmin analyse in soil samples is recommended for special crops, for example sugar beet, and in cases of higher N rates. In Check Republic approximately half of the producers fertilize with regard to N tests. In Germany Nmin analyse in spring is combined with measurements of N status later in the season.

**Key words:** Nmin analyse, nitrogen, CEEC countries, quick plant tests, quick soil tests

### 1 Uvod

Namen analiz na vsebnost mineralnega dušika (Nmin) v tleh, tako z laboratorijsko Nmin analizo kot s pomočjo hitrih testov, je ugotoviti, koliko je trenutno v tleh rastlinam dostopnega dušika, namen rastlinskih testov pa se seznani o tem, kako dobro so v predvidenem času

<sup>2</sup> Doc., dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: barbara.keh@ihps.si

<sup>3</sup> Univ. dipl. inž. agr., KGZS – Zavod CE, Trnoveljska cesta 1, 3000 Celje, e-pošta: igor.skerbot@ce.kgz.si



dognojevanja rastline preskrbljene z dušikom. Na podlagi izmerjenih vrednosti (pri nas najpogostejše samo nitratne oblike dušika v tleh, priporočljivo tudi amonijske oblike in redko tudi nitritne oblike) potem po tako imenovani Nmin metodi določimo potrebni odmerek dušika za dognojevanje, da bi dodali le še manjkajočo količino dušika v skladu s potrebami rastlin (razvojna faza), glede na vremenske in pridelovalne razmere, glede na zahteve načina pridelave (npr. integrirana pridelava) ter morebitnih drugih zakonskih omejitev.

Ideja o upoštevanju talnega mineralnega dušika kot parametra pri svetovanju dognojevanja z dušikom se je skoraj istočasno razvijala v Vzhodni in Zahodni Nemčiji s strani različnih raziskovalcev. Princip metode Nmin (Wehrmann in Scharpf, 1975; 1979), ki je bila originalno razvita za pridelavo pšenice, je izmeriti količino v tleh že prisotnega mineralnega dušika in v skladu z rezultatom meritve dodati manjkajočo količino dušika do t.i. ciljne vrednosti. Ciljna vrednost, ki je dobljena na podlagi večjega števila poskusov, se razlikuje glede na kmetijsko rastlino, upošteva pa zahteve posevka po dušiku in povprečno stopnjo mineralizacije dušika skozi rastno sezono. Potrebna globina vzorčenja je med 30 in 90 cm, odvisno od globine koreninskega sistema posameznega posevka in pridelovalnih lastnosti lokacije (Wiesler in Armbruster, 2010).

Namen prispevka je primerjati izvajanje analize vsebnosti mineralnega dušika v tleh in uporabo hitrih testov za ugotavljanje potreb po dognojevanju z dušikom v Sloveniji in v drugih državah srednje in vzhodne Evrope.

## **2 Izvajanje analize na vsebnost mineralnega dušika (Nmin) v tleh in hitrih testov v Sloveniji**

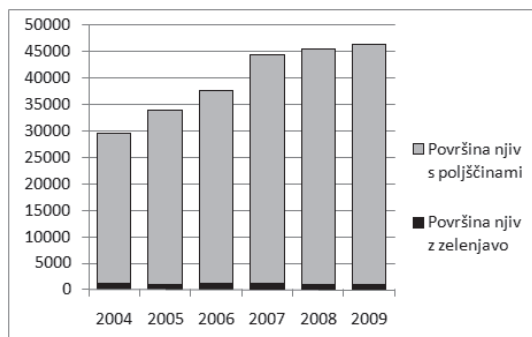
### **2.1 ZAHTEVE PO IZVAJANJU TESTOV**

Pridelovalci se vedno pogostejše odločajo za ugotavljanje rastlinam dostopnega mineralnega dušika v tleh pred dognojevanjem poljščin in zelenjadnic in preskrbljenosti rastlin s tem hranilom zaradi zakonskih zahtev, ki narekujejo uporabo dušika na okolju primerne načine ter zaradi vedno večjih nabavnih cen gnojil. Število narejenih analiz (laboratorijskih Nmin analiz in hitrih testov) pa se je v zadnjih letih povečalo predvsem po zaslugi uvažanja integrirane pridelave zelenjave in poljščin, kjer so analize na vsebnost rastlinam dostopnega dušika zahtevane v določenem obsegu. Analiza podatkov KGZS je namreč pokazala, da večino analiz (98 %) opravimo zaradi zahtev integrirane pridelave zelenjadnic in poljščin. Ker se površina njiv z zelenjavo in poljščinami, vključenimi v integrirano pridelavo, povečuje (slika 1), je povečevanje števila analiz pričakovano.

V integrirani pridelavi zelenjave (Tehnološka navodila za integrirano pridelavo zelenjave, 2010) je med zahtevami za gnojenje zapisano, da je potrebno redno izvajati analize Nmin ali uporabiti enakovredne postopke za določanje zalog dušika v tleh ter upoštevati referenčne vrednosti Nmin kot osnovo za dognojevanje z dušikom. Zahteva se, da pridelovalci zelenjave izvajajo analize Nmin pri tisti vrsti zelenjave, ki jo pridelujejo na največji površini, če pridelujejo eno do tri zelenjadnice na obratu (kmetiji, vrtnariji). Če pridelujejo na obratu štiri do deset vrst zelenjave, potem se morajo testi narediti na dveh zelenjadnicah, ki se pridelujeta na največjih površinah, pri več kot enajst vrstah zelenjave na obratu pa na vsaj treh zelenjadnicah, ki se pridelujejo na največjih površinah. Priporočeno je upoštevanje referenčnih vrednosti Nmin kot osnove za gnojenje z dušikom. Pridobljene rezultate Nmin analiz so pridelovalci dolžni vpisati v evidence o pridelavi.

V integrirani pridelavi poljščin (Tehnološka navodila za integrirano pridelavo poljščin, 2010) je potrebno na 20 % deležu njiv letno s pomočjo analiz ali testov določiti potrebo po dognojevanju z dušikom; na 10 % njiv se opravi hitre talne teste pred oziroma v začetku rasti

glavnih poljščin (koruza, pšenica, srednje pozni in pozni krompir), na 10 % njiv pa se izvedejo hitri rastlinski nitrati testi pred drugim ali tretjim dognojevanjem pravih žit.



Slika 1: Površina njiv s poljščinami in zelenjavo, vključenih v integrirano pridelavo, v letih med 2004 in 2009

## 2.2 DOLOČEVANJE POTREBE PO DOGNOJEVANJU Z DUŠIKOM

Za zelenjadnice je v Tehnoloških navodilih za integrirano pridelavo zelenjave (2010) predpisana letna ciljna vrednost  $N_{min}$ , kar pomeni, da spomladi izmerimo rastlinam dostopno količino dušika v tleh, potem pa v sezoni z gnojili dognojimo razliko do te vrednosti. Vendar je za pridelovalce, vključene v shemo KOP-a v Programu za razvoj podeželja 2007–2013, istočasno predpisana tudi največja dovoljena letna količina uporabljenega dušika iz mineralnih gnojil, in sicer v višini 170 kg/ha, razen pri nekaterih zelenjadnicah, gojenih na prostem (brstični ohrovt, bučke, cvetača, glavhati ohrovt, paradižnik in zelje) in pri zelenjadnicah, gojenih v zavarovanih prostorih (jajčevci, kumare, paprika in paradižnik), kjer je lahko največja uporabljena količina dušika iz mineralnih gnojil 200 kg/ha letno. Torej, četudi bi nam razlika med spomladi izmerjeno količino rastlinam dostopnega dušika v tleh in ciljno vrednostjo pokazala vrednost, večjo od 170 kg/ha oziroma 200 kg/ha, slednjih v KOP-u ne smemo preseči. Poleg tega obrok dušika ne sme biti večji od 80 kg/ha.

Od leta 2010 je potrebno upoštevati še Uredbo o varstvu voda pred onesnaženji z nitrati iz kmetijskih virov (Ur. l. RS, št. 113/2009), s katero je omejen največji dovoljeni skupni letni vnos dušika v ali na tla v obdobju enega koledarskega leta za posamezne vrste kmetijskih rastlin. Torej moramo v primeru višje izračunanega odmerka upoštevati v uredbi predpisano in dovoljeno količino dušika.

Pri poljščinah ciljnih vrednosti v tehnoloških navodilih za poljščine nimamo opredeljenih na način, kot je to opredeljeno pri zelenjadnicah, ampak so za nekatere glavne poljščine na podlagi poljskih poskusov določene ciljne vrednosti v posameznih razvojnih fazah. To pomeni, da v določeni razvojni fazi poljščine izmerimo rastlinam dostopno količino dušika v tleh in dognojimo razliko do ciljne vrednosti; ciljna vrednost v teh primerih torej pove, koliko naj bi bilo v tleh rastlinam dostopnega dušika v nekem trenutku – razvojni fazi. Imamo navodila za dognojevanje ozimne pšenice glede na hitri talni test za prvo dognojevanje spomladi (ciljna vrednost 120 kg/ha, vendar naj obrok ne presega 80 kg/ha) ter hitri rastlinski test za drugo in tretje dognojevanje (odmerek glede na gostoto posevka za drugo dognojevanje in glede na število fertilnih poganjkov na enoto površine za tretje dognojevanje) (Leskovšek in Mihelič, 1998). Za krompir je definirana ciljna vrednost ob sajenju (110 do 170 kg/ha), za korožo za drugo dognojevanje (7. do 9. list) (180 /lahka tla/ do 220 /težka tla/ kg/ha) (Sušin in

Kmecl, 2000). Mejna letna vrednost za krompir pa je 240 kg/ha N, za koruzo 270 kg/ha N, za oljno ogrščico 200 kg/ha N (Uredba o varstvu voda..., 2009).

Za hmelj je, tako kot za zelenjadnice, definirana letna ciljna vrednost, in sicer za sorto Aurora (200 do 230 kg/ha N glede na vremenske razmere v juniju), s tem da se vzorčenje tal izvede v sredini maja do globine 60 cm in se izračunana razlika do ciljne vrednosti pognoji v treh obrokih (Čeh in Čremožnik, 2010).

### 2.3 VRSTA IN ŠTEVILO OPRAVLJENIH TESTOV

V kmetijski praksi se izvajajo laboratorijska Nmin analiza, hitri talni test in hitri rastlinski nitratni test. Večino testov izvedejo kmetijski svetovalci v okviru Kmetijske svetovalne službe na Kmetijsko gozdarskih zavodih po Sloveniji, izvajajo pa se tudi na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, na Kmetijskem inštitutu Slovenije ter na fakultetah (BF in FKBPV). V letu 2009 je bilo v okviru kmetijske svetovalne službe narejenih 2.300 hitrih rastlinskih testov in 2.730 hitrih talnih testov na nitrat. Manj pogosti so laboratorijski Nmin testi (150 v okviru svetovalne službe v letu 2009). Veliko manjše število testov se izvede na inštitutih in kmetijskih fakultetah; po zbranih podatkih okrog 400 hitrih talnih testov (na nitratno in amonijsko obliko dušika) in še manj rastlinskih hitrih testov ter laboratorijskih Nmin analiz). Hitre teste (talne in rastlinske) opravljamo s pomočjo aparature RQ – flex in testnih lističev quantofix. Talni Nmin test se izvaja po modificirani metodi Wehrmanna in Scharpfa (1979). Problem je, da vzorčenje izvajajo pridelovalci sami in je vprašljiva njihova reprezentativnost, vzorčenje tal se izvede največkrat le do globine ornice, ne do priporočljive globine npr. 90 cm za ozimna žita, na podlagi česar je zasnovana metoda Nmin, ter da se vzorčenje tal ne izvaja le pred predvidenimi dognojevanji kultur, za katere imamo opredeljene ciljne vrednosti, ampak dostikrat tudi v drugih časovnih obdobjih in tudi za kulture, za katere še nimamo določenih ciljnih vrednosti.

Po podatkih KGZS je 90 % vseh testov narejenih za potrebe dognojevanja poljščin, najpogosteje za dognojevanje koruze (45 %), ozimnih žit (50 %), krompirja (4 %) in manj za ostale poljščine (1 %). Med ozimnimi žiti se več kot 80% testov izvede za dognojevanje ozimne pšenice, 18 % za ozimni ječmen in le 2 % za druge vrste žit. Za pridelovalce zelenjave najpogosteje opravljamo teste na kapusnicah (zelje, cvetača, glavhati ohrovt,...), plodovkah (paradižnik, paprika, kumare), čebulnicah (čebula, por) ter na solatnicah (glavnata solata, endivija, radič).

### 3 Izvajanje analiz oziroma testov v drugih državah srednje in vzhodne Evrope

Kot navajajo Spiegel in sod. (2010) imajo v **Avstriji** navodila za gnojenje posameznih posevkov z dušikom zasnovana na podlagi odvzema in dolgoletnih poskusov v različnih pridelovalnih območjih. Te standardizirane vrednosti so odvisne od predposevka, organskega gnojenja, pridelovalnih lastnosti območja (prilagojena globini tal, teksturi, vodnim razmeram, skeletu,...), potencialne mineralizacije dušika in vsebnosti organske snovi v tleh. Vrednosti v sezoni prilagodijo na podlagi meritev Nmin z laboratorijskimi analizami tal. Vzorčenje izvajajo na začetku rastle sezone do globine 90 cm, analiza poteka po modificirani Nmin metodi Wehrmanna in Scharpfa (1979) glede na lastne poskuse in raziskovanja (ÖNORM L 1091, 1999). Ciljne vrednosti imajo določene za ozimno pšenico, ozimni ječmen, tritikalo, ozimno rž in koruzo. V nekaterih primerih uporabljajo tudi ciljne vrednosti za druge posevke, vendar v teh primerih upoštevajo lokalne značilnosti. V dolini Mure izvajajo redni Nmin monitoring z namenom varovanja voda. Poleg analiz spomladi so pomembne analize jeseni po spravilu posevkov, ki lahko pokažejo morebitno prekomerno gnojenje. Ugotovili so, da naj bi

bilo v tleh po spravi posevka manj kot 50 kg/ha rastlinam dostopnega dušika na lahkih tleh in 60-80 kg/ha na srednje težkih in težkih tleh ter na globokih tleh. V Spodnji Avstriji imajo t.i. nitratni informacijski servis – referenčne lokacije, kjer strokovnjaki merijo Nmin v tleh. Svetovanje za to regijo izvajajo na podlagi rezultatov analiz in ciljnih vrednosti v začetku rastne sezone spomladi za ozimno pšenico in ozimni ječmen, ter aprila pred setvijo koruze in sajenjem krompirja. Nasvete za gnojenje izdelajo na podlagi analiz, predposevka, lastnosti tal in stanja posevka. Nasvet za drugo in tretje dognojevanje ozimne pšenice izdelajo na podlagi rastlinskih testov. V Zgornji Avstriji imajo t.i. nitratni informacijski servis od leta 2004. Nmin analize izvajajo na izbranih lokacijah v aprilu in maju. Le-ti so osnova za svetovanje dognojevanja koruze na tem območju. Kmetje v Avstriji le redko sami izvajajo vzorčenje tal (Spiegel in sod., 2010).

Na **Češkem** se laboratorijski Nmin testi in rastlinski testi v praksi uporabljajo dokaj pogosto in pridelovalci tudi dognojujejo z dušikom na podlagi rezultatov le-teh. Po oceni dr. Čermáka (2010, ustni vir) okrog 50 % kmetov uporablja te diagnostične metode. Druga polovica pridelovalcev pa teh testov ne izvaja in dognojujejo na podlagi izkušenj ter navodil za gnojenje za posamezne kulture. Sicer izvajanje Nmin analiz oziroma testov za kmete ni obvezno. Vzorčenje izvajajo strokovni delavci, le reko pridelovalci sami. Za večino kmetijskih rastlin pa morajo pridelovalci zaradi uvedbe nitratne direktive upoštevati letne omejitve za dognojevanje z dušikom. Imajo mrežo državnih in privatnih svetovalcev, ki pridelovalcem svetujejo, kako naj dognojujejo na podlagi rezultatov analiz (Čermák, 2010). Za pripravo ekstrakcijske raztopine iz tal za določitev nitratne in amonijske oblike dušika uporabljajo modificirano metodo ISO/DIS 14 256 – 1 (1997). Analiza je narejena na svežih vzorcih, modifikacija pa je v tem, da ekstrakcija poteka namesto s kalijevim kloridom s kalijevim sulfatom, sledi spektrofotokemična meritev.

Zaradi problemov in možnosti za onesnaženje vodnih teles in voda, saj so zaradi velike količine padavin za tla v **Estoniji** značilni procesi spiranja hranil, so v tej državi implementirali stroge omejitve uporabe dušika v kmetijstvu. V nekaterih regijah so postavili celo strožje omejitve, kot jih zahteva zakonodaja EU. Oblikovali so 'nitratno ranljiva območja' (NRO), ki obsegajo 3250 km<sup>2</sup>, kar predstavlja 7,5 % celotne površine Estonije. Intenzivna kmetijska proizvodnja se v Estoniji odvija v glavnem znotraj območij z ugodnimi talnimi razmerami za kmetovanje, tudi znotraj NOO, na ostalih območjih pa je intenzivnost kmetijstva manjša. Poleg tega je za celotno območje Estonije prepovedana aplikacija več kot 170 kg/ha N s hlevskim gnojem letno. Za NRO imajo še strožje zahteve, in sicer je lahko največja letna količina pognojene dušika z mineralnimi gnojili in hlevskim gnojem skupaj 170 kg/ha, od tega največ 140 kg/ha z mineralnimi gnojili. En obrok dušika z mineralnimi gnojili ne sme biti večji od 100 kg/ha N (Loide in sod., 2010). Nmin analize se v Estoniji v glavnem v praksi ne izvajajo, saj menijo, da je strošek za analize večji od pričakovanega dobička zaradi izboljšane sheme gnojenja. Tudi interes za dognojevanje po metodi Nmin za ozimna žita, kjer je lahko tak način dognojevanja najbolj učinkovit, je majhen. Problem z določanjem Nmin je tudi globina vzorčenja, ki je na estonskih skeletnih tleh omejena. Pod horizontom A imajo namreč velik delež skeletnih delcev, kar običajno omejuje vzorčenje na globino 30 cm (Loide in sod., 2010). Hitri testi pri njih niso uveljavljeni.

V **Latviji** imajo spomladi na voljo zelo malo časa, v katerem bi bilo nemogoče izvesti Nmin teste, zato so na podlagi raziskav na področju mineralnega dušika in dejavnikov, ki na njegovo količino vplivajo, naredili model, s katerim napovedujejo količino Nmin v tleh spomladi do globine 40 cm (Timbare in Bušmanis, 2001, cit. po Timbare in sod., 2010). Vendar pa ta model pojasni le 56 % variabilnosti vsebnosti Nmin v tleh. Pomanjkanje natančnih informacij o količini padavin in temperaturah na več območjih tudi ne dovoljuje natančnega

napovedovanja potrebe po dognojevanju spomladi. Bolj natančne informacije o vsebnosti mineralnega dušika v tleh in spremembah le-te dobijo na podlagi letnega monitoringa (48 lokacij) mineralnega dušika v tleh, ki se izvaja na ranljivih območjih (okrog 15 % kmetijskih zemljišč v Latviji), ki ga izvajajo zaradi uvedbe nitratne direktive. Na podlagi teh meritev oskrbujejo pridelovalce s priporočili za dognojevanje ozimnih žit z namenom zmanjšanja onesnaževanja vodnih teles z nitrati (Timbare in sod., 2010). V priporočilih za prvo spomladansko dognojevanje ozimnih žit upoštevajo predviden pridelek, potrebe po dušiku v začetnih razvojnih fazah in vsebnost nitrata v zgornjem sloju tal (0-30 cm). Spomladi izvedejo tudi meritve  $N_{min}$  do globine 60 cm z namenom oblikovanja priporočil za dognojevanje ozimnih žit kasneje v sezoni. Obenem upoštevajo predviden pridelek, odvzem s posevkom in uporabo organskih gnojil. Izračunano vrednost povečajo za 15 % oziroma za 25 % za peščena tla zaradi predvidenih izgub (Timbare in sod., 2010). Vsebnost nitratnega in amonijskega dušika določajo po metodi ISO/TS 14256-2.

V **Litvi** so na podlagi raziskav določili ciljne vrednosti za dognojevanje nekaterih vrst zelenjave. Podatek o potrebah po dognojevanju z dušikom v sezoni dobijo, ko od teh vrednosti odštejejo spomladansko vrednost  $N_{min}$  v tleh do globine 60 cm. Za večino kultur namreč vzorčijo do globine 60 cm, za solato in sadike do 30 cm, za sadno drevje in grmičaste rastline pa do 90 cm. Vzorčenje izvajajo običajno spomladi, pred setvijo in pred dognojevanjem z dušikom. Nitratni in amonijski dušik določijo po nacionalnem standardu GOST 26483-85 (vzorec posušijo, sledi ekstrakcija s KCl). Glede na rezultat analize vzorca, vzetega do globine 60 cm, razvrstijo vzorec v enega od petih razredov (vsebnost rastlinam dostopnega dušika v tleh je: zelo nizka, nizka, povprečna, visoka ali zelo visoka) in glede na to s korekcijskimi faktorji ali z zmanjšanjem oziroma povečanjem 'popravijo' nasvet za dognojevanje določene kulturne rastline. V nekaterih primerih pa spomladanska meritev  $N_{min}$  služi le za korekcijo 50-60 % skupnega odmerka. Potem izmerijo  $N_{min}$  še enkrat pred drugim in potencialno tudi tretjim dognojevanjem. Od leta 2005 v državi izvajajo monitoring na 210 reprezentativnih lokacijah, izbranih glede na talne in vremenske razmere. Vzorce jemljejo spomladi (v prvi polovici aprila) in jeseni (konec oktobra, začetek novembra). Informacijo o vsebnosti  $N_{min}$  v tleh spomladi skupaj s priporočili za gnojenje z dušikom takoj sporočijo na ministrstvo za kmetijstvo, kmetijsko zbornico in medijem (Staugaitis in sod., 2009). Kmetje sami tal v glavnem ne vzorčijo in testov ne izvajajo, le ti tudi niso obvezni, razen na prašičjih farmah, saj so le te bolj strogo nadzorovane. Svetovanje glede dognojevanja torej izvajajo na podlagi rezultatov meritev monitoringa na reprezentativnih lokacijah, razen v primerih, ko se kmetje odločijo za izvedbo meritev  $N_{min}$  na vzorcih z njihovih parcel. Hitri testi se v praksi v glavnem ne uporabljajo (Putelis, 2010, ustni vir).

Na **Madžarskem** so metodo  $N_{min}$  Wehrmanna in Scharpfa za pšenico modificirali za njihove razmere Pálmai in sod. (1998; cit. po Loch in sod., 2010). Sicer je svetovalni sistem za dognojevanje na Madžarskem zasnovan z upoštevanjem pričakovanega pridelka (odvzema), specifičnih potreb posamezne rastline, zaloge v tleh in lokalnih karakteristik. Pridelek ocenijo na podlagi povprečnega pridelka na posamezni lokaciji v zadnjih petih letih. Zaloga dušika v tleh se predvidi iz vsebnosti organske snovi v tleh. Izračunana potreba po gnojenju se korigira glede na kolobar, lastnosti tal, organsko gnojenje v preteklih letih in druge agrotehnične ukrepe. Tla so definirana s kategorijo tal in z zalogo hranil. Status založenosti z dušikom ugotovijo na podlagi vsebnosti organske snovi, z upoštevanjem kategorije tal in teksture. Za posebne kulture, na primer za sladkorno peso, kot tudi v primerih višjih odmerkov, pa se priporoča uporaba meritev vsebnosti nitrata v tleh. Vzorčenje se izvede do globine 60 cm prejšnjo jesen in spomladi, tik pred setvijo sladkorne pese, analiza poteka z 1 M KCl po

madžarskem patentu MSz 20135/1999. Preskrbljenost tal z dušikom (zelo nizka, nizka, srednja, zadovoljljiva, visoka, zelo visoka) odčitajo iz tabele, v kateri se upošteva kategorija tal. Kot navajata Wiesler in Armbruster (2010) se v **Nemčiji** še vedno najpogostejše gnoji na podlagi določenih gnojilnih shem za posamezne kulturne rastline. Ker pa ta metoda pogosto vodi v pregnojenost, jo strokovnjaki priporočajo le za posevke, ki potrebujejo manj dušika, na primer sadno drevje, za začetno gnojenje pri stročnicah,... Med metodami, ki jih priporočajo za ostale posevke, je najbolj vzpostavljena metoda Nmin. Kot alternativa je metoda po EUF, poleg talnih testov pa se izvajajo tudi hitri rastlinski testi, meritve s klorofilmetrom in senzorsko nadzorovano aplikacijo dušikovih gnojil. Po objavi metode Nmin in ciljne vrednosti za pšenico (Wehrmann in Scharpf, 1975; 1979) so v Nemčiji raziskave usmerili na ugotavljanje ciljnih vrednosti še za druge pomembne poljščine in vrtnine. Globina vzorčenja mora biti za pšenico, ječmen, sladkorno peso, koruzo, oljno ogrščico in zelje 90 cm, za krompir in nekatere zelenjadnice 60 cm, za solato in grah 30 cm. Za ogrščico vzorčijo tla v januarju/februarju, za pšenico in ječmen v februarju/marcu, za koruzo v aprilu/maju, za zelenjadnice ob setvi. Za ozimno pšenico je ciljna vrednost v tleh za prvo spomladansko dognojevanje 120 kg/ha, letna ciljna vrednost pa 230 kg/ha (cit. po Wiesler in Armbruster, 2010). Kljub prednostim pa ima metoda Nmin številne slabe strani, ki se zrcalijo v omejenem sprejemu s strani pridelovalcev, še zlasti manjših. Glavne pomanjkljivosti so, da je vzorčenje naporno, laboratorijske analize drage, rezultat analize le posnetek trenutnega stanja in da ne dobimo informacije o mineralizaciji dušika na specifični lokaciji kasneje v sezoni. Te omejitve so vodile v številne modifikacije v različnih deželah Nemčije. Da pridelovalcem ne bi bilo potrebno opravljati vzorčenja, le-to izvajajo svetovalci na referenčnih mestih in z rezultati analiz oskrbujejo pridelovalce po internetu ali v tedenskih obvestilih. Ti lahko uporabijo rezultate z ustreznih lokacij (podobnih glede na vrsto tal, obdelavo, vremenske razmere, posevke, predposevke,...) za svojo lastno oceno potreb po gnojenju. Nmin metodo poenostavijo tudi z vzorčenjem do globine zgolj 30 ali 60 cm. Talne analize poenostavijo tudi z izvajanjem hitrih testov. Za izboljšanje učinkovitosti dognojevanja z dušikom se v večini primerov ne zanašajo samo na meritve Nmin spomladi, ampak za oceno potrebe po dognojevanju z dušikom upoštevajo tudi pričakovan pridelek in odvzem dušika, mineralizacijo dušika iz organske snovi v tleh, način gnojenja z organskimi gnojili, gospodarjenje z žetvenimi ostanki in vključenost dosevkov. V nekaterih primerih pa Nmin analize ne izvedejo samo spomladi, ampak tudi pred ostalimi dognojevanji (koruze in zelenjadnic). V modernih sistemih pridelovanja se izvaja kombinacija Nmin testa spomladi z meritvami, ki odsevajo stanje preskrbljenosti rastline z dušikom pred ostalimi dognojevanji v rastni sezoni (meritve koncentracije celokupnega dušika v rastlini, koncentracije nitrata v rastlinskem soku, meritev s klorofilmetrom). Uspešno izvajajo analize koncentracije nitrata v rastlinskem soku različnih kmetijskih rastlin, zlasti pri pšenici in krompirju, kar odseva status preskrbljenosti rastline z dušikom bolje kot koncentracija celokupnega dušika v rastlini. Na velikih posestvih v severni in vzhodni Nemčiji se za dognojevanje žit že uporabljajo naprave v traktorju za sprotno uravnavanje količine gnojila na podlagi skeniranja območja, ki upošteva različen status dušika v rastlinah celo na isti njivi (Wiesler in Armbruster, 2010). Več o izvajanju analiz in testov v Nemčiji je predstavljeno v prispevku prof. dr. Olfsa v tem zborniku.

Na **Poljskem** le redki pridelovalci vzorčijo tla sami in jih dajejo v analizo. Izjeme so velika posestva, ki sodelujejo s privatnimi svetovalnimi službami. Te jim izvedejo vzorčenje (do globine 90 cm, v nekaterih primerih tudi samo do 60 cm), odpošljejo vzorec tal v analizo na pristojno inštitucijo in pridelovalcu posredujejo nasvet za dognojevanje. Običajno je to sodelovanje v povezavi s preciznim kmetovanjem. Vendar ti pridelovalci obdelujejo skupaj le



okrog 1 % površin. Državni monitoring izvajajo na okrog 5000 referenčnih lokacijah, enakomerno porazdeljenih po državi. Na teh lokacijah lokalni laboratoriji izvedejo vzorčenje zgodaj spomladi in pozno jeseni (do globine 90 cm), vzorce dajo v analizo, rezultate pa objavijo na spletni strani, da so dosegljivi vsem. Nasveti za dognojevanje so podani kot modifikacija standardnega nasveta za dognojevanje (standardnega odmerka) glede na aktualne meritve Nmin. Obe obliki dušika (nitratna in amonijska oblika dušika) se merita v 1 % ekstraktu K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Na ranljivih območjih, ki predstavljajo manj kot 2 % kmetijskih zemljišč, so pridelovalci dolžni opraviti Nmin analize, na ostalih zemljiščih pa ne. Hitrih testov na Poljskem ne uporabljajo, ker so v preteklosti ugotavljali, da niso dovolj zanesljivi, analize tal pa izvajajo v laboratoriju na svežih ali zamrznjenih vzorcih.

Na **Slovaškem**, podobno kot pri nas, tla vzorčijo kmetje sami, jih zamrznejo ali takoj prinesejo v laboratorij v hladilni torbi. Plačilo sledi, ko dobijo rezultate analize z nasvetom za dognojevanje. Nitratno in amonijsko obliko dušika v vzorcih določajo z UV spektrofotometrijo, za rastlinske analize na vsebnost dušika pa uporabljajo elementarni analizator (CNS; po Dumasovi metodi). Sicer se kmetje za analize tal in rastlinskega tkiva zaradi visoke cene ne odločajo prav pogosto. Monitoringa ne izvajajo; po besedah Gaborika (2010, ustni vir) bi bil zaradi velike heterogenosti terena drag. Tla vzorčijo do 30 cm pred prvimi dognojevanji ozimnih žit, v kasnejših razvojnih fazah do 60 cm. Za okopavine vzorčijo do globine 60 cm. Izvajanje analiz Nmin za kmete ni obvezno, razen za tiste, ki pridelujejo v območjih z omejenimi dejavniki.

### 3 Sklepi

Pravilno izvedena metoda Nmin ima nekaj prednosti, vendar tudi slabe strani. Glavne slabosti so, da je vzorčenje tal naporno, laboratorijske analize drage, rezultat analize le posnetek trenutnega stanja in ne daje obenem zelenih podatkov o mineralizaciji dušika kasneje v sezoni. Zato se v modernih sistemih pridelovanja izvaja kombinacija Nmin testa spomladi z meritvami, ki odsevajo stanje preskrbljenosti rastline z dušikom pred ostalimi dognojevanji v rastni sezoni. Tak sistem že vrsto let uvajamo tudi v Sloveniji. Kako pa je s samim izvajanjem v Sloveniji na primeru Pomurja pa je predstavljeno v prispevku Zite Flisar Novak in sod. (2010) v tem zborniku.

Medtem ko v Sloveniji izvajamo za namen dognojevanja nekaterih kmetijskih rastlin (ozimna žita, koruza, krompir, hmelj, zelenjadnice) predvsem hitre talne in rastlinske teste, se v ostalih preučevanih državah srednje in vzhodne Evrope (Avstrija, Češka, Estonija, Latvija, Litva, Madžarska, Nemčija, Poljska, Slovaška) le-ti ne izvajajo v praktične namene oziroma se uporabljajo v manjšem obsegu. Najbolj je razširjena uporaba laboratorijske Nmin analize. V nekaterih državah (Avstrija, Latvija, Litva, ponekod v Nemčiji, na Poljskem) se meritve Nmin v tleh izvajajo v obliki državnega monitoringa na referenčnih lokacijah, na podlagi česar izdajajo navodila za dognojevanje predvsem ozimnih žit in nekaterih drugih kulturnih rastlin za pridelovalce na okoliških območjih. Na Slovaškem kmetje vzorčijo tla in rastline sami in dostavijo vzorce v laboratorij, podobno kot imamo to organizirano v Sloveniji, le da izvedejo laboratorijsko analizo. Na Češkem vzorčenje tal izvedejo strokovni delavci, le redko kmetje sami. V Estoniji Nmin analiz ali hitrih testov v praksi ne uporabljajo. Na Madžarskem priporočajo meritve Nmin v tleh za posebne kulture, na primer za sladkorno peso, in v primerih predvidenih višjih odmerkov dušika.

#### 4 Literatura

- Čeh, B., Čremožnik, B. 2010. Dognojevanje hmelja z dušikom: izkušnje iz poskusov v letu 2009. 47. seminar o hmeljarstvu z mednarodno udeležbo, Zbornik simpozija, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec: 38-47
- Čermak, P. 2010. Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture, Češka, ustni vir
- Flisar Novak, Z., Vičar, B., Čeh, T., Kapun, S., Barbarič, M. 2010. Vsebnost mineralnega dušika (Nmin) v njivskih tleh v Pomurju. Zbornik simpozija Novi izzivi v poljedelstvu 2010, Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo
- ISO/DIS 14 256 - 1: Soil quality - Determination of nitrate, nitrite and ammonium in fields moist soils by extraction with potassium chloride solution. International Organization for Standardization, 1997
- Leskovšek, M., Mihelič, R. 1998. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje, I. del, poljedelstvo in travništvo. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, RS: 28-31
- Loide, V., Köster, T., Penu, P., Rebane, L. 2009. The implementation of recommendations and restriction for using nitrogen fertilizers in Estonia. *Fertilizers and Fertilization*, 37/2009: 43-49
- ÖNORM L 1091. 1999. Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung von mineralischem Stickstoff – Nmin-Methode
- Spiegel, H., Robier, J., Übleis, S., Dersch, G. 2009. Application of the Nmin soil test in fertilizer recommendations and environment protection in Austria. *Fertilizers and fertilization*, 37/2009: 17-31
- Staugaitis, G., Mažvila, J., Vaišvila, Z., Arbačiauskas, J., Putelis, L., Adomaitis, T. 2009. Soil mineral nitrogen testing in Lithuania. *Fertilizers and fertilization*, 37/2009: 99-107
- Sušin, J., Kmecl, V. 2000. Navodila za uporabo RQ-flexa. Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana: 14 s.
- Tehnološka navodila za integrirano pridelavo poljščin. 2010. Republika Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 71 s.
- Tehnološka navodila za integrirano pridelavo zelenjave. 2009. Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 104 s.
- Timbare, R., Janevica, V., Busmanis, M., Eglite, K., Stalidzans, D. 2009. Monitoring of mineral nitrogen in soils in Latvia. *Fertilizers and Fertilization*, 37/2009: 90-98
- Uredba o varstvu voda pred onesnaženji z nitrati iz kmetijskih virov (Ur. l. RS, št. 113/2009)
- Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (Ur. l. RS, št. 113/2009).
- Wehrmann, J., Scharpf, H.C. 1979. Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Maßstab für den Stickstoffdüngerbedarf (Nmin-Methode). *Plant and Soil*. 52, 1: 109-126
- Wiesler, F., Armbruster, M. 2010. The application of the Nmin soil test as an element of integrated nitrogen management strategies in agriculture. *Fertilizers and Fertilization*, 37/2009: 50-58



## Vsebnost mineralnega dušika v njivskih tleh v Pomurju

Zita FLISAR NOVAK<sup>4</sup>, Breda VIČAR<sup>5</sup>, Tatjana ČEH<sup>6</sup>, Stanko KAPUN<sup>7</sup>, Metka BARBARIČ<sup>8</sup>

### Izvleček

V prispevku so obdelani rezultati 5.057 analiz mineralnega dušika (Nmin) v vzorcih z njiv v Pomurju v obdobju med 2006 in 2009. En vzorec je predstavljal eno njivo. Pri 53% vzorcev je bila vsebnost Nmin (nitratna in amonijska oblika dušika) majhna, pod 50 kg/ha Nmin, v primeru 16% vzorcev je bila v rangi med 50 in 100 kg/ha N, pri 17% vzorcev med 100 in 200 kg/ha N in pri 14% vzorcev več kot 200 kg/ha N. Višje vsebnosti Nmin so bile izmerjene v poletnih mesecih pri vrtninah in koruzi ter nižje pri žitih.

**Gljučne besede:** mineralni dušik, Nmin, analiza tal, njive, poljščine, vrtnine, Pomurje

## Mineral nitrogen content on crop fields in Pomurje region

### Abstract

The paper presents the processed data of 5,057 mineral nitrogen (Nmin) analyses of field soil in Pomurje region from 2006 to 2009. The Nmin content (nitrate and ammonium N) was low, below 50 kg/ha N in 53% of the samples. In 16% of samples it was 50-100 kg/ha N, 17% of samples contained 100-200 kg/ha N, and 14% contained more than the 200 kg/ha N. In summer months higher values of Nmin were measured at vegetables and maize, and lower values at cereals.

**Key words:** mineral nitrogen, Nmin, soil analysis, fields, field crops, vegetables, Pomurje region

## 1 Uvod

Gnojenje z dušikom na osnovi Nmin analize tal smo na Kmetijsko gozdarskem zavodu Murska Sobota začeli uvajati leta 1990. Vpeljali smo laboratorijske meritve in hitre talne nitratne teste na terenu. Zaradi zamudnega vzorčenja iz treh globin (0-30 cm, 30-60 cm in 60-90 cm) in majhnih parcel se metoda v praksi ni uveljavila. Zahteve po rednem izvajanju Nmin analiz so nastale po letu 2000 z uvedbo integrirane pridelave vrtnin (Džuban in sod., 2010). Z RQ-flexsom in s testnimi lističi smo na terenu ponovno začeli meriti vsebnosti mineralnih oblik dušika v tleh po Nmin metodi (Sušin in sod., 2000). V letu 2004 je bila uvedena integrirana pridelava poljščin (IPL). Po tehnoloških navodilih (Džuban in sod., 2009) je v letu pridelave na 10% njiv obvezna analiza rastlinam razpoložljivega dušika v tleh pred osnovnim gnojenjem koruze oziroma v njenih začetnih razvojnih fazah, pri pravih žitih pa pred 1. dognojevanjem spomladi. Zaradi nejasnih navodil pri integrirani pridelavi poljščin in vrtnin se je v praksi uveljavila kombinacija nemške Nmin metode in ameriške metode pozno spomladanskega talnega nitratnega testa po Blackmeru, katera je v Slovenskih razmerah le poskusno preverjena (Mihelič, 2004). Tako pridelovalci vzorčijo do globine 30 cm in v bolj ali manj optimalnem času prinesejo vzorce v laboratorij na analizo mineralnega dušika ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ).

<sup>4</sup> Univ. dipl. inž. kmet., Kmetijsko gozdarski zavod Murska Sobota, Štefana Kovača 40, 9000 Murska Sobota, e-pošta: zita.flisar-novak@gov.si

<sup>5</sup> Univ. dipl. inž. kmet., prav tam, e-pošta: breda.vicar@gov.si

<sup>6</sup> Mag., prav tam, e-pošta: tatjana@3lan.si

<sup>7</sup> Dr., prav tam, e-pošta: stanko.kapun@gov.si

<sup>8</sup> Univ. dipl. inž. kmet., prav tam, e-pošta: metka.barbaric@gov.si

## 2 Material in metode dela

V prispevku so uporabljeni rezultati meritev mineralnega dušika v tleh ( $N_{min} = NO_3-N + NH_4-N$ ) na RQ-flexu v laboratoriju. Meritve smo opravili na Kmetijsko gozdarskem zavodu Murska Sobota, na Oddelku za kemijske analize in raziskave. Pridelovalci so sami izvedli vzorčenje tal do globine 30 cm ter vzorce dostavili v laboratorij. Tla smo ekstrahirali z 0,01M  $CaCl_2$  in opravili meritve z aparaturom RQ-flex.

Obdelali smo tudi meteorološke podatke (MOP ARSO) za meteorološko postajo Rakičan, izračunali količino padavin in povprečne mesečne temperature v letih 2006 do 2009. Podatke smo primerjali z vsebnostjo mineralnega dušika v tleh in prikazali po letih, mesecih in kulturah. Letna količina padavin v Pomurju (podatki ARSO, meteorološka postaja Rakičan) je v primerjavi z ostalimi regijami v Sloveniji sorazmerno nizka, pod 1.000 mm, kar je ugodno za zmanjšano nevarnost spiranja nitrata dušika v podtalje. Povprečne letne temperature so nad 10°C, kar je ugodno za mineralizacijo dušika.

V obdobju med letoma 2006 in 2009 je bilo analiziranih 5.057 vzorcev njivskih tal iz Pomurja. Polovica analiz (2.599 vzorcev) je bila narejena v maju in juniju, druga polovica pa v ostalih mesecih, tudi v mesecih izven vegetacije, ko gnojenje z dušikom ni potrebno (preglednica 1). V tem času so bile opravljene predvsem analize za tiste odjemalce, ki so prinesli vzorce na analizo šele po posredovanju inšpektorja.

Preglednica 1: Število vzorcev tal za  $N_{min}$  analizo, KGZ MS (2006-2009)

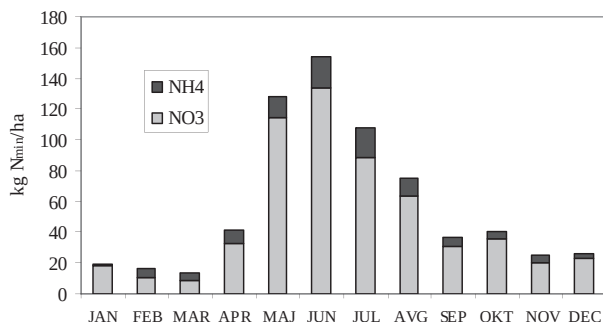
| mesec/leto  | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | število vzorcev |
|-------------|------|------|------|------|-----------------|
| januar      | 1    | 0    | 0    | 0    | 1               |
| februar     | 1    | 76   | 174  | 12   | 263             |
| marec       | 132  | 176  | 92   | 311  | 711             |
| april       | 133  | 198  | 241  | 203  | 775             |
| maj         | 186  | 296  | 246  | 355  | 1083            |
| junij       | 368  | 279  | 489  | 380  | 1516            |
| julij       | 66   | 61   | 50   | 44   | 221             |
| avgust      | 47   | 79   | 29   | 35   | 190             |
| september   | 18   | 25   | 37   | 22   | 102             |
| oktober     | 53   | 48   | 26   | 25   | 152             |
| november    | 12   | 14   | 8    | 5    | 39              |
| december    | 0    | 4    | 0    | 0    | 4               |
| št. vzorcev | 1017 | 1256 | 1392 | 1392 | 5057            |

## 3 Rezultati z diskusijo

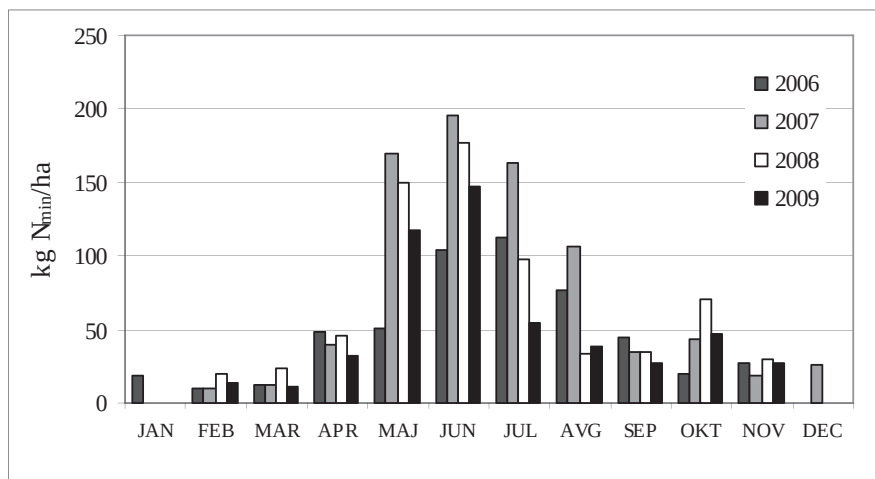
Največ analiz je bilo narejenih v mesecu juniju; v tem obdobju so bile izmerjene tudi največje povprečne vsebnosti  $N_{min}$  (slika 1). Ugotavljamo, da je bilo v poletnih mesecih od maja do avgusta v povprečju med 100 in 200 kg/ha  $N_{min}$  zaloge v tleh. Od septembra do aprila pa so bile zaloge pod 50 kg/ha  $N_{min}$ , kar je ugodno z vidika varstva voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijstva.

Ugotavljamo, da so vsebnosti  $N_{min}$  izven vegetacije v vseh letih majhne, v vegetaciji pa večje, vendar so med posameznimi leti opazne razlike. Najmanj  $N_{min}$  je bilo izmerjeno v poletnih mesecih 2006, ko je bilo mokro leto; za 100 kg mineralnega dušika več kot v sorazmerno suhem letu 2007 (slika 2) v maju in juniju. To potrjuje dejstvo, da je vsebnost

Nmin odvisna od vremenskih razmer in jo je potrebno kontrolirati vsako leto in pred vsakim gnojenjem oziroma dognojevanjem z dušikom.



Slika 1: Povprečne vsebnosti Nmin na njivskih površinah v Pomurju



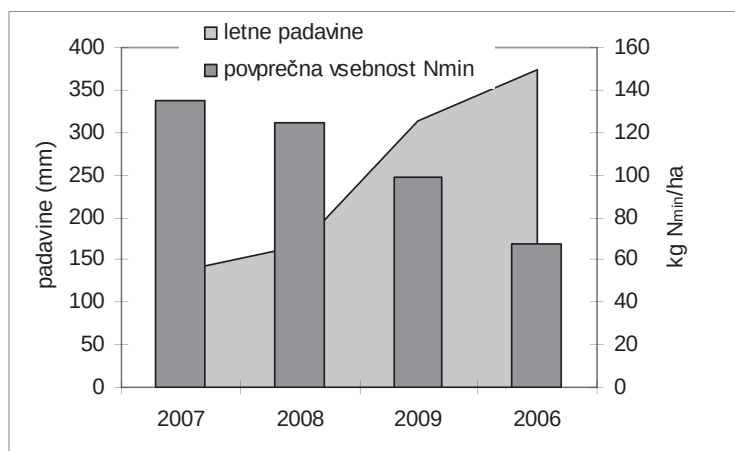
Slika 2: Povprečne vsebnosti Nmin na njivskih površinah v Pomurju (2006-2009)

Preglednica 2: Količina padavin, povprečne letne temperature in izmerjene vsebnosti Nmin

| Leto | kg N <sub>min</sub> /ha |                  |       | Padavine (mm) |                  | Povprečna letna temperatura °C |
|------|-------------------------|------------------|-------|---------------|------------------|--------------------------------|
|      | letno                   | april,maj, junij | junij | letno         | april,maj, junij |                                |
| 2006 | 69                      | 68               |       | 852           | 374              | 10,1                           |
| 2007 | 110                     | 135              |       | 817           | 138              | 11,2                           |
| 2008 | 108                     | 124              |       | 708           | 166              | 11,2                           |
| 2009 | 81                      | 99               |       | 989           | 314              | 10,9                           |

Iz primerjave povprečnih podatkov za posamezna leta je razvidno, da so v vlažnih in hladnih letih izmerjene manjše vsebnosti mineralnega dušika v tleh, v suhih in toplih letih pa večje

(preglednica 2). Razlike v začetnem vegetacijskem obdobju (april, maj, junij) so še bolj očitne – več padavin, manj mineralnega dušika v tleh (slika 3).



Slika 3: Količina padavin in povprečna vsebnost Nmin (april, maj, junij)

Pri razvrstitvi rezultatov po stopnjah preskrbljenosti vidimo (preglednica 3), da so pri 53% vzorcev vsebnosti Nmin majhne, pod 50 kg/ha Nmin, 16% vzorcev je v rangu od 50 do 100 kg/ha Nmin, 17% vzorcem med 100 in 200 kg/ha Nmin in 14% nad 200 kg/ha Nmin (v maju in juniju).

Preglednica 3: Razvrstitev vzorcev tal po stopnjah založenosti in po mesecih (v %)

| mesec     | < 10 kg N | 10-50 kgN | 50-100 kgN | 100-200 kgN | 200-300 kg N | 300-400 kgN | >400 kgN | vsota |
|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|--------------|-------------|----------|-------|
| januar    | 0         | 0         | 0          | 0           | 0            | 0           | 0        | 0     |
| februar   | 2         | 3         | 0          | 0           | 0            | 0           | 0        | 5     |
| marec     | 8         | 5         | 0          | 0           | 0            | 0           | 0        | 14    |
| april     | 3         | 10        | 2          | 0           | 0            | 0           | 0        | 15    |
| maj       | 2         | 5         | 4          | 6           | 2            | 1           | 1        | 21    |
| junij     | 1         | 5         | 7          | 10          | 4            | 2           | 2        | 30    |
| julij     | 0         | 2         | 1          | 1           | 0            | 0           | 0        | 4     |
| avgust    | 1         | 2         | 1          | 0           | 0            | 0           | 0        | 4     |
| september | 0         | 1         | 0          | 0           | 0            | 0           | 0        | 2     |
| oktober   | 1         | 1         | 0          | 0           | 0            | 0           | 0        | 3     |
| november  | 0         | 0         | 0          | 0           | 0            | 0           | 0        | 1     |
| december  | 0         | 0         | 0          | 0           | 0            | 0           | 0        | 0     |
| vsota     | 18        | 35        | 16         | 17          | 8            | 3           | 3        | 100   |

Dobra polovica vseh Nmin analiz je bila narejena za koruzo (preglednica 4), pri tretjini Nmin analiz kulture niso bile navedene, kar pomeni, da pridelovalci niso zahtevali komentarja s priporočili za gnojenje.

Pri pšenici je pomembno prvo dognojevanje z dušikom v fazi razraščanja. V tej fazi je gnojenje na osnovi Nmin analize tal ali talnega nitratnega testa strokovno utemeljeno. Po podatkih državne meteorološke službe (ARSO) se v Pomurju začne faza razraščanja pšenice povprečno konec februarja, v toplih letih že decembra, v hladnih pa šele začetek aprila

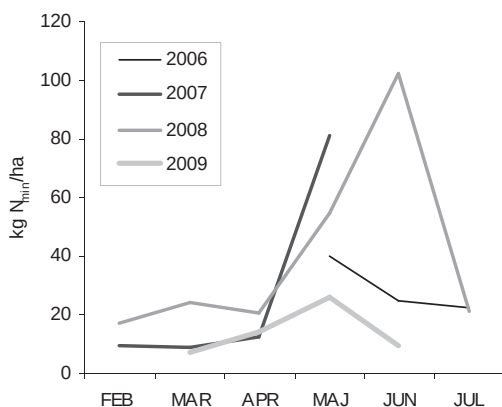
(preglednica 6). Za strokovno utemeljeno gnojenje bi bilo potrebno v letih med 2007 in 2009 narediti Nmin analizo tal konec februarja ali najpozneje v začetku marca, vendar so pridelovalci prinašali vzorce tal vse do julija (preglednica 5), čeprav ti rezultati ne služijo več za namen dognojevanja, pač pa edino za vpogled kontrolnim službam. Povprečne vrednosti Nmin do globine 30 cm so bile na posevkih žit vse do aprila zelo majhne, kar pomeni, da je bilo dognojevanje z dušikom potrebno.

Preglednica 4: Število vzorcev in povprečna vsebnost Nmin po kulturah (Pomurje 2006-2009)

| kultura             | število vzorcev | kg/ha |      |       |
|---------------------|-----------------|-------|------|-------|
|                     |                 | NO3   | NH4  | Nmin  |
| žita                | 531             | 9,7   | 5,5  | 15,2  |
| ostale poljščine    | 64              | 41,3  | 18,2 | 59,5  |
| neimenovane kulture | 1.714           | 54,8  | 9,1  | 64,0  |
| oljnice             | 153             | 58,6  | 8,5  | 67,1  |
| koruza              | 2.522           | 112,6 | 16,7 | 129,4 |
| vrtnine             | 73              | 126,1 | 12,6 | 138,7 |

Preglednica 5: Število Nmin analiz pri žitih po letih in mesecih z navedeno fenofazo za dognojevanje

| leto/<br>mesec | Število vzorcev N <sub>min</sub> (žita) |     |     |     |     |     |        | začetek<br>razraščanja |
|----------------|-----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------|------------------------|
|                | FEB                                     | MAR | APR | MAJ | JUN | JUL | skupaj |                        |
| 2006           |                                         |     |     | 1   | 3   | 1   | 5      | 6.4.2006               |
| 2007           | 22                                      | 103 | 37  | 14  |     |     | 176    | 4.12.2006              |
| 2008           | 51                                      | 45  | 24  | 9   | 3   | 3   | 135    | 8.3.2008               |
| 2009           |                                         | 162 | 44  | 5   | 4   |     | 215    | 23.2.2009              |
| skupaj         | 73                                      | 310 | 105 | 29  | 10  | 4   | 531    |                        |



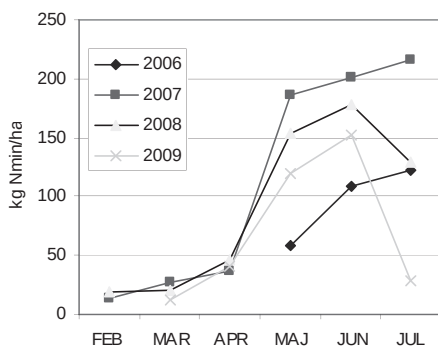
Slika 4: Vsebnost Nmin v tleh na posevkih žit po letih in mesecih

V pomurskem njivskem kolobarju se v kolobarju žita izmenjujejo s koruzo, ki je druga glavna poljščina. V praksi je bilo razširjeno gnojenje z dušičnimi gnojili ob setvi, skupaj z osnovnim gnojenjem. Po smernicah integrirane pridelave in dobre kmetijske prakse pri gnojenju je utemeljena delitev dušičnih gnojil na več obrokov; del ob setvi in pretežni del z dognojevanjem v fazi 4-8 (7-9) listov.

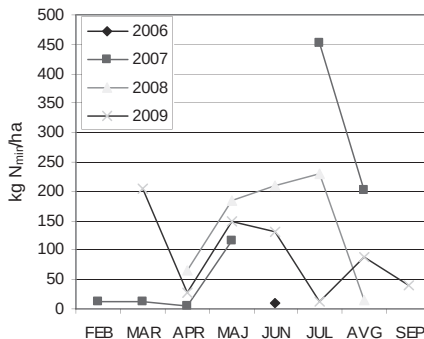
Setev koruze v Pomurju se začne v zadnji dekadi aprila, fazo za dognojevanje doseže koruza konec maja ali na začetku junija, vzorce tal pa pridelovalci prinašajo že februarja, ko je še prezgodaj ali julija, ko je že prepozno za namen dognojevanja. Vsebnosti  $N_{min}$  na koruznih poljih (slika 5) so do aprila v povprečju majhne, v maju in juniju pa visoke, odvisno od vremenskih razmer in procesov mineralizacije v tleh.

Preglednica 6: Število  $N_{min}$  analiz pri koruzi po letih in mesecih z navedeno fenofazo za dognojevanje

| leto/<br>mesec | Število vzorcev $N_{min}$ (koruza) |     |     |     |      |     | fenofaze |         |         |
|----------------|------------------------------------|-----|-----|-----|------|-----|----------|---------|---------|
|                | FEB                                | MAR | APR | MAJ | JUN  | JUL | skupaj   | setev   | 3. list |
| 2006           |                                    |     |     | 23  | 318  | 54  | 395      | 25.4.06 | 17.5.06 |
| 2007           | 1                                  | 27  | 104 | 224 | 219  | 29  | 604      | 26.4.07 | 18.5.07 |
| 2008           | 20                                 | 24  | 164 | 182 | 388  | 22  | 800      | 18.4.08 | 13.5.08 |
| 2009           |                                    | 41  | 123 | 277 | 273  | 9   | 723      | 15.4.09 | 11.5.09 |
| skupaj         | 21                                 | 92  | 391 | 706 | 1198 | 114 | 2.522    |         |         |



Slika 5: Vsebnost  $N_{min}$  v tleh na posevkih koruze



Slika 6: Vsebnost  $N_{min}$  v tleh na posevkih vrtnin

Vrtnine brez krompirja zavzemajo v Pomurju zelo majhen delež površin njiv. Analize tal za  $N_{min}$  izvajajo predvsem pridelovalci, ki so vključeni v integrirano pridelavo vrtnin. Temu primerno je majhno tudi število analiziranih vzorcev za  $N_{min}$  (preglednica 7). Največji delež odvzetih vzorcev je na njivah s plodovkami (paprika, paradižnik), solatnicami in zeljem. Izmerjene vrednosti  $N_{min}$  so bile pri vrtninah v primerjavi s poljščinami večje in znašajo v povprečju 140 kg/ha. Večina vrtnin, ki jih gojimo v Pomurju, ima sorazmerno velike potrebe po dušiku (npr. plodovke in zelje med kapusnicami). Najvišje izmerjene vrednosti mineralnega dušika v tleh so običajno v zavarovanih prostorih. Pri zelenjadnicah kmetje v Pomurju največkrat odvzamejo vzorce iz globine do 30 cm, v redkih primerih tudi do globine

do 60 cm. Odvzem vzorcev do globine 30 cm nam ne poda zadovoljivega rezultata pri kulturah z globljim koreninskim sistemom. Med napakami, ki jih velja omeniti, so tudi odvzemi vzorcev izven vegetacije (po pravilu pridelkov).

Za vrtnine so ciljne vrednosti za gnojenje z dušikom na osnovi Nmin analiz navedene v tehnoloških navodilih za integrirano pridelavo, medtem ko za poljščine ni enotnih navodil. V tehnoloških navodilih za integrirano pridelavo poljščin je zapisano, da je ciljne vrednosti in odmerke za gnojenje posameznih poljščin na podlagi izvedenih meritev (mineralnega NO<sub>3</sub>-N ali skupnega Nmin = NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N v tleh) potrebno pridobiti s strani ustrezne strokovne službe (Džuban in sod.,2009).

Preglednica 7: Število Nmin analiz pri vrtninah po letih in mesecih

| leto/mesec     | FEB | MAR | APR | MAJ | JUN | JUL | AVG | SEP | skupaj vzorcev |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
| 2006           |     |     |     |     | 1   |     |     |     | 1              |
| 2007           | 1   | 2   | 1   | 1   |     | 1   | 7   |     | 13             |
| 2008           |     |     | 2   | 12  | 5   | 7   | 1   |     | 27             |
| 2009           |     | 4   | 4   | 3   | 6   | 5   | 9   | 1   | 32             |
| skupaj vzorcev | 1   | 6   | 7   | 16  | 12  | 13  | 17  | 1   | 73             |

#### 4 Sklepi

Na njivskih površinah v Pomurju je izven vegetacije v povprečju manj kot 50 kg/ha N, vsebnosti mineralnega dušika v tleh se povečujejo od aprila do junija, nakar spet upadajo. Povprečje štirih let (2006 do 2009) je 92 kg/ha N, opazne so razlike med leti, in sicer več kot je padavin, manj je mineralnega dušika.

V svetovalni praksi ugotavljamo, da imamo ciljne vrednosti za dognojevanje z dušikom na osnovi Nmin analize le za tri poljedelske kulture (Leskovšek, 1998; Sušin, 2000); za pšenico (120 kg/ha N za 1. dognojevanje), za koruzo (160-240 kg/ha N za dognojevanje v fazi 7-9 lista) in za krompir (110-170 kg/ha N ob setvi). Zahteva IPL, da je najvišja mejna vrednost tal, pri kateri ne dognojujemo z dušikom, 21 mg/kg NO<sub>3</sub>-N, ni združljiva z izvajanjem meritev v praksi. V praksi se ugotavlja vsebnost dušika na osnovi Nmin analize in so rezultati meritev izraženi v kilogramih mineralnega dušika na hektar vlažnih tal do globine 30 cm (kg/ha Nmin) in ne v mg nitratnega dušika na kilogram suhih tal (mg NO<sub>3</sub>-N/kg tal). Ciljnih vrednosti za dognojevanje poljščin na osnovi izmerjene vsebnosti nitrata (NO<sub>3</sub>-N) v sušini tal v strokovnih službah nimamo in ne moremo izdelovati priporočil za dognojevanje njivskih kultur na osnovi tovrstne analize. Tako se analize mineralnega dušika v tleh izvajajo pretežno zaradi zahtev (kontrolorjev IPL) in ne zaradi ciljnega gnojenja. Zato prinašajo pridelovalci vzorce tal v laboratorij celo leto in za vse kulture: buče, oljno ogrščico, detelje, ogrščico, sončnice, sirek, ljuljko, grah. 1714 pridelovalcev ni niti navedlo kulture, za katero je bila narejena analiza mineralnega dušika.

Analize mineralnega dušika v tleh bi bilo potrebno dosledno izvajati, upoštevati čas in globino vzorčenja in izbrati, vpeljati ter standardizirati metodo določanja mineralnega dušika v tleh.

#### 5 Literatura

Bavec, M. 2003. Tehnike pridelovanja zelenjadnic. Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano: 58 s.

- 
- Džuban, T., Bavec, F., Zadravec, D., Jančar, M., Simončič, A., Rak Cizej, M., Ogorelec, A., Bolčič, J., Kumer, V., Kelenc, I., Pušenjek, M., Škerbot, I., Hrustel Majcen, M., Vranac, S., Znidarič, B. 2010. Tehnološka navodila za integrirano pridelavo zelenjave. Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano: 109 s.
- Džuban, T., Bavec, M., Lešnik, M., Simončič, A., Leskošek, G., Flisar Novak, Z., Petkovič, J., Majer, D., Majerič, B., Hrustel Majcen, M., Vranac, S., Znidarič, B. 2009. Tehnološka navodila za integrirano pridelavo poljščin. Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano: 72 s.
- Leskošek, M., Mihelič, R. 1998. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. 1. del, Poljedelstvo in travništvo: 51 s.
- Mihelič, R. 2004. Dognojevanje korus z dušikom na podlagi koncentracije nitratnega dušika v tleh. V: Zbornik simpozija Novi izzivi v poljedelstvu, Čatež ob Savi 13-14. dec. 2004: 91-98
- Kmetijsko gozdarski zavod Murska Sobota. 2010. Podatkovne baze KGZS-Zavod M. Sobota
- Sušin, J., Kmecl, V. 2000. Navodila za uporabo RQ-flexa. Kmetijski inštitut Slovenije. 15 s.
- Fenološki razvoj rastlin. 2010. Dostopno na: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/pheno> (september, 2010)



## **Dolgoročni učinek (1993-2009) diferenciranega gnojenja z organskimi gnojili in mineralnega dušika na pridelek in gospodarnost treh poljščin v kolobarju na dveh lokacijah**

Zoran ČERGAN<sup>9</sup>, Anton TAJNŠEK<sup>10</sup>

### **Izveleček**

Na lokacijah v Rakičanu pri Murski Soboti (globoka peščeno ilovnata tla) in na Jablah pri Ljubljani (globoka meljasto ilovnata tla) smo v dveh trajnih poljskih poskusih, ki potekata od leta 1993 in imata oba enako bločno zasnovo s tremi ponovitvami blokov, preučevali vpliv štirih stopenj gnojenja z mineralnim dušikom (N-min) in dveh gnojenj z organskimi gnojili (hlevski gnoj, slama) na povprečni maksimalni in optimalni pridelek poljščin v kolobarju (koruza, pšenica, ječmen/oves), prihodek pri maksimalnem in optimalnem pridelku, maksimalno neto dodano vrednost (pokritje) in nekatere druge gospodarsko in okoljsko pomembne parametre pridelovanja. Za izračun teh parametrov smo uporabili računalniški paket BOGU.BAS. V dolgoletnem obdobju 1993-2009 so bili v povprečju kolobarja na obeh lokacijah doseženi praktično enaki maksimalni pridelki (64-67 dt/ha), v skoraj enakih odmerkih in obrokih N-min. Rezultati pa kažejo na izrazito različnost lokacij glede na gnojenje z N-min za doseganje maksimalne neto dodane vrednosti in glede števila obrokov zanje. Gnojenje za maksimalni pridelek lahko vodi v letih, ko je odkupna cena pšenice nizka, do negativne neto dodane vrednosti, torej do finančnih izgub. Primerjava gospodarnosti med dvema letoma, z zelo različnimi odkupnimi cenami pšenice (leti 2009 in 2010), je pokazala zelo različno neto dodano vrednost, vendar ob le delno spremenjenem optimalnem številu gnojilnih obrokov in odmerkov N-min. Na lokaciji Rakičan je niša optimalnega gnojenja izrazito ožja kot na lokaciji v Jablah, zato je potrebna večja pozornost pri odmerjanju obrokov in celotnega odmerka N-min. Gnojenje za maksimalni pridelek žit vodi do visokega sproščanja CO<sub>2</sub> v zrak.

**Ključne besede:** trajni poljski poskus, gnojenje z N, neto dodana vrednost, kolobar, odkupna cena pšenice, cena N, maksimalni pridelek, tretji približek zakona o pridelku

## **The long-term effect of differentiated fertilization with organic manure and mineral nitrogen on the yield and economics of three crops in the field crop rotation**

### **Abstract**

Within the long term-static field trials at Rakičan near Murska Sobota (deep sandy loam soil), and at Jable near Ljubljana (deep silty loam soil), which started in 1993, and both arranged as a randomized blocks trial with three repetitions, the impact of four levels of mineral nitrogen (N-min) fertilisation and two levels of organic fertilisation (farmyard, straw) on the average maximal and optimal yield (with a three-year field rotation of grain maize, wheat and barley/oats) were examined, including economics of three crops in the rotation, net value added at maximal and optimal yield, and some others important economical and environmental parameters of field crops. All these parameters were calculated by use of computer package BOGU BAS, obtained from LUFA Kassel. In the long-term period 1993-2009 maximal field crop yields on both locations were almost equal (64-67 dt/ha), and they were achieved at nearly the same amounts of N-min and N-min rates. But, location has a great impact on maximal net value added per hectare and on the number of rates. When the redemption price is low, N-fertilisation for maximal yield can lead to negative net value added. Despite of different redemption prices between two years (2009 and 2010), the optimal number of N-min rates were in the both years almost the same. On the location at Rakičan the niche of optimal N-fertilisation amount is narrower than at Jable, therefore at Rakičan we have to pay more attention to mineral nitrogen fertilisation rates and to total

<sup>9</sup> Univ. dipl. inž. agr., kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, e pošta: zoran.cergan@kis.si

<sup>10</sup> Prof. dr., Seljakovo naselje 37, 4000 Kranj, e pošta: tone.tajnsek@bf.uni-lj.si

amount of N-min. On the both locations, N-fertilisation for maximal yield leads to high amounts of green-house CO<sub>2</sub>.

**Key words:** long-term field trial, nitrogen fertilization, net value added, crop rotation, wheat redemption price, price of wheat, maximal yield, the third approximation of the yield law

## 1 Uvod

Zaradi inercije iz preteklih obdobij, ko so v avtarkičnih razmerah kmetje pridelovali poljščine, s ciljem za čim višje pridelke, si poljedelci tudi še danes pogosto zastavljajo za glavni cilj proizvodnje, kako doseči kar najvišji pridelek. Ta cilj zasledujejo tudi nekateri raziskovalci, ki preučujejo optimiranje gnojilnih odmerkov dušika (N) za posamezne poljščine (Briški s sod. 1998; Briški L., Gregorčič A. in Kmecl V. 1998). V vse bolj zaostrenih razmerah odprtega mednarodnega trga, ko se cene kmetijskih pridelkov večinoma nižajo, cene reprodukcijskega materiala pa stagnirajo ali se celo višajo, postajata tudi za našega poljedelca prvenstvenega pomena čim višja neto dodana vrednost (vrednost proizvodnje, zmanjšana za vrednost inputa) in neto poslovni presežek (od neto dodane vrednosti odšteti stroški za zaposlene) v pridelavi poljščin (Žaucer, 2010). Neto dodana vrednost (NDV) je nov izraz za tako imenovano finančno pokritje, ki smo ga uporabljali v preteklosti (Tajnšek s sod. 1996). NDV izražamo z €/ha. S povečevanjem gnojilnih odmerkov se NDV v nekem intervalu povečuje, zaradi čedalje manjšega učinka gnojenja na prirast pridelka (zakon o padajočih prirastkih pridelka) pa začne NDV nato padati. S stopnjevanjem gnojilnega odmerka pridemo do točke, ko postane NDV negativna. To pomeni, da smo z gnojenjem pridelali gospodarsko škodo - v primerjavi s primerom, ko ne bi gnojili. S povečevanjem gnojilnih odmerkov se lahko pridelek postopno še vedno povečuje, vendar je od neke točke dalje vrednost povečanega pridelka nižja, kot so stroški gnojenja.

Pri določanju optimalnih odmerkov dušika in njegovih obrokov za poljščine je težava v dejstvu, da je odmerek za maksimalni pridelek vedno višji kot odmerek za maksimalno gospodarnost (=NDV) gnojenja, težko pa ugotovimo, kolikšen je pravilen odmerek N. Opravljenih je bilo več raziskav (Tajnšek s sod. 2001, Tajnšek s sod. 2002, Tajnšek 2006), v katerih so preučevali vpliv lokacije na maksimalni in optimalni pridelek posamezne poljščine v kolobarju. Taka raziskava pa daje le delni vpogled v gospodarnost pridelave, saj v analizo niso zajete istočasno vse poljščine na kmetiji. Za dolgoletno povprečje treh glavnih poljščin v kolobarju (koruza, pšenica, ječmen) je bila opravljena študija o vplivu lokacije na nekatere kazalnike gospodarnosti gnojenja z organskim in mineralnim dušikom (Tajnšek in Čergan 2010). Doslej pa ni bila opravljena študija o vplivu odkupne cene poljščin na maksimalno NDV z N-min gnojenjem in tudi ni bil preučen vpliv odkupne cene pšenice na potrebno število dognoevanj z N-min za doseganje maksimalne NDV.

Zastavili smo si cilj, da preučimo naslednja vprašanja:

- učinek organskega gnojenja na povprečni pridelek poljščin v triletnem kolobarju,
- učinek stopnjevanega gnojenja z N-min na povprečni pridelek poljščin v kolobarju,
- pri kolikšnem gnojenju z N-min dosežemo maksimalni pridelek,
- pri kolikšnem gnojenju z N-min dosežemo maksimalno NDV,
- kolikšen je učinek odkupne cene poljščin na optimalno število dognoevanj z N-min.

## 2 Material in metode dela

Poljske raziskave smo izvedli na primeru dolgotrajnih poljskih poskusov IOSDV Rakičan (peščeno ilovnata tla) in IOSDV Jable (meljasto ilovnata tla). V poskusu, ki je bil zasnovan

leta 1992 (prva žetev leta 1993) kot statični poljski poskus s tremi ponovitvami osnovnih variant (osnovna parcela 30 m<sup>2</sup>) smo v kolobarju koruza, pšenica in ječmen oziroma oves (Jable) za potrebe raziskave izbrali dve varianti (=sistema gospodarjenja) organskega gnojenja in sicer: gnojenje s hlevskim gnojem (B) in gnojenje s slamo, vključno s koruznico in podorino, ki je bila oljna redkev. Obe varianti smo gnojili z mineralnim dušikom (N-min) v štirih stopnjah gnojenja. V podrobnostih so bili pogoji pridelovanja naslednji:

lokaciji pridelovanja: IOSDV Rakičan in IOSDV Jable,

kolobar v IOSDV Rakičan je bil: koruza, ozimna pšenica, ozimni ječmen;

kolobar v IOSDV Jable: koruza, ozimna pšenica, ozimni ali jari ječmen ali oves.

Organsko gnojenje v varianti z gnojem (B) je bilo: 30 t/ha hlevskega gnoja pred setvijo koruze,

organsko gnojenje v varianti s slamo (C): po vsaki poljščini podor slame ali koruznice, po ječmenu oziroma ovsu gnojeno s 60 kg/ha N (ta količina ustreza količini N v hlevskem gnoju v varianti z gnojem), spomladi pred setvijo koruze podor oljne redkve.

Gnojenje z N-min v povprečju vseh poljščin v kolobarju, s štirimi stopnjami gnojenja je bilo naslednje:

N0 – 0 kg N/ha

N1 – 73 kg N/ha

N2 – 147 kg N/ha

N3 – 220 kg N/ha.

Preračunavanja maksimalnega pridelka, največjega pokritja, potrebnega odmerka N-min za maksimalni pridelek in za največje pokritje so bila opravljena na osnovi tretjega približka zakona o pridelku (Boguslawski E. von; Schneider B. 1964), ki ima naslednjo formulo:

$$y = M \times 10^{-z \left| \log \frac{x+i}{m+i} \right|^n}$$

s parametri: maksimalno dosegljivi pridelek ( $M$ ), dejanski pridelek ( $m$ ), količina pognojenega N-min ( $x$ ), količina N, ki se nahaja v tleh pred gnojenjem z N-min ( $i$ ), eksponenta  $z$  in  $n$  pa opisujeta strmost krivulje, predvsem v začetnem ( $z$ ) in končnem ( $n$ ) delu krivulje.

Za izračun smo uporabili računalniški paket BOGU.BAS (Horst H. in J. Heyn 1995). Izračun smo opravili po maloprodajnih cenah za dušikovo gnojilo (KAN, 27% N) in stroške gnojenja, ter določili povprečne ponderirane prodajne cene za koruzo, pšenico in ječmen oziroma oves.

Za izračun gospodarnosti gnojenja z N-min smo uporabili naslednje cene: Za N v letu 2009 0,924 €/kg N in v letu 2010 0,948 €/kg N. Strojne storitve, vključno s stroški živega dela, 23,28 €/ha za vsak prehod, enako v obeh letih.

Ponderirana prodajna cena žit v kolobarju je znašala 11,5 €/dt zrnja v letu 2009 in 21,00 €/dt zrnja v letu 2010.

### 3 Rezultati z diskusijo

Primerjava maksimalno dosegljivih pridelkov žit v kolobarju, kot jih izračunamo po tretjem približku zakona o pridelku, je pokazala sorazmerno veliko skladnost med lokacijama Rakičan in Jable, za manj kot 2 dt/ha zrnja pa se razlikujeta tudi maksimalna pridelka med obema variantama organskega gnojenja (hlevski gnoj ali slama). Iz preglednic 1 in 2 razberemo, da je bil v dolgoletnem povprečju kolobarja na lokaciji Rakičan višji maksimalni pridelek v varianti z gnojem (65 dt/ha zrnja), na lokaciji Jable pa v varianti s slamo (66,7 dt/ha). Odmerek N-min

za maksimalni pridelek je bil v Rakičanu pričakovano nižji v varianti z gnojem (197 kg/ha N) kot v varianti s slamo (240 kg/ha N), medtem ko je bil na lokaciji Jable v obeh variantah organskega gnojenja odmerki N-min praktično enak (261 oziroma 262 kg/ha N). Kljub nekoliko manjšemu odmerku N-min na lokaciji Rakičan ocenjujemo, da je na obeh lokacijah treba z N-min obilno gnojiti za doseganje maksimalnega pridelka v povprečju vseh treh poljščin v kolobarju. Zanimivo, da je bil maksimalni pridelek na obeh lokacijah dosegljiv pri 3 – 4 obrokih gnojenja. Iz tabel 1 in 2 je razvidno, da je bil hektarski prihodek, sorazmerno s povišano odkupno ceno žit, v letu 2010 več kot enkrat višji kot v letu pred tem. Prihodek (vrednost proizvodnje na hektar) je bil v varianti z gnojem v Rakičanu višji kot na Jablah in sicer prvo leto za 51 €/ha in drugo leto za 66 €/ha, v varianti s slamo pa je bil pri maksimalnem pridelku povprečja poljščin v kolobarju prihodek višji na Jablah in sicer: prvo leto za 21 €/ha in drugo leto za 55 €/ha.

*Preglednica 1: Gospodarnost gnojenja s slamo, gnojem in N-min v dolgoletnem povprečju (1993-2009) kolobarja s koruzo, pšenico in ječmenom, glede na cene žita in stroške dognojevanja z N-min (IOSDV Rakičan, leti 2009 in 2010)*

| PARAMETER                                                                   | RAKIČAN   |       |           |       |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------|-------|
|                                                                             | Leto 2009 |       | Leto 2010 |       |
|                                                                             | Gnoj      | Slama | Gnoj      | Slama |
| Maksimalni pridelek povprečja poljščin (dt/ha)                              | 65,0      | 63,2  | 65,0      | 63,2  |
| Hektarski pridelek pri ničelnem postopku (AN0 = brez N-min)                 | 45,7      | 44,9  | 45,7      | 44,9  |
| Odmerek N-min pri maksimalnem pridelku (kg/ha N-min)                        | 197       | 240   | 197       | 240   |
| Prihodek pri maksimalnem pridelku (€/ha)                                    | 473       | 413   | 1169      | 1039  |
| NDV z N-min pri maksimalnem pridelku (€/ha)                                 | -52       | -103  | 157       | 97    |
| Število obrokov pri maksimalnem pridelku                                    | 3         | 4     | 3         | 4     |
| Prihodek pri optimalnem gnojenju N-min (€/ha)                               | 599       | 574   | 1117      | 1124  |
| NDV z N-min pri optimalnem gnojenju (€/ha)                                  | 73        | 57    | 210       | 182   |
| Gnojenje pri optimalnem pridelku (kg/ha N-min)                              | 73        | 73    | 73        | 73    |
| Število obrokov pri optimalnem gnojenju                                     | 1         | 1     | 1         | 1     |
| Prekomerno gnojenje (kg/ha N)                                               | 124       | 167   | 124       | 167   |
| Emisije CO <sub>2</sub> s preobilnim gnojenjem z N (kg/ha CO <sub>2</sub> ) | 725       | 1016  | 725       | 1016  |

Ob upoštevanju zgoraj navedenih kriterijev gospodarnosti bi lahko sklepali, da lahko dosegamo pri gnojenju z N-min pri pridelovanju glavnih žit (koruze, ozimne pšenice, ozimnega ječmena ali ovsa) na IOSDV Jable in IOSDV Rakičan približno enako gospodarsko učinkovitost. A dejstva so drugačna! Najrealnejši kazalnik učinkovitosti gnojenja z N-min je namreč NDV, izražena v €/ha. Odvisna je od prirastka pridelka za vsak pognojeni kilogram dušika in od stroškov gnojenja. V IOSDV Rakičan je prirastek pridelka nižji kot na Jablah, čeprav se povprečni pridelek žit povečuje vse do odmerka 197 kg/ha N-min v varianti z gnojem in v varianti s slamo do 240 kg/ha N.

Problem je v dejstvu, da je lahko vrednost prirastka pridelka nižja od stroškov gnojenja. V tem primeru ustvarjamo z gnojenjem negativno neto dodano vrednost.

Preglednica 1 prikazuje, da je bila leta 2009 Rakičanu pri maksimalnem pridelku NDV negativna (-52 €/ha pri gnoju in -103 €/ha pri slami), v letu 2010 pa je bila NDV pozitivna (157 52 €/ha pri gnoju in 97 52 €/ha pri slami), medtem ko je bila na lokaciji Jable NDV pri

maksimalnem pridelku v obeh letih pozitivna (pregl. 2). Te ugotovitve ne pomenijo nujno, da je na lokaciji Rakičan pridelovanje žit pri maksimalnem pridelku vodilo v izgubo na hektar, saj so bili pridelki brez gnojenja z dušikom (AN0 = ničelna varianta) sorazmerno visoki (v povprečju za 41% višji kot na Jablah), in tako so bili lahko stroški inputa - vključno s stroški za gnojenje na maksimalni pridelek - nižji kot je bila vrednost proizvodnje.

*Preglednica 2: Gospodarnost gnojenja s slamo, gnojem in N-min v dolgoletnem povprečju (1993-2009) kolobarja s koruzo, pšenico in ječmenom/ovsom, glede na cene žita in stroške dognojevanja z N-min (IOSDV Jable, leti 2009 in 2010)*

| PARAMETER                                                                   | JABLE     |       |           |       |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------|-------|
|                                                                             | Leto 2009 |       | Leto 2010 |       |
|                                                                             | Gnoj      | Slama | Gnoj      | Slama |
| Maksimalni pridelek povprečja poljščin (dt/ha)                              | 65,7      | 66,7  | 65,7      | 66,7  |
| Hektarski pridelek pri ničelnem postopku (AN0 = brez N-min)                 | 31,8      | 31,0  | 31,8      | 31,0  |
| Odmerek N-min pri maksimalnem pridelku (kg/ha N-min)                        | 262       | 261   | 262       | 261   |
| Prihodek pri maksimalnem pridelku (€/ha)                                    | 422       | 434   | 1103      | 1094  |
| NDV z N-min pri maksimalnem pridelku (€/ha)                                 | 57        | 77    | 435       | 442   |
| Število obrokov pri maksimalnem pridelku                                    | 4         | 4     | 3         | 4     |
| Gnojenje pri optimalnem pridelku (kg/ha N-min)                              | 147       | 147   | 192       | 200   |
| Prihodek pri optimalnem gnojenju N-min (€/ha)                               | 522       | 526   | 1111      | 1126  |
| NDV z N-min pri optimalnem gnojenju (€/ha)                                  | 157       | 169   | 444       | 496   |
| Število obrokov pri optimalnem gnojenju                                     | 2         | 2     | 3         | 3     |
| Prekomerno gnojenje (kg/ha N)                                               | 115       | 114   | 70        | 61    |
| Emisije CO <sub>2</sub> s preobilnim gnojenjem z N (kg/ha CO <sub>2</sub> ) | 699       | 693   | 426       | 371   |

Na Jablah, kjer so bili povprečni pridelki poljščin v ničelni stopnji gnojenja (AN0) nizki, je bil učinek gnojenja z N-min izdatnejši, tako da je bila tudi pri maksimalnem pridelku neto dodana vrednost, za razliko od Rakičana, v obeh letih pozitivna, vendar daleč izpod maksimalno neto dodane vrednosti, ki je dosegljiva pri optimalnem gnojenju.

Preglednica 1 prikazuje, da je bilo treba za maksimalno neto dodano vrednost pri gnojenju z N-min pognojiti v IOSDV Rakičan, v povprečju vseh poljščin, 73 kg/ha N-min, in sicer za vsako poljščino v enem samem spomladanskem obroku. V tem primeru je bila NDV v obeh letih pozitivna in sicer: v letu 2009 je znašala 73 €/ha (gnoj) in 57 €/ha (slama), v letu 2010 pa 210 €/ha (gnoj) in 282 €/ha (slama). Ob gnojenju za optimalno (največjo) neto dodano vrednost bi se izognili prekomernemu gnojenju v višini 124 kg/ha N (varianta z gnojem) oziroma 167 kg/ha N (varianta s slamo).

Prekomerno gnojenje z N ima tudi okoljsko negativne posledice. Če upoštevamo, da je za sintezo 1 kg N-min potrebno skuriti 1 kg nafte, za distribucijo gnojila do kmeta in potem do njive pa se pokuri še 1 kg nafte, gre za sintezo kilograma N-min 6,08 kg CO<sub>2</sub> v zrak. Tako prispeva gnojenje za maksimalni pridelek na lokaciji IOSDV Rakičan 725 kg/ha toplogrednega CO<sub>2</sub> v varianti z gnojem in 1016 CO<sub>2</sub> v varianti s slamo.

Iz preglednice 2 razberemo, da je v IOSDV Jable maksimalna dodana vrednost z N-min znatno višja kot v IOSDV Rakičan, in sicer znaša 57 €/ha (gnoj) oziroma 77 €/ha (slama) v letu 2009 ter 435 €/ha (gnoj) in 442 €/ha (slama) v letu 2010. Za doseganje te neto dodane vrednosti je bilo potrebno gnojiti z N-min v letu 2009 v dveh obrokih in v letu 2010 v treh

obrokih. Na povečanje števila obrokov v drugem letu je vplivala višja odkupna cena pšenice. Sorazmerno z manjšo količino prekomernega N/ha, v primerjavi z IOSDV Rakičan, je bila v Jablah tudi količina izpusta CO<sub>2</sub> v zrak manjša, v varianti z gnojem je znašala v letu 2009 699 kg/ha CO<sub>2</sub> in v varianti s slamo 693 kg/ha CO<sub>2</sub>, v letu 2010 pa 426 kg/ha toplogrednega CO<sub>2</sub> in 371 kg/ha CO<sub>2</sub>.

#### 4 Sklepi

Gnojenje z N, s ciljem za maksimalni pridelek, vodi po pravilu do zmanjšanja neto dodane vrednosti, v primerjavi z gnojenjem za maksimalno neto dodano vrednost.

Višina prekomernega gnojenja je lahko od lokacije do lokacije zelo različna (do več kot 150 kg/ha N-min), temu sorazmeren je izpust CO<sub>2</sub> v zrak. Vsekakor lahko za območje Rakičana količina toplogrednega CO<sub>2</sub> zaradi gnojenja za maksimalni pridelek presega 1t/ha CO<sub>2</sub>.

Čeprav sta lahko na dveh lokacijah maksimalna pridelka poljščin enaka in potrebno število odmerkov N zanju enako ali podobno, je lahko gospodarnost tega gnojenja na obeh lokacijah zelo različna.

Če se odkupna cena žit poveča, se lahko zmanjša število potrebnih obrokov gnojenja z N-min. Kljub občutno višji odkupni ceni žit v letu 2010, v primerjavi z letom pred tem, se v Rakičanu število optimalnih obrokov za maksimalno neto dodano vrednost ni povečalo (zadoščal je en spomladanski obrok), v Jablah pa se je z dveh povečalo na tri obroke.

Učinek gnojenja z N-min je na Jablah znatno višji kot v Rakičanu.

Z zmanjševanjem odkupnih cen žita je, ob stagnaciji ali celo višanju materialnih stroškov za pridelavo, gnojenje za maksimalno neto dodano vrednost nujno, sicer lahko z gnojenjem z N ustvarimo izgubo (primer Rakičan).

Za učinkovito odmerjanje optimalnih odmerkov in obrokov N-min za poljščine je potrebno postaviti poleg obstoječih trajnih poskusov še več podobnih poskusov na reprezentativnih lokacijah. S pavšalnimi, iz tujine prenesenimi priporočili, bo pridelek žit še naprej stagniral.

Gnojenje z N-min na lokaciji, ki ima podobne pogoje kot IOSDV Rakičan, zahteva od pridelovalca več znanja in več previdnosti kot na lokaciji v Jablah, kjer je učinek N-min na prirast pridelka višji kot v Rakičanu.

#### 5 Literatura

- Boguslawski, E., Schneider, B. 1962. Die dritte Annäherung des Ertragsgesetzes. Z. Acker- und Pflanzenbau, 114: 221-236
- Briški, L., Gregorčič A., Kmecl, V., Resnik, M., Sušin, J., Žnidaršič-Pongrac, V. 1998. Izboljšana tehnologija gnojenja koruze z dušikom. V: Tajnšek, A. in Šantavec I. (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu '98 : zbornik simpozija, [Dobrna, 3. in 4. december 1998] : proceedings of symposium. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 42-47
- Briški, L., Gregorčič A., Kmecl, V. 1996. Gnojenje poljščin z dušikom. V: ŠESEK, Predrag (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu '96 : zbornik simpozija, [Radenci, 9. in 10. decembra 1996] : proceedings of symposium. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 213-222
- Horst, H., Heyn J. 1995. Ein PC Programm zur Errechnung von Ertragskurven nach der Dritten Annäherung an das Ertragsgesetz von E. v. Boguslawski und Schneider (1962, 1963, 1964), Hessische Landwirtschaftliche Versuchsanstalt, Kassel: 10 s.
- Tajnšek, A., Udovč, A., Šantavec, I. 1996. Gospodarnost sistemov njivske proizvodnje in njihova ekološka sprejemljivost = Economy of field production systems and their ecological acceptability. V: ŠESEK, Predrag (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu '96 : zbornik simpozija, [Radenci, 9. in 10. decembra 1996] : proceedings of symposium. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 25-31

- Tajnšek, A., Šantavec, I., Čeh, B. 2001. The influence of a production system and nitrogen fertilization rate on economical parameters of arable crops in a three-year crop rotation. Arch. Acker - Pflanzenbau Bodenk., 47: 409-422
- Tajnšek, A., Šantavec, I., Čeh, B. 2002. Gospodarnost in ekološka sprejemljivost pridelovanja poljščin v kolobarju glede na gnojenje z dušikom in lokacijo pridelovanja = Economical and ecological acceptance of field crops production in view of nitrogen fertilisation and location. Sodob. kmet., 3510: 394-400
- Tajnšek, A. 2006. Landwirtstrategie zu Handeln nach Regeln der Nitratdirektive: Reichen die bisherigen Fachrichtlinien? = Strategija kmeta za ravnanje po pravilih nitratne direktive: zadostujejo dosedanja strokovna navodila? = The strategy of a farmer to act according to the rules of the nitrate directive: are the present professional guidelines enough?. Acta agric. Slov.. [Tiskana izd.], 87, 1: 79-91
- Tajnšek, A., Čergan, Z. 2010. Langzeitwirkung (1993-2009) Differenzierter Organischer und N-min-Düngung auf den Ertrag und die Wirtschaftlichkeit der Feldfrüchte an Zwei Standorten. V: [IOSDV Wintertagung 2010] : Rauischholzhausen, 7. März bis 9. März 2010. [Giessen: Internationale Arbeitsgemeinschaft für Dauerversuche (ILTE/IOSDV) in der Internationalen Bodenkundlichen Union (IUSS)]
- Žaucer I. 2010. Realni dohodek iz kmetijstva, Slovenija. Metodološka pojasnila. Dostopno na: [http://www.stat.si/doc/metod\\_pojasnila/15-073-mp.htm](http://www.stat.si/doc/metod_pojasnila/15-073-mp.htm) (nov. 2010)



## Vpliv gnojenja z dušikom na ekonomsko učinkovitost pridelave ozimne pšenice (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.)

Barbara ZAGORC<sup>11</sup>, Marjeta PINTAR<sup>12</sup>

### Izvleček

Ekonomsko učinkovitost pridelave ozimne pšenice glede na gnojenje z dušikom (N) smo proučili na rezultatih poskusa dognojevanja ozimne pšenice sorte Žitarka. V poskusu smo ugotavljali, kako različni gnojilni postopki dognojevanja z N (različna skupna količina, število dognojevanj in izbira ciljne vrednosti ob prvem dognojevanju) vplivajo na velikost pridelka in parametre kakovosti pšenice. Z ekonomsko analizo smo ugotovili, da različni gnojilni postopki pri dognojevanju pšenice z N pomembno vplivajo na ekonomske kazalce pri pridelavi pšenice. Kot ekonomsko najučinkovitejše se je v proučevanih razmerah izkazalo dognojevanje z 210 kg N/ha, v treh obrokih in s ciljno vrednostjo ob prvem dognojevanju 120 kg N/ha.

**Ključne besede:** ozimna pšenica, gnojenje z dušikom (N), kakovost zrnja, ekonomičnost pridelave

## The influence of nitrogen fertilization on economic efficiency of winter wheat (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.) production

### Abstract

The economic efficiency of winter wheat production with regard to nitrogen (N) fertilisation was studied on the results of experiment with the fertilisation of winter wheat variety Žitarka. In the experiment it was found out how different fertilisation treatments of N sidedressing (different total quantity, number of sidedressing and the target value at the first sidedressing) affect the yield quantity and the parameters of wheat quality. Economic analysis was used to establish the fact that different fertilisation treatments of wheat with N influenced significantly the economics of wheat production. Economically the most efficient sidedressing of winter wheat in the studied conditions was that with the total sidedressing up to 210 kg N/ha applied in three rates, and that with the target value of 120 kg N/ha at the first sidedressing.

**Key words:** winter wheat, nitrogen (N) fertilization, grain quality, economy of production

### 1 Uvod

Oskrbljenost posevka ozimne pšenice z dušikom (N) med rasno dobo je eden ključnih dejavnikov, ki preko doseženega pridelka ter kakovosti zrnja vpliva na ekonomičnost pridelave pšenice. Številni avtorji (Tomasović, 1990; Leskošek, 1994a,b; Pechanek in sod., 1997, Sušin in Zemljič, 2002, Garrido-Lestache in sod., 2004) poročajo o dognojevanju pšenice z N, ki pomembno vpliva na bujnost posevka, hitrost rasti, velikost in število klasov in zrn ter na nekatere pokazatelje kakovosti pridelka (vsebnost surovih beljakovin, sedimentacija, hektolitrska masa).

Ozimno pšenico z N dognojujemo v dveh do treh obrokih. Medtem ko nekateri avtorji (Tomasović, 1990, Pechanek in sod., 1997) ugotavljajo, da s tretjim dognojevanjem ne pripomoremo k statistično značilnemu povečanju pridelka, pa Briški (1994) ter Leskovšek (1994a,b) navajata, da se s 3. dognojevanjem poveča tako pridelek kot vsebnost surovih beljakovin (SB) v zrnju. Z dosedanjimi poskusi in raziskavami na območju Slovenije so

<sup>11</sup> Univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: barbara.zagorc@kis.si

<sup>12</sup> Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: marjeta.pintar@kis.si



poskušali ugotoviti optimalne odmerke N v času vseh treh dognojevanj ter povezavo med gnojilnimi odmerki N ter kakovostjo zrnja pšenice.

Vsebnost beljakovin v zrnju pšenice je odvisna od dejavnikov okolja, sortnih značilnosti, časa dognojevanja z N in velikosti odmerka N ter medsebojnih vplivov teh dejavnikov. Vsebnost SB vpliva na primernost zrnja za peko kruha, zato zrnje z večjo vsebnostjo SB dosega večjo ceno. Odkupna cena pšenice se tako v svetu kot tudi v Sloveniji oblikuje glede na parametre kakovosti. Parametri kakovosti, ki v Sloveniji določajo odkupno ceno, so predstavljeni v preglednici 1.

*Preglednica 1: Parametri kakovosti pšenice*

| Parameter kakovosti          | Razredi |     |      |
|------------------------------|---------|-----|------|
|                              | A       | B   | C    |
| Surove beljakovine (%)       | 14      | 12  | 10,3 |
| Hektolitrska masa (kg/100 l) | 78      | 76  | 74   |
| Število padanja (FN)         | 280     | 250 | 220  |
| Sedimentacija                | 45      | 35  | 30   |

Vir: Zemljič in Ileršič, 2008

Ker tako pridelek kot tudi vsebnost SB vplivata na doseženi dohodek, želijo kmetje gnojiti z N v terminih in z odmerki, ki omogočajo maksimiranje dohodka tako glede količine pridelka kot tudi vsebnosti SB (Karuaihe in Young, 2005).

Ni veliko študij, ki so proučevale različen vpliv gnojenja z N ter ekonomske posledice le tega na kakovost pridelka. Tako López-Bellido in sod. (2001) dokazujejo, da je gnojenje z N ključni dejavnik, ki določa pekarske lastnosti pšenice in zato najboljši možni način, s katerim kmet optimizira kakovost pšenice. Maksimiranje dobička, ki ga omogoča doseganje optimalne stopnje dognojevanja jare pšenice z N glede na različne cene pšenice, cene N ter strukturo premij ter odbitkov glede na vsebnost beljakovin, so raziskovali tudi Baker in sod. (2004). Ker N vpliva tako na pridelek kot na ceno, sta Gandorfer in Rajsić (2008) razvila model, ki raziskuje ekonomsko optimalno gnojenje ozimne pšenice z N v odvisnosti od pridelka ter vsebnosti beljakovin, ki določajo ceno pšenice.

V slovenskem prostoru sta Tanjšek A. in Tanjšek L. (2004) ugotavljala vpliv gnojenja pšenice na nekatere pekarske lastnosti pšenice in odkupno ceno pri intervencijskem odkupu. Ugotovila sta, da gnojenje z mineralnim N pomembno vpliva na izboljšanje kakovosti pšeničnega zrnja in na višino intervencijske cene. Vendar pa tudi ugotavljata, da je glede na le zmerno zvišanje intervencijske cene pri pridelku zelo kakovostnega zrnja za pridelovalce gospodarnejši velik pridelek srednje kakovostnega zrnja kot pa srednje velik pridelek zelo kakovostnega zrnja.

Namen naše raziskave je ugotoviti, kako vpliv gnojenja z N preko pridelka in parametrov kakovosti (SB in sedimentacija) vpliva na ekonomsko učinkovitost pridelave ozimne pšenice tržnih pridelovalcev.

## 2 Material in metode dela

V prispevku smo ekonomsko obdelali rezultate poskusa, v katerem sta Zemljič in Sušin (2000) proučevala vpliv dognojevanja z dušikom (KAN-om) na pridelek in kakovost ozimne pšenice. Omenjeni poskus je bil izveden leta 1999 v Prekmurju (sorta Žitarka) in na Dolenjskem (sorta Profit). Od parametrov kakovosti so v raziskavi analizirali SB in sedimentacijo, ki predstavljata dva izmed parametrov kakovosti (Zemljič in Ileršič, 2008), ki vplivajo na razvrstitev pridelka pšenice v kakovostne razrede, posledično pa določajo

odkupno ceno pšenice. Razvrstitev posameznih obravnavanj v razrede kakovosti pšenice A, B in C (preglednica 1) smo opravili ob predpostavki, da v kolikor je kakovost pšenice glede na kakovostna parametra SB in sedimentacija ustrezna za uvrstitev v posamezni kakovostni razred, sta ustrezna tudi parametra število padanja in hektolitrska masa.

*Preglednica 2: Pridelek (t/ha s 14 % vlage) in parametra kakovosti zrna pšenice sorte Žitarka (Zemljič in Sušin, 2000)*

| G | Pridelek<br>(t/ha) | SB<br>(%) | SE | N<br>(kg/ha)            | Gnojilni odmerek pri dognojevanju<br>(kg N/ha) |                |              | ŠD | KR |
|---|--------------------|-----------|----|-------------------------|------------------------------------------------|----------------|--------------|----|----|
|   |                    |           |    |                         | 1 (razraščanje)                                | 2 (kolenčenje) | 3 (kласenje) |    |    |
| 1 | 3,0                | 10,47     | 30 | 23 (Nmin) <sup>1)</sup> | -                                              | -              | -            | 0  | C  |
| 2 | 4,7                | 10,69     | 30 | 80                      | 80 - Nmin                                      | -              | -            | 1  | C  |
| 3 | 5,8                | 10,76     | 30 | 120                     | 120 - Nmin                                     | -              | -            | 1  | C  |
| 4 | 5,9                | 11,19     | 41 | 160                     | 160 - Nmin                                     | -              | -            | 1  | C  |
| 5 | 6,8                | 12,55     | 43 | 170                     | 120 - Nmin                                     | 50             | -            | 2  | B  |
| 6 | 6,5                | 13,10     | 42 | 210                     | 160 - Nmin                                     | 50             | -            | 2  | B  |
| 7 | 7,0                | 14,16     | 50 | 210                     | 120 - Nmin                                     | 50             | 40           | 3  | A  |
| 8 | 6,0                | 13,29     | 45 | 170                     | 80 - Nmin                                      | 50             | 40           | 3  | B  |

\* Ob setvi v jeseni je bil poskus enotno pognojen s 450 kg NPK 7:20:30.

<sup>1)</sup> Nmin: izmerjena količina rastlinam lahko dostopnega dušika (Nmin) v tleh pred prvim dognojevanjem v fazi razraščanja = 23 kg N/ha

G: Gnojilni postopek - obravnavanje

N: Skupna ciljna vrednost N = Nmin (0-90 cm) ob prvem dognojevanju (23 kg N/ha) + gnojilni odmerek N

SE: Sedimentacija

SB: Surove beljakovine

ŠD: Število dognojevanj z N

KR: Kakovostni razred

### **Stroški pridelave na enoto proizvoda, zmanjšani za subvencije (LC):**

LC (EUR/kg) = (MS + AM + DD + SK - SP - SUB) / GP

MS (EUR/ha) = kupljen material in storitve (seme, gnojila, sredstva za varstvo rastlin, najete strojne storitve, zavarovanje pridelka, gorivo, vzdrževanje strojev, ...)

AM (EUR/ha) = amortizacija (osnovna sredstva, stroji)

DD (EUR/ha) = domače delo in obveznosti iz dela (neto plača, prispevki za zdravstveno in pokojninsko zavarovanje, davek)

SK (EUR/ha) = stroški kapitala

SP (EUR/ha) = stranski pridelek = slama (stroški spravila slame)

SUB (EUR/ha) = subvencije (regionalno plačilo njive in vračilo trošarine)

GP (kg/ha) = glavni pridelek

**Prihodek (P):** P (EUR/ha) = pridelek (kg/ha) \* odkupna cena (EUR/kg) + SUB (EUR/ha)

**Neto dodana vrednost (NDV):** NDV (EUR/ha) = P - MS - AM

**Neto dodana vrednost na uro vloženega dela (NDVH):** NDVH (EUR/h) = NDV/U

U = število ur vloženega dela

S pomočjo kalkulacij Kmetijskega inštituta Slovenije, z vgrajenimi splošnimi izhodišči in predpostavkami (Rednak, 1998, Splošna metodološka izhodišča..., 2010), smo modelno ocenili stroške pridelave ozimne pšenice. Kot izhodiščni model nam je služila kalkulacija za pšenico (Zbirnik rastlinskih kalkulacij, Modelna kalkulacija za pšenico, 2010), ki smo jo za potrebe raziskave spremenili in dopolnili. Po predhodni kratki analizi rezultatov gnojilnega poskusa dognojevanja z N na sortah Žitarka in Profit smo se odločili, da bomo v prispevku predstavili le rezultate za sorto Žitarka. Ekonomsko učinkovitost pridelave pšenice smo ocenili za različne gnojilne postopke (preglednica 2), ki se med seboj razlikujejo glede na skupno količino dodanega N z dognojevanjem, ciljno vrednost N ob prvem dognojevanju, številu dognojevanj ter kakovostni razred pridelka. Pri izračunu stroškov pridelave smo upoštevali cene inputov za letino 2010, ki smo jih povzeli iz baz podatkov Oddelka za ekonomiko kmetijstva na Kmetijskem inštitutu Slovenije. Na prihodkovni strani smo upoštevali odkupne cene pšenice, ki so jih odkupovalci ponujali ob žetvi 2010 (kakovostni razred A= 0,135 EUR/kg, kakovostni razred B= 0,125 EUR/kg in kakovostni razred C= 0,110 EUR/kg) ter proračunske podpore (regionalno plačilo za njive ter vračilo trošarine), do katerih so upravičeni pridelovalci pšenice v Sloveniji v letu 2010. S pomočjo modelnih ocen smo izračunali ekonomske kazalce, s katerimi smo želeli ponazoriti ekonomsko učinkovitost pridelave pšenice glede na gnojenje z dušikom.

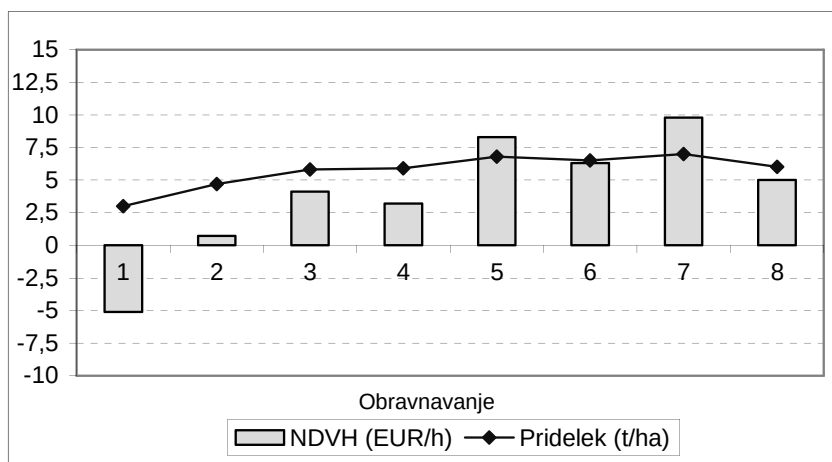
### 3 Rezultati z diskusijo

Ekonomska analiza rezultatov poskusa dognojevanja pšenice z N (Zemljič in Sušin, 2000) je pokazala, da skupna količina dodanega N, število dognojevanj in ciljna vrednost ob prvem dognojevanju pomembno vplivajo na ekonomske rezultate pri pridelavi pšenice.

*Preglednica 3: Pridelek (t/ha s 14% vlage), kakovost pridelka in ekonomski kazalci pri pridelavi ozimne pšenice sorte Žitarka glede na različne gnojilne postopke (G); legenda pri preglednici 2.*

| G | Pridelek<br>(t/ha) | N<br>(kg/ha) | ŠD | KR | LC<br>(EUR/kg) | P<br>(EUR/ha) | NDV<br>(EUR/ha) | NDVH<br>(EUR/kg) |
|---|--------------------|--------------|----|----|----------------|---------------|-----------------|------------------|
| 1 | 3,0                | 23           | 0  | C  | 0,230          | 800           | -99             | -5,1             |
| 2 | 4,7                | 80           | 1  | C  | 0,172          | 1.052         | 17              | 0,7              |
| 3 | 5,8                | 120          | 1  | C  | 0,147          | 1.223         | 109             | 4,1              |
| 4 | 5,9                | 160          | 1  | C  | 0,151          | 1.233         | 84              | 3,2              |
| 5 | 6,8                | 170          | 2  | B  | 0,141          | 1.465         | 250             | 8,3              |
| 6 | 6,5                | 210          | 2  | B  | 0,151          | 1.425         | 188             | 6,3              |
| 7 | 7,0                | 210          | 3  | A  | 0,145          | 1.570         | 306             | 9,8              |
| 8 | 6,0                | 170          | 3  | B  | 0,160          | 1.340         | 149             | 5,0              |

Rezultati, prikazani v preglednici 3, kažejo, da sta prihodek (P) in dohodek (NDV) na hektar največja pri obravnavanju 7 (dognojevanje do skupno 210 kg N/ha; 120 kg N/ha – Nmin ob prvem dognojevanju; tri dognojevanja), medtem ko so stroški pridelave na enoto proizvoda, zmanjšani za subvencije (LC), najnižji pri obravnavanju 5 (dognojevanje do skupno 170 kg N/ha; 120 kg N/ha – Nmin ob prvem dognojevanju; dve dognojevanji). Izkazalo se je, da so bili podobno kot pridelek tudi ekonomski rezultati najboljši pri gnojenju do ciljne vrednosti 120 kg N/ha ob 1. dognojevanju (obravnavanju 7 in 5). To lepo ponazarja tudi grafični prikaz doseženega dohodka na uro vloženega dela, po posameznih obravnavanjih, na sliki 1.



Slika 1: Vpliv različnih gnojilnih postopkov na pridelek in dohodek pri pridelavi ozimne pšenice sorte Žitarka

Stroški pridelave na enoto proizvoda so bili najnižji pri gnojilnem postopku 5, ko sta bili opravljeni dve dognojevanji s skupno 170 kg N/ha, medtem ko je dognojevanje do skupnih 210 kg N/ha (gnojilni postopek 7; dodano še 3. dognojevanje v času klasenja pšenice) nekoliko povečalo stroške pridelave (2 %). Zaradi večjega odmerka N se je v tem primeru pridelek pšenice sicer povečal, vendar je bil vpliv rasti pridelka manjši od dodatnih stroškov 3. dognojevanja (večja količina N gnojil, dodatne strojne storitve). Po drugi strani pa je 3. dognojevanje izboljšalo kakovost pridelane pšenice (večji odstotek SB in boljše sedimentacija), kar je pomenilo razvrstitev pridelka v kakovostni razred A. Prihodek od prodaje pšenice kakovostnega razreda A (pridelek 7,0 t/ha) je bil tako za 7 % večji od prodaje pšenice kakovostnega razreda B (6,8 t/ha), kar je vplivalo na boljše ekonomičnost pridelave v primeru dodatnega 3. dognojevanja (+ 40 kg N/ha).

Neustrezno izbrana ciljna vrednost N ob prvem dognojevanju negativno vpliva na pridelek (obnavanje 8; 80-Nmin), lahko pa tudi na količino in kakovostne parametre (obnavanje 6; 160-Nmin).

Rezultati gnojilnega poskusa so pokazali, da premajhen odmerek N ob prvem dognojevanju (80-Nmin) negativno vpliva na pridelek, kar tudi z 2. in 3. dognojevanjem ni mogoče nadoknaditi (primerjava 5. in 8. obnavanja). Zaradi dodatnega 3. dognojevanja (obnavanje 8) se je kakovost pšenice sorte Žitarka sicer nekoliko izboljšala, vendar kljub temu ni dosegla kakovostnega razreda A. Zaradi dodatne izvedbe 3. dognojevanja so bili stroški pridelave pšenice višji, kar pa je poleg manjšega pridelka še dodatno vplivalo na slabše ekonomske rezultate pridelave pšenice pri obnavanju 8 (40 % nižji dohodek na uro vloženega dela kot pri obnavanju 5). V primeru ekstenzivnega gnojenja ob 1. dognojevanju (80-Nmin) se je dodatno 3. dognojevanje pšenice izkazalo kot neracionalno, saj je dodatno zvišalo stroške pridelave (+13 %), ni pa pripomoglo k zadostnemu povečanju kakovostnih parametrov pšenice. Dodatna ekonomska analiza je pokazala, da bi bil dohodek na uro vloženega dela pri pridelku 6 t/ha tudi v primeru doseženega kakovostnega razreda A za 15 % nižji kot pri dveh dognojevanjih z enako skupno količino dodanega dušika, vendar z ustrezno izbrano ciljno vrednostjo ob 1. dognojevanju (120 kg N/ha) (obnavanje 5).

Tudi prevelik odmerek N ob prvem dognojevanju (160-Nmin) negativno vpliva na velikost pridelka (večja možnost poleganja). Primerjava gnojilnih postopkov 6 (160-Nmin) in 5 (120-

Nmin) nam pokaže, da se je bil, kljub za 40 kg večji količini skupno dodanega N v obravnavanju 6, pridelek pšenice manjši kot v obravnavanju 5, kakovost pšenice pa je bila podobna in je ustrezala kakovostnemu razredu B. Stroški pridelave pšenice v gnojilnem postopku 6 so bili zaradi večje količine dodanega N za 7 % višji kot pri gnojilnem postopku 5, medtem ko je bil dohodek na uro vloženega dela v primeru previsoko izbrane ciljne vrednosti ob 1. dognojevanju za četrtno nižji kot ob ustrezno izbrani ciljni vrednosti (120 kg N/ha) in manjši skupni količini dodanega dušika (obravnavanje 5).

Po drugi strani primerjava vpliva gnojenja pšenice (gnojilna postopka 6 in 7) z enako skupno količino dodanega N (210 kg N/ha), ob različnih ciljnih vrednostih ob 1. dognojevanju in različnem številu dognojevanj pokaže, da je pri ustrezno izbrani ciljni vrednosti ob 1. dognojevanju (120-Nmin) in treh dognojevanjih z N, pridelek večji za 500 kg/ha, kakovost je boljša (kakovostni razred A), pomembno pa se izboljša tudi ekonomičnost pridelave.

#### 4 Sklepi

Ekonomska analiza rezultatov poskusa dognojevanja pšenice sorte Žitarka z dušikom (N) v letu 2000 je pokazala, da skupna količina dodanega N, število dognojevanj in ciljna vrednost N ob prvem dognojevanju pomembno vplivajo na ekonomske rezultate pridelave pšenice. S povečevanjem odmerka N se ekonomičnost pridelave pšenice izboljšuje (gnojilni postopki 1, 2, 3, 5 in 7), saj dohodek na hektar in dohodek na uro vloženega dela naraščata.

Na ekonomičnost pridelave pa ima pomemben vpliv tudi ciljna vrednost ob 1. dognojevanju. Prvo dognojevanje do ciljne vrednosti 160 kg N/ha lahko vpliva na manjšo ekonomsko učinkovitost pridelave pšenice (gnojilna postopka 4 in 6), saj večja količina N ob 1. dognojevanju ne vpliva na povečanje količine in kakovosti pridelka v taki meri, da bi vrednost pridelka pokrila dodatne stroške pridelave. Gnojenje do ciljne vrednosti 80 kg N/ha ob 1. dognojevanju (gnojilni postopek 8) v proučevanih razmerah ni zadoščalo za doseganje maksimalnih pridelkov. Tudi 3. dognojevanje v tem primeru ni izboljšalo kakovosti zrnja v taki meri, da bi vrednost pridelka na račun kakovosti pokrila nekoliko manjši pridelek in dodatne stroške 3. dognojevanja.

V proučevanem poskusu se je pri sorti Žitarka kot ekonomsko najbolj upravičeno izkazalo dognojevanje z 210 kg/ha N, v treh odmerkih, s ciljno vrednostjo 120 kg N/ha ob 1. dognojevanju. Za doseganje maksimalne ekonomske učinkovitosti pridelave pšenice je zato zelo pomembno predvsem dobro poznavanje tehnoloških zahtev posameznih sort, ki omogočajo doseganje optimalnih pridelkov ustrezne kakovosti.

#### 5 Literatura

- Baker, D.A., Young, D.L., Huggins, D.R., Pan, W.L. 2004. Economically Optimal Nitrogen Fertilization for Yield and Protein in Hard Red Spring Wheat. *Agronomy Journal*, 96: 116-123
- Briški, L. 1994. Gnojenje ozimnih žit. Tehnološki list 51/94. Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, 16 s.
- Gandorfer, M., Rajsic, P. 2008. Modelling Economic Optimum Nitrogen Rates for Winter Wheat When Inputs Affect Yield and Output-Price. *Agricultural Economics Review*, 9, 2: 54-64
- Garrido-Lestache, E., López-Bellido, R.J., López-Bellido, L. 2004. Effect of N rate, timing and splitting and N type on bread-making quality in hard red spring wheat under rainfed Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, 85: 213-236
- Karuaihe, R., Young, D. 2005. Statistical response of HRSW yield and protein to nitrogen fertilisation: A progress report. Dostopno na: [http://css.wsu.edu/proceedings/2005/Statistical\\_Response.pdf](http://css.wsu.edu/proceedings/2005/Statistical_Response.pdf) (30. avgusta 2010)
- Leskošek, M. 1994a. Kakovost pšenice in dognojevanje ob klasenju. *Kmečki glas*, 51, 43: 11
- Leskošek, M. 1994b. Kakovost in dognojevanje ob klasenju. *Kmečki glas*, 51, 44: 12

- López-Bellido, L., López-Bellido, R.J., Castillo, J.E., López-Bellido, F.J. 2001. Effects of long term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on bread-making quality of hard red spring wheat. *Field Crop Research*, 72: 197-210
- Pechanek, U., Karger, A., Gröger, S., Charvat, B., Schöggel, G., Lelley, T. 1997. Effect of Nitrogen Fertilisation on Quality of Flour Protein Components, Dough Properties and Breadmaking Quality of Wheat. *Cereal Chemistry*, 74, 6: 800-805
- Rednak, M. 1998. Splošna izhodišča in metodologija izdelave modelnih kalkulacij za potrebe kmetijske politike. Prikazi in informacije 189. Kmetijski inštitut Slovenije. Ljubljana: 15
- Splošna metodološka izhodišča in pojasnila k modelnim kalkulacijam. 2010. Dostopno na: [http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/EKON/Splosna%20izhodisca%20in%20specificna%20pojasnila\\_internet\\_februar2010.pdf](http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/EKON/Splosna%20izhodisca%20in%20specificna%20pojasnila_internet_februar2010.pdf)
- Sušin, J., Zemljič, A. 2002. Vpliv dognojevanja z ureo in KAN-om na pridelek in vsebnost surovih beljakovin v zrnju ozimne pšenice. V: *Novi izzivi v poljedelstvu 2002: Zbornik simpozija*, Zreče, 5. in 6. december 2002, Slovensko agronomsko društvo, Ljubljana: 280-284
- Tanjšek, L., Tanjšek, A. 2004. Vpliv gnojenja pšenice na nekatere pekarske lastnosti pšenice in odkupno ceno pri interventnem odkupu. V: *Novi izzivi v poljedelstvu 2004: Zbornik simpozija*, Čatež ob Savi, 13. in 14. december 2004, Slovensko agronomsko društvo, Ljubljana: 240-245
- Tomasović, S. 1990. Dognojevanje pšenice. *Sodobno kmetijstvo*, 23(1990)5: 214-216
- Zbirnik rastlinskih kalkulacij. Modelna kalkulacija za pšenico. 2010. Dostopno na: <http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/EKON/ZBIRNIKrastlinska.xls>
- Zemljič, A., Ileršič, J. 2008. Opisna sortna lista za pšenico 2008. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Fitosanitarna uprava RS, 2, 1: 8-10
- Zemljič, A., Sušin, J. 2000. Vpliv dognojevanja z dušikom na pridelek in kakovost ozimne pšenice. V: *Novi izzivi v poljedelstvu 2000: Zbornik simpozija*, Moravske Toplice, 14. in 15. december 2000, Slovensko agronomsko društvo, Ljubljana: 189-192

## Dinamika količine rastlinam dostopnega dušika v tleh glede na obliko dušikovega gnojila in vključevanje podsevkov pri hmelju (*Humulus lupulus* L.)

Barbara ČEH<sup>13</sup>, Bojan ČREMOŽNIK<sup>14</sup>, Matej KNAPIČ<sup>15</sup>

### Izvleček

S podsevkami v nasadih hmelja in zatravljanjem medvrstnega prostora želimo zmanjšati izgube hranil iz tal, izboljšati strukturo tal ter v določenih primerih vodno bilanco tal in pozitivno vplivati na povečanje organske snovi ter biodiverzitete v tleh. V poskus smo vključili prezimni (oljna ogrščica) in neprezimni (oljna redkev) podsevek, dušikova gnojila s počasnejšim sproščanjem (Sirflor in NovaTec premium) ter zatravljene parcele, pri čemer smo travo redno mulčili, prostor v vrsti pa obdelovali. Predstavljeni so rezultati meritev vsebnosti rastlinam dostopnega dušika v tleh (0-30 cm, 30-60 cm) glede na podsevek oziroma vrsto dušikovega gnojila ter čas vzorčenja v rastni sezoni hmelja. Sušne razmere so se zrcalile tudi na dinamiki razpoložljivih količin dušika v tleh. Pri obravnavanju oljna redkev je bil jasno izražen pozitiven učinek mineralizacije oljne redkve, ki je bila zaorana na istih parcelah tudi v letu prej. Pri obravnavanjih z gnojiloma s počasi sproščujočim dušikom, ki ga pognojili v enem odmerku, je bil pridelek primerljiv s kontrolo, kjer smo isto količino dušika pognojili v obliki KANa v treh obrokih. Pri zatravljanju medvrstnega prostora bo za primerljivost pridelka hmelja potrebno pri dognovanju slediti rasti in razvoju hmelja in predvsem napovedi padavin, ki gnojilo spravijo v območje korenin.

**Glavne besede:** hmelj, *Humulus lupulus* L., rastlinam dostopen dušik, Nmin, pridelek

## Dynamic of plant available nitrogen in soil with regard to nitrogen fertilizer and catch-crop at hops (*Humulus lupulus* L.)

### Abstract

Positive impact of catch crop and grass in hop fields on nutrients losses, soil structure, soil organic matter content, biodiversity and in certain cases water balance is expected. Winter (oilseed rape) and spring (oilseed radish) catch crops, slow releasing nitrogen fertilizers and permanent grass (which was regularly mulched and covered the field thorough all the year) were included in the field experiment. Nmin content in soil (0-30 cm, 30-60 cm) with regard to date of sampling and treatment is represented. Dry conditions reflected in dynamic of plant available nitrogen in soil. In the plots with oilseed radish positive residual impact of mineralisation from the previous season (ploughing under in autumn) was detected. Slow releasing nitrogen fertilizers (Sirflor and NovaTec premium), fertilized in one split, had comparable impact on the yield of hops compared to the control treatment, where nitrogen was fertilized in three splits in the form of calcium ammonnitrate. To reach comparable yield to conventional production when soil between rows is covered by permanent grass hop growth and development and particularly precipitation forecast should be taken into consideration when planning nitrogen fertilization.

**Key words:** hops, *Humulus lupulus* L., plant available nitrogen, Nmin, yield

### 1 Uvod

V Sloveniji pridelujemo hmelj na 1557 ha, v glavnem na tleh prodnatega rečnega nanosa reke Savinje, ki so nemalokrat tudi plitva in skeletna (Knapič in Simončič, 2007). Vendar pa je zaradi postavljene infrastrukture, ki je potrebna pri pridelavi te poljščine (obiralni stroji,

<sup>13</sup> Doc., dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: barbara.ceph@ihps.si

<sup>14</sup> Dipl. inž. agr. in hort., prav tam, e-pošta: bojan.cremoznik@ihps.si

<sup>15</sup> Univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 2, 1000 Ljubljana, e-pošta: matej.knapic@kis.si

žičnice, sušilnice,...), tradicije pridelovanja in svetovne prepoznavnosti slovenskega hmelja tehnologijo pridelave potrebno prilagoditi tako, da bo tudi v spremenjenih klimatskih razmerah na tem območju smotrna, trajnostno naravnana ter usmerjena v upoštevanje načel varovanja okolja.

Hmelj sadimo na medvrstno razdaljo 2,4 m ali pa še širše. Medvrstni prostor pogostokrat ostaja nepokrit skozi celo rastno sezono, kar predstavlja velik potencial za izpiranje tako hranil kot fitofarmaceutskih sredstev iz ornice. Z vpeljevanjem podsevkov in zatravljanjem obdelovalne površine skozi celo leto pričakujemo, da bi lahko zmanjšali izgube hranil iz tal, izboljšali strukturo tal ter v določenih primerih izboljšali vodno bilanco tal in pozitivno vplivali na povečanje organske snovi ter biodiverzitete v tleh. Slednje se je v poskusih z zatravljanjem nasadov hmelja že pokazalo (Majer, 1996), ko je bila zatravljena celotna površina hmeljišča, vključno s prostorom vrstah.

Prilagajanje kmetijstva je kompleksen proces, prednost pa se daje cenejšim ukrepom in ukrepom, ki istočasno vplivajo tudi na blaženje podnebnih sprememb (zmanjšanje izpustov ogljika iz tal, povečanje vezave CO<sub>2</sub> v tleh in biomasi,...), zato smo v poskus vključili podseveke ter dušikova gnojila s podaljšanim delovanjem. Zaradi preprečevanja izpiranja in racionalnega izkoriščanja dušikovih spojin iz tal ter slabšanja strukture tal se usmerjamo k pokritosti njiv z rastlinskim pokrovom praktično skozi vse leto. Zaradi tega smo v poskus kot podsevek vključili tudi prezimni podsevek (oljna ogrščica) in zatravljanje medvrstnega prostora skozi celo leto.

Predstavljamo rezultate meritev vsebnosti rastlinam dostopnega dušika v tleh glede na podsevek oziroma vrsto dušikovega gnojila ter čas vzorčenja.

## 2 Material in metode

Poskus smo postavili kot bločni poljski poskus s sedmimi obravnavanji (preglednica 1) v treh ponovitvah na poskusnem posestvu Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) v hmeljišču, zasajenem s sorto Aurora. Tla so evtrična rjava, razvita na peščeno prodnatih nasutinah rek. Na poskusni površini se izmenjujeta srednje globoka in globoka oblika teh tal. Skeletnost tal je v srednje globoki obliki poudarjena že na površini (5 do 15 % volumen/volumen), v obeh oblikah pa se skeletnost z globino povečuje (terenske raziskave).

Vrednost pH tal v KCl je 6,5. V obdelovalnem horizontu je sorazmerno majhna vsebnost organske snovi, le 2,2%. Glede na analizo tal (pretirana oskrbljenost s fosforjem /37,0 mg/100 g tal/, dobra oskrbljenost s kalijem /20,7 mg/100 g tal/; po metodi Al), smo konec aprila celotno površino pod poskusom pognojili s kalijevim kloridom v količini 180 kg/ha K<sub>2</sub>O.

Obdelava tal je bila na kontrolnih parcelah in parcelah, kjer smo gnojili z gnojiloma s počasi sproščujočim dušikom, klasična (oranje v medvrstnem prostoru jeseni, kultiviranje 22. marca, 19. aprila, 21. maja, 7. in 16. junija, 9. in 23. julija). Na parcelah, kjer je bil podsevek oljna ogrščica, ki je ostal na njivi čez zimo (jeseni je nismo zaoravali), smo le-to spomladi najprej zmulčili (19. april), sledilo je kultiviranje in kasneje obdelava kot pri kontroli. Pri neprezimnem podsevu (oljna redkev) smo le-to jeseni zaorali, ostala obdelava je bila enaka kot pri kontroli.

Na zatravljenih parcelah smo agrotehniko prilagodili dejstvu, da tal v medvrstnem prostoru ne obdelujemo. Med sezono smo mulčili travo (19. aprila, 10. in 24. maja, 7. junija, 2. in 26. julija, ter 18. avgusta), v vrstnem prostoru pa je obdelava potekala kot pri kontroli oziroma ostalih obravnavanjih, le da smo obsipavali hmelj bolj na ozko, da je čim več medvrstnega prostora ostalo zatravljenega. Ker se je v letu prej nakazalo, da bo najbrž potrebno na zatravljenih parcelah odmerke dušika povečati, smo v letu 2010 dodali obravnavanje



Zatravljeno + N, pri katerem smo zatravljene parcele dognojevali z večjo količino dušika (+ 60 kg/ha N glede na vsa ostala obravnavanja) (preglednica 1).

*Preglednica 1: Opis obravnavanj v poskusu*

| Obravnavanje                       | Opis obravnavanja                                                                               | Gnojenje z dušikom (N)                                                                                       | Druge specifična opravila                                                  |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Kontrola                           | Kontrola (brez podsevka, klasična obdelava)                                                     | Gnojenje z N v obliki KANa:<br>20. maj 50 kg/ha N<br>15. junij 70 kg/ha N<br>10. julij 50 kg/ha N            | Klasična obdelava, brez podsevka                                           |
| Sirflor                            | Gnojenje z gnojilom z N s podaljšanim delovanjem Sirflor                                        | Gnojenje z N v obliki Sirflora:<br>20. maj 170 kg/ha N                                                       | Klasična obdelava, brez podsevka                                           |
| NovaTec Premium                    | Gnojenje z gnojilom z N s podaljšanim delovanjem NovaTec premium                                | Gnojenje z N v obliki NovaTec premium: 20. maj 170 kg/ha N                                                   | Klasična obdelava, brez podsevka                                           |
| Neprezimni podsevek (oljna redkev) | Podsevek oljna redkev cv. raula, setev začetek julija, zaoravanje jeseni                        | Gnojenje z N v obliki KANa:<br>20. maj 50 kg/ha N<br>15. junij 70 kg/ha N<br>10. julij 50 kg/ha N            | Klasična obdelava + setev oljne redkve po zadnjem osipanju                 |
| Prezimni podsevek (oljna ogrščica) | Podsevek oljna ogrščica, setev začetek julija, na njivi čez zimo                                | Gnojenje z N v obliki KANa:<br>20. maj 50 kg/ha N<br>15. junij 70 kg/ha N<br>10. julij 50 kg/ha N            | Klasična obdelava, setev oljne ogrščice po zadnjem osipanju                |
| Zatravljeno                        | Zatravljeno celo leto (travo smo posejali prejšnje leto spomladi)                               | Gnojenje z N v obliki KANa:<br>- po napeljavi 50 kg/ha N<br>- 15. junij 70 kg/ha N<br>- 10. julij 50 kg/ha N | Mulčenje trave (obdelava v vrsti klasična, med vrstami stalno zatravljeno) |
| Zatravljeno + 60N                  | Medvrstni prostor zatravljen (trava posejana prejšnjo pomlad), odmere N večji glede na kontrolo | Gnojenje z N v obliki KANa:<br>- po napeljavi 80 kg/ha N<br>- 1. junij 100 kg/ha N<br>- 1. julij 50 kg/ha N  | Mulčenje trave (obdelava v vrsti klasična, med vrstami stalno zatravljeno) |

Sirflor je granularno dušikovo gnojilo, ki temelji na metilen-urei, pridobljeno s kondenzacijo molekul. Vsebuje hitreje delujoč dušik v obliki uree in postopno sproščujoč dušik v obliki metilen-uree (Hmežad..., 2010). NovaTec premium (15-3-20 + 2 MgO + 10 S + TE) je kompleksno granularno gnojilo z nitrifikacijskim inhibitorjem DMPP (enako kot pri Entec 26), primeren za tla z večjo vsebnostjo fosfata. Princip stabilizacije je upočasnen proces nitrifikacije v času 4 do 10 tednov, odvisno od temperature in vlažnosti tal (Compo Expert, 2010). KAN (apnenčev amonijev nitrat) je pri nas med najbolj uporabljenimi dušikovimi gnojili. Vsebuje 28% dušika. Narejen je iz amonnitrata in apnenca ali dolomita (Leskovšek, 1993).

Z dušikom smo dognojevali posamezna obravnavanja glede na plan poskusa (preglednica 1). Tla smo vzorčili za analizo na vsebnost rastlinam dostopne količine dušika (amonijska in nitratna oblika) v sredini maja, sredini junija, v začetku julija, v začetku avgusta in po obiranju v dveh globinah (0 do 30 cm in 30 do 60 cm) po parcelah po modificirani metodi Nmin (Wehrmann in Scharpf, 1979).

Oljno ogrščico in oljno redkev smo posejali po zadnjem osipanju hmelja, ki je bilo zaradi dolgega sušnega obdobja izvedeno šele 23. julija (pred napovedanimi padavinami). Uporaba fitofarmacevtskih sredstev je potekala enako za vse parcele v skladu s škroplilnim programom in napovedjo prognostične službe.

V vseh dekadah rastne sezone hmelja do konca julija je bilo padavin manj v primerjavi z dolgoletnim povprečjem, temperature pa so bile višje. Zlasti velike povprečne temperature so bile v prvih dveh dekadah julija, ko je bila obenem količina padavin zelo majhna, velik odklon od dolgoletnega povprečja pa je bil tudi v zadnji dekadi aprila, zadnji dekadi maja in v sredini junija. V zadnji dekadi julija in v avgustu so bile vremenske razmere podobne dolgoletnim (podatki z avtomatske meteorološke postaje javne službe zdravstvenega varstva rastlin za lokacijo Žalec IHPS).

### 3 Rezultati z diskusijo

#### 3.1 ZAČETEK MAJA

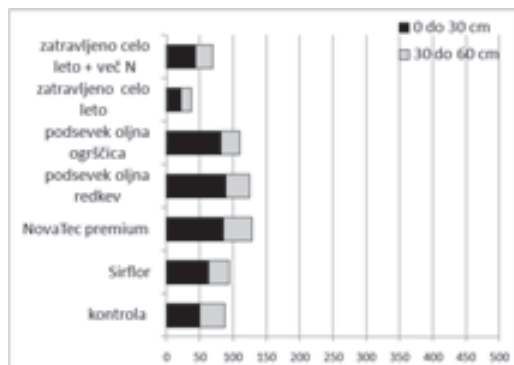
Stanje v maju 2010 kaže sliko dogajanja iz leta 2009. Na parcelah, kjer sta bili v letu 2010 obravnavani kontrola in Sirflor, je bila v letu prej kontrola. Količina rastlinam dostopnega dušika v tleh je bila pri teh dveh obravnavanjih v maju 2010 podobna (okrog 90 kg/ha do globine 60 cm; slika 1). V primerjavi s kontrolo je bila pri obravnavanju zatravljeno v sredini maja manjša količina rastlinam dostopnega dušika (okrog 40 kg/ha). Dejstvo je, da so bile parcele zatravljene že v lanskem letu in je trava že spomladi absorbirala iz tal rastlinam dostopne oblike dušika. Tudi v poskusih z zatavljanjem celotnega hmeljišča (niso obdelovali niti v vrsti) so spomladi ugotavljali manjšo količino nitratnega dušika v tleh zatavljenih variant v primerjavi z obdelovanimi (Majer, 1996). Obravnavani prezimni podsevek oljna ogrščica in neprezimni podsevek olja redkev sta bili v obeh letih na istih parcelah. Vpliv podsevka na količino rastlinam dostopnega dušika v tleh je razviden s slike 1; le ta je bila večja kot pri kontroli.

Večja količina rastlinam dostopnega dušika v tleh je bila pri podsevku oljna redkev, ki smo jo zaorali jeseni, v primerjavi s podsevkoma oljna ogrščica, ki smo jo podorali šele spomladi, pozimi pa je pokrivala tla. Očitno je v zgodnjih spomladanskih tednih prišlo do intenzivnejše mineralizacije podsevka oljne redkve, navkljub dejstvu, da smo konec marca opazili, da so ostanki oljne redkve ostali v tleh dokaj nerazgrajeni. Količina rastlinam dostopnega dušika v tleh pri obravnavanju NovaTec premium je posledica dejstva, da smo to obravnavanje vključili v raziskavo šele leta 2010, prejšnje leto pa je bil na teh treh parcelah podsevek (oljna redkev oziroma oljna ogrščica), kar pojasnjuje večjo vrednost  $N_{min}$  (podobno kot pri obravnavanjih, kjer so bili v letu prej prav tako podsevky).

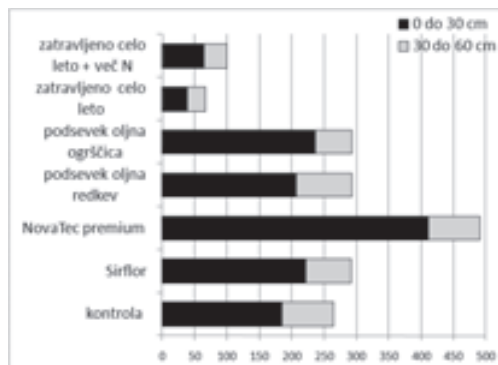
V spodnji preučevani plasti (30 do 60 cm) je bila količina rastlinam dostopnega dušika med obravnavanji podobna (med 20 in 40 kg/ha), v zgornji plasti (0 do 30 cm) pa so bile razlike večje (slika 1).

#### 3.2 JUNIJ

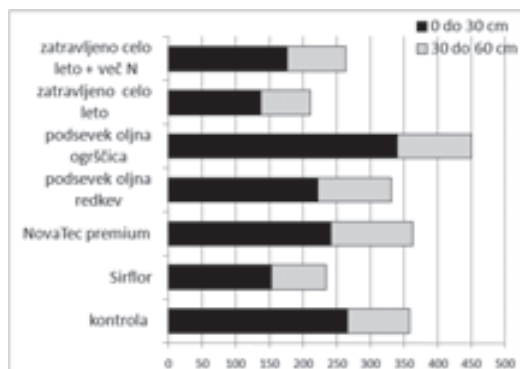
10. junija 2010 je bilo v tleh do globine 60 cm od 70 do 490 kg/ha rastlinam dostopnega dušika (slika 2). Med kontrolo in parcelami, ki so bile v prejšnjem letu zasejane s podsevkoma olja ogrščica in oljna redkev, konec junija ni bilo večjih razlik. Pri obravnavanju NovaTec premium je bila v tem času v tleh relativno velika količina rastlinam dostopnega dušika (490 kg/ha; slika 2), medtem ko je bila količina rastlinam dostopnega dušika v tleh pri drugem obravnavanju z dušikovim gnojilom s podaljšanim delovanjem (Sirflor) le za 30 kg/ha večja v primerjavi s kontrolo.



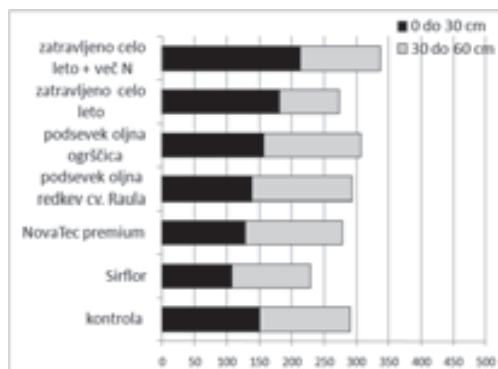
Slika 1: Količina rastlinam dostopnega dušika ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) na globini 0-30 cm in 30 do 60 cm v sredini **maja** 2010 glede na obravn. (v kg/ha)



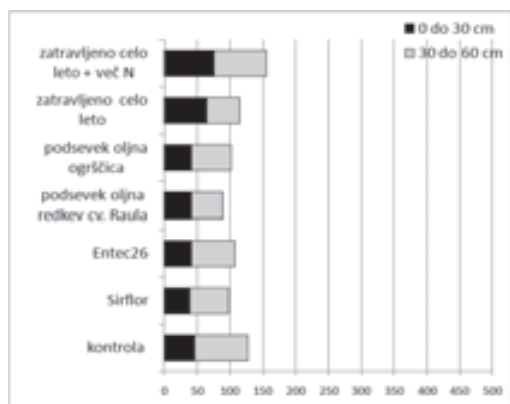
Slika 2: Količina rastlinam dostopnega dušika ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) na globini 0 do 30 cm in 30 do 60 cm 10. **junija** 2010 glede na obravn. (v kg/ha)



Slika 3: Količina rastlinam dostopnega dušika ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) na globini 0-30 cm in 30 do 60 cm v začetku **julija** 2010 glede na obravn. (v kg/ha)



Slika 4: Količina rastlinam dostopnega dušika ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) na globini 0 do 30 cm in 30 do 60 cm v začetku **avgusta** 2010 glede na obravn. (v kg/ha)



Slika 5: Količina rastlinam dostopnega dušika ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) na globini 0 do 30 cm in 30 do 60 cm **po obiranju** 2010 glede na obravn. (v kg/ha)

Na zatravljenih parcelah je bila zopet majhna količina rastlinam dostopnega dušika v tleh v primerjavi z drugimi obravnavanji. Na zatravljenih parcelah, kjer smo dodali 60 kg/ha več dušika, pa je bilo za okrog 30 kg/ha več rastlinam dostopnega dušika v zgornjem sloju tal v primerjavi z zatravljenimi parcelami, kjer je bila količina pognojene dušika enaka kot pri kontroli (slika 2).

### 3.3 ZAČETEK JULIJA

V prvih dneh julija, pred tretjim dognojevanjem, je bila količina rastlinam dostopnega dušika v tleh za 90 kg/ha večja pri obravnavanju prezimni podsevek oljna ogrščica kot pri kontroli (slika 3). Obravnavanji NovaTec premium in neprezimni podsevek oljna redkev se v tem obdobju nista bistveno razlikovali od kontrole. Na zatravljenih parcelah in pri obravnavanju Sirflor je bila količina rastlinam dostopnega dušika v tleh manjša, in sicer za okrog 130 kg/ha pri obravnavanju Sirflor, za 150 kg/ha na zatravljenih parcelah in za 100 kg/ha na parcelah obravnavanja zatravljeno + 60N. Vzrok manjše vsebnosti rastlinam dostopnega dušika v zatravljenih poskusnih kombinacijah je možno pojasniti s povečanim odvzemom dušika zaradi rasti trave, medtem ko je manjšo vsebnost dostopnega dušika v obravnavanju Sirflor najbrž potrebno iskati v formulaciji gnojila Sirflor. Sirflor je kot NovaTec premium gnojilo, ki vsebuje počasi sproščujoč dušik, vendar je bila vsebnost dostopnega dušika v tleh pri tem obravnavanju vseskozi manjša. Vzroka za takšno sta lahko dva: v prvem mesecu po aplikaciji se je sprostil večji del dušika, ki se je kasneje, do 20. junija, izpral iz zgornjega dela tal (globine do 60 cm) ali pa je dušik v gnojilu vezan močnejše, da se sprošča dlje, bolj postopoma ter v manjšem obsegu kot v primeru gnojila NovaTec premium, kar je bolj verjetna razlaga, saj manjša količina rastlinam dostopnega dušika v tleh ni botrovala statistično značilnem zmanjšanju pridelka v primerjavi z gnojiлом NovaTec premium (slika 6).

Razlike v količini rastlinam dostopnega dušika v tleh so bile tudi v tem času v glavnem v zgornjem sloju 0 do 30 cm tal, medtem ko v sloju tal pod le-tem (30 do 60 cm globine) razlike niso bile tako očitne (slika 3). Takšno stanje je posledica sušnih razmer v tleh v juliju, ki so na primer 14. julija, ko še zdaleč niso dosegle najnižje točke vsebnosti vlage v tleh, po meritvah IHPS že bile pod 50% celotne rastlinam dostopne vode v tleh. Pri takšnih razmerah glede talne vlage sta topnost in migracija dodanega dušika minimalna.

### 3.4 ZAČETEK AVGUSTA

Razlike v količini rastlinam dostopnega dušika v tleh so se do sredine avgusta zmanjšale, pri vseh obravnavanjih pa se je povečala količina rastlinam dostopnega dušika v globini 30 do 60 cm (slika 4), kar gre pripisati padavinam ob koncu julija in v prvi polovici avgusta, ki so, predvidevamo, izprale preostalo količino dušika iz obdelovalnega sloja. Največja količina rastlinam dostopnega dušika v tleh je bila pri obravnavanju zatravljeno+N, kar je verjetno posledica sušnih razmer v juliju, ki so poleg počasne topnosti zadnjega obroka dušika preprečevale tudi intenzivnejšo rast trave. Tako dodan dušik ni mogel pripomoči k boljši rasti in pridelku hmelja, po padavinah pa je šele prišel v tla.

### 3.5 PO OBIRANJU

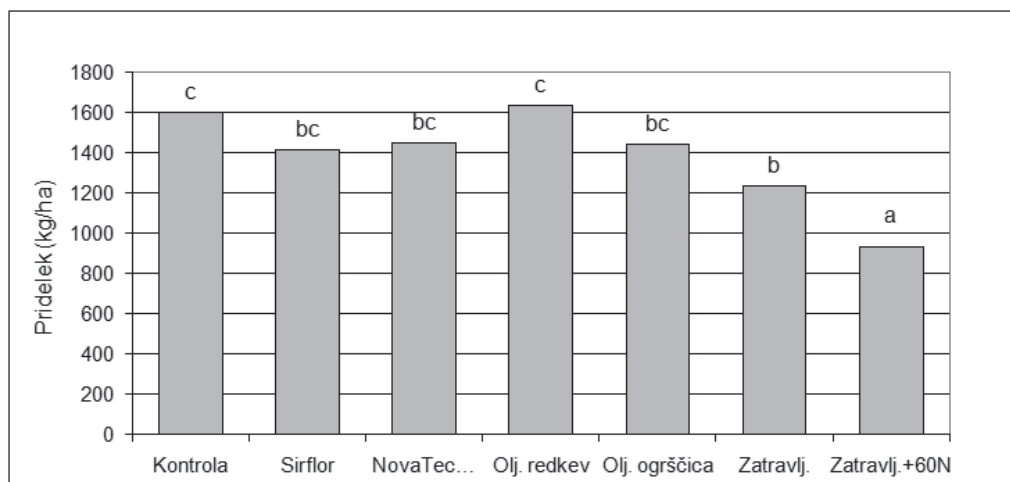
Po obiranju (v začetku septembra) smo v tleh do globine 60 cm izmerili od 90 do 156 kg/ha rastlinam dostopnega dušika. V primerjavi s kontrolo (127 kg/ha) je bila pri vseh ostalih obravnavanjih manjša količina rastlinam dostopnega dušika v tleh, razen obravnavanja zatravljeno+60N, pri katerem ga je bilo v primerjavi s kontrolo v tem času za 30 kg/ha več. Pri vseh obravnavanjih, razen pri zatravljenih, je bilo v tleh manj kot 50 kg/ha rastlinam

dostopnega dušika v zgornjem sloju tal (0 do 30 cm), kar je manj kot na začetku meritev v tem letu.

### 3.6 PRIDELEK

Med kontrolo in obravnavanji NovaTec premium, Sirflor, prezimni podsevek oljna ogrščica in neprezimni podsevek olja redkev nismo ugotovili statistično značilnih razlik v količini pridelka hmelja. V pozitivno smer sta se nakazovali obravnavanji oljna redkev in kontrola (slika 6). Tudi v poskusu v letih 2008 in 2009 se pridelek hmelja sorte Aurora med kontrolo, kjer smo uporabili KAN v treh obrokih, in obravnavanjem, kjer smo uporabili Entec26 (primerljiva formulacija z NovaTec premium) v enem odmerku pri isti skupni količini dušika 170 kg/ha N, ni značilno razlikoval (Čeh in Čremožnik, 2009).

Obravnavanje oljna redkev je nakazovalo pozitiven učinek mineralizacije zaorane oljne redkve iz preteklega leta, kjer je večja količina dušika v juliju očitno najbolj pripomogla k večjemu pridelku (sliki 6 in 3).



Slika 6: Pridelek hmelja (kg/ha suhe snovi) v poskusu s podsevki v letu 2010 glede na obravnavanje; Enaka črka nad stolpcema pomeni, da med obravnavanjema ni statistično značilne razlike (Duncanov test,  $p=0,05$ ).

Manjši pridelek hmelja je bil pri zatravljeni varianti, nepričakovano pa je bil pridelek še značilno manjši pri zatravljeni varianti, kjer smo v sezoni dodali dodatnih 60 kg/ha dušika (slika 6). Največji vzrok odstopanja od pričakovanega pridelka v tej poskusni kombinaciji gre po vsej verjetnosti pripisati času in količini obrokov dognovanja ter okoljskim dejavnikom. Očitno je bila učinkovitost prvih dveh obrokov dodanega dušika manjša, ker ga trava in hmelj nista uspela v večji meri izkoristiti, kasneje v juniju pa so ga padavine izprale iz območja korenin ali ga je uporabila trava. Učinkovitost tretjega obroka pa je bila manjša zaradi sušnih razmer v juliju. V zatravljeni poskusni kombinaciji, kjer je bila količina dodanega dušika enaka tisti v kontrolni kombinaciji, je bil drugi obrok dušika namreč dodan deset dni kasneje kot v zatravljeno+N. Očitno je bila učinkovitost dodanega dušika v drugem obroku zaradi boljše usklajenosti z rastjo hmelja in okoljskimi dejavniki večja, kar se je pokazalo v nekoliko večjem pridelku kot v zatravljenem obravnavanju s povečano količino dodanega dušika.

## 4 Sklepi

Za intenzivno rast hmelj potrebuje v sorazmerno ozkem časovnem obdobju dovolj razpoložljivega dušika, sicer se pomanjkanje hitro pokaže tudi na pridelku. Na razpoložljivost dušika v tleh močno vpliva tudi ustrezna oskrbljenost tal z vodo, ki v mesecu juliju v preučevanem letu ni bila ustrezna. Zaradi tega dejstva so bili pridelki navkljub ustreznim količinam dodanega dušika manjši od dolgoletnih povprečnih pridelkov. Sušne razmere so se zrcalile tudi na dinamiki razpoložljivih količin dušika v tleh. Pri obravnavanju oljna redkev je bil jasno izražen pozitiven učinek mineralizacije oljne redkve, ki je bila zaorana na istih parcelah tudi v letu prej.

Nepričakovana razlika v pridelku hmelja med zatravljenima poskusnima kombinacijama je posledica okoljskih dejavnikov, ki so vplivali na izpiranje in topnost oziroma na dostopnost dušika za rast hmelja v kritičnih razvojnih fazah hmelja. Pri zatavljanju parcel bo potrebno v nadaljevanju tehnologijo pridelave dodelati, da bodo pridelki primerljivi s kontrolo. Z dognojevanji so pomembno natančno slediti rasti in razvoju hmelja in predvsem napovedi padavin, ki omogočajo, da dodano gnojilo pride v območje korenin.

Obravnavanji s počasi sproščujočim dušikom sta bili po pridelku hmelja primerljivi s kontrolo, način sproščanja dušika pa je bil različen. Realno sliko pozitivnega vpliva tovrstnih gnojil na pridelek in zmanjšano obremenjenost zaradi izpiranja dušika pa bomo dobili z nadaljevanjem poskusa.

## 5 Zahvala

Raziskava je potekala v okviru projekta CRP V4-0483 Strategija prilagajanja klimatskim spremembam v pridelavi hmelja in koruze na teksturno lahkih tleh v okviru ciljnega raziskovalnega programa Konkurenčnost Slovenije 2006 do 2013. Avtorji se zahvaljujemo financerjem (ARRS in MKGP) in sodelavcem na projektu.

## 6 Literatura

- Compo Expert. 2010. NovaTec premium. Dosegljivo na: [http://www.compo-expert.com/fileadmin/user\\_upload/compo\\_expert/en/documents/pdf/product\\_information/NTC\\_15-3-20.pdf](http://www.compo-expert.com/fileadmin/user_upload/compo_expert/en/documents/pdf/product_information/NTC_15-3-20.pdf) (september 2010)
- Čeh, B., Čremožnik, B. 2009. Impact of hops fertilization by fertilizer with stabilized nitrogen compared to calcium ammonnitrate on the yield of hops and its quality. *Hop Bulletin*, 16: 23-31
- Hmezad Export Import. 2010. Sirflor Plus, letak.
- Knapič, M., Simončič, A. 2007. Primerjava ocen izpiranja izbranih fitofarmaceutskih sredstev s FOCUS modeloma PELMO in PEARL na srednje globokih evtričnih rjavih tleh v Savinjski dolini. *Hmeljarski bilten*, 14: 55-61
- Leskovšek, M. 1993. Gnojenje: za velik in kakovosten pridelek, za izboljšanje rodovitnosti tal, za varovanje narave. Ljubljana, Kmečki glas: 197 s.
- Majer, D. 1996. Zatavljanje hmeljskih nasadov. Zbornik simpozija Novi izzivi v poljedelstvu 1996, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana: 337-341
- Wehrmann, J., Scharpf, HC. 1979. Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Maßstab für den Stickstoffdüngerbedarf (Nmin-Methode). *Plant and Soil*. 52, 1: 109-126

## Horizontalna migracija dušika na lahkih njivskih tleh pod koruzo (*Zea mays* L.) v kolobarju

Anton TAJNŠEK<sup>16</sup>, Zoran ČERGAN<sup>17</sup>, Barbara ČEH<sup>18</sup>

### Izvleček

Študija je bila zasnovana s ciljem, da preučimo obseg horizontalne migracije dušika (N) v statičnem trajnem poljskem poskusu na lahkih njivskih tleh v IOSDV, na lokaciji Rakičan (prenašanje s talno vodo). V njivskem kolobarju koruza, pšenica in ječmen so bile v letu 2009 na poljini s koruzo v študijo vključene: kontrola (brez gnojenja z N) in štirje postopki pridelave z zmernimi do srednjimi odmerki mineralnega dušika v treh ponovitvah: N1G (hlevski gnoj, 133 kg/ha N), N2G (hlevski gnoj, 207 kg/ha N), N1S (slama, 93 kg/ha N) in N2S (slama, 167 kg/ha N). Za vsako parcelo je bil izmerjen pridelek zrnja in slame ter odvzem N. Po spravi koruze je bila izmerjena količina rastlinam dostopna količina N v tleh po Nmin metodi (globina do 90 cm). Ocenjena je bila letna mineralizacija humusa in količina mineraliziranega N ter upoštevan aerobni depozit N v višini 20 kg/ha N. Enostavna bilanca N je pokazala, da je v varianti z nizkimi odmerki N izvoz N s parcele znatno višji, kot je višina odmerkov N. Po formuli, ki smo jo razvili v ta namen, smo ocenili neto količino horizontalne migracije (HMN). Za parcelo s kontrolo je v letu 2009 znašala neto HMN vsaj 79 kg/ha N. Zelo visoka neto HMN je bila tudi v N1S (112 kg/ha N), medtem ko je bila v drugih, v študijo vključenih postopkih, nižja.

**Ključne besede:** trajni poljski poskus, Nmin-N, dostopni N, horizontalna migracija N, humus, mineralizirani N, enostavna bilanca N, izvoz N

## Horizontal nitrogen migration on light arable land under maize (*Zea mays* L.) in field crop rotation

### Abstract

The presented study was devised to investigate the extent of horizontal migration of nitrogen (N) in static long term field experiment IOSDV on light arable soil in Rakičan near Murska Sobota (leaching downwards, transport by underground water, raising in other plots). In the field crop rotation of maize, wheat and barley the investigation was performed on the field with maize in 2009 with five treatments in three replications: control (no N fertilization) and four treatments with moderate and middle high N rates (N1G – farmyard manure and 133 kg/ha mineral N, N2G – farmyard manure and 207 kg/ha N, N1S – straw ploughing in and 93 kg/ha N, N2S – straw ploughing in and 167 kg/ha N). For each plot grain and straw yield as N uptake were detected. After maize harvest Nmin in soil was analysed (0-90 cm). Annual humus mineralization and mineral N content were estimated, aerobic N deposit of 20 kg/ha N was predicted. Simple N balance showed that in the treatments with low N rates export of N is considerably higher compared to N rates. With regard to formulae, which was developed for this purpose, net horizontal N migration was estimated. For the control treatment it was at least 79 kg/ha N in 2009. It was very high in N1S (112 kg/ha N), while at the other investigated treatments it was lower.

**Key words:** long-term field experiment, Nmin-N, plant available N, horizontal N migration, humus, mineral N, simple N balance, N export

<sup>16</sup> Prof. dr., univ. dipl. inž. agr., emeritus, e-pošta: tone.tajnsek@bf.uni-lj.si

<sup>17</sup> Univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 2, 1000 Ljubljana, e-pošta: zoran.cergan@kis.si

<sup>18</sup> Doc. dr., univ. dipl. inž. agr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: barbara.ceh@ihps.si



## 1 Uvod

V obdobju po letu 1960 so se v slovenskem poljedelstvu dogodile velike spremembe. Le-te so bile pogojene z družbeno ekonomskimi, tehnološkimi in klimatskimi spremembami. Globalizacija svetovne trgovine je zlasti po letu 1990 zajela tudi kmetijstvo in tako so se slovenske kmetije znašle v ostri mednarodni konkurenci za trg z mnogo večjimi in ekonomsko uspešnejšimi kmetijami tradicionalnih kmetijskih držav, predvsem tudi z državami EU. Glavni rezultat globalizacije je bila občutna pocenitev kmetijskih proizvodov ob stagnaciji ali celo zvišanju cen za reprodukcijski material. Tudi slovenski kmetje so pričeli racionalizirati svojo proizvodnjo, kar pomeni, da so prešli v specializacijo in opuščanje delovnih ukrepov, ki niso vzdržali mednarodne primerjave. Posledično so pričeli opuščati kmetijska zemljišča na hribovitih težjih tleh, kjer je obdelava zahtevna in zato draga, predvsem njivska, saj so pobočne njive ležale praviloma na težjih ilovnato do ilovnatih glinastih tleh, ki so manj primerna za strojno obdelavo tal in spravilo poljščin. Proces opuščanja je šel tako hitro, da je bilo sredi sedemdesetih let prejšnjega stoletja v Sloveniji še 780.000 ha kmetijskih zemljišč, leta 2010 pa manj kot 500.000 ha (Popis kmetijstva 2010, Predhodno radijsko poročilo). Njive so ostale na ravnini, ki so, z nekaterimi izjemami, plitve rečne naplavine, s 25–40 cm debelo plastjo tal, pomešane s skeletnim kamenjem, na bolj ali manj čisti prodnati podlagi karbonatnega ali silikatnega izvora ((GERK.si)). Za obdelavo so taka tla res nezahtevna, nimajo pa dovolj velike sposobnosti zadrževanja vode (poljske kapacitete tal za vodo). Med taka tla spadajo lahka karbonatna peščena tla na Sorškem in Mengeškem polju ter v osrednji Savinjski dolini (rendzina) in lahka peščena tla na nekarbonatnih prodih Dravskega polja ter nekaterih predelov Prekmurja (ranker in izprana rjava tla). Odvisno od globine horizontov s primernim deležem glinastih in finih meljastih delcev v območju, do koder segajo korenine poljščin, so ta tla sposobna zadržati le 50–150 mm vode, kar ob poletni povprečni dnevni evapotranspiraciji, ki znaša 5–6 mm (pod koruzo je evapotranspiracija večja!), na teh tleh brez večje škode rastline brez dežja vzdržijo le 10–25 dni, v poletnih mesecih pa se v posameznih letih dogaja, da več kot 30 dni ni dežja. V takih letih obilni odmerki dušika rastlinam, na primer koruzi, ne koristijo. Nasprotno: v letih brez poletnih padavin lahko na lahkih tleh drugi in tretji obrok dušika naredita več škode kot koristi. Urea in KAN (kalijev amonijev nitrat) sta močno higroskopična in če ju pognojimo preblizu korenin (čemur se je težko izogniti), lahko v sušnih letih odtegneta vodo ne le iz tal v območju korenin, ampak odzametata vodo tudi koreninskim laskom, tako da pride do prisilnega zorenja in posledično do drobnega zrnja (Wild, 2003; Vučko, 2009). Tako ostane presežek dušika v tleh in se v zimskih mesecih izpira v globlje plasti zemlje. Velika variabilnost vremenskih pojavov med posameznimi leti pomeni, da je v povprečju, približno vsako drugo leto, dovolj ali preveč dežja. V letih z dovolj vlage rastline dušik dobro izkoristijo, kar se odraža v obliki višjih pridelkov. V takih letih je gnojilni odmerek dušika (organskega in mineralnega) za najvišji pridelek poljščin naslednji: pri pšenici 150–180 kg/ha N, pri koruzi 180–230 kg/ha N in pri ječmenu 130–150 kg/ha N (Tajnšek in sod., 1996; Briški in sod., 1998). V sušnih letih je za ta cilj potreben vsaj za tretjino nižji odmerek dušika. Problem je, da kmetje kljub deljenju dušikovega odmerkov na več obrokov ne vedo vnaprej, ali bosta pozna pomlad in zgodnje poletje deževna ali ne. V lahkih tleh vodnih zalog od jeseni in zime namreč ni, tako so rastline odvisne od količine padavin v obdobju rasti. Pogosto se kmetje »za vsak slučaj, da ne bo premalo« vnaprej odločajo za visoke odmerke dušikovih gnojil, ker pa, kot je že bilo omenjeno, rastline v sušnih letih ne morejo dovolj izkoristiti (primerjalno z vlažnimi leti) vsega dušika, se njegov presežek v tleh že v desetih letih poveča na najmanj 400–700 kg/ha N. Zastavlja se vprašanje, ali ta dušik z vodo v celoti ponikne v podtalnico ali se denitrificira in pride v zrak ali pa



migrira v tleh tudi bolj ali manj horizontalno po gradientu pretoka talne vode, tako da se končno izloči v kanale, potoke in reke.

Povod za študijo so bila dolgoletna lastna opazanja rasti poljščin in njihovih pridelkov v triletnem kolobarju koroze, pšenice in ječmena v mednarodnem poskusu IOSDV Rakičan (Tajnšek, 2003), kjer tako imenovana ničelna varianta (kontrola) brez kakršnega koli gnojenja z dušikom še po dolgoletnem obdobju daje pri korozi sorazmerno visoke pridelke (Tajnšek in sod., 2005) v primerjavi s parcelami, gnojenimi z visokimi odmerki dušika. Na parcelah s pšenico in ječmenom, ki imata plitvejši korenine, pa so pridelki v kontroli, primerjalno s korozi, znatno nižji.

Študijo smo opravili s ciljem, da bi ocenili obseg horizontalne migracije dušika na lahkih njivskih tleh na območju vzhodne Slovenije.

## 2 Material in metode dela

V prispevku obravnavamo del obsežnejše študije s preučevanjem optimalnega odmerka dušika na lažjih tleh Slovenije, kakršna prevladujejo v pomembnem delu nižinskega Pomurja.

Za poljski študijski objekt je bil izbran del mednarodnega poskusa z organskim in mineralnim dušikom IOSDV Rakičan, na izpranih rjavih tleh, peščeno meljaste teksture (Tajnšek in sod., 2010). Za interpretacijo rezultatov poskusa je pomemben podatek, da so tla v globini izpod 75 cm vlažna celo v najbolj sušnem poletnem obdobju. V poskusu, ki je zasnovan leta 1992 kot statični poljski poskus s tremi ponovitvami osnovnih variant (osnovna parcela 30 m<sup>2</sup>), smo v kolobarju koroze, pšenice in ječmena za potrebe te študije izbrali naslednje variante gnojenja z dušikom:

- Kontrolo (AN0) predstavljajo osnovne parcele, ki od zasnove, leta 1992, nikoli niso bile gnojene niti z organskim niti z mineralnim dušikom.
- Stopnji gnojenja N1 in N2, brez hlevskega gnoja, pač pa s podorom stranskih pridelkov (slama, koruznica) in podorino (oljna redkev) po ječmenu, ki je bila pognojena s 60 kg/ha N. V povprečju vseh treh poljščin v kolobarju je znašal letni odmerek dušika v stopnji N1 (N1S) 93 kg/ha N in v stopnji N2 (N2S) 167 kg/ha N.
- Stopnji gnojenja N1 (N1G) in N2 (N2G), z 10 t/ha hlevskega gnoja letno v kolobarju, pogojenega vsako tretje leto pred korozi v višini 30 t/ha. Povprečni skupni odmerek organskega in mineralnega dušika je znašal letno v stopnji N1G 133 kg/ha in v stopnji N2G 207 kg/ha N. Homeološki stopnji N1S in N1G ter N2S in N2G smo v pogledu rastlinam dostopnega dušika obravnavali kot enakovredni, upoštevaje dejstvo, da je bil gnoj svinjski, z 0,6% dušika, in da je izkoristek dušika iz hlevskega gnoja približno 50 % (Leskošek, 1993) v primerjavi z dušikom iz mineralnih gnojil.
- V IOSDV Rakičan sta vključeni še varianti gnojenja N3G in N3S, ki sta stopnji N, višji od odmerka N za optimalno gnojenje, in v katerih je povprečni letni odmerek 280 oziroma 240 kg/ha N.

Z vsake parcele je bil stehtan pridelek zrnja (14 % vlaga) in slame (20 % vlaga), na vsakih nekaj let je bila na vseh parcelah analizirana vsebnost dušika v zrnju in slami, tako da lahko naredimo *enostavno bilanco dušika* (BN) in izračunamo njegov saldo, in sicer iz razlike med *količino pogojenega dušika* (PN) in *odvzemom (izvozom) dušika s pridelkom* (ON), po formuli:

$$\text{Bilanca (= saldo) N (BN) = Pogojeni N (PN) - Izvoz N (ON)} \quad (1)$$

Jeseni 2009, po spravi koruze (07. 10. 2009), smo iz vseh v študijo vključenih parcel (AN0, N1G; N2G, N2G) za analizo Nmin odvzeli vzorce zemlje iz globine 0-30 cm, 30-60 cm in 60-90 cm. Na ta način smo lahko izračunali, koliko je bilo med rastjo dejansko *rastlini dušika na razpolago* oziroma *dostopnega* (NR):

$$\text{Rastlini dostopni N (NR)} = \text{Nmin}_{(0-90 \text{ cm})} + \text{Pognojeni N (PN)} \quad (2)$$

Pri izračunu obsega horizontalne migracije dušika po gradientu njegove koncentracije v tleh in gradientu pretoka talne vode je treba upoštevati tudi oceno mineralizacije dušika iz humusa in aerobni depozit dušika.

Ugotovljeno je, da je v IOSDV Rakičan v postopku AN0 vsebnost humusa okoli 70 t/ha v globini 0-30 cm (Cvetkov, 2010), oziroma 41 t/ha Corg. Po analizi je na omenjeni parceli razmerje med Norg in Corg 1:9. Če znaša povprečni koeficient mineralizacije humusa v kolobarju 0,015, se letno sprostí okoli 68 kg/ha N *mineraliziranega dušika* (MD). Če sprejmemo oceno, da je količina *aerobnega depozita dušika* (AD) 20 kg/ha N (Leskošek, 1993), je na parcelah AN0 po 17 letih brez gnojenja z dušikom rastlinam letno še vedno na razpolago okoli 88 kg/ha N. Tako lahko *neto horizontalno migracijo dušika* (HMN) na ničelno parcelo ocenimo z naslednjo formulo:

$$\begin{aligned} \text{Neto horizontalna migracija N (HMN)} = & \text{Dostopni N (NR)} - \text{Pognojeni N (PN)} - \\ & \text{Mineralizirani N (MD)} - \text{Aerobni depozit N (AD)} \end{aligned} \quad (3)$$

Z zgornjo formulo lahko ocenimo neto migracijo za vse postopke pridelovanja, ki so vključene v študijo.

### 3 Rezultati z diskusijo

Iz prikaza pridelkov koruze v letu 2009 na IOSDV poskusu v Rakičanu lahko povzamemo, da je 17 let po zasnovi poskusa na kontrolni parceli pridelek le za 25 % nižji kot na parcelah, ki so gnojene z dušikom (preglednica 1). Presenetljivo, da na gnojenih parcelah, ne glede na višino dušikovega odmerka, razlike med stopnjami gnojenja niso značilne, saj ne presegajo 10 %. Temu ustrezno sorazmerno majhna je tudi razlika v količini z njive odpeljane mase dušika. Ob tem je treba upoštevati, da je v variantah s podorano slamo ostal dušik, ki ga vsebujeta slama oziroma koruznica, na njivi vse predhodno poskusno obdobje, vendar ga moramo za tekoče leto obravnavati, kot da ostaja na njivi. Rastlina ga mora namreč najprej sprejeti, šele po spravi zrnja in podoru slame in koruznice se ta dušik vrača nazaj na njivo.

*Preglednica 1: Pridelek koruznega zrnja in slame (kg/ha) in izvoz dušika z njive (kg/ha N) v izbranih postopkih gnojenja z mineralnim dušikom in organskimi gnojili (IOSDV Rakičan, 2009)*

| Postopek gnojenja | Zrnje | Slama | Izvoz N z zrnjem | Izvoz N s slamo | Skupni izvoz N z njive |
|-------------------|-------|-------|------------------|-----------------|------------------------|
| AN0               | 6417  | 3806  | 89               | 14              | 103                    |
| N1G               | 9387  | 5224  | 143              | 20              | 163                    |
| N1S               | 8540  | 5384  | 128              | 24              | 152                    |
| N2G               | 8804  | 4750  | 129              | 27              | 156                    |
| N2S               | 9167  | 5229  | 142              | 27              | 169                    |

Iz preglednice 1 je razvidna slaba odzivnost višine pridelka koruze na gnojenje z dušikom. Temu sorazmerno so majhne tudi razlike med količino izvoženega dušika glede na višino dušikovega odmerka. V tem pogledu se le kontrola (AN0) pomembno razlikuje od ostalih stopenj gnojenja, ki se med seboj sicer malo razlikujejo. Dobljeni rezultati dopuščajo domnevo, da prihaja po večjem deževju do difuzne migracije dušika v tleh z območja ene osnovne parcele na območje druge parcele, in sicer glede na koncentracijo dušika v tleh po gnojenju.

Do neke mere lahko to domnevo potrdi tudi izračun enostavne bilance dušika po obrazcu (1), ki ga prikazuje preglednica 2. Teoretično optimalni saldo med pognojenim dušikom in z njive odpeljano količino dušika je enak nič (saldo  $N = 0$ ), vendar se to v praksi ne dogaja. Iz preglednice 2 razberemo, da so, z izjemo N2G, v vseh postopkih gnojenja, ki so vključeni v študijo, saldi dušika negativni. Med njimi najbolj izstopa kontrola (AN0), pri kateri je letni saldo -103 kg/ha N. Manjkajoči dušik, ki ga prikazuje saldo po enostavni bilanci, se pokrije iz različnih virov, vsekakor lahko tudi z migracijo dušika s parcel z visokimi odmerki dušika (na primer N3G ali N3S).

*Preglednica 2: Nmin-N in enostavna bilanca N (kg/ha N) v izbranih stopnjah gnojenja z N, v IOSDV Rakičan, po spraviu koruze (07. 10. 2009)*

| Postopek gnojenja | Nmin-N, 07. 10. 2009 | Pognojeni N | Izvoz N z njive | Enostavna bilanca N | Med rastjo dostopni N | Neto horizontalna migracija N |
|-------------------|----------------------|-------------|-----------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------|
| AN0               | 64                   | -           | 103             | -103                | 167                   | 79                            |
| N1G               | 91                   | 133         | 163             | -30                 | 254                   | 33                            |
| N1S               | 141                  | 93          | 152             | -59                 | 293                   | 112                           |
| N2G               | 158                  | 207         | 156             | +51                 | 314                   | 19                            |
| N2S               | 98                   | 167         | 169             | -2                  | 267                   | 12                            |

Ker v našem primeru v kontroli AN0 neposredno po izvozu dušika s parcele s pridelkom še vedno ostane 64 kg/ha Nmin-N, moramo odgovoriti na vprašanje, odkod dobijo rastline v kontroli po 17 letih toliko dušika. Dobijo ga lahko s pozitivno neto migracijo dušika prek pretoka talne vode, z mineralizacijo humusa na parceli in z aerobnim depozitom dušika (prah, plini in padavine).

Oceno o količini dušika, ki prispe v teku leta s talno migracijo dušika na parcelo AN0, opravimo v nekaj korakih. Najprej ocenimo količino dušika, ki je bil koruzi v teku rasti na razpolago (NR). Očitno je ta količina enaka vsoti dušika, ki smo ga s koruzo odpeljali z njive (ON) in količini dušika, ki smo ga na parceli AN0 določili z metodo Nmin, neposredno po spraviu koruze (07. 10. 2009). Izračunamo jo po formuli (2). Rezultate prikazuje preglednica 2, šesti stolpec. Razvidno je, da je količina tega dušika visoka.

V količini dušika, ki je bila rastlinam na razpolago med rastjo, odpade del na z organskimi in mineralnimi gnojili pognojeni dušik, del te količine predstavlja dušik, ki se sprosti z mineralizacijo humusa, del rastlinam razpoložljivega dušika pride na parcelo z aerobnim depozitom, preostanek dušika (vrednost je lahko tudi negativna) pa predstavlja neto horizontalna migracija dušika (HMN). Pod izrazom 'neto' migracija dušika razumemo rezultanto na parceli prisotnega dušika, nekaj ga namreč v vodi raztopljenega prispe na parcelo, nekaj pa ga parcelo zapusti.

V metodiki smo za kontrolno parcelo (AN0) višino mineraliziranega dušika okvirno ocenili z letno količino 68 kg/ha in aerobni depozit z 20 kg/ha N letno. Tako lahko količino neto horizontalne migracije dušika izračunamo po formuli (3). Po rezultatih, ki jih prikazuje zadnji

stolpec preglednice 2, znaša povprečna letna neto horizontalna migracija dušika na kontroli 79 kg/ha N, v postopku N1S 112 kg/ha N, na vseh drugih parcelah pa je neto horizontalna migracija dušika znatno nižja, vendar pozitivna (12, 19 in 33 kg/ha N). Iz rezultatov lahko zaključimo, da v teh lahkih v tleh dušik migrira s pretokom talne vode z območij z višjo koncentracijo dušika (N3G, N3S, okoliške, z gnojevko in mineralnim N intenzivno gnojene parcele) na lokacije z nižjo koncentracijo dušika. Obseg te migracije je občuten, saj lahko znaša do okrog 100 kg/ha N.

Analiza količine Nmin-N po globinah talnih vzorcev (preglednica 3) pokaže pri variantah s hlevskim gnojem (N1G, N2G) nadpovprečno vsebnost dušika v slojih 0-30 cm in 30-60 cm, kar ni presenetljivo glede na dejstvo, da je bilo spomladi 2009 pred setvijo koruze pognojeno 30 t/ha N. Preseneča pa visoka vsebnost Nmin-N v varianti N1S, v globini 60-90 cm, saj je znašala kar 85 kg/ha Nmin-N, medtem ko je bila v globinah 0-30 cm in 30-60 cm vsebnost dušika nizka. To dejstvo podkrepljuje trditev, da je v določenih okoliščinah (na primer visoka talna voda, lahka tla) horizontalna migracija dušika resen problem pri določanju optimalnih dušikovih odmerkov.

*Preglednica 3: Razporeditev Nmin-N (kg/ha N) po globinah odvzetih vzorcev tal glede na postopek pridelovanja (IOSDV Rakičan, po spravilu koruze, 07. 10. 2009)*

| Varianta pridelovanja koruze<br>in globina vzorčenja tal | Masa ANO3 <sup>-</sup> | Masa NH <sup>4+</sup> | Skupna masa N |
|----------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------|---------------|
| AN0 (0-30 cm)                                            | 14,2                   | 8,2                   | 22,4          |
| (30-60 cm)                                               | 9,5                    | 8,2                   | 17,7          |
| (60-90 cm)                                               | 14,2                   | 9,8                   | 24,0          |
| <b>Skupaj AN0</b>                                        | <b>37,9</b>            | <b>26,2</b>           | <b>64,1</b>   |
| N1G (0-30 cm)                                            | 28,4                   | 9,8                   | 38,2          |
| (30-60 cm)                                               | 25,3                   | 7,6                   | 32,9          |
| (60-90 cm)                                               | 9,5                    | 9,8                   | 19,3          |
| <b>Skupaj N1G</b>                                        | <b>63,2</b>            | <b>27,2</b>           | <b>90,4</b>   |
| N1S (0-30 cm)                                            | 19,0                   | 10,3                  | 29,3          |
| (30-60 cm)                                               | 17,4                   | 9,3                   | 26,7          |
| (60-90 cm)                                               | 56,9                   | 28,3                  | 85,2          |
| <b>Skupaj N1S</b>                                        | <b>93,3</b>            | <b>47,9</b>           | <b>141,2</b>  |
| N2G (0-30 cm)                                            | 59,3                   | 12,8                  | 72,1          |
| (30-60 cm)                                               | 42,7                   | 14,2                  | 56,9          |
| (60-90 cm)                                               | 20,9                   | 7,8                   | 28,7          |
| <b>Skupaj N2G</b>                                        | <b>122,9</b>           | <b>34,8</b>           | <b>157,7</b>  |
| N2S (0-30 cm)                                            | 25,3                   | 9,0                   | 34,3          |
| (30-60 cm)                                               | 18,2                   | 8,5                   | 26,7          |
| (60-90 cm)                                               | 27,7                   | 9,0                   | 36,7          |
| <b>Skupaj N2S</b>                                        | <b>71,2</b>            | <b>25,5</b>           | <b>97,7</b>   |

#### 4 Sklepi

V razmerah variabilnih medletnih vremenskih razmer je zlasti na lahkih peščenih do peščeno meljastih tleh odmerjanje ustreznih odmerkov dušika in njegovih obrokov za poljščine zelo oteženo.

Na območjih z nihajočo vendar v celoti sorazmerno visoko talno vodo je lahko obseg horizontalne migracije dušika zelo velik (v intenzivni pridelavi okoli 100 kg/ha N) zlasti v

primeru, če želimo v sušnih razmerah za doseganje visokih pridelkov z visokimi odmerki dušika kompenzirati pomanjkanje vode.

Na primeru poskusa IOSDV Rakičan se je izkazalo, da dušik v tleh z lahkoto migrira z območja z višjo koncentracijo dušika na območja z njegovo nižjo koncentracijo (z gibanjem talne vode).

S temi ugotovitvami lahko obrazložimo dejstvo, da je na parcelah, ki v dolgoletnem obdobju niso bile gnojene z dušikom, pridelek koruze sorazmerno visok v primerjavi z gnojenimi parcelami – le za 25% nižji kot na gnojenih parcelah.

V razmerah s podobnimi talnimi in klimatskimi razmerami kot v Rakičanu so najbolj gospodarni in okoljsko sprejemljivi zmerni odmerki dušika.

## 5 Zahvala

Raziskava je potekala v okviru projekta Strategija prilagajanja klimatskim spremembam v pridelavi hmelja in koruze na teksturno lahkih tleh (V4-0483) v okviru ciljnega raziskovalnega programa (CRP) Konkurenčnost Slovenije 2006 do 2013. Financerjem (ARRS in MKGP) in sodelavcem na projektu se avtorji zahvaljujemo.

## 6 Literatura

- Briški, L., Gregorčič A., Kmecl, V., Resnik, M., Sušin, J., Žnidaršič-Pongrac, V. 1998. Izboljšana tehnologija gnojenja koruze z dušikom. V: Tajnšek, A. in Šantavec I. (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu '98 : zbornik simpozija, [Dobrna, 3. in 4. december 1998]. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 42-47
- Cvetkov, M., Šantavec, I., Kocjan Ačko, D., Tajnšek, A. 2010. Soil organic matter content according to different management system within long-term experiment = Vsebnost organske snovi v tleh v odvisnosti od načina gospodarjenja znotraj trajnega poskusa. Acta agric. Slov. [Tiskana izd.], 95, 1: 79-88
- Leskošek, M.. 1993. Gnojenje. ČZP Kmečki glas Ljubljana, Ljubljana: 197 s.
- Tajnšek, A. 2003. Namen in cilj trajnih poljskih poskusov IOSDV Jable in IOSDV Rakiča. V: Tajnšek, A. (ur.), Čeh, B. (ur.), Kocjan Ačko, D. (ur.). Deset let trajnih poskusov IOSDV v Sloveniji, Jable in Rakičan 1993-2003 : zbornik posveta, Žalec, [12.] december 2003. Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 7-22
- Tajnšek, A., Udovč, A., Šantavec, I. 1996. Gospodarnost sistemov njivske proizvodnje in njihova ekološka sprejemljivost. V: Šesek, P. (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu '96 : zbornik simpozija, [Radenci, 9. in 10. decembra 1996]. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 25-31
- Tajnšek, A., Čeh, B., Tajnšek, L., Cvetkov, M. 2010. Mechanical resistance of wheat to stem breakage in the late growth period considering mineral nitrogen and organic fertilisation. Archives of Agronomy and Soil Science: 489-497
- Tajnšek, A., Šantavec, I., Čeh, B. 2005. Using "the third approximation of the yield law" for the determination of maximum yield and nitrogen fertilization of winter wheat. Arch. Acker - Pflanzenbau Bodenkd., 51, 5: 501-512
- Vučko, K. 2009. Vpliv gnojenja pšenice (*Triticum aestivum* L.) na njeno absolutno in hektolitrsko maso. Diplomsko delo, Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 41 s.
- Wild, A. 2003. Soils, Land and Food. Cambridge University Press, University of Reading: 93-124

## Uporaba sadre za zmanjšanje izgub dušika iz gnojevk

Rok MIHELIC<sup>19</sup>, Ana PUCER<sup>20</sup>

### Izvleček

V govejo in prašičjo gnojevko smo zamešali sadro (gips) v treh stopnjevanih odmerkih: 1, 2 in 6 g sadre/g N iz gnojevke; ter apnenec (ekvivalent 5 t/ha) in žvepleno kislino (znižanje pH gnojevk na 6,0) v enem odmerku. Želeli smo ugotoviti ali z dodano sadro lahko preprečimo izgube dušika iz gnojevk. Gnojevko z dodatki smo 27 dni inkubirali v laboratoriju pri sobni temperaturi ( $T = 22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ). Imeli smo tri ponovitve za vsako obravnavanje in vsak termin inkubacije. Med inkubacijo smo vzorčili 5-krat: na začetku (T0), po 24 urah (T1); 3 dneh (T2); 9 dneh (T3) in po 27 dneh (T4). Izmerili smo vsebnost suhe snovi, pH,  $\text{NH}_4\text{-N}$ , N skupni in elektro prevodnost (EC). Dodatek sadre ni vplival na spremembo pH vzorcev gnojevk, je pa značilno povečal njihovo elektro prevodnost. Vpliv sadre na ohranitev dušika je bil rahlo zaznaven v prašičji gnojevki (5 – 7% več N ob koncu poskusa v primerjavi s kontrolo), v goveji gnojevki pa nismo zaznali pozitivnega vpliva. Med vsemi obravnavanji smo statistično značilno ohranitev dušika v gnojevkah dosegli le ob njihovem zakisanju z žvepleno kislino.

**Glavne besede:** kmetijstvo, varstvo okolja, dušik, sadra, gnojevka

## Using gypsum to reduce the loss of nitrogen from liquid manure

### Abstract

In bovine and swine slurry were mixed gypsum in the three graduated: 1, 2 and 6 g gypsum/g N in the slurry, and limestone (equivalent to 5 t / ha), and sulphuric acid (lowering pH of slurry to 6.0) in one dose. We wanted to determine whether the added gypsum can prevent nitrogen losses from manure. Slurry with additives were incubated for 27 days in the laboratory at room temperature ( $T = 22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ). We had three replicates for each treatment and each term of incubation. During incubation, we sampled five times: at the beginning (T0), after 24 hours (T1), 3 days (T2), 9 days (T3) and after 27 days (T4). We measured dry matter, pH,  $\text{NH}_4\text{-N}$ , N total and electrical conductivity (EC). Addition of gypsum did not affect the change in pH of slurry, but significantly increased their electrical conductivity. Effect of gypsum on the conservation of nitrogen was slightly detectable in pig slurry (5 - 7% more N at the end of the experiment compared to control), however in cattle slurry we did not receive a positive response. Among all the treatments statistically significant conservation of nitrogen in the slurry is achieved only when they are acidifying with sulphuric acid.

**Key words:** agriculture, environment, nitrogen, gypsum, manure

### 1 Uvod

V živinskih gnojilih dušik nastopa v dveh oblikah, organski in amonijski. Amonijski dušik, ki ga je veliko v gnojevkah, gnojnicah in v perutninskem gnoju, se delno pretvori v hlapni in toksični amoniak. Hlapni amoniak nastaja v vlažnem gnoju ali gnojevki, če je pH raztopine nad 6,5. Izhlapljanje je pospešeno v toplem in vetrovnem vremenu. Izhlapljanje popolnoma preneha, če pH raztopine pade pod 4,5 (Hartung in Phillip, 1994).

Izgube dušika, ki pri tem nastanejo, so lahko velike in pomenijo ekonomsko škodo. Dušik je namreč dragoceno hranilo. Izhlapeli amoniak poslabša klimo v hlevu in bivanjske razmere za živino. Ima neprijeten, dražeč vonj, ki po gnojenju z živinskimi gnojili zelo moti tudi

<sup>19</sup> Doc. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Agronomija, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

<sup>20</sup> Študentka univerzitetnega študija agronomije na Biotehniški fakulteti, e-pošta: ana.pucer@gmail.com

prebivalce v bližini hlevov in pogojenih površin. Vpliva lahko na tvorbo kislega dežja in s tem škoduje rastlinju in vodotokom (Ndegwa in sod., 2008).

Raziskave kažejo, da se da zmanjšati izgube dušika iz živinskih gnojil, če se amonij ( $\text{NH}_4^+$ ) veže na negativno nabite ione (anione). Moč vezave je odvisna od lastnosti povezane molekule.

Namen predstavljene raziskave je bil, da bi s sadro ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), ki bi jo zamešali v živinska gnojila, vezali amonijski ion na sulfat, tako, da bi dobili amonijev sulfat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , s čimer bi preprečili izgube dušika iz živinskih gnojil z izhlapevanjem amoniaka (Chou in sod., 2006).

## 2 Material in metode dela

V Cinkarni d.d. pridobivajo sadro kot stranski produkt pri pridobivanju titanovega oksida. V tem postopku se pri čiščenju titanove sekundarne surovine uporablja žveplena kislina. Prebitek žveplene kisline odstranijo tako, da jo nevtralizirajo z apnom. Nastane oborina, sadra -  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . V postopku čiščenja dobijo dve vrsti sadre, manj očiščeno – rdečo sadro, ki gre na posebno deponijo, in očiščeno – belo sadro oz. proizvod Calcin-S. Iz preglednice 1 lahko razberemo, da je očiščena sadra zelo čista: > 95% je kemijsko čiste sadre, okrog 4% je apnenca, le do 1% je drugih spojin. Vsebnost potencialno nevarnih kovin (Pb, Zn, Ni, Cr...) je zelo majhna, tako da ni nevarnosti preobremenjevanja okolja z njimi.

*Preglednica 1: Analiza sadre (Calcin-S) (analize je opravil laboratorij Cinkarne d.d.)*

| Parameter                                 | Vsebnost          |
|-------------------------------------------|-------------------|
| Vlaga                                     | 4-12%             |
| $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | >95%              |
| Kristalna voda                            | >20%              |
| $\text{CaCO}_3$                           | <4%               |
| $\text{SO}_4^{2-}$                        | >55%              |
| Ca                                        | >22%              |
| Al                                        | <0.009%           |
| Cr                                        | <0.007%           |
| Cu                                        | <0.001%           |
| Fe                                        | <0.13%            |
| Mn                                        | <0.001%           |
| Ti                                        | <0.31%            |
| Zn                                        | <0.004%           |
| Pb                                        | <0.001%           |
| Ni                                        | <0.001%           |
| Premier delcev (D50)                      | 90 - 110 mikronov |
| pH                                        | 5 - 8             |

*Preglednica 2: Analitska slika gnojevk v poskusih (analize je opravil laboratorij Cinkarne d.d.)*

| Parameter                      | Goveja gnojevka | Prašičja gnojevka |
|--------------------------------|-----------------|-------------------|
| Suha snov - ss (%)             | 6,74            | 8,00              |
| pH                             | 8,33            | 8,00              |
| C (%)                          | 2,23            | 2,60              |
| $\text{NH}_4\text{-N}$ (%)     | 0,07            | 0,25              |
| Nskupni (%)                    | 0,22            | 0,50              |
| Nskupni (% ss)                 | 3,21            | 6,29              |
| $\text{NH}_4\text{-N/Nskupni}$ | 0,34            | 0,50              |
| C/N                            | 10,31           | 5,17              |
| EC (mS/cm)                     | 0,71            | 1,26              |

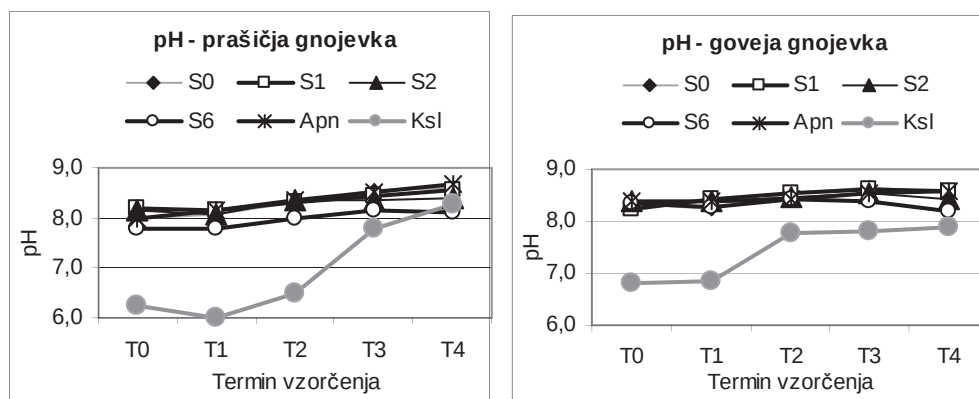
Zastavljeno hipotezo smo preskusili z laboratorijskim inkubacijskim poskusom. Spremljali smo spremembe pri inkubiranju prašičje in goveje gnojevke pri stopnjevanjih dodatkih sadre, apnenca in žveplene kisline. Za vsako gnojevko smo zasnovali 6 obravnavanj: S0: gnojevka brez dodane sadre; S1: gnojevka z 1 g sadre/g N iz gnojevke; S2: 2 g sadre/g N iz gnojevke; S6: 6 g sadre/g N iz gnojevke; Apn: ekvivalentno 5 t apnenca/ha; Ksl: zakisanje gnojevke na pH 6,0.



Incubacija gnojevke je potekala v laboratoriju pri sobni temperaturi ( $T = 22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) 27 dni. Vzorce smo inkubirali v 100 ml polietilenskih posodicah, ki smo jih pokrili s perforirano folijo propustno za pline, da se vzorci v času inkubacije ne bi izsušili. Imeli smo tri ponovitve za vsako obravnavanje in vsak termin inkubacije. Med inkubacijo smo vzorčili 5-krat: na začetku ( $T_0$ ), po 24 urah ( $T_1$ ); 3 dneh ( $T_2$ ); 9 dneh ( $T_3$ ) in po 27 dneh ( $T_4$ ). Izmerili smo sledeče parametre: suho snov (sušenje vzorca pri  $105^{\circ}\text{C}$  do konstantne teže; običajno zadošča 24 ur), pH smo določili po elektrometrični meritvi aktivnosti  $\text{H}^+$  ionov (izraženo kot negativni desetiški logaritem) v suspenziji tal z raztopino 0.01 mol/l kalcijevega klorida v volumskem razmerju 1 : 5 (SIST ISO 10390), C in N skupni sta bila določena po sežigu pri  $900^{\circ}\text{C}$  s pomočjo TCD detektorja (Thermal Conductivity Detector) na CNS elementnem analizatorju VarioMAX firme Elementar (ISO 10694, 1995 in ISO 13878, 1995),  $\text{NH}_4\text{-N}$  (izmenjava mineralnih oblik dušika iz sorptivnega dela tal ter talne raztopine v ekstrakcijsko raztopino – 0,01 M  $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ; SIST ISO 14255) in elektro prevodnost (EC), ki smo jo izmerili neposredno v vzorcih.

### 3 Rezultati z diskusijo

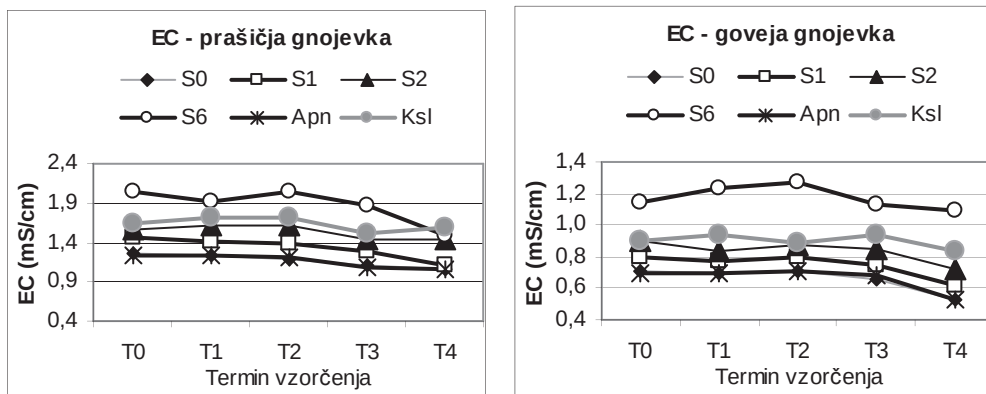
Na sliki 1 predstavljamo spremembe pH gnojevk pri različnih dodatkih v času inkubacije. Dodatki sadre niso bistveno spremenili pH vrednosti gnojevk. Izjema je največji dodatek ( $\text{S}_6$ ), ki je vplival na nekoliko nižjo pH vrednost gnojevk (za 0,2 do 0,5 enote pH). Zanimiva je ugotovitev, da dodatek apnenca ni vplival na povečanje pH vrednosti gnojevk, ki so bile že v osnovi bazične (okrog 8,0 – pregl. 2). Nasprotno je, v 27 dneh inkubacije, dodatek kisline znižal pH prašičje gnojevke na okrog 6,0 in goveje na 6,7. Kislina je že po 24 urah začela postopno izgubljati svoj učinek, vendar je na značilno znižanje pH vplivala izrazito še po treh dneh ( $T_2$ ) ter le deloma po 9 dneh ( $T_3$ ), po 27 dneh pa njenega vpliva skorajda ni bilo več in se je pH tega obravnavanja uskladil na istem nivoju z ostalimi obravnavanji pri prašičji- in na do 0,7 enote nižjem pri obravnavanjih z govejo gnojevko (sl. 1).



Slika 1: Spremembe pH gnojevk pri različnih dodatkih (legenda v Materialu in metodah)

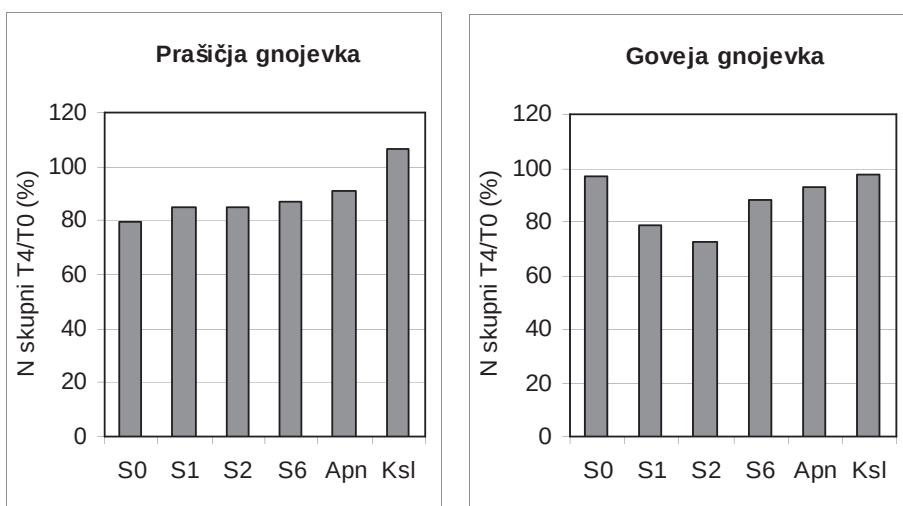
Dodani sadra in žveplena kislina sta povečali elektro prevodnost (EC) vzorcev gnojevk, sadra proporcionalno z velikostjo dodatkov. Dodatek apnenca ni imel vpliva na EC (slika 2).





Slika 2: Spremembe elektro-prevodnosti (EC) vzorcev gnojevk pri različnih dodatkih (legenda v Materialu in metodah)

Najbolj nas je zanimalo, koliko dušika se ohrani v gnojevkah zaradi dodatkov. Pri prašičji gnojevki smo ugotovili, da dodatki sadre niso statistično značilno vplivali na zadrževanje dušika v gnojevki. Preračunano na suho snov se je v kontroli v 27 dneh inkubacije (T4) izgubilo okoli 20% N. Odmerki sadre so zmanjšali izgube N iz prašičje gnojevke v povprečju za okrog 5 do 7%. Pri dodatku apnenca so se izgube N zmanjšale v povprečju za okrog 12%. Dodatek kisline je izgube N iz prašičje gnojevke praktično preprečil, pri čemer je pri tej varianti ostal na enakem nivoju tudi delež amonijskega dušika od celotnega N (podatek), medtem ko se pri vseh drugih variantah zmanjšal v približno enakem odstotku (iz 35% na začetku do 10% ob koncu 27 dnevne inkubacije pri goveji- in iz 50% na 45% pri prašičji gnojevki).



Slika 3: Vsebnost skupnega N v gnojevkah ob koncu inkubacije (T4) glede na vsebnost N na začetku inkubacije (T0) (legenda v Materialu in metodah)

Pri goveji gnojevki so bile izgube dušika med procesom inkubacije zelo majhne. Goveja gnojevka je imela sorazmerno malo dušika, le 2,2 kg N/m<sup>3</sup> sveže gnojevke in le 34% od tega je bilo amonijskega-N. Dodatki v govejo gnojevko niso imeli statistično značilnega učinka na izgube N. Zanimivo je, da sta odmerka sadre S1 in S2 navidez celo povečala izgube N, vendar je to veljalo samo za primerjavi meritev T4 proti T0, v drugih terminih vzorčenja pa ne (sl. 3).

#### 4 Sklepi

Na podlagi sorazmerno enostavnega inkubacijskega poskusa smo ugotovili, da sadra (gips) pri dodajanju v prašičjo in govejo gnojevko ni bistveno vplivala na zmanjšanje izgub dušika. Značilen zadrževalni učinek smo dosegli le pri zakisanju gnojvk z žvepleno kislino, s katero smo uspeli v gnojevkah zadržati praktično ves N. Poudariti moramo, da gre za prvi tovrstni poskus, in da smo spremljali le spremembe masnih odstotkov dušika in amonija v gnojevkah (prašičji in goveji) v času inkubacije, ne pa neposrednega sproščanja plinskega amoniaka. V prihodnje nameravamo eksperimente izpopolniti in razširiti nabor testiranj z različnimi živinskimi gnojili.

#### 5 Literatura

- Hartung, J., Phillips, V. R. 1994. Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. *Journal Agricultural. Engineering Research*, 57: 173–189
- Ndegwa, P.M., Hristov, A.N., Arogo, J., Sheffield, R.E. 2008. A review of ammonia emission mitigation techniques for concentrated animal feeding operations. *Biosystems engineering* 100 (2008) 453 – 469. Published by Elsevier Ltd.
- Chou, M.I.M., Bruinius, J.A., Li, Y.C., Rostam-Abadi, M., Lytle, J.M. 1995. Manufacture of ammonium sulfate fertilizer from FGD gypsum. *Symposium on technologies for the utilization/disposal of waste materials*. 1995 Fall (Chicago) 40(4): 896 – 900
- SIST ISO 10390. Kakovost tal-ugotavljanje pH. 1996: 5 str.
- SIST ISO 10694. Soil quality-determination of organic and total carbon after dry combustion. (elemental analysis). 1995: 8 str.
- SIST ISO 13878. Soil quality-determination of total nitrogen content after dry combustion (incineration at 900°C in the CN analyser and defining with the TCD detector). 1995: 5 str.
- SIST ISO 14255. Soil quality -- Determination of nitrate nitrogen, ammonium nitrogen and total soluble nitrogen in air-dry soils using calcium chloride solution as extractant. 1998

## Long term field experiments - a basis to evaluate parameters of soil fertility

Heide SPIEGEL<sup>21</sup>, Georg DERSCH<sup>22</sup>, Andreas BAUMGARTEN<sup>23</sup>

### Abstract

Long-term field experiments are a good basis to evaluate long-term effects of different soil management, if indicators/parameters of soil quality are investigated in frequent (if feasible yearly) intervals. We have evaluated the effects of tillage and the management of crop residues on selected soil parameters. The maintenance of soil organic carbon ( $C_{org}$ ) is only possible on the investigated sites, if tillage is reduced to a minimum and crop residues (cereal grain straw, maize stover, sugar beet leaves) remain on the field.  $C_{org}$  decreases occur in the long-term with frequent tillage (two times a year and more). This is also the case, if crop residues are removed every year or crops without or few crop residues (e.g. silo maize, potatoes) dominate the crop rotation, even if the residues normally remain at the field. Additionally, elevated  $C_{org}$  results in higher microbial and thus enzyme activity. Different tillage measures and the management of crop residues influence the nutrient (N, P, K) contents and dynamics in the soil. This must be taken into account with the fertilisation management to avoid nutrient surplus and losses and to sustain production function.

**Key words:** organic carbon, phosphorus, nitrogen, soil indicators

## Dolgotrajni poljski poskusi – osnova za vrednotenje parametrov rodovitnosti tal

### Izvleček

Dolgotrajni poljski poskusi so dobra osnova za vrednotenje dolgotrajnih učinkov različnega gospodarjenja s tlemi, če se indikatorji/parametri kakovosti tal redno, če je mogoče letno, analizirajo. V prispevku je predstavljeno vrednotenje vpliva obdelave tal in gospodarjenja z žetvenimi ostanki na nekatere parametre tal. Na preiskovanih lokacijah je ohranjanje organskega ogljika ( $C_{org}$ ) edino mogoče, če se obdelava reducira na minimum in žetveni ostanki (žitna slama, koruznica, listje sladkorne pese) ostanejo na njivi. Zniževanje  $C_{org}$  se na daljši rok pojavi kot posledica pogoste obdelave (dvakrat letni in več). To se dogaja tudi, če so žetveni ostanki vsako leto odstranjeni z njive ali če prevladujejo posevki brez ali z malo žetvenimi ostanki (na primer pri silažni koruzi in krompirju), četudi le ti ostanejo na njivi. Povečevanje  $C_{org}$  se odraža v večji mikrobnosti in tako tudi encimatski aktivnosti. Različna obdelava in gospodarjenje z organsko snovjo vplivata na vsebnost hranil v tleh in njihovi dinamiki, še zlasti pri N in P. To moramo upoštevati pri gospodarjenju s hranili, da se izognemo presežkom ali izgubam hranil in da ohranimo pridelavo.

**Glavne besede:** organski ogljik, fosfor, dušik, indikatorji tal

## 1 Introduction

The maintenance or improvement of soil fertility is a precondition to sustain soil functions including the production of food and feeding stuff. Soil fertility may be evaluated and monitored with indicators of soil quality, which are normally based on several parameters. In Austria, e.g. soil organic matter (SOM), nutrients, biodiversity and biological activity and yields have been suggested as soil quality indicators (Spiegel, 2004). Agricultural soil management like tillage, crop rotation and management of crop residues affect the above mentioned indicators/parameters. With their continuous analysis it can be monitored, if these

<sup>21</sup> Dr., Austrian Agency for Health and Food Safety, Institute for Soil Health and Plant Nutrition, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Vienna, Austria, e-mail: adelheid.spiegel@ages.at

<sup>22</sup> Dr., the same institution, e-mail: georg.dersch@ages.at

<sup>23</sup> Dr., the same institution, e-mail: andreas.baumgarten@ages.at

practices eventually lead to adverse long-term effects. Some indicators are also related to soil threats in the Thematic Strategy for Soil Protection (COM(2006) 231), e.g. the decline of organic matter or biodiversity. Furthermore, it is important to measure the extent to which the sustainable development is being achieved. Therefore, benchmark values, ranges and limits for the evaluation are necessary. For some soil indicators/parameters related amongst others to the agricultural production function (e.g. soil organic matter (SOM), "plant available" nutrients, pH, N mineralisation potential) thresholds are included in the Austrian guidelines for appropriate fertilisation (BMLFUW, 2006). A basis to observe the effect of different soil management on soil quality indicators/parameters are well documented monitoring sites like long-term field experiments, in regions differing in climate and soils. Examples for the effects of tillage and the management of harvest residues on selected indicators (e.g. nutrient and  $C_{org}$  dynamics, yields) will be given.

## 2 Materials and methods

A national working group was installed in Austria to develop soil indicators, one task group concentrated on soil quality. A list of soil quality indicators (SQI) and the associated parameters was developed (Table 1, the parameters dealt with in this work are given in bold letters). Table 2 gives an overview of selected experimental sites of the Austrian Agency for Health and Food Safety (AGES).

Table 1: Soil quality indicators and parameters (the parameters dealt with in this work are given in bold letters)

| Indicators                                                                                     | Parameters                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Organic matter (content, change, stock per area and soil depth),<br>Nutrients (eutrophication) | <b><math>C_{org}</math>, <math>N_t</math>, C/N</b><br><b>P, K</b> in <b>CAL</b> or Aqua Regia, $H_2O$ ; $N_{min}$ , nutrient balances (N, P, K) |
| Acidification                                                                                  | <b>pH</b> , base saturation, CEC                                                                                                                |
| Biodiversity and biological activity                                                           | Soil fauna; <b>soil microbiology</b> (microbial biomass, <b>enzyme activities</b> )                                                             |
| Natural soil fertility                                                                         | Soil climate figure of soil taxation                                                                                                            |
| Yields                                                                                         |                                                                                                                                                 |

Table 2: AGES Experimental Sites

| Site                         | Alpenvorland   | Marchfeld         | Waldviertel <sup>1</sup> |
|------------------------------|----------------|-------------------|--------------------------|
| Meter above sea level        | 290            | 150               | 511                      |
| Mean annual rainfall (mm)    | 836            | 540               | 661                      |
| Mean annual temperature (°C) | 8.5            | 9.1               | 6.8                      |
| Soil type (FAO)              | Gleyic Luvisol | Calcaric Phaeozem | Luvisol                  |
| pH                           | 6.6            | 7.5               | 5.3                      |
| Texture                      | Loamy Clay     | Sandy Loam        | Loamy Sand               |

<sup>1</sup> Site closed in 2002.

## 2.1 FIELD EXPERIMENTS

The following two field experiments served as a basis for the evaluations of SQI: the tillage long-term experiment and the long-term field experiment dealing with the management of crop residues.

The **tillage long-term experiment** was installed in 1988 in the Marchfeld and consists of three variants with three replications. The variants are:

MT (minimum tillage): rotary driller without any primary treatment before seeding, cultivation depth: 5-8 cm.

RT (reduced tillage): cultivator in autumn and after the harvest; cultivation depth: 15 cm.

CT (conventional tillage): reversible plough in autumn and cultivator after the harvest; cultivation depth: up to 25-30 cm.

Fertilisation was done according to the Austrian guidelines for appropriate fertilisation (BMLFUW, 2006). A more detailed description is provided in Spiegel et al. (2002 and 2007). The **long-term field experiment** dealing with the **management of crop residues** started in the Marchfeld and the Waldviertel in 1982, in the Alpenvorland in 1986 originally as P fertilisation experiments with eight variants and four replications. The field experiment in the Waldviertel was closed in 2002. In four P-fertilisation stages (0, 75, 150, 300 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>·y<sup>-1</sup>) all crop residues were incorporated in one treatment and all removed in the other one, respectively. N and K fertilisation was done according the Austrian guidelines for appropriate fertilisation (BMLFUW, 2006). The percentage of leafy crops (sugar beet, pea, maize, winter rape, soybean, sun flower, potato) in the crop rotation in the Marchfeld was 48%, in the Waldviertel potato, silo maize, pea and winter rape were cultivated with a percentage of 33% in the crop rotation.

## 2.2 SOIL ANALYSES

The soil pH (CaCl<sub>2</sub>) was determined in a soil suspension by glass electrode (soil : 0.01 M CaCl<sub>2</sub> at 1:2.5), C<sub>org</sub> and total-N (N<sub>t</sub>) were analysed by dry combustion. Nitrogen mineralisation was measured on dried soils by the anaerobic incubation method (Keeney, 1982), modified according to Kandeler (1993). Extractable P and K were determined with CAL according to Schüller (1969).

## 3 Results and discussion

### 3.1 TILLAGE LONG-TERM EXPERIMENT

#### **Organic Carbon**

Figure 1 shows the long-term development of C<sub>org</sub> with different tillage measures. C<sub>org</sub> in 0-30 cm remained constant during the investigation period only with MT. C<sub>org</sub> with CT and RT tended to decline. C<sub>org</sub> was significantly higher with minimum tillage after 20 years in 0-10 cm compared to reduced and conventional tillage (results not shown). However, in 0-30 cm these differences were not always statistically significant (Figure 1).

#### **Nutrients**

CAL extractable P and K as well as N<sub>t</sub> (Table 3) revealed significantly higher contents with MT compared to CT in 0-10 cm. 20 years after the beginning of the field experiment, soil P<sub>CAL</sub> contents in the MT variant as well as K<sub>CAL</sub> contents in MT and RT increased and could be classified as »high« and »very high«, respectively, starting only from »medium« classification of soil nutrient supply (according to the Austrian fertilization guidelines,

BMLFUW, 2006). This is also the case, if the averages of the first two soil depths were compared (0-20 cm is the soil layer to which the guidelines refer to, results not shown).  $P_{CAL}$  and  $K_{CAL}$  remained within the initial medium supply class with MT.

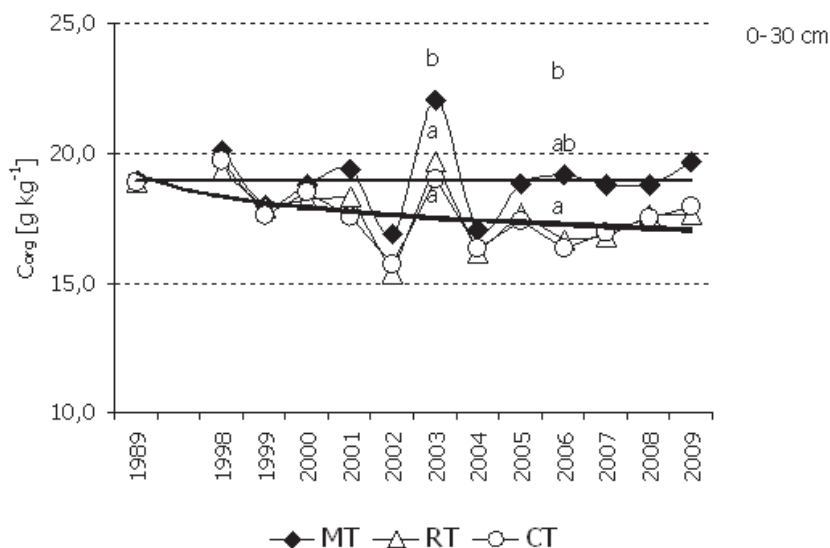


Figure 1: Effects of minimum tillage (MT), reduced tillage (RT) and conventional tillage (CT) on  $C_{org}$  ( $g\ kg^{-1}$ ) in 0-30 cm soil depth during 1998 and 2009. Different letters indicate significant differences between treatments at the  $p < 0.05$  level (Tukey). 1989: initial values in 0-25 cm.

Table 3: Effect of minimum (MT), reduced (RT) and conventional (CT) tillage on  $P_{CAL}$ ,  $K_{CAL}$  and  $N_t$  in different soil depths (0-10cm, 20-30cm) in 2009. Different letters per soil depth indicate significant differences between treatments at the  $p < 0.05$  level (Tukey).

| Soil depth (cm)           | $P_{CAL}$ -content<br>$mg\ kg^{-1}$ |       | $K_{CAL}$ -content<br>$mg\ kg^{-1}$ |       | $N_t\ g\ kg^{-1}$ |       |
|---------------------------|-------------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|-------------------|-------|
|                           | 0-10                                | 20-30 | 0-10                                | 20-30 | 0-10              | 20-30 |
| Minimum tillage (MT)      | 143 a                               | 78 a  | 374 a                               | 134a  | 2.2a              | 1.6 a |
| Reduced tillage (RT)      | 105 b                               | 88 a  | 237 ab                              | 156a  | 1.7b              | 1.6a  |
| Conventional tillage (CT) | 96 b                                | 90 a  | 133 b                               | 190a  | 1.6b              | 1.6a  |

#### pH and biological activity (N-mineralization)

The Marchfeld soil can be classified as alkaline (BMLFUW, 2006). Long-term MT reduced the pH statistically significantly in 0-10 cm (Table 4), however the changes were marginal and pH classes did not change. After 20 years the potential N mineralisation was significantly enhanced in 0-10 cm with MT compared to RT and CT. With MT, this parameter can be classified as high ( $>75\ mg\ N\ kg^{-1}\ 7\ d^{-1}$ ), with CT as low ( $<35\ mg\ N\ kg^{-1}\ 7\ d^{-1}$ ) according to BMLFUW (2006). In contrast, potential N mineralisation was significantly higher in 20-30 cm with CT compared to MT and located in the medium class.

Yields did not differ between the investigated tillage systems on average.

### 3.2 MANAGEMENT OF CROP RESIDUES

#### Organic Carbon

The constant removal of crop residues resulted in the long-term decline of  $C_{org}$  on the sites Marchfeld and Waldviertel (Figures 2 and 3). No clear trend could be observed at the site Alpenvorland till now (results not shown).  $C_{org}$  can be almost maintained, if crop residues – cereal straw as well as leafy residues especially from sugar beat - remain at the field (Figure 2). However, a higher percentage of crops with missing or small (e.g. silo maize and potatoes) amounts of crop residues in the crop rotation may also result in the decline of organic C, even if crop residues normally are incorporated (Figure ).

Table 4: Effect of minimum (MT), reduced (RT) and conventional (CT) tillage on the pH and the potential N mineralisation in different soil depths (0-10cm, 20-30cm) in 2009. Different letters per soil depth indicate significant differences between treatments at the  $p < 0.05$  level (Tukey).

| Soil depth (cm)           | pH     |       | Potential N mineralisation<br>mg N kg <sup>-1</sup> 7 d <sup>-1</sup> |       |
|---------------------------|--------|-------|-----------------------------------------------------------------------|-------|
|                           | 0-10   | 20-30 | 0-10                                                                  | 20-30 |
| Minimum tillage (MT)      | 7.59b  | 7.72a | 82a                                                                   | 21b   |
| Reduced tillage (RT)      | 7.66ab | 7.69a | 43b                                                                   | 28ab  |
| Conventional tillage (CT) | 7.69a  | 7.69a | 32b                                                                   | 41a   |

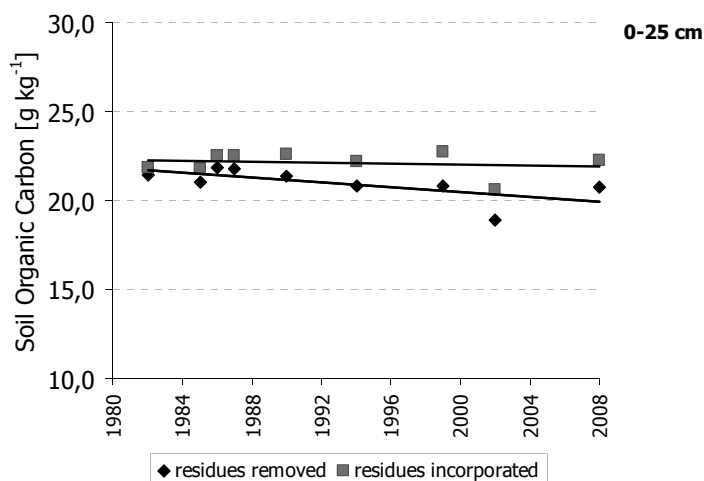


Figure 2: Effects of long-term incorporation/removal of crop residues in the Marchfeld on  $C_{org}$  (g kg<sup>-1</sup>) in 0-25 cm soil depth

#### Yields and nutrients

In general, winter wheat tended to give higher yields at the sites Marchfeld and Alpenvorland, if crop residues remained in the field (Table 5 and Table 6). This tendency could be observed for winter wheat in the Waldviertel as well (result not shown). Furthermore, potato yields proved to be higher in the Alpenvorland and the Waldviertel with long-term incorporation of crop residues (Spiegel, 2005). This may be due to the enhanced organic matter contents and

thus the improved physical soil parameters, e.g. the improvement of the soil structure and stability as well as the soil water, air and temperature properties.

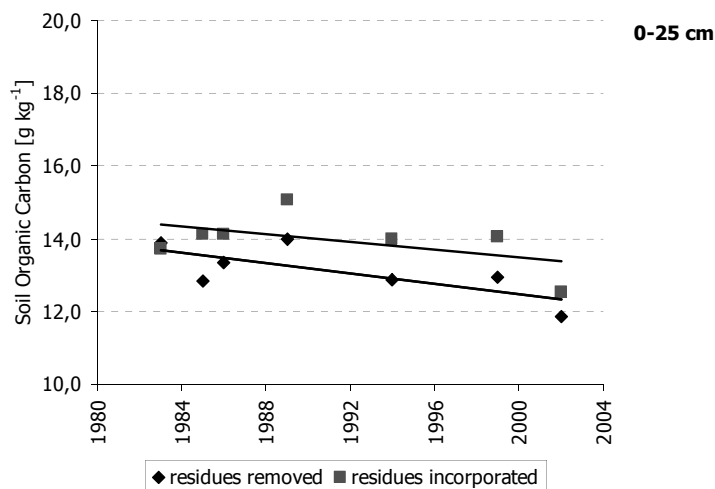


Figure 3: Effects of long-term incorporation/removal of crop residues in the Waldviertel on  $C_{org}$  (g kg<sup>-1</sup>) in 0-25 cm soil depth

Table 5: Winter wheat yields (arithmetic means of 2002, 2006 and 2008 in t ha<sup>-1</sup>) and nutrient contents in 0-25 cm soil depth (2008) dependent on P-fertilisation and the crop residue management, Marchfeld

| P-fertilisation<br>(kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup> y <sup>-1</sup> ) | Winter wheat yields<br>(t ha <sup>-1</sup> ) |                       | P <sub>CAL</sub> -content<br>mg kg <sup>-1</sup> – supply class |                       | K <sub>CAL</sub> -content<br>mg kg <sup>-1</sup> – supply class |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|
|                                                                                         | Residues removed                             | Residues incorporated | Residues removed                                                | Residues incorporated | Residues removed                                                | Residues incorporated |
| 0                                                                                       | 5.884                                        | 6.189                 | 53 - C                                                          | 95 - C                |                                                                 |                       |
| 75                                                                                      | 6.110                                        | 6.374                 | 116 - D                                                         | 128 - D               |                                                                 |                       |
| 150                                                                                     | 5.967                                        | 6.446                 | 171 - D                                                         | 176 - E               | 187 - C                                                         | 278 - D               |
| 300                                                                                     | 6.229                                        | 6.428                 | 310 - E                                                         | 275 - E               |                                                                 |                       |
| LSD5%                                                                                   | 0.464                                        |                       | 55.70                                                           |                       | 44.5                                                            |                       |

Long-term P fertilisation slightly higher than removal by harvest (75 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>) increased P<sub>CAL</sub> contents to the high supply class D at the site Marchfeld (Table 5), but only to the lower margin of class C in the Alpenvorland (Table 6). With the highest P fertilisation (300 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>) P<sub>CAL</sub> contents rose to the supply class E (very high) in the Marchfeld and D (high) in the Alpenvorland, neither being economically efficient nor environmentally justifiable. With long-term zero fertilisation, P<sub>CAL</sub> contents remained in class C. This fact indicates the high supply potential of the soil. P fertilisation caused yield increases; however, none of these differences were statistically significant. This is in accordance with former results at these sites, whereas only spring barley and root crops as potatoes and sugar beet show significant yield increases with long-term P fertilisation (Spiegel et al., 2001), provided that soils are at medium P supply (Marchfeld). At the site Alpenvorland, the soils are rich in silt and clay and the nutrient supply classification tends to underestimate the actual potential, thus showing no yield reactions to fertilisation. With long-term incorporation of crop residues



an increase of „plant available K“ of 50% occurred. This indicates the necessity of taking into account the nutrient contents of crop residues with the fertilisation strategy, which is also stated in the Austrian fertilisation guidelines (BMLFUW, 2006).

Table 6: Winter wheat yields (arithmetic means of 2002, 2006 and 2008 in t ha<sup>-1</sup>) and nutrient contents in 0-25 cm soil depth (2008) dependent on P-fertilisation and the crop residue management, Alpenvorland

|                                                           | Winter wheat yields<br>(t ha <sup>-1</sup> ) |                          | P <sub>CAL</sub> -content<br>mg kg <sup>-1</sup> – supply class |                          | K <sub>CAL</sub> -content<br>mg kg <sup>-1</sup> – supply class |                          |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|
| P-fertilisation<br>(kg ha <sup>-1</sup> y <sup>-1</sup> ) | Residues<br>removed                          | Residues<br>incorporated | Residues<br>removed                                             | Residues<br>incorporated | Residues<br>removed                                             | Residues<br>incorporated |
| 0                                                         | 5.939                                        | 6.333                    | 31 - B                                                          | 27 - B                   |                                                                 |                          |
| 75                                                        | 6.026                                        | 6.503                    | 55 - C                                                          | 50 - C                   | 86 - B                                                          | 129 - B                  |
| 150                                                       | 6.242                                        | 6.498                    | 74 - C                                                          | 80 - C                   |                                                                 |                          |
| 300                                                       | 6.295                                        | 6.415                    | 129 - D                                                         | 128 - D                  |                                                                 |                          |
| LSD5%                                                     | 0.564                                        |                          | 7.00                                                            |                          | 21.4                                                            |                          |

## 5 Literature

- BMLFUW. 2006. Richtlinien für die sachgerechte Düngung. Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen. 6. Auflage. Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. 80 p.
- COM(2006) 231 final. 2006. Thematic strategy for Soil Protection. Commission of the European Communities, Brussels. 12 p.
- Dersch, G. 2005. Bodenuntersuchung und Nährstoffbilanzen als Grundlagen für ein nachhaltiges Nährstoffmanagement in Marktfuchtbetrieben im Osten Österreich. Agro Zucker Stärke: 34-42
- Fotyma M., E.S.Dobers, G. Breitschuh, V. Loide, R. Timbare, G. Staugaitis, H. Spiegel, D. Pikula, F. Kotvas, B. Ceh, P. Cermak, J. Loch. 2008. Soil testing methods and fertilizer recommendations in Central–Eastern European countries. Institute of Soil Science and Plant Cultivation, Pulawy ISSN 1509-8095. Fertilizers and Fertilization, 30: 109 p.
- Kandeler E. 1993. Bestimmung der N-Mineralisation im anaeroben Brutversuch. In: Schinner, F. et al. (Hrsg.): Bodenbiologische Arbeitsmethoden. Springer Verlag, Berlin. p.160-161.
- Keeney, D. R. 1982. Nitrogen-availability indices. In Page, A.L. et al. (eds): Methods of Soil Analysis, Part 2. Am. Soc. Agron. Inc., Soil Sci. Am. Inc., Madison Wisconsin USA: 711
- Schüller, H. 1969. Die CAL-Methode, eine neue Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphates im Boden. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 123: 49 – 63
- Spiegel, H., T. Lindenthal, M. Mazorek, A. Ploner, B. Freyer und A. Köchl (2001): Results of three long-term P-field experiments in Austria. 1. Effects of different types and quantities of P-fertiliser on yields and PCAL/DL-contents in soils. Die Bodenkultur 52, 3-17 (in German).
- Spiegel H., M. Pfeffer und J. Hösch. 2002. N-dynamics under reduced tillage. Arch. Acker- Pfl. Boden, 48: 503-512
- Spiegel H., Huber. S., Baumgarten, A. 2004. Development and Verification of a Set of National Indicators for Soil Quality in Austria. Eurosoil, abstracts: 223-224
- Spiegel, H. 2005. AGES testet Wirkung auf Ertrag und Böden. Mineralische Phosphor-Düngung und Einarbeitung von Ernterückständen auf Kartoffelflächen. AgroZuckerStärke, 4/05: 11-13
- Spiegel, H., Baumgarten, A., Dersch, G. 2006. Revised Form of the “Austrian Guidelines for appropriate fertilisation” and the influence of Cross Compliance and its national implementation. Acta agriculturae Slovenica, 87-1, 93-107
- Spiegel, H., G. Dersch, J. Hösch, Baumgarten, A. 2007. Tillage effects on soil organic carbon and nutrient availability in a long-term field experiment in Austria. Die Bodenkultur, 58, 1: 47-58

## Vpliv sadre na lastnosti tal in pridelek ozimne oljne ogrščice (*Brassica napus* L. (partim))

Helena GRČMAN<sup>24</sup>, Tadeja TROJAR<sup>25</sup>, Rok MIHELICH<sup>26</sup>

### Izvelek

Ugotavljali smo možnost uporabe sadre, ki je stranski proizvod pri proizvodnji titana, za gnojenje. Enoletni poljski poskus s testno rastlino ozimno oljno ogrščico (*Brassica napus* L. (partim)) je potekal na Brniku in v Moškanjcih. Testirali smo tri odmerke sadre: 500 kg/ha, 2000 kg/ha in 8000 kg/ha. Opazovali smo morfološke lastnosti tal, merili volumsko gostoto tal, poroznost, pH tal in pridelek. Ugotovili smo, da sadra ugodno vpliva na strukturnost tal in prekorenjenjenost. Pozitivnega učinka gnojenja s sadro na volumsko gostoto tal, poroznost in trenutno vlažnost tal po prvem letu poskusa nismo mogli potrditi. Dodatek sadre je neznatno povečal pridelek semena in zračno suho maso požetih rastlin pri vseh treh stopnjah gnojenja. Na osnovi rezultatov poskusa in v skladu z letnimi odvzemi žvepla s pridelki se je v prvem letu poskusa nakazal kot ustrezen odmerek 500 kg/ha sadre.

**Ključne besede:** žveplo, gnojilo, sadra, fizikalne lastnosti tal, ozimna oljna ogrščica

## The effect of gypsum on soil properties and oilseed rape yield (*Brassica napus* L. (partim))

### Abstract

The possibility of use gypsum, by product of titanium production, as fertilizer was examined in this research. One year field experiment with oilseed rape (OSR) (*Brassica napus* L. (partim)) as a test plant was carried out on two locations: Moškanjci and Brnik. Gypsum was added in three different doses: 500 kg/ha, 2000 kg/ha and 8000 kg/ha. We observed soil morphological properties and measured bulk density, soil porosity, water content, pH and yield. Gypsum had positive effect on soil structure and root density. Differences in bulk density, soil porosity and water content were not statistical significant. Gypsum addition did not change soil pH, but slightly increased yield (seed and total mass of air dry plants at the end of the experiment) of OSR. According to our results and crop need for sulphur, the dose 500 kg/ha seems to be more appropriate then bigger two.

**Key words:** sulphur, fertilizer, gypsum, soil properties, oilseed rape

### 1 Uvod

Zaradi zmanjšanja emisij SO<sub>2</sub>, ki so bile pomemben vir žvepla (S) v tleh v času ogrevanja s premogom, se vsebnost žvepla v tleh zmanjšuje. Izračuni za merilno mesto Ljubljana-Bežigrad na primer kažejo, da se je količina žvepla, ki pride v tla s padavinami (mokri depozit), od leta 1980 do leta 2007 znižala z 88 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha na 8 kg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S/ha (slika 1). Letni depozit žvepla s padavinami je v Sloveniji od 4 do 11 kg/ha (Zupan, 2010), kar je manj od letnega odvzema S s pridelki, ki je med 10 in 60 kg/ha S (Scherer, 2001; Mengel in Kirkby, 1987). Glede na podatke drugih evropskih držav lahko pričakujemo pomanjkanje žvepla v kmetijskih rastlinah, saj je žveplo nujno potrebno rastlinsko makrohranilo (Leskošek in Mihelič, 2002). Med rastlinami z večjimi potrebami po S so križnice in metuljnice.

<sup>24</sup> Doc., dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1111 Ljubljana, e-pošta: helena.grcman@bf.uni-lj.si

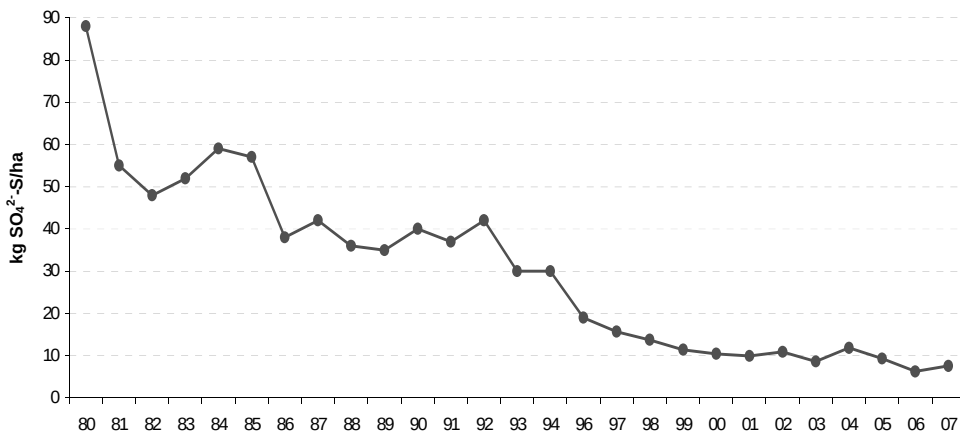
<sup>25</sup> Absolventka univerzitetnega študija agronomije na Biotehniški fakulteti, Dašnica 151, 4228 Železniki, e-pošta: tadeja.trojar@gmail.com

<sup>26</sup> Doc. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1111 Ljubljana, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

Del žvepla se iz tal tudi spira. Analize žvepla do sedaj v Sloveniji niso bile vključene v redno kontrolo rodovitnosti tal, zato nimamo sistematičnih podatkov o založenosti tal z S. Prav tako je malo znanega o povezavi med skupnim S v tleh in dostopnimi oblikami S za slovenska tla, spiranju S v nižje plasti tal ter letnih imisijah S v tleh. Malo je tudi podatkov o vsebnosti S v pridelkih kmetijskih rastlin.

Ena izmed oblik S, ki je primerna za vnos v tla, je sadra ( $\text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$ ). Sadra vsebuje tudi Ca, ki je, tako kot S, rastlinsko hranilo. Kalcijevi dvovalentni kationi delujejo v tleh povezovalno za talne delce z negativnim površinskim nabojem. S tem izboljšujejo strukturnost tal ter izboljšuje poroznost in vodno zračne lastnosti tal. Z razliko od  $\text{CaCO}_3$ , ki zvišuje pH tal, sadra ne vpliva na pH tal. Ciljne površine za uporabo sadre so tiste, kjer želimo ohranjati ali povečevati koncentracijo Ca v tleh brez sprememb pH vrednosti tal. Sadra je stranski produkt pri proizvodnji titana. Bela sadra je očiščena primesi in ne vsebuje prekomernih koncentracij potencialno toksičnih kovin, zato je primerna za uporabo v kmetijstvu.

Cilj naše raziskave je bil oceniti možnost uporabe bele sadre kot gnojila, njen vpliv na lastnosti tal in pridelok oljne ogrščiце.



Slika 1: Depozit žvepla ( $\text{kg SO}_4^{2-}\text{-S/ha}$ ) s padavinami v Ljubljani od leta 1980 do leta 2007 (Zupan, 2009)

## 2 Material in metode dela

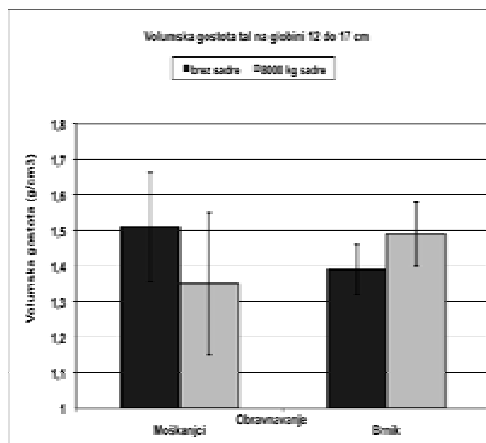
V letih 2009 in 2010 smo izvedli poljski poskus z ozimno oljno ogrščičo (Syngentin hibrid Petrol) na dveh lokacijah v Sloveniji: Brnik pri Ljubljani in Moškanjci pri Ptuj. Razmere na Brniku so raven relief, evtrična rjava tla na aluvialnem nanosu proda in peska Save, srednje težka, z globino do prevladujočega skeleta cca. 40–60 cm ter zmerno kislina in dobro založena s fosforjem in kalijem. Povprečna letna vsota padavin (1991–2000) je 1352 mm, povprečna letna temperatura (1991–2000) 9,2 °C. Razmere v Moškanjcih so raven relief, evtrična rjava tla na aluvialnem nanosu proda in peska Drave z lahko do srednje težko teksturo, globino do prevladujočega skeleta 60–90 cm ter zmerno kislina in dobro do prekomerno založena s fosforjem in kalijem. Povprečna letna vsota padavin (od 1991 do 2000) je bila 1047 mm, povprečna letna temperatura 10,7 °C.

V bločnem poskusu v treh ponovitvah smo testirali tri odmerke sadre (500 kg/ha, 2000 kg/ha in 8000 kg/ha) in jih primerjali s kontrolo (brez uporabe sadre). Gnojenje smo izvedli ročno v začetku avgusta, po spravilu predhodnega posevka ter pred oranjem in setvijo ozimne oljne ogrščice. Velikost poskusne parcelice je bila 36 m<sup>2</sup>. Vpliv sadre na morfološke in fizikalne lastnosti tal smo ugotavljali na kontrolnih obravnavanjih in obravnavanjih z največjim odmerkom sadre (8000 kg/ha). Ker se fizikalne lastnosti spreminjajo počasi, večjih razlik pri manjših odmerkih sadre in v enoletnem obdobju nismo pričakovali. Ob koncu poskusa smo izkopali talne profile do globine 35 cm. Opisali smo strukturnost tal in prekoreninjenost v skladu z navodili za opisovanje talnih profilov (FAO, 2006), določili obstojnost strukturnih agregatov po Sekeri ter vzorčili neporušene vzorce tal za analizo volumnske gostote tal (ISO 11272) in računanje poroznosti. V odvzetih vzorcih smo analizirali tudi trenutno vlažnost tal in pH (v CaCl<sub>2</sub> - ISO 10390). Merili smo zračno suh pridelek semena in zračno suho maso požetih rastlin ter ju podali v kg/ha.

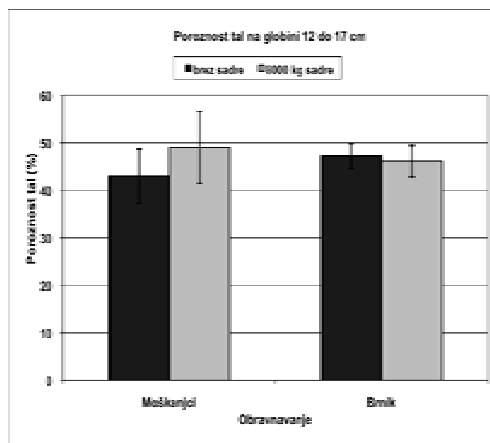
### 3 Rezultati z diskusijo

#### 3.1 VPLIV UPORABE BELE SADRE NA LASTNOSTI TAL

Proti pričakovanju smo v izkopanih profilih našli še neraztopljeno belo sadro, kar pomeni, da se sadra počasi raztaplja in tudi ne izpira v globlje plasti tal. Opazili smo, da sadra ne deluje fitotoksično, saj se je rastlinske korenine niso izogibale, temveč je bila prekoreninjenost celo boljša kot v obravnavanjih brez sadre. Obstojnost strukturnih agregatov, določena po namakanju v deionizirani vodi, je bila zelo dobra. Kljub pozitivnemu učinku na morfološke lastnosti tal, pa nismo dokazali statistično značilnih razlik v gostoti, poroznosti in trenutni vlažnosti tal, ki smo jih merili na globini 12 do 17 cm. Razlike so prikazane na slikah 2 in 3. Na lokaciji Moškanjci je dodatek sadre v skladu s pričakovanji nekoliko zmanjšal gostoto tal ter povečal poroznost. Na lokaciji Brnik je bil učinek proti pričakovanju obraten.

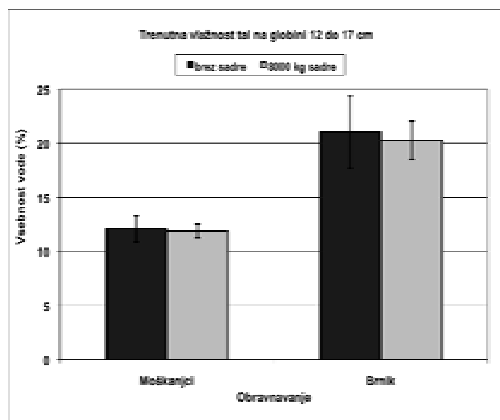


Slika 2: Volumska gostota tal (povprečje treh ponovitev in standardna deviacija) v Moškanjcih in Brniku. Temni stolpci kažejo kontrolno obravnavanje, svetli stolpci pa obravnavanje z 8000 kg sadre/ha.

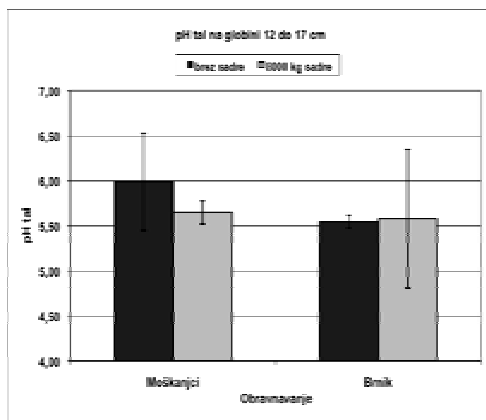


Slika 3: Poroznost tal (povprečje treh ponovitev in standardna deviacija) v Moškanjcih in Brniku. Temni stolpci kažejo kontrolno obravnavanje, svetli stolpci pa obravnavanje z 8000 kg sadre/ha.

Razlike v trenutni vlažnosti tal so bile zelo majhne (slika 3). Kot smo pričakovali, sadra ne spreminja pH tal, saj je delovanje kalcijevih in sulfatnih ionov uravnoteženo (slika 5).



Slika 4: Trenutna vlažnost tal (povprečje treh ponovitev in standardna deviacija) v Moškanjcih in Brniku. Temni stolpci kažejo kontrolno obravnavanje, svetli stolpci pa obravnavanje z 8000 kg sadre/ha.



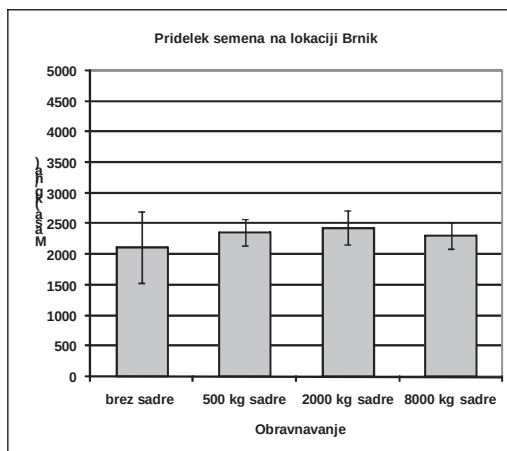
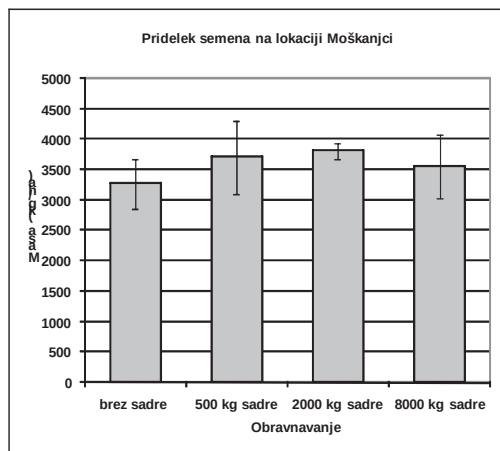
Slika 5: pH tal (povprečje treh ponovitev in standardna deviacija) v Moškanjcih in Brniku. Temni stolpci kažejo kontrolno obravnavanje, svetli stolpci pa obravnavanje z 8000 kg sadre/ha.

### 3.2 VPLIV UPORABE BELE SADRE NA PRIDELEK OZIMNE OLJNE OGRŠČICE

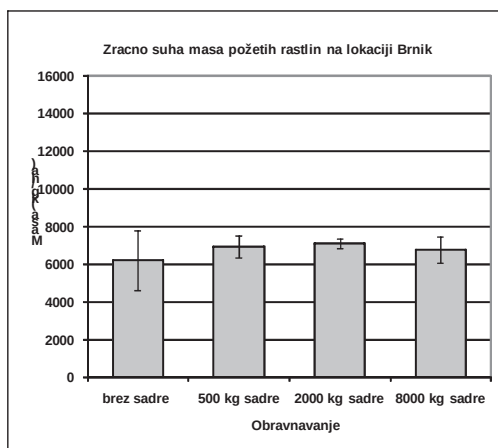
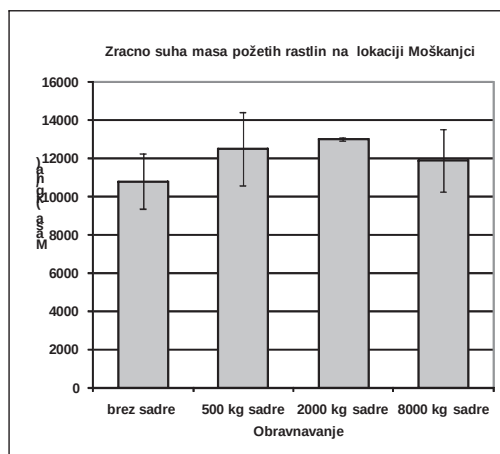
Kot kažejo slike 6 do 9, dodatek sadre v odmerkih 500 in 2000 kg/ha vpliva pozitivno tako na pridelek semena, kot na zračno suho maso požetih rastlin ozimne oljne ogrščice. V Moškanjcih smo pri odmerku 500 kg/ha sadre pridelali 438 kg/ha semena več kot pri kontrolnem obravnavanju, kjer je bil povprečni pridelek semena 3267 kg/ha. Odmerek 2000 kg/ha sadre je povečal pridelek za 543 kg/ha v primerjavi s kontrolo, odmerek 8000 kg/ha pa le za 280 kg/ha. Na Brniku je bil pridelek semena pri kontrolnem obravnavanju povprečno 2122 kg/ha. Odmerek 500 kg/ha sadre je povečal pridelek za 246 kg/ha, odmerek 2000 kg/ha za 315 kg/ha, odmerek 8000 pa za 187 kg/ha. Razlike tako na lokaciji Moškanjci kot na Brniku niso statistično značilne.

Statistično neznačilno povečanje pridelka semena oljne ogrščice pri dodatku 50 kg/ha S v obliki sadre ob setvi so za hibrid Toccata ugotovili tudi v raziskavi Čeh in sod. (2008). Učinek dodane sadre na pridelek semena je bil boljši kot učinek dodanega  $K_2SO_4$ . Ugotovili so tudi, da čas dodajanja sadre vpliva na pridelek: dodatek sadre posevku spomladi je namreč neznačilno zmanjšal pridelek semena v primerjavi s kontrolnim obravnavanjem; ter da se različni kultivarji oziroma hibridi različno odzovejo na gnojenje s sadro oziroma  $K_2SO_4$ : pri kultivarju Smart dodatek sadre ni povečal pridelka semena ne glede na čas dodajanja.

Ne glede na to, da je imel v prvem letu odmerek 2000 kg/ha sadre nekoliko boljši vpliv na pridelek od odmerka 500 kg/ha, pa ob rednem (letnem, dvoletnem) dodajanju sadre vsekakor priporočamo manjši odmerek, tako z vidika akumulacije S v tleh in potencialnega spiranja topnih oblik v globlje plasti tal kot iz vidika znanih letnih odvzemov S s pridelkom.



Sliki 6 in 7: Pridelek (zračno suh) semena oljne ogrščice (kg/ha) pri različnih odmerkih sadre na lokacijah Moškanjci in Brnik (povprečje treh ponovitev in standardna deviacija)



Sliki 8 in 9: Zračno suha masa (kg/ha) požetih rastlin oljne ogrščice pri različnih odmerkih sadre na lokacijah Moškanjci in Brnik (povprečje treh ponovitev in standardna deviacija)

## 4 Sklepi

Na osnovi enoletnega poljskega poskusa ugotavljamo, da uporaba sadre izboljša vizualne morfološke lastnosti tal, obstojnost strukturnih agregatov, prekoreninjenost tal, statistično neznatno pa poveča tudi pridelek ozimne oljne ogrščice. Pridelek se poveča že pri dodatku 500 kg/ha sadre, kar je z vidika letnih odvzemov s pridelki tudi priporočljiv odmerek za gnojenje. Težavo pri gnojenju s sadro predstavlja njen raztros, saj je sadra v surovem stanju v prašnati obliki in zaradi tega ni primerna za aplikacijo z običajnimi trosilci mineralnih gnojil. V prihodnosti bi bilo smiselno razviti granulirano obliko sadre zaradi lažjega raztrosa s trosilci za mineralna gnojila.

## 5 Literatura

- Čeh B., Hrastar R., Tajnšek A., Košir I. J. 2008. Impact of source and application time of sulphur on the yield, oil content in winter oilseed rape. *Acta agric. Slov.*, 91, 1: 5-14
- FAO 2006. Guidelines for soil description, Fourth edition, Rome: 97 str.
- ISO 10390. Soil Quality – Determination of pH. 1994: 5 str.
- ISO 11272. Soil Quality – Determination of dry bulk density. 1993: 10 str.
- Leskošek, M., Mihelič, R. 2002. Žveplo kot gnojilo. *Sodobno kmetijstvo*, 35, 11-12: 488-492
- Mengel, K., Kirkby, E.A., Kosegarten, H., Appel, T. 2001. Principles of plant nutrition. 5th edition. Kluwer Academic Publishers: 849
- Scherer, H.W. 2001. Sulphur in crop production. *European Journal of Agronomy*, 14: 81-111
- Zupan, E. 2009. Ocena preskrbe tal in izbranih kulturnih rastlin z S. Diplomsko delo, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 42

## Zbijanje njivskih tal kot posledica večkratnih prehodov vozil

Tone GODEŠA<sup>27</sup>

### Izvleček

Zbijanje tal neposredno vpliva na spremembo fizikalno kemijskih lastnosti tal, posredna škoda pa se kaže predvsem v količini in kakovosti pridelka. V prispevku so predstavljeni rezultati raziskave vpliva večkratnih prehodov traktorja na globino kolesnic in na nekatere mehanske lastnosti tal. Za ustvarjanje kolesnic smo v poskusu uporabili standardni traktor skupne mase 7454 kg ter širine pnevmatik 0,52 m spredaj in 0,63 m zadaj. Globino kolesnic smo merili po vsakem prehodu traktorja, ostale parametre pa na nepovoženi površini ter po prvem, drugem, četrtem in po šestnajstem prehodu. Ugotovili smo, da se vse obravnavane veličine spreminjajo po logaritemski funkciji v odvisnosti od števila prehodov. Specifični upor tal se je najbolj povečal na površini, največje vrednosti pa je dosegel na globini 20 do 30 cm po 16 prehodih traktorja. Tudi strižna trdnost se je najbolj povečala na površini, absolutno največje vrednosti pa je dosegla na globini 20 do 30 cm zaradi visoke vrednosti že na nepovoženi površini. Že po prvem prehodu traktorja so se pojavila značilna povečanja specifičnega upora tal in strižne trdnosti na globini 20 do 30 cm, kjer je otežena regeneracija zbitosti, zato je pri nekaterih tehnologijah smiselno uvesti stalne vozne poti in s tem zmanjšati delež v podtalju zbite površine.

**Ključne besede:** strižna trdnost, specifični upor tal, globina kolesnic, zbijanje tal

## Soil compaction as a result of multiple pass of vehicles

### Abstract

Soil compaction can cause changes of soil physical and chemical properties which are consequently resulted in a decline of quantity and quality of the crops. This paper presents the research results of rut depth and some mechanical soil properties at various number of tractor passes on each plot. To simulate the compaction a wheeled standard tractor having total weight of 7454 kg and 0.52 m wide front and 0.63 m wide rear tires was used. Rut depth was measured after each pass of the tractor. Other parameters were observed on untrafficked soil and after the first, second, fourth and sixteenth pass. It can be concluded that within the designed experimental conditions for all of the experimental variables the best fit can be achieved with a logarithmic function of the number of passes. The penetrometer resistance increases the most in the topsoil but the maximum values are reached at 16 tractor passes and depth of 20 to 30 cm. Shear strength also increased the most in the topsoil and the absolute maximum values are reached at a depth of 20-30 cm due to the high initial values on untrafficked soil. Already after the first pass of tractor significant increase of penetrometer resistance and shear strength at a depth of 20 to 30 cm occurs. At that depth the regeneration is difficult and slow, therefore it is reasonable to introduce controlled traffic praxis for some field production technologies to reduce the proportion of land with excessive subsoil compaction.

**Key words:** shear strength, soil penetrometer resistance, rut depth, soil compaction

### 1 Uvod

Zbijanje tal je grožnja, ki ima izrazit vzrok v človekovih dejavnostih na površju tal. Kot grožnjo jo opredelimo na zemljiščih, katerih raba je usmerjena v pridelavo hrane, krme, industrijskih surovin in energetskih rastlin. Pri izvajanju mehaniziranih postopkov v različnih tehnologijah pridelave se uporabljajo vedno večji in težji stroji z veliko storilnostjo. S tem so se istočasno povečale osne obremenitve vozil in teh vozil, kar je glavni vzrok za zbijanje tal

<sup>27</sup> Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko tehniko, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: tone.godesa@kis.si



na površini in v globljih plasteh (Abu-Hamdeh, 2003; Sweeney in sod., 2006). Zaradi zbijanja se na težkih tleh zmanjša poroznost, predvsem na račun zmanjšanja makroporoznosti, na lažjih, z organsko snovjo bogatih tleh pa se učinek zbijanja izrazi kot sprememba velikostne porazdelitve por (Alakukku, 1996). Zbita tla imajo večjo mehansko trdnost, kar poveča nosilnost tal in sposobnost vleke pogonskih vozil, vendar je na drugi strani otežena rast korenin in posledično zmanjšan pridelek (Ishaq in sod., 2001; Lal in Ahmadi, 2000; Lipiec in Hatano, 2003; Materechera in Mloza-Banda, 1997). Zbitost na površini se hitro regenerira zaradi intenzivne biološke aktivnosti, močnega učinka sušenja in vlaženja (Rajaram in Erbach, 1999), zmrzovanja in tavanja v hladnem obdobju leta in nenazadnje zaradi mehanske obdelave tal. Večjo nevarnost pa predstavlja zbijanje na večjih globinah, kjer je navadno manj organske snovi, vplivi vremena so slabo izraženi, ne izvaja se niti mehanska obdelava, zato je regeneracija slaba in se zbijanje kopiči. Zbijanje tal lahko ocenjujemo na podlagi sprememb fizikalno kemijskih in mehanskih lastnosti tal. Najbolj pogosto uporabljeni parametri so: deformacija tal, specifični upor tal, poroznost, volumska gostota (Ansorge in Godwin, 2007; Arvidsson, 2001; Botta in sod., 2002; Gysi in sod., 1999). Zbitost tal ima poleg neposrednega vpliva na rast posevkov tudi zelo pomemben posredni vpliv na posledice ekstremnih vremenskih dogodkov (obilne padavine in suše). Da bi ugotovili kakšne spremembe se zgodijo v tleh po enem in več prehodih traktorja, smo izvedli poskus, v katerem smo obravnavali spremembe globine kolesnic ter specifičnega upora tal in strižne trdnosti na različnih globinah.

## 2 Material in metode dela

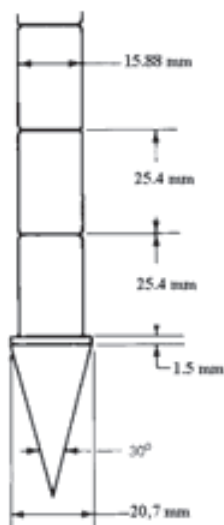
Poskus smo izvedli na parceli CRKP Jablje na lokaciji spomladi leta 2006. Tla spadajo v teksturni razred I-GI (glina 28%, grobi melj 16%, fini melj 29%, pesek 27%). Poprečna vlažnost tal v času meritev je bila na globini do 10 cm 20,5%, na globini 10 do 20 cm 27,5% in na globini 20 do 30 cm 25,5%. V poskusu smo za ustvarjanje kolesnic uporabili standardni traktor s širokolesnim pogonom s skupno maso 7454 kg, na katerem je bila na prednjem priključnem sistemu nameščena oprema za določanje mehanskih lastnosti tal. Ostali tehnični podatki traktorja, ki vplivajo na intenzivnost zbijanja v območju kolesnic, so podani v preglednici 1.

Globino kolesnice smo določali s pomočjo globinomera, ki je sestavljen iz ogrodja v obliki obrnjene črke T. V vertikalnem nosilcu je utor, v njem pa pomično merilo s skalo z razdelkom 1 mm. Na predvideno merilno mesto smo postavili globinomer tako, da je bila vodoravna letev usmerjena pravokotno na predvideno smer kolesnice. Nato smo ob oznakah na vodoravni letvi zabili količka v tla toliko, da je bil vrh količkov oddaljen od površine tal za okrog 5 cm.

*Preglednica 1: Karakteristične veličine uporabljenega traktorja (Fendt Favorit 714 Vario)*

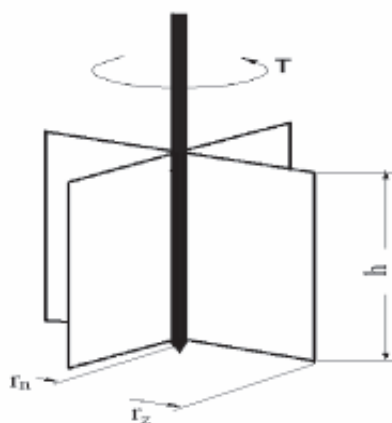
| Veličina                         | Enota | Spredaj | Zadaj | Skupaj |
|----------------------------------|-------|---------|-------|--------|
| Skupna masa z voznikom in opremo | kg    | 3945    | 3509  | 7454   |
| Širina pnevmatike                | m     | 0,52    | 0,63  |        |
| Premjer pnevmatike               | m     | 1,445   | 1,835 |        |
| Višina pnevmatike                | m     | 0,335   | 0,4   |        |
| Deformacija pnevmatike           | m     | 0,065   | 0,055 |        |
| Tlak zraka v pnevmatiki          | bar   | 1,4     | 1,5   |        |
| Višina reber                     | m     | 0,046   | 0,056 |        |
| Kolotek                          | m     | 1,97    | 1,92  |        |
| Medosna razdalja                 | m     |         |       | 2,7    |

Potem smo postavili globinomer na količka tako, da je bila oznaka na vodoravni letvi globinomera poravnana z notranjim količkom glede na prehod traktorja, in s pomikom pomičnega merila do tal izmerili začetni nivo tal na merilni točki. Po umiku globinomera smo izvedli predvideno število prehodov traktorja. Nato smo ponovili postopek meritve tako, da smo globinomer spet postavili na količka in poravnali oznako z notranjim količkom ter izmerili nov nivo tal. Globino kolesnice smo potem izračunali iz razlike izmerjene vrednosti nivoja tal po prehodu traktorja in pred prehodom. Merili smo globino obeh kolesnic po vsakem od šestnajstih prehodov traktorja v štirih ponovitvah. Kot globino kolesnice po vsakem prehodu smo smatrali povprečno globino leve in desne kolesnice.



Konica oblike A (ASAE S313.3. 1999)

Slika 1: Dimenzije konice penetrometra



$h = 80$  mm – višina reber sonde  
 $r_z = 70$  mm – radij zun. roba krila  
 $r_n = 10$  mm – radij notr. roba krila

Slika 2: Dimenzije krilne sonde

Specifični upor tal in strižno trdnost smo merili s pomočjo naprave za določanje mehanskih lastnosti tal (Godeša in Vrščaj, 2008). Uporabili smo konico premera 20,27 mm in kotom  $30^\circ$  po standardu ASAE S313.3 1999 (slika 1). Hitrost gibanja konice v tla je bila 1,8 m/min. Za vsako od obravnavanih števil prehodov traktorja smo izvedli po 16 meritev specifičnega upora tal.

Za določanje strižne trdnosti smo uporabili krilno sondo (slika 2) s polmerom kril 70 mm in višino 80 mm. Izvedli smo po 8 meritev na globinah 10, 20 in 30 cm za vsako obravnavano število prehodov.

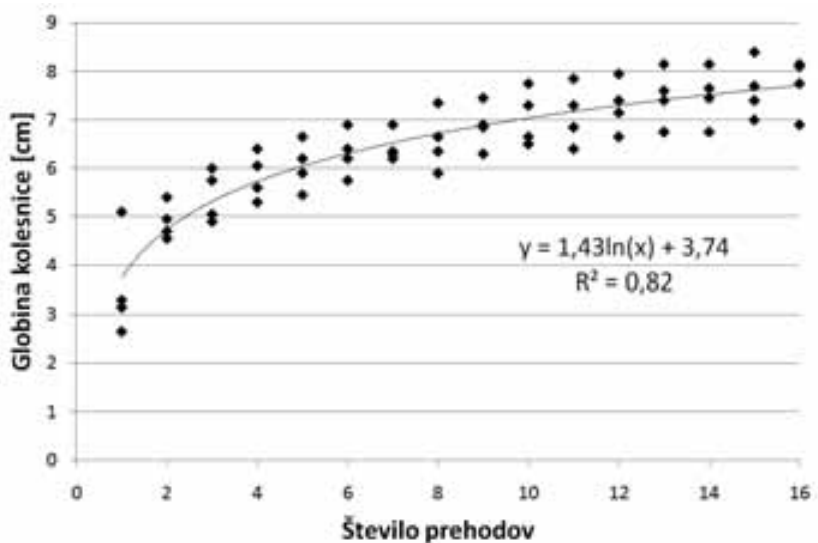
Vzorci tal za določitev poroznosti in volumnske gostote smo odvzeli s pomočjo kopeckijevih cilindrov, analize pa so bile izvedene v Centralnem laboratoriju Kmetijskega inštituta Slovenije po standardiziranih postopkih. Vzorčili smo na nepovoženi površini ter v kolesnicah po prvem, drugem, četrtem in šestnajstem prehodu traktorja.

Statistična analiza in prikaz rezultatov je bil izveden s pomočjo programskega paketa PASW Statistics 18 in Microsoft Office Excel 2007.

### 3 Rezultati z diskusijo

#### 3.1 GLOBINA KOLESNIC

V skladu s pričakovanji se je globina kolesnice povečala z vsakim preходом traktorja. Največji ugrez je bil po prvem prehodu (slika 3). Vsak nadaljnji prehod je povzročil povečanje globine kolesnic, vendar je bilo povečanje ob vsakem nadaljnjem prehodu traktorja manjše. To potrjuje tudi regresijska analiza, kjer smo najboljše ujemanje dosegli z uvedbo logaritemske funkcije oblike  $y = a \cdot \ln(x) + b$ , kjer predstavlja  $y$  globino kolesnice in  $x$  število prehodov. S tako obliko regresijske zveze in ocenami koeficientov  $a$  in  $b$  kot so navedeni na sliki 3 je pojasnjenih 82% variabilnosti poprečne globine kolesnice v odvisnosti od števila prehodov traktorja.

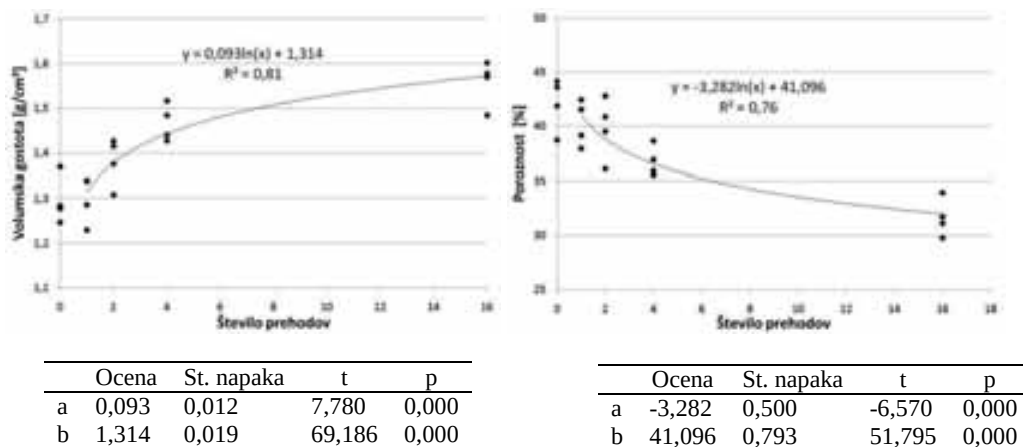


|   | Ocena | St. napaka | t     | p     |
|---|-------|------------|-------|-------|
| a | 1,43  | 0,085      | 16,91 | 0,000 |
| b | 3,74  | 0,174      | 21,43 | 0,000 |

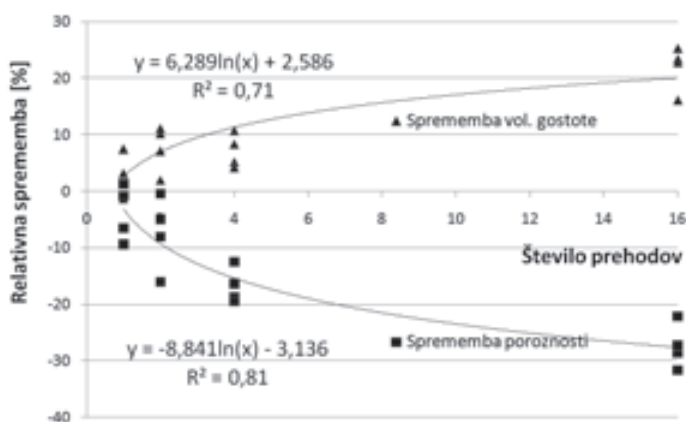
Slika 3: Diagram odvisnosti globine kolesnice od števila prehodov traktorja z regresijsko krivuljo in rezultati statistične analize.

#### 3.2 VOLUMSKA GOSTOTA IN POROZNOST

Posledice zbijanja tal v območju kolesnic traktorja se primarno izrazijo na spremembi fizikalnih oz. mehanskih lastnosti tal. Zaradi delovanja zunanjih sil se rušijo posamezni strukturni agregati, zaradi česar se zmanjšajo prostori med njimi. Tako se zmanjša poroznost tal oziroma poveča volumska gostota. Trend sprememb volumske gostote in poroznosti je tudi v logaritemski odvisnosti od števila prehodov. Regresijska krivulja je vsakokrat oblike  $y = a \cdot \ln(x) + b$ , kjer  $y$  predstavlja obravnavano lastnost tal,  $x$  pa število prehodov traktorja. Po prvem prehodu traktorja je sprememba največja. Poroznost tal se je po prvem prehodu zmanjšala za nekaj manj kot 5%, volumska gostota pa se je povečala za nekaj več kot 5%, glede na stanje nepovoženih tal (slika 5). Vpliv vsakega nadaljnjega prehoda pa je potem manjši. Po 16 prehodih se je poroznost zmanjšala za 25%, volumska gostota pa povečala za 20%, glede na stanje tal pred prehodom traktorja.



Slika 4: Diagram odvisnosti volumnske gostote in poroznosti od števila prehodov z regresijsko krivuljo in rezultati statistične analize



| Rel. sprememba vol. gostote |            |       |       |       |
|-----------------------------|------------|-------|-------|-------|
| Ocena                       | St. napaka | t     | p     |       |
| a                           | 6,289      | 1,084 | 5,799 | 0,000 |
| b                           | 2,586      | 1,722 | 1,501 | 0,155 |

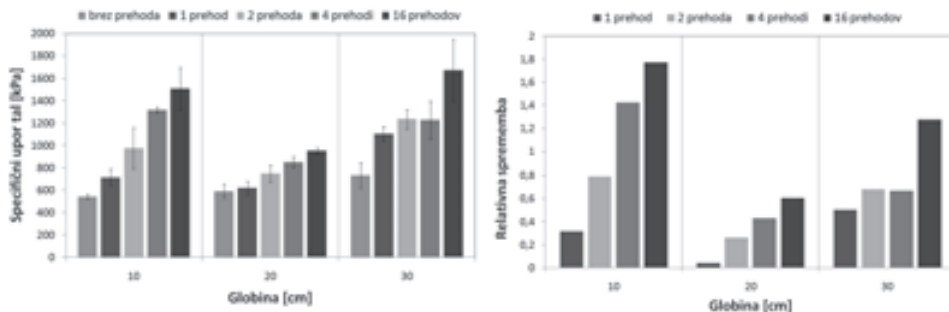
| Rel. sprememba poroznosti |            |       |        |       |
|---------------------------|------------|-------|--------|-------|
| Ocena                     | St. napaka | t     | p      |       |
| a                         | -8,841     | 1,135 | -7,789 | 0,000 |
| b                         | -3,136     | 1,803 | -1,739 | 0,104 |

Slika 5: Relativna sprememba volumnske gostote in poroznosti v odvisnosti od števila prehodov traktorja, glede na nepovožena tla z rezultati statistične analize

### 3.3 SPECIFIČNI UPOR TAL

Specifični upor tal se je z vsakim prehodom traktorja povečal in sicer najbolj v zgornji plasti tal na globini do 10 cm po dveh, štirih in šestnajstih prehodih traktorja. Na globini 10 do 20 cm se je povečal najmanj. Po prvem prehodu traktorja je bilo največje povečanje specifičnega upora tal na globini od 20 do 30 cm in po 16 prehodu traktorja je bil specifični upor tal na tej globini največji. Tudi drugi avtorji (Arvidsson in Hakansson, 1996; Becerra in sod., 2010; Ishaq in sod., 2001; Jorajuria in sod., 1997) ugotavljajo, da se vpliv zbijanja tal zaradi vožnje, predvsem težjih vozil, prenese tudi v večje globine. To je še posebno škodljivo, saj je

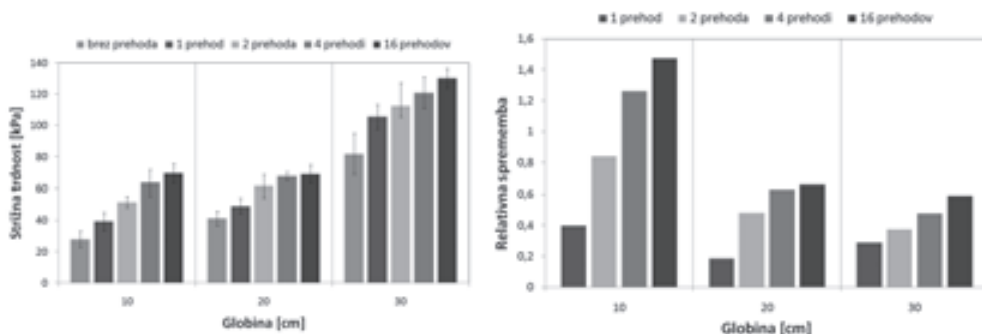
normalizacija stanja tal v večjih globinah počasnejša, v skrajnih primerih pa ostane vpliv zbitosti trajen. Pri obravnavi specifičnega upora tal se pokaže logaritemska odvisnost glede na število prehodov traktorja, kar pomeni da je z vsakim nadaljnjim preходом traktorja po isti kolesnici povečanje specifičnega upora tal manjše.



Slika 6: Specifični upor tal in njegova sprememba glede na nepovožena tla v odvisnosti od števila prehodov traktorja in globine z intervalom zaupanja za aritmetično sredino ( $p = 95\%$ ).

### 3.4 STRIŽNA TRDNOST

Strižna trdnost tal se z globino in številom prehodov povečuje, najbolj na globini do 10 cm. Na globini od 10 do 20 cm so vrednosti strižne trdnosti po 16 prehodih skoraj enake kot na globini do 10 cm. Na globini od 20 do 30 cm pa veliko večje; že na nepovoženi površini je strižna trdnost na tej globini večja kot na manjših globinah po 16 prehodih traktorja. Po posameznem prehodu se strižna trdnost na globino od 20 do 30 cm še povečuje, vendar je zaradi visoke vrednosti na nepovoženi površini relativno povečanje manjše kot na globini do 10 cm.



Slika 7: Strižna trdnost tal in njena sprememba glede na nepovožena tla v odvisnosti od števila prehodov traktorja in globine z intervalom zaupanja za aritmetično sredino ( $p = 95\%$ ).

## 4 Sklepi

Na podlagi rezultatov poskusa lahko povzamemo, da nastanejo zaradi vožnje vozil v področju kolesnic spremembe fizikalno kemijskih in mehanskih lastnosti tal. Največja sprememba obravnavanih lastnosti tal nastane po prvem prehodu traktorja. Pri vsakem od nadaljnjih prehodov pa je sprememba manjša. Zato odvisnost obravnavanih lastnosti tal od števila prehodov traktorja najbolj opisuje logaritemska funkcija. Z večanjem števila prehodov se povečuje zbitost tal v območju kolesnic, in sicer najbolj na površini in v globini 30 cm – torej

pod nivojem oranja. Ker se specifični upor tal tudi po prvem prehodu najbolj poveča na tej globini, je za tehnologije, ki se jih izvaja večkrat tekom rastne dobe, smiselno uvesti stalne vozne poti. Prav tako se tudi poroznost z večanjem števila prehodov zmanjšuje, povečuje pa se volumska gostota tal, kar oboje negativno vpliva na vodno zračni režim, mikrobiološko aktivnost v tleh in posledično na rodovitnost tal.

## 5 Literatura

- Abu-Hamdeh, N.H. 2003. Soil compaction and root distribution for okra as affected by tillage and vehicle parameters. *Soil and Tillage Research*, 74(1): 25-35.
- Alakukku, L. 1996. Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. I. Short term effect on the properties of clay and organic soils. *Soil & Tillage Research*, 37: 211-222.
- Ansorge, D.; Godwin, R.J. 2007. The effect of tyres and a rubber track at high axle loads on soil compaction, Part 1: Single axle-studies. *Biosystems Engineering*, 98(1): 115-126.
- Arvidsson, J. 2001. Subsoil compaction caused by heavy sugarbeet harvesters in southern Sweden - I. Soil physical properties and crop yield in six field experiments. *Soil & Tillage Research*, 60(1-2): 67-78.
- Arvidsson, J.; Hakansson, I. 1996. Do effects of soil compaction persist after ploughing? Results from 21 long-term field experiments in Sweden. *Soil & Tillage Research*, 39(3-4): 175-197.
- Becerra, A.T.; Botta, G.F.; Bravo, X.L.; Tourn, M.; Melcon, F.B.; Vazquez, J.; Rivero, D.; Linares, P.; Nardon, G. 2010. Soil compaction distribution under tractor traffic in almond (*Prunus amigdalus* L.) orchard in Almería España. *Soil and Tillage Research*, 107(1): 49-56.
- Botta, G.F.; Jorajuria, D.; Draghi, L.M. 2002. Influence of the axle load, tyre size and configuration on the compaction of a freshly tilled clayey soil. *Journal of Terramechanics*, 39(1): 47-54.
- Godeša, T.; Vrščaj, B. 2008. Naprave in postopki za pridobivanje nekaterih mehanskih lastnosti tal in izvedbo pedološke analize tal po posameznih horizontih. *Hmeljarski bilten*, 15: 85-92.
- Gysi, M.; Ott, A.; Flühler, H. 1999. Influence of single passes with high wheel load on a structured, unploughed sandy loam soil. *Soil and Tillage Research*, 52(3-4): 141-151.
- Ishaq, M.; Hassan, A.; Saeed, M.; Ibrahim, M.; Lal, R. 2001. Subsoil compaction effects on crops in Punjab, Pakistan: I. Soil physical properties and crop yield. *Soil and Tillage Research*, 59(1-2): 57-65.
- Jorajuria, D.; Draghi, L.; Aragon, A. 1997. The effect of vehicle weight on the distribution of compaction with depth and the yield of *Lolium/Trifolium* grassland. *Soil & Tillage Research*, 41(1-2): 1-12.
- Lal, R.; Ahmadi, M. 2000. Axle load and tillage effects on crop yield for two soils in central Ohio. *Soil & Tillage Research*, 54(1-2): 111-119.
- Lipiec, J.; Hatano, R. 2003. Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. *Geoderma*, 116(1-2): 107-136.
- Materechera, S.A.; Mloza-Banda, H.R. 1997. Soil penetration resistance, root growth and yield of maize as influenced by tillage system on ridges in Malawi. *Soil and Tillage Research*, 41(1-2): 13-24.
- Rajaram, G.; Erbach, D.C. 1999. Effect of wetting and drying on soil physical properties. *Journal of Terramechanics*, 36(1): 39-49.
- Sweeney, D.W.; Kirkham, M.B.; Sisson, J.B. 2006. Crop and Soil Response to Wheel-Track Compaction of a Claypan Soil. *Agronomy Journal*, 98: 637-643.

## Pregled stanja in primernosti tal za pridelavo lanu (*Linum usitatissimum* L.) v Beli krajini

Darja KOCJAN AČKO<sup>28</sup>, Rok GREGORIČ<sup>29</sup>, Marjan ŠPORAR<sup>30</sup>, Helena GRČMAN<sup>31</sup>

### Izvleček

V raziskavi so zbrani podatki o ustreznosti tal za pridelavo lanenih vlaken v Beli krajini. Opisani so osnovni agrotehnični ukrepi za pridelavo lanu za vlakna, s pomočjo anketnega vprašalnika pa je analizirano stanje pridelave na kmetijah, kjer je pridelava lanu za vlakna in izdelava lanenih izdelkov tradicionalna. Vzorčili in analizirali smo tla na izbranih lokacijah (tekstura, pH, organska snov, delež bazičnih kationov, vsebnost fosforja in kalija) ter na osnovi podatkov digitalne Pedološke karte Slovenije v merilu 1:25000 in izbranih kriterijev (relief, globina tal, pH, tekstura in odsotnost zastajanja vode v talnem profilu) podali oceno o primernosti tal za pridelavo lanu v Beli krajini. Rezultati analize tal kažejo na skromno založenost tal s hranili, predvsem s fosforjem in kalcijem ter prenizek pH glede na potrebe lanu. Prostorska analiza je pokazala, da sta omejujoča dejavnika za pridelavo lanu predvsem kislost tal ter relief in gozdna raba tal. Čeprav z gospodarskega stališča tej kulturi v Sloveniji ne pripisujemo večjega pomena, bi kazalo izboljšati zaostalo pridelavo vsaj s strojno setvijo, bolj načrtnim in usmerjenim gnojenjem ter apnjenjem.

**Gljučne besede:** lastnosti tal, rodovitnost tal, predivni lan, *Linum usitatissimum*, lanarske kmetije, anketa lanarjev, Bela krajina

## Cultivation of flax (*Linum usitatissimum* L.) in Bela Krajina: current situation and soil suitability

### Abstract

The aim of this research was to estimate the soil potential for flax production in Bela krajina. The data about agrotechnology was collected with questionnaire designed for local traditional flax producer. Soils from four fields with flax were sampled and basic physical and chemical properties (texture, pH, organic matter, the proportion of base cations, phosphorus and potassium content) were analyzed. On the base of the data from Slovenian soil map 1: 25 000 and identified key criteria for the production of flax (relief, soil depth, pH, texture and the absence of water stagnation in soil profile), the soil potential for flax production in Bela krajina was estimated. The results of soil analysis have shown insufficient soil supply with phosphorus and calcium and acidic pH, which is not optimal for flax production. Spatial analysis of the area has shown that according to the set criteria, soils in Bela krajina are less suitable for the production of flax; above all regarding relief, predominant forest land use and soil pH. Even though the flax production in Slovenia is not economically reasonable, flax production in Bela krajina is a part of cultural heritage. Therefore more efforts should be oriented in fertilization, liming and machine sowing.

**Key words:** soil properties, soil fertility, fiber flax, *Linum usitatissimum*, Bela krajina

## 1 Uvod

Navadni lan (*Linum usitatissimum* L.) je v svetu najbolj razširjena oblika Evrazijskega lanu, ki se goji za vlakna kot tudi za olje. Z agrotehničnega vidika lanu za vlakna najbolj odgovarjajo

<sup>28</sup> Doc., dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1111 Ljubljana, e-pošta: darja.kocjan@bf.uni-lj.si

<sup>29</sup> Univ., dipl. inž. agr., Viniška 18a, 8340 Črnomelj, e-pošta: gregoric.rok@gmail.com

<sup>30</sup> Dip. inž. agr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1111 Ljubljana, e-pošta: marjan.sporar@bf.uni-lj.si

<sup>31</sup> Doc., dr., prav tam, e-pošta: helena.grcman@bf.uni-lj.si

globoka, srednje težka, rahlo kisla tla s pH od 5,9 do 6,5. Bazična tla za predivni lan niso primerna, saj je kalcij vzrok prehitro olesenelih stebel, trdih in manj prožnih vlaken (Lampret, 1949). Pomemben dejavnik pridelave predstavlja tudi dobro obdelana in čista njiva, poleg tega pa imata neposreden vpliv na rast tudi geografska lega in naklon njive. Na količino pridelka vplivajo agrotehnični ukrepi, kot so obdelava tal, način setve in spravila ter zmanjševanje zapleveljenosti posevka (Kocjan Ačko in Trdan, 2008). V primerjavi z drugimi kmetijskimi rastlinami se za pridelavo predivnega lanu potrebuje manj gnojil in herbicidov, lan ima sposobnost akumulacije nekaterih kovin iz onesnaženih tal, tkanine niso zdravstveno alergene in so ugodne za nošenje zaradi hitre adsorpcije in desorpcije vlage (Salmon-Minotte in Franck, 2000). Zaradi občutljivosti na bolezni in škodljivce se lahko lan na isto njivo vrne šele po sedmih letih (Sadar, 1935; Maček, 1991). Glede gnojenja je lan kultura, ki zahteva v rastni dobi zmerno količino lahko dostopnih hranil, med katerimi so najpomembnejši fosfor, kalij in dušik. Kot najbolj pogosto organsko gnojilo za lan v preteklosti je bil hlevski gnoj, s katerim so pognojili predposevek v kolobarju (Sadar, 1935). Butorac in sod. (2010) so v dveletnih gnojilnih poskusih (0, 30, 60, 90 kg/ha N) z več sortami lanu ugotovili, da je bila najprimernejša količina dodanega dušika 30 kg/ha, sicer pride do poleganja rastlin, vlakna pa so manj trdna in neenakomerna (Lokot, 1994; Zedan in sod., 1999).

Po letu 1991 se je Slovenija znašla med državami skoraj brez lanenih njiv (Kocjan Ačko, 1998, 1999). Lanarstvo bi skoraj izumrlo, če ne bi preživel kot umetnostna obrt na nekaj kmetijah v Beli krajini (jugovzhodna Slovenija), kjer nadaljujejo s pridelavo in predelavo na način, kot so ga poznali njihovi predniki (Bogataj, 1989).

Namen članka je predstaviti sedanjo prakso pridelave in predelave vlaken na lanarskih kmetijah v Beli krajini in analizirati nekatere lastnosti tal ter ugotoviti primernost tal za pridelavo lanu. Cilj raziskave je dobiti pregled nad tlemi v Beli krajini in podati predloge za izboljšanje lastnosti zemljišč predvidenih za lan.

## 2 Material in metode dela

Za predstavitev sedanje prakse pridelave smo sestavili anketni vprašalnik, ki so ga izpolnili gospodarji štirih lanarskih kmetij iz okolice Adlešičev v Beli krajini. Njihove kmetije, pridelki in izdelki imajo ekološke certifikate. Odgovore smo strnili in komentirali.

Vzorčili in analizirali smo tla ornice (0-20 cm) na štirih lokacijah, kjer pridelujejo lan. Analize so bile opravljene v laboratoriju Centra za pedologijo in varstvo okolja (BF): tekstura tal s sedimentacijsko pipetno metodo (ISO 11277, 1998), pH tal po ekstrakciji s  $\text{CaCl}_2$  (ISO 10390, 1994), organski ogljik in dušik s suhim sežigom (ISO 10694, 1995, 13878, 1998), vsebnost rastlinam dostopnega fosforja in kalija smo določali po ekstrakciji z amonlaktatom (Vajnberger, 1966). Rezultate smo vrednotili na osnovi normativov za gnojenje (Leskošek, 1993). Kationska izmenjalna kapaciteta je bila določena po ekstrakciji z raztopino amonacetata. K in Na smo določali z atomsko emisijsko spektrometrijo (AES), Ca in Mg pa z atomsko absorpcijsko spektrometrijo (AAS). Izmenljivo kislost smo določali kot vsoto izmenljivih kislih kationov (ISO 11260, 1994).

Primernosti zemljišč v Beli krajini za pridelavo lanu smo ugotavljali na osnovi podatkov Pedološke karte Slovenije v merilu 1 : 25.000 za izbrane izseke (Kodrič in sod., 1996; Kodrič in sod., 1997; Štepančič in sod., 1998). Na osnovi podatkov pripadajočih talnih profilov v informacijski bazi digitalne Pedološke karte Slovenije in strokovne presoje smo ocenili vrednosti izbranih talnih lastnosti za posamezne pedokartografske enote Pedološke karte Bela krajina (Gregorič, 2010). Na osnovi ocenjenih vrednosti za talne lastnosti posameznih



pedokartografskih enot smo pripravili tematske karte talnih lastnosti Bele krajine in oceno primernih površin za pridelavo lanu.

### 3 Rezultati z diskusijo

#### 3.1 SEDANJA TRADICIONALNA PRAKSA PRIDELAVE IN PREDELAVE LANU V SLOVENIJI

Na temelju anketiranja štirih pridelovalcev lanu iz okolice Adlešičev v Beli krajini povzemamo naslednja mnenja in ugotovitve:

Na vseh kmetijah sejejo jari lan, in sicer dvakrat letno, v začetku aprila in julija, skupaj približno 10 arov na kmetijo, kar zadošča za obrtno pridelavo stebel in semena. Ponosni so na avtohtoni lan, ki ga na tem območju sejejo že desetletja.

Lan sejejo za drugimi poljščinami v 5- do 7-letnem kolobarju. Tradicionalna oskrba brez uporabe sintetičnih mineralnih gnojil in fitofarmacevtskih sredstev je usklajena s standardi ekološke pridelave (Ur. l. EU, št. 189/2007; Ur. l. EU, št. 334/2008). Od organskih gnojil prevladuje hlevski gnoj, s katerim gnojijo prejšnji poljščini. Anketiranci menijo, da je ovčji gnoj (ponovno širjenje ovčjereje v Beli krajini) neprimeren, ker slabo vpliva na kakovost vlaken.

Površine za lan, ki so jih še pred desetletji obdelovali s pomočjo živine, sedaj strojno obdelujejo, setev semena pa je še vedno ročna in povprek. Seme zmešajo z mivko in s pepelom, da vidijo, do kam so posejali. Pepel prepreči zlepljanje semen in zagotovi enakomerno gostoto setve. Na rast in razvoj lanu negativno vplivajo različni travni pleveli, od širokolistnih pa zlasti osat in navadni oplotni slak. Ker so vsi pridelovalci vključeni v ekološko pridelavo, uporaba herbicidov ni dovoljena. Zapleveljenost posevkov zmanjšujejo s kolobarjem in z ročnim pletjem. Pleti začnejo pri višini rastlin 10 cm, pozneje po potrebi; pomembno je, da plevel ne preraste posevka.

Če so v obdobju rasti slabše vremenske razmere (suša, veter), lan ne uspeva. Ob neurjih zaradi vetra lan tudi poleže. Od škodljivcev so že vsi opazili bolhača, ki napada klične liste, mlade rastlinice radi objedajo zajci in srne, posebno, če je njiva bolj na samem. Vse bolj ključnega pomena pri izbiri lokacije je dostopnost parcele za turistični ogled.

Spravljajo ga ročno in sicer z ruvanjem (puljenjem) rastlin v sredini rumene zrelosti, kar ustreza pridobivanju vlaken kot tudi semena. Semena potrebujejo za ponovno setev in za popestritev prehranskih, zlasti pekovskih izdelkov (belokranjska pogača), z napitki in čajnimi mešanici pa ohranjajo njegov zdravilski pomen (Wilfort, 1997).

Potem ko iz zračno suhih rastlin osmukajo glavice, otresejo in očistijo seme, se začne pridelava stebel v vlakna, ki zajema postopke godenja, trenja, otepanja in česanja (Lampret, 1949; Sadar, 1935).

Na kolovratu spredejo vlakna v niti, iz katerih stkejo na statvah platno za prte, srajce in narodne noše, vse na enak način kot v preteklosti.

Pridelava lanu je pri vseh pridelovalcih družinska tradicija, saj so lan zaradi vlaken in semen sejali njihovi predniki. Opažajo, da je lan kot umetnostna obrt v stroki in javnosti vse bolj cenjen in vzgojno-izobraževalno ter kulturno-zgodovinsko pomemben.

Navdušenje nad lanom jim prinese veliko veselja, kajti k opravi, kot so puljenje rastlin in česanje vlaken, povabijo prijatelje, znance in druge obiskovalce. Pomembno se jim zdi, da so med redkimi, ki ohranjajo to staro kulturno rastlino, zato so celo ljubosumni na širjenje lanu k novim pridelovalcem. Čeprav pravijo, da je ekonomika lanarstva negativna, se zdi, da je pokritje njihovega dela s trženjem turističnih ogledov in s prodajo platnenih izdelkov turistom večje, kot so pripravljeni priznati.

### 3.2 TALNE LASTNOSTI IZBRANIH NJIV Z LANOM V OKOLICI ADLEŠIČEV

Kot kažejo analize tal, je kislost ornice v razponu od 5,2 do 6,9 (preglednica 1). Tla so humozna, delež organske snovi od 2,8 do 4,6, verjetno posledica uporabe organskih gnojil oziroma pretekle travniške rabe. Prevladujoča tekstura je meljasto ilovnata, z deležem gline od 18 do 25 %, na eni lokaciji je delež gline večji (36 %, tekstura MGI). Založenost tal s fosforjem je v treh primerih siromašna (razred A), na eni lokaciji v optimalnem razredu C. Založenost s kalijem je večja, verjetno zaradi naravno večje vsebnosti kalija v tleh ali večje vsebnosti v organskih gnojilih. Dve lokaciji sta srednje preskrbljeni s kalijem (razred B), dve lokaciji pa ekstremno (razred E). Kationska izmenjalna kapaciteta je v razponu od 18,3 do 27,3 mmol<sub>c</sub>/100 g tal. Vsebnost bazičnih ionov je v razponu od 7,7 do 21,6 mmol<sub>c</sub>/100 g tal, kislih pa od 5,7 do 10,6 mmol<sub>c</sub>/100 g tal (preglednica 1). V enem primeru so tla distrična. Tako založenost tal s hranili, kot pH in delež Ca na sorptivnem delu tal, kažejo na ekstenzivni način pridelave.

Preglednica 1: Nekatere lastnosti tal na njivah z lanom na območju Adlešičev in okolici

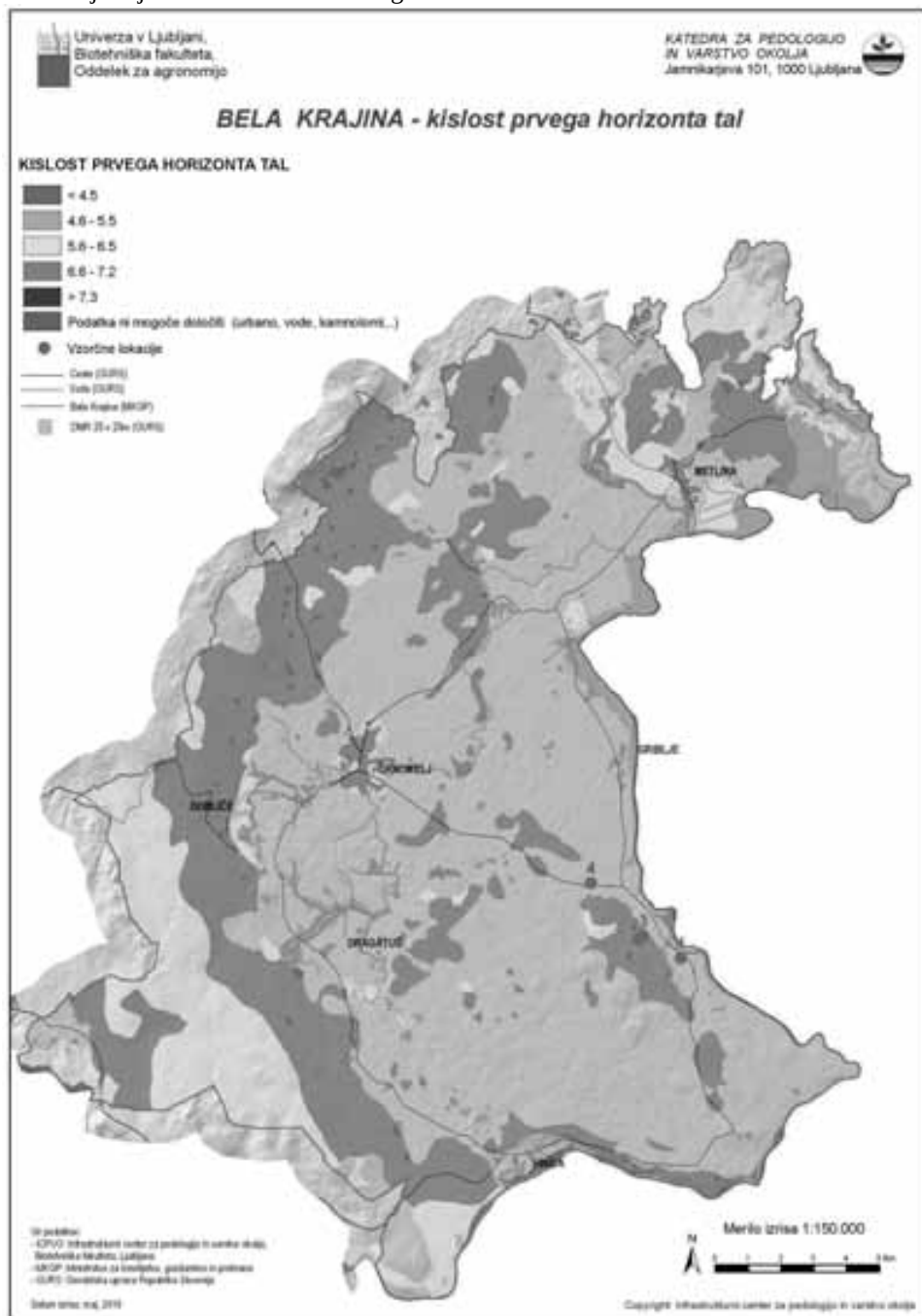
| Lokacija                     | Globina (cm) | pH       | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g) | K <sub>2</sub> O (mg/100g) | Org. snov | CN razmer | N skup. |      |      |
|------------------------------|--------------|----------|-----------------------------------------|----------------------------|-----------|-----------|---------|------|------|
| Lokacija 1                   | 0 - 20       | 6,2      | 6,5                                     | 42,5                       | 3,9       | 11,5      | 0,20    |      |      |
| Lokacija 2                   | 0 - 20       | 5,6      | 1,9                                     | 10,4                       | 4,6       | 11,7      | 0,23    |      |      |
| Lokacija 3                   | 0 - 20       | 6,9      | 16,2                                    | 50,4                       | 4,4       | 10,9      | 0,23    |      |      |
| Lokacija 4                   | 0 - 20       | 5,2      | 0,8                                     | 16,2                       | 2,8       | 10,7      | 0,15    |      |      |
|                              | Globina (cm) | Ca       | Mg                                      | K                          | Na        | H         | S       | T    | V %  |
| mmol <sub>c</sub> /100 g tal |              |          |                                         |                            |           |           |         |      |      |
| Lokacija 1                   | 0 - 20       | 12,5     | 2,96                                    | 0,48                       | 0,06      | 8,05      | 16,0    | 24,1 | 66,4 |
| Lokacija 2                   | 0 - 20       | 11,4     | 2,38                                    | 0,21                       | 0,08      | 10,65     | 14,1    | 24,8 | 56,9 |
| Lokacija 3                   | 0 - 20       | 17,2     | 3,20                                    | 1,14                       | 0,05      | 5,70      | 21,6    | 27,3 | 79,1 |
| Lokacija 4                   | 0 - 20       | 5,73     | 1,58                                    | 0,32                       | 0,06      | 10,55     | 7,7     | 18,3 | 42,1 |
|                              | Pesek (%)    | Melj (%) | Glina (%)                               | Tekst. razred              |           |           |         |      |      |
| Lokacija 1                   | 6,3          | 71,0     | 22,7                                    | MI                         |           |           |         |      |      |
| Lokacija 2                   | 6,7          | 74,7     | 18,6                                    | MI                         |           |           |         |      |      |
| Lokacija 3                   | 4,6          | 59,1     | 36,3                                    | MGI                        |           |           |         |      |      |
| Lokacija 4                   | 9,2          | 64,9     | 25,9                                    | MI                         |           |           |         |      |      |

### 3.3 PRIMERNOST TAL ZA PRIDELAVO LANU V BELI KRAJINI

Na osnovi podatkov iz literature smo izbrali naslednje ključne talne kriterije za pridelavo lanu: pH > 5,5; globina > 70 cm; naklon < 15°; tekstura – srednje težka tla; raba tal (negozdna). Na osnovi podatkov digitalne pedološke karte merila 1 : 25000 smo pripravili tematske karte lastnosti tal izbranega območja, in sicer za kislost tal, globino tal, teksturo tal, naklon terena in rabo tal.

Kot kaže slika 1, je večji del obravnavanega območja v razredu zmerno kislih tal (pH 4,6 do 5,5), zelo kislila tla (pH < 4,5) se pojavljajo na zahodnem obrobju Bele krajine, natančneje ob Poljanski gori ter na območjih jugovzhodno in severovzhodno od mesta Črnomelj. Na območju občine Metlika je pH nevtralen (6,6 do 7,2). Prevladujejo globoka tla (> 70 cm), na nekaterih predelih ta globina presega tudi 70 cm. Na zahodnem hribovitem in v osrednjem predelu najdemo plitvejša tla globine od 30 do 50 cm. Teksturno so tla srednje težka do težka.

Težka tla najdemo na jugovzhodu ob meji s Hrvaško ter v okolici Črnomlja in Metlike. Za Belo krajino je značilna raznolika razgibanost terena.



Slika 1: Kislost zgornjega sloja tal v Beli Krajini

V osrednjem delu pokrajine prevladuje nižina s posameznimi vzpetinami do naklona 15°, na obrobju pa se teren dviguje in dosega na nekaterih predelih tudi do 25 do 30° naklona. Raba tal v Beli krajini je v veliki meri odvisna od naravnogeografskih razmer. Na obravnavanem območju prevladujeta gozd in neobdelana kmetijska zemljišča v zaraščanju. Sledijo trajni travniki in obdelana njivska zemljišča. V okolici Črnomlja in Metlike se nahajajo vinogradi in v manjšem obsegu tudi ekstenzivni sadovnjaki. Najprimernejša območja za pridelavo lanu se nahajajo v okolici mesta Črnomelj in na jugovzhodnem delu Bele krajine v okolici vasi Griblje.

Ugotovili smo, da sta največja omejitvena dejavnika za pridelavo lanu razgiban relief in sedanja gozdna raba tal. Izmed obravnavanih talnih lastnosti, globina tal (> 70 cm) in tekstura večinoma nista omejujoča dejavnika za izbiro površin, na katerih je možna setev lanu. Pomemben talni dejavnik, ki v veliki meri vpliva na pridelavo lanu, je pH. Večina obravnavanega območja se uvršča v razred zmerno kislih tal (pH 4,6 do 5,5), medtem ko je priporočena vrednost za pH tal > 5,5. Nižje vrednosti pH lahko negativno vplivajo na pridelek lanu (Kocjan Ačko, 1999). Trenutno bi bila pridelava lanu možna na slabih 8 % površin (približno 3200 ha) v Beli Krajini. Če bi želeli razširiti pridelavo lanu, bi morali pridelovalci v večji meri izvajati kontrolo rodovitnosti tal in ukrep apnjenja.

#### 4 Sklepi

S pomočjo ankete smo spoznali prakso lanarstva v Beli krajini in ugotovili, da se pridelovalci oklepajo tradicionalnega načina pridelave in predelave. Tudi analiza tal izbranih njiv z lanom je potrdila ekstenzivni pristop, siromašno založenost tal s fosforjem in boljšo s kalijem ter neizvajanje apnjenja tal. Pojav pridelave in uporabe lanu v Beli krajini je posledica socioekonomskega položaja prebivalcev v preteklih stoletjih. Poleg ekonomskih vzrokov je širjenje pridelave lanu omejeno tudi z geografskimi in talnimi značilnostmi. Razgiban kraški relief, gozdna raba prostora in nizek pH tal so vzrok, da je za pridelavo lanu primernih le slabih 3200 ha površin (8 % Bele krajine). Kljub temu je pridelava lanu in izdelava lanenih izdelkov pomembna kulturna dediščina Bele krajine, ki jo je potrebno ohranjati.

#### 5 Literatura

- Bogataj, J. 1989. Tkalci in tkalke. Sto srečanj z dediščino na Slovenskem. Prešernova družba, Ljubljana: 226-227
- Butorac, J., Pospišil, M., Mustapić, Z., Augustinović, Z., Mešanović D. 2010. Utjecaj gnojide dušikom na prinos i udio vlakna predivnog lana. V: 45. Hrvatski i. 5. međunarodni simpozij agronoma. Zbornik radova, Opatija: 681-685
- Gregorič, R. 2010. Ustreznost tal za pridelavo lanu (*Linum usitatissimum* L.) v Beli krajini. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana: 43 s.
- Pedološka karta Slovenije. 1:25000. Črnomelj. Kodrič, M., Sušin, J., Lobnik, F. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja. 1996
- Pedološka karta Slovenije. 1:25000. Griblje. Kodrič, M., Sušin, J., Lobnik, F. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja. 1997
- Pedološka karta Slovenije. 1:25000. Metlika. Štepančič, D., Sušin, J., Knapič, M., Prus, T., Lobnik, F. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja. 1998
- Kocjan Ačko, D. 1998. Naravna vlakna v svetu in pri nas. Kmetijstvo in okolje/ agriculture and environment, Bled, 12.-13. 3. 1998, Kmetijski inštitut Slovenije: 381-387
- Kocjan Ačko, D. 1999. Lan. In: Pozabljene poljščine. Ljubljana, Kmečki glas: 83-99
- Kocjan Ačko, D., Trdan, S. 2008. Influence of row spacing on the yield of two flax cultivars (*Linum usitatissimum* L.). Acta agriculturae Slovenica, Ljubljana Biotehniška fakulteta: 91 - 1: 23-35

- Maček J. 1991. Bolezni poljščin. Ljubljana, ČŽP Kmečki glas: 267 s.
- ISO 10390. Soil Quality – Determination of pH. 1994: 5 s.
- ISO 10694. Soil Quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). 1995: 7 s.
- ISO 11260. Soil Quality - Determination of effective cation exchange capacity and base saturation level. 1994: 10 s.
- ISO 11277. Soil Quality – Determination of particle size distribution in mineral soil material – Method by sieving and sedimentation. 1998: 30 s.
- ISO 11464. Soil Quality – Pretreatment of samples for physico – chemical analysis. 1994: 9 s.
- ISO 13878. Soil Quality – Determination of total nitrogen content by dry combustion (»elemental analysis«). 1998: 5 s.
- Lampret, I. 1949. Lan. V: Kratka enciklopedija predilstva. Knjižnica za vzgojo strokovnih kadrov, Ljubljana: 48 s.
- Lokot, A. 1994. The effect of long-term fertilazer application in a crop rotation on yield and quality of fiber flax. *Agrokimiya* 4: 55-60
- Sadar, V. 1935. Lan. V: Lan in konoplja. Kmetijska matica. Ljubljana: 5-69
- Salmon-Minotte, J., Franck, R. R. 2000. Flax. In (ed.) Bast and other plant fibre. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England
- Vajnberger, A. 1966. Određivanje lakopristupičnog fosfora i lakopristupičnog kalijuma u zemljištu. V: Priručnik za ispitivanje zemljišta, hemijske metode ispitivanja zemljišta. Beograd, Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta: 184 – 196
- Zedan, S.Z., Kineber, M.E., Mostafa, S.H. 1999. response of flax to potassium and nitrogen fertilization under sandy soil condition. *Egip J agric res*, 77: 729-743
- Wilfort, R. 1997. Lan. V: Zdravilne rastline. Založba obzorja Maribor: 197-199

## **Žlahtnjenje rastlin: čemu ga potrebujemo, vloga sodobnih tehnologij, lokalne potrebe in svetovni trendi**

Borut BOHANEČ<sup>32</sup>

### **Izvleček**

V prispevku je prikazan pomen žlahtnjenja rastlin in kratek povzetek ključnih dosežkov, ki so vodili do oblikovanja sodobnega sortimenta kmetijskih rastlin. Poudarek je na omembi ključnih dogodkov razvoja klasičnih oblik žlahtnjenja, razvoja metod s pomočjo tkivnih kultur in genskega inženiringa. Podan je avtorjev razmislek o trenutnem stanju tehnologije v svetu ter ocena stanja v Sloveniji.

**Ključne besede:** razvoj metod žlahtnjenja rastlin, rastlinska biotehnologija, novi dosežki

## **Plant breeding: reasons for continuous breeding activities, the role of modern technologies, local needs and worldwide trends**

### **Abstract**

The role and importance of plant breeding for the development of agriculture is briefly presented. Emphasis is on several milestones which enabled the development of current varieties including the development of »classical« plant breeding techniques, involvement of plant tissue culture methods and major achievements of genetic engineering applied to plant breeding. Author's views of the current situation regarding the use of GM varieties are discussed also in the view of the current situation of plant breeding in Slovenia.

**Key words:** development of plant breeding techniques, plant biotechnology, new achievements

### **1 Uvod**

Prehranska varnost je najosnovnejša potreba človeštva, vsem drugim potrebam se lažje odrečemo. V svetovnem merilu se prehranska varnost človeštva neprestano spreminja (Paarlberg, 2010) saj nanjo vplivajo številni dejavniki. To seveda občutijo predvsem v državah, katerih siceršnji življenjski standard je nizek in zato ne zmorejo kupiti hrane na svetovnem tržišču. Humboltov furum na primer ocenjuje, da trenutno po svetu strda 925 milijonov ljudi, v istem času pa je Evropska unija s svojo ekonomsko močjo trenutno največji uvoznik hrane na svetu. Površine, potrebne za pridelavo hrane za Evropo, so na ravni površine celotne Nemčije. Prehranska varnost je seveda ključno povezana s produktivnostjo pridelave. V širši javnosti je malo znano dejstvo, da je k izjemnemu napredku, ki je v 20. stoletju za petkrat zvečal povprečne pridelke vodilnih poljščin, v mnogih predelih sveta v največji meri botroval uspeh žlahtnjenja rastlin. Očem mnogo bolj vidni so drugi ukrepi, kot je gnojenje, mehanizirana obdelava ali uporaba škropiv in agromelioracije, drastična sprememba sortimenta, povzročena z žlahtnjenjem rastlin, pa je ljudem neznanka. In vendar prav temu pripisujemo vsaj 50 % delež skupnega uspeha. Naj kratko predstavim področje. Zgodovina ocenjuje, da ljudje pridelujemo hrano približno deset tisoč let. Prvi koraki so bili seveda odbira rastlin in domestifikacija, izmed milijona rastlinskih vrst jih je bilo okoli 500 izbranih za uporabo v kmetijstvu. V človekovo korist pa je bilo potrebno s preprosto odbiro izločiti rastline s čim manjšim osipanjem semen, nedormantnostjo klitja, izenačenim dozorevanjem in z večjimi semeni. Trajnice so se spremenile v enoletnice, trnatost, toksičnost, grenkoba in druge nezaželene lastnosti so se močno zmanjšale. Odkritje klonskega razmnoževanja najboljših odbrank s cepljenjem pripisujejo Kitajcem v drugem tisočletju pred našim štetjem,

<sup>1</sup> Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: borut.bohanec@bf.uni-lj.si

v našem prostoru pa so ga tako stari Grki kot Rimljani že množično uporabljali. Prav zato poznamo tudi nekatere izjemno stare sorte recimo pri granatnem jabolku, oljki, figi in vinski trti. Recimo 'Črno korintsko grozdje', brezsemenski mutant izvira iz stare Grčije in se za rozine še danes prideluje. Tudi v naslednjih dveh tisočletjih je bilo opravljeno veliko delo, čeprav številnih podrobnosti ne poznamo. Zelje so denimo poznali že Rimljani, a tedaj še ni zvijalo glav. Rimljani so vrste tudi razširjali in ponovno reintroducirali, denimo cvetačo, ki je nastala iz zelja v času arabskega Levanta, danes Libanona, ali brokoli, požlahtnjen v Italiji.

V zvezi s poreklom vrst iz Amerike, še posebej koruze, je še danes mnogo neznank. Morfološke razlike med koruzo in teosintom so namreč zelo velike in več znanstvenikov sprva ni verjelo, da je le s preprosto odbiro lahko prišlo do oblikovanja današnje koruze. Po poreklu iz današnje Mehike se je koruza razširila po severni in južni Ameriki že pred 8000 leti, danes pa je tudi zaradi svoje velike prilagodljivosti vodilna svetovna poljščina. Pomemben napredek je žlahtnjenje doživelo v Evropi od 16. stoletja dalje, ko so pričeli s sistematičnimi križanji in odbiro. Znanstvene osnove pa je žlahtnjenje dobilo leta 1900 s ponovnim odkritjem Mendeljevih zakonov dedovanja. Čeprav samo odkritje ni kar takoj vplivalo na postopke žlahtnjenja, pa je bilo odločilno vse večje razumevanje procesov, ki vodijo do zelenih sprememb. Zgodovinski razvoj žlahtnjenja je dobro opisan v najnovejši publikaciji (Kingsbury, 2009), kjer avtor na poljuden način opiše vse ključne dogodke, ki so vodili do današnjega stanja sortimenta.

Dvajseto stoletje je ustvarilo neverjeten napredek kmetijstva. Cilji žlahtnjenja so se prilagajali spremembi načinov pridelave, sorte so bile odbrane glede na gnojenje, mehanizacijo, namakanje, možnosti zaščite in drugo. Prvotni cilji žlahtnjenja – visok in stabilen pridelek so se dopolnjevali vse bolj s poudarkom na kvaliteti pridelka in z vnosom genov za odpornost na bolezni in škodljivce.

## 2 Razvoj metod žlahtnjenja

Ločimo več generacij sort, požlahtnjenih z vedno bolj izpopolnjenimi postopki. V prvi polovici 20. stoletja so bile razvite vse osnovne metode, danes znane kot »**klasično žlahtnjenje rastlin**«. Pri samoprašnicah (pšenica, ječmen, riž, stročnice, paradižnik, ...) so to zlasti metode žlahtnjenja čistih linij s postopki križanja, odbire in samoopraševanja. Pri tujeprašnicah so to izboljšani postopki žlahtnjenja populacijskih in sintetičnih sort, največji dosežek pa je bilo odkritje heterotičnega učinka hibridnih sort. Nekoliko počasnejši je bil žlahtniteljski napredek pri vegetativno množenih sortah, kjer pa so postopki, kot so izzvana poliploidija, medvrstna križanja in uporaba izzvanih mutacij vendarle izjemno izboljšali sortiment.

K premoščanju žlahtniteljskih ovir, ki jih s klasičnimi metodami ni bilo mogoče zaobiti, pa so v drugi polovici 20. stoletja prispevali **postopki rastlinske biotehnologije**. Mikropropagacija je omogočila ohranitev linij zelnatih rastlin in odstranitev virusov. *In vitro* reševanje embrijev je podobno kot fuzija protoplastov prispevalo k vnosu mnogih koristnih genov ali kreaciji novih vrst kmetijskih rastlin. Recimo nove vrste so izrazite v rodu *Citrus*, pri številnih drugih vrstah pa je bilo medvrstno križanje le izhodišče, ki so mu sledila povratna križanja z osnovno vrsto. Na ta način so bili recimo tudi v krompir vnešeni geni, ki omogočajo odpornost na različek virusa, brez te odpornosti danes v Sloveniji pridelava krompirja ne bi bila več mogoča. Primer uporabe asimetrične fuzije protoplastov je recimo nov vir citoplazemske moške sterilnosti pri vrstah iz rodu *Brassica* in *Cichorium* in s tem učinkovito žlahtnjenje hibridnih sort pri teh rodovih. Velja spomniti, da je v Evropski uniji rezultat fuzije protoplastov reguliran v zakonu o gensko spremenjenih organizmih, izjema so le kombinacije,

ki bi bile mogoče tudi po spolni poti. Takšna ureditev že ovira postopke žlahtnjenja. Somaklonska variabilnost tkiv *in vitro* je dopolnila postopke z radiacijo ali mutagenimi snovmi izzvanih mutacij. Aplikacije so zlasti sorte odporne na sol ali na izbran herbicid. Možnost nastanka haploidnih linij je omogočila izjemen napredek v smislu hitrejšega kreiranja čistih linij ter zmanjšanje inbriding depresije, značilnosti mnogih tujeprašnih vrst. Danes so denimo vse v Evropi vodilne sorte oljne ogrščice podvojeni haploidi, metoda pa je prevladala tudi pri žlahtnjenju vodilnih žit in številnih zelenjadnic.

### 3 Uporaba genskih markerjev in sekveniranje celotnih genomov

Zadnjih 30 let pa so odkritja molekulske genetike prispevala novo dimenzijo z dopolnjevanjem prej uveljavljenih postopkov žlahtnjenja. Uporabni del lahko ločimo na izkoriščanje vse bolj podrobnih informacij o genetski sestavi kmetijskih vrst in na vnos posamičnih genov iz nesorodnih organizmov. V prvem sklopu velja, da so postopki molekularnih markerjev sedaj neizogibni del vsakega večjega žlahtniteljskega projekta. Uporabljajo jih v vseh večjih semenarskih podjetjih, z njimi sledijo genom, ki ga vgrajujejo v nove sorte, v semenarstvu pa ugotavljajo genetsko pristnost vsake pošiljke semen. Za ta namen imajo vrhunsko opremljene laboratorije, ki so lahko kos večini genetskih laboratorijev iz raziskovalnih inštitucij. Proučevanje genoma rastlin je v zadnjih letih kulminiralo s sekveniranjem celotnih organizmov. Velikost genoma pri rastlinskih vrstah izjemno variira (razlike so skoraj tisočkratne), zato so bile najprej na vrsti najpomembnejše vrste z majhnim genomom, kot je denimo riž. Sedaj prihajajo na vrsto tiste z vse večjim, pravkar je bil to ricinus (kloščevce). Podatki o sekveniranih vrstah niso vedno ažurni, vendar še kar dober pregled lahko najdemo na:

[http://synteny.cnr.berkeley.edu/wiki/index.php/Sequenced\\_plant\\_genomes](http://synteny.cnr.berkeley.edu/wiki/index.php/Sequenced_plant_genomes).

V žlahtnjenju si od podrobnih podatkov genske sestave organizmov lahko obetamo marsikaj, podobno kot se je to že zgodilo pri drugih organizmih - najprej mikroorganizmih in nato pri ljudeh in živalih. Kratkoročno je to zlasti identifikacija tarčnih genov in njihovih različic znotraj vrste oziroma primerjava z njihovimi oblikami pri drugih vrstah. Na tem področju je uspeh že zaznan s karakterizacijo genov za odpornost ali kakovost pridelkov. Dolgoročno pa sekveniranje lahko služi za identifikacijo kompleksa genov, ki smo jim dosedaj lahko sledili le s pristopi kvantitativne genetike. Med njimi je večina kmetijsko najpomembnejših, torej lastnosti, ki vplivajo na pridelek in na vse pomembnejše morfološke znake rastlin.

### 4 Genska transformacija

V javnosti daleč najodmevnejše področje žlahtnjenja rastlin pa je seveda **genska transformacija**, kot tudi imenujemo prenos genov pripravljenih z metodami genskega inženiringa in vnešenih z metodami rastlinske biotehnologije. Pri rastlinah je uspela že leta 1983, v naslednjem desetletju pa so bila razvita vsa osnovna orodja. Komercialna uporaba GS sort se je pričela leta 1996 in od tedaj stalno narašča. Pridelavo GS sort vsako leto objavlja ISAAA (<http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/41/>). Za leto 2009 tako navaja, da GS sorte prideluje 14 milijonov posestev v 25 državah in to na površini 134 milijonov hektarjev. Uspeh je še prav posebej presenetljiv iz dveh vzrokov: prvič, na tržišču je šele »prva generacija« GS sort, ki vključuje dejansko zelo omejen nabor vključenih genov, predvsem za herbicidno in insektno odpornost. Drugič, GS sorte so vse od nastanka izjemno negativno medijsko izpostavljene, zato je velik komercialni uspeh pravzaprav presenečenje. Ob zadržanosti Evrope je zaskrbljujoče dejstvo, da tudi v Sloveniji kmetovalci sploh niso seznanjeni z možnostmi, ki že obstojajo na trgu, a se jim politično namenoma odrekamo.



Argumenti, ki jih navajajo nasprotniki pridelave GS poljščin v Sloveniji zlasti navajajo potrebno previdnost, točneje uporabo tako imenovanega previdnostnega načela. Na žalost ob množici raziskav morebitne škodljivosti nove tehnologije močno pogrešamo raziskave, ki bi ocenile, kakšno škodo (tako v ekonomskem kot okoljskem smislu) povzroča neuporaba sodobne tehnologije! Poglejmo za primer že obstoječe sorte GS koruze, pri uporabi katerih Slovenija glasuje proti. To poljščino bi tudi v Sloveniji lahko pridelovali z le enkratnim škropljenjem z učinkovitim herbicidom, tretiranje z insekticidi pa ne bi bilo potrebno, saj vneseni geni GS sorte uspešno varujejo pred koruzno večšo in pred koruznim hroščem.

V svetovnem merilu je, kar se tiče komercialne uporabe GS sort, zaznan trend, da je stanje razvoja znanosti v velikem nasprotju s sproščanjem tržnih proizvodov. Obstoja zelo dolg seznam očitno zelo koristnih genskih prenosov v rastline, mnoge so koristne neposredno potrošnikom zlasti v zdravstvenem smislu, druge pridelovalcem. Večina se jih očitno ustavi ob deregulacijskem postopku, ki je tudi v državah, kjer GS sorte sicer postajajo vodilne v pridelavi, zaradi obsega dela in stroškov nedostopen majhnim raziskovalnim skupinam.

Kljub precejšnjemu, težko razumljivemu zastoj pri uvajanju novih lastnosti vnešenih s postopkom transformacije se prav v tem desetletju, najverjetneje že v naslednjih treh letih obeta nekaj pomembnih novosti, ki bi lahko imele izjemen vpliv na kmetijstvo. Nanašajo se na izboljšane lastnosti pomembne za kmetijsko pridelavo. Naj omenim le nekatere. Več biotehnoških podjetij najavlja sprostitev sort z vnešenimi geni za odpornost na sušo, prvi so že v uradnih preizkusih. Podobno več podjetij zagotavlja, da jim je uspelo požlahtniti vodilne vrste poljščin z dodatkom genov za večjo učinkovitost izrabe obstoječega nivoja dušika v tleh. Že samo ti dve lastnosti dejansko pomenita, da bo postalo pridelovanje ostalih »klasičnih« sort ne le nekonkurenčno ampak tudi škodljivo okolju. Podobno velja za leto 2010 na Kitajskem že sprosčeno koruzo z vnešenim genom za fitazo (Origin Agritech). Krmi narejeni iz teh sort ni potrebno dodajati anorganskega fosforja, ker je obstoječi bolje izkoriščen, kar ima seveda poleg ekonomskih prednosti nedvomno tudi okoljske. Velik napredek je najavljen tudi pri tako imenovanih energetskih rastlinah. Specializirano podjetje recimo najavlja (Flavell 2010) velik napredek pri štirih vrstah energetskih rastlin in sicer pri vrsti *Panicum virgatum*, pri dveh varietetah sirka in pri miskantu (trstikovec). V poljskih poskusih so tudi vrste (za zdaj evkaliptus) odporne na mraz, uspeh pa je bil objavljen tudi recimo pri vinski trti.

## 5 Nove metode žlahtnjenja

Prav je, da omenimo še razvoj novih metod žlahtnjenja, ki niso jasno regulirane v obstoječi zakonodaji. Govora je o približno desetih metodah žlahtnjenja, pri katerih je v postopku uporabljen genski inženiring, njegov končni rezultat pa ni transgena rastlina. S temi postopki je denimo mogoče izzvati tarčno mutacijo določenega gena, kar je bilo do sedaj le igra številke ob izzvanih mutacijah. S to metodo so denimo že vnesli odpornost na drugo do sedaj manj uporabljano skupino herbicidov. Podobno je s temi metodami mogoče je požlahtniti hibridno sorto v obratni smeri: najprej identificirati hibridno linijo in nato izdelati izhodiščni liniji. O teh tehnikah v EU poteka razprava, zaradi zdaj že običajnega razhajanja mnenj prav hitro ni mogoče pričakovati sklepov. Velja pa opozoriti, da sledenje tako požlahtnjenim sortam z do sedaj uveljavljenimi metodami ni mogoče.

Desetletje pomislekov proti uporabi GS sortimenta se počasi končuje, tudi v Evropi prihaja do novih sprostitev v pridelavo. Omenjenemu glavnemu argumentu nasprotnikov, to je uporabi »previdnostnega načela« namreč uspehi drugih držav sveta kažejo zrcalo. Neuporaba nove tehnologije seveda pomeni vztrajanje na obstoječi. Denimo, ker smo se v Sloveniji odrekli pridelavi odobrenih sort koruze z genom za odpornost na koruzno večšo s tem izgubljam del

kompetitivnosti. Kolikšen del ne vemo, ker o tem ni bila opravljena nobena študija. Navedbe iz ZDA pa so nedvoumne. Hutchison in sod. (2010) so denimo objavili, da je le uporaba bt koruze z vnešeno odpornostjo na koruzno večjo v 14 letih uporabe trem ameriškim zveznim državam prinesla 3,2 milijarde dolarjev koristi. Zanimivo, zaradi splošnega zmanjšanja pojavnosti večje na tem območju, so imeli največ koristi - kar 2,4 milijarde - pridelovalci, ki so pridelovali konvencionalne sorte. V luči zgoraj opisanih novih lastnosti GS sort pa bo kmalu pomenilo vztrajanje pri obstoječem stanju tudi nepotrebno gnojenje z dušikom, nepotreben strah pred sušo, nepotreben strah pred zmrzaljo in seveda že omenjena nepotrebna uporaba pesticidov. Čas je, da stroka jasno pove, čemu se povsem nerazumno odpovedujemo.

## 6 Kje smo na področju žlahtnjenja v Sloveniji?

Sektor klasičnega žlahtnjenja rastlin je že dolga leta nedvomno en najbolj zapostavljenih sektorjev kmetijstva. Stanje zaznamuje brezbržnost pristojnih ustanov, kljub številnim poskusom stroke za zdaj premik ni bil dosežen. Poleg žlahtnjenja v javnem sektorju žal v Sloveniji tudi nimamo večjega semenarskega podjetja, ki bi samo vlagalo v žlahtnjenje novih sort. Zato ne preseneča, da je pri nas večjih projektov žlahtnjenja rastlin malo. Izjema sta le dva večja projekta, to sta program žlahtnjenja krompirja na Kmetijskem inštitutu Slovenije in program žlahtnjenja hmelja na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. Prvi obstoja predvsem ob velikem osebnem zavzetanju vodij programa in trženju že sproščenih sort, drugi edini ima skromno državno podporo. Ob omenjenih dveh je v teku nekaj manjših projektov žlahtnjenja, ki pa so finančno in izvedbeno daleč podhranjeni, zato tudi ni možno pričakovati hitrega napredka. Nestimulativna situacija z žlahtnjenjem rastlin toliko bolj bode v oči, če vemo, da Slovenija že desetletje namenja znatna sredstva selekciji v živiloreji, ki po avtorjevi oceni za faktor 20 presegajo sredstva namenjena rastlinskemu sektorju. Opisano stanje je tudi v ostrem nasprotju s siceršnjim razvojem sodobnih žlahtniteljskih znanj v RS Sloveniji. Na področju sodobnih raziskav, ki vključujejo tudi biotehnoške pristope žlahtnjenja dejansko ne zaostajamo za tujimi razvitimi državami. Imamo več raziskovalnih skupin na univerzah in inštitutih, katerih rezultati so med najboljšimi v kmetijstvu nasploh. Upamo, da bo do ustvarjalnega dogovora za uporabo tega znanja za žlahtnjenje lastnih sort kmetijskih rastlin vendarle prišlo.

## 7 Literatura

- Anonimno 2010. EU world's biggest net importer of agricultural produce while neglecting critical investment in agricultural research. Humboldt Forum for Food and Agriculture. Dostopno na: <http://www.biofortified.org/2010/10/eu-worlds-biggest-net-importer-of-agricultural-produce-while-neglecting-critical-investment-in-agricultural-research/>
- Hutchison, W. D., Burkness, E. C., Mitchell, P. D., Moon, R. D., Leslie, T. W., Fleischer, S. J., Abrahamson, M., Hamilton, K. L., Steffey, M. E., Gray, R. L., Hellmich, L. V., Kaster, T. E., Hunt, R. J., Wright, K., Pecinovsky, T. L., Rabaey, K. L., Flood B. R., Raun, E. S. 2010. Areawide Suppression of European Corn Borer with Bt Maize Reaps Savings to Non-Bt Maize Growers. *Science*, 330: 222-225
- Flavell, R. 2010. Plant Breeding in the Service of Mankind, Millenium after Millenium. 12th World Congress of the IAPB and 2010 *In vitro* Biology Meeting of the SIVB, June 6-11 2010, St Louis, USA, str. 37 in gradivo na CD
- Kingsbury, N. 2009. Hybrid, the history and science of plant breeding. The University of Chicago Press, Chicago, London: 493 str.
- Paarlberg, R. 2010. Food politics, what everyone needs to know. Oxford University Press, New York: 218 str.

## Strategija razvoja žlahtnjenja novih sort hmelja (*Humulus lupulus* L.)

Andreja ČERENAK<sup>33</sup>, Sebastjan RADIŠEK<sup>34</sup>, Iztok Jože KOŠIR<sup>35</sup>, Monika OSET<sup>36</sup>

### Izvleček

Hmelj (*Humulus lupulus* L.) je pomembna sestavina v pivovarstvu. V Sloveniji z lastnimi sortami pridelujemo večinoma tradicionalni evropski aromatični hmelj, s čimer pokrivamo približno 3 % svetovne pridelave. Žlahtniteljski program vključuje različne nivoje selekcij, s čimer se zagotavlja konkurenčnost na globalnem trgu. Križanci hmelja, ki so vključeni v uradne sortne poskuse (z oznakami 40/39, A2/132, A6/58, 285/70 in 31/299), so v prispevku predstavljeni z najpomembnejšimi rezultati različnih opazovanj in analiz – vsebnost alfa-kislin, sestava eteričnih olj, ocena pridelka, skladiščna obstojnost, pivovarska vrednost in odpornost na bolezni.

**Ključne besede:** hmelj, *Humulus lupulus* L., žlahtnjenje, novi križanci

## Strategy of new hop (*Humulus lupulus* L.) variety development

### Abstract

Hop (*Humulus lupulus* L.) is an important ingredient in the beer-brewing process. Slovenia produces mainly traditional European aroma hops, with domestic hop varieties, covering approximately 3 % of world hop production. The breeding program includes different levels of selections providing competitive hop varieties on global market. The new breeding lines that are under official variety trials (labeled 40/39, A2/132, A6/58, 285/70 and 31/299) are presented with the most important results received from different observations and analyses – alpha acids content, essential oils composition, yield estimation, storage stability, brewing value and disease resistance.

**Key words:** hop, *Humulus lupulus* L., breeding, new breeding lines

### 1 Uvod

Značilnost slovenskega hmeljarstva je, da na več kot 95 % hmeljišč pridelujemo slovenske sorte hmelja in več kot 90 % pridelanega hmelja izvozimo na svetovno tržišče. Hmelj (*Humulus lupulus* L.) je tako v Sloveniji pomembna kmetijska rastlina, ki jo intenzivno pridelujemo na 1390 ha neto površin. Kljub intenzivnim obnovam je še preko 200 ha hmeljišč v premeni, kjer hmeljarji pridelujejo druge kmetijske, predvsem krmne rastline.

Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) na področju žlahtnjenja hmelja aktivno deluje že od svojega začetka, rezultat tega je 13 slovenskih sort hmelja. Hmeljišča so skoncentrirana na območju spodnje Savinjske doline, nahajajo pa se tudi v zgornji Savinjski dolini, okolici Celja, Ptuja in Ormoža ter na Koroškem, v okolici Slovenj Gradca in Radelj ob Dravi.

Na IHPS že več let poteka intenziven program vzgoje novih sort hmelja, ker želimo imeti domače sorte hmelja, prilagojene na slovenske razmere. Slovenski hmeljarji lahko na svetovnem trgu konkurirajo le z visokimi in kvalitetnimi pridelki hmelja. Da se pridelovalci tega zavedajo je očitno iz lastnega finančnega vložka, s katerim podpirajo žlahtnjenje hmelja.

<sup>33</sup> Dr. znanosti, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, C. Žalskega tabora 2, Žalec, Slovenija, e-pošta: andreja.cerenak@ihps.si

<sup>34</sup> Dr. znanosti, prav tam, e-pošta: sebastjan.radisek@ihps.si

<sup>35</sup> Doc., dr. znanosti, prav tam, e-pošta: iztok.kosir@ihps.si

<sup>36</sup> Univ. dipl. inž. kmet., prav tam, e-pošta: monika.osek@ihps.si

Zaradi potrebe in želje po razvoju novih metodologij in znanj, povezanih z žlahtnjenjem hmelja, strokovno nalogo dopolnjujemo s ciljnim raziskovalnim projektom in raziskavami v okviru raziskovalnih programskih skupin.

## 2 Material in metode dela

Metode vzgoje novih sort so pogojene z lastnostmi rastline, zato se različne metode žlahtnjenja uporabljajo za različne rastline. Pri hmelju je zlasti pomembno, da so rastline tujeprašne in dvodomne. Z rekurentno selekcijo povečujemo frekvenco genov neke kvantitativno odbrane lastnosti z večkratnimi cikli selekcije. Pri hmelju samooprašitev zaradi dvodomnosti ni možna, zato uporabljamo modificiran pristop rekurentne selekcije.

Prednost rastline hmelja je v tem, da lahko dobro sorto vegetativno razmnožimo in si zagotovimo dober sadilni material, ki je homogen, torej izenačen. Le tega lahko izboljšamo še s klonsko selekcijo. Pri rastlinah, ki se lahko vegetativno razmnožujejo, se kot nadgradnja križanj uporablja tudi klonska selekcija. S ciljnim križanjem vnašamo v obstoječe sorte dednino z določeno odpornostjo npr. na bolezen. Z uporabo povratnih križanj lahko iz potomstva izločimo neželene lastnosti rastlin, kar pa je precej dolgotrajno. V programih križanj uporabljamo različne starševske komponente, posledično so potomci zelo raznoliki ali heterogeni.

Težava pri žlahtnjenju hmelja je v tem, da se v komercialne namene uporabljajo le ženska soplodja – storžki, medtem ko se npr. moška socvetja komercialno ne uporabljajo. Glede na to so slabše znane lastnosti moških rastlin, ki pa v enaki meri vplivajo na lastnosti potomcev. Proučevanje moških rastlin hmelja je precej dolgotrajen postopek, ki lahko poteka vzporedno s prostimi opraševanji in nam z rezultati v prihodnosti služi za lažjo izbiro kombinacij križanj. Program dela pri žlahtnjenju hmelja je razdeljen v cikle, kjer po sejanju semen, vzgoji sejančkov, sajenju križancev na polje in oskrbi prvoletnih nasadov pričnemo v tretjem letu z analiziranjem in opazovanjem križancev (preselekcija), končamo pa ga z izborom najboljših genotipov za sajenje v kolekcijski nasad (selekcija v primerjalnem poskusu). S tem zaključimo prvi cikel. Tak nasad v prihodnjih letih še natančneje proučujemo, ker so rastline posajene na več sadilnih mestih. Hkrati na podlagi rezultatov izberemo na novo odbrane rastline, ki so izboljšane vsaj v eni lastnosti in jih vključimo v križanja, saj s tem povečujemo delež pozitivnih genov v populaciji potomcev.

Pomemben del žlahtnjenja predstavljajo selekcije na bolezen in testiranja odpornosti, kjer smo usmerjeni na hmelju najpomembnejše bolezni: hmeljevo peronosporo (*Pseudoperonospora humuli*), hmeljevo pepelovko (*Sphaerotheca macularis*) in hmeljevo uvelost (*Verticillium albo-atrum*, patotop PV1). V prvi fazi izvajamo selekcije na stopnji sejančkov v kontroliranih pogojih z umetnimi okužbami, v nadaljevanju odbire pa nato v selekcijskih nasadih določamo poljsko odpornost pri odraslih rastlinah (Radišek in sod., 2007). V zadnjem obdobju sistematično spremljamo tudi toleranco na gospodarsko najpomembnejše škodljivce, z usmeritvijo na hmeljevo uš (*Phorodon humuli*).

Pri večletnih križancih spremljamo morfološke lastnosti, ki vplivajo na tehnološki vidik odbire križancev – formiranje korenike, število spečih oces, enakomernost in kot izraščanja poganjkov, prožnost in oprijem poganjkov na vodilo (možnost samonapeljave). V nasadu ocenimo tudi količino pridelka, večje število rastlin oberemo na obiralnem stroju. Ob tem preliminarno spremljamo kakovost obiranja rastlin in delež poškodovanih storžkov. Izbranim rastlinam v času tehnološke zrelosti določimo kemijske lastnosti - vsebnost in kvaliteto grenčic (alfa-kislina) in eteričnega olja.

Skladiščna obstojnost je pomemben podatek, ki pokaže stabilnost kvalitete hmelja tekom skladiščenja. Ugotavlja se predvsem na osnovi padanja vsebnosti alfa-kislin, ki so podvržene razpadnim in oksidacijskim procesom. Za ta namen se uporabljata dva parametra: vsebnost alfa-kislin in indeks staranja hmelja (HSI) (Čerenak in Košir, 2009 b).

Pivovarska vrednost hmelja se določa na osnovi kemijskih analiz pивine in piva hmeljenega z določeno sorto/križancem hmelja. Seveda pa so kemijski parametri sami zase samo izhodišče. Pomemben podatek o kakovosti in možnostih uporabe daje šele organoleptična ocena, ki jo pridobimo z degustacijo končnega izdelka – piva. Skupek vseh parametrov da podatek o možnostih uporabe, ki je pomemben predvsem v smislu trženja novih sort.

Pri senzoričnem ocenjevanju piv, varjenih v mikropivovarni na IHPS, je v poskusu sodelovalo 76 naključnih preskuševalcev, ki so bili obeh spolov in so predstavljali starostni okvir populacije med 20 in 60 letom. Pri senzoričnem ocenjevanju piva, varjenega s sortama AU in Dana v mikropivovarni v St. Johannu, je sodelovalo 96 naključnih preskuševalcev, ki so bili obeh spolov in so predstavljali starostni okvir populacije med 20 in 60 letom. Pri senzoričnem ocenjevanju vzorcev piva prav tako v mikropivovarni v St. Johannu, varjenih s Savinjskim goldingom in križancem 31/299, je sodelovalo 58 naključnih preskuševalcev, ki so bili obeh spolov in so predstavljali starostni okvir populacije med 20 in 60 let.

### 3 Rezultati z diskusijo

#### 3.1 PREIZKUŠANJE KRIŽANCEV HMELJA ZA VPIS V SORTNO LISTO – 40/39, A2/132, A6/58, 285/70 IN 31/299

V letu 2007 smo izbrali pet križancev za preizkušanje vrednosti za pridelavo in uporabo, z oznakami **40/39**, **A2/132**, **A6/58**, **285/70** in **31/299**. Podatke o preizkušanih križancih navajamo v preglednici 1. V istem nasadu so posajene tudi standardne sorte (Savinjski golding, Aurora in Dana). Kot je razvidno iz preglednice 1, so štirje križanci visoko odporni na hmeljevo uvelost, eden spada med fino aromatičen hmelj, trije pa dosegajo višjo vsebnost alfa-kislin (v razponu od 14-18 % alfa-kislin v suhi snovi v zadnjih letih).

V letu 2010 smo z opazovanji nadaljevali; nove sorte hmelja bodo lahko vpisane v sortno listo ob koncu leta 2011.

*Preglednica 1: Nekaj podatkov o križancih, ki so v sortnih poskusih.*

| Oznaka križanca | Alfa kisline (% v SS) | Sveža masa pridelka (kg/vodilo*) | Kohumulon v alfa-kislinah (%) | Odpornost na verticilij | Primerljivost eteričnega olja |
|-----------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 31/299          | 4,5 - 7,0             | 1,5                              | 28                            | visoka                  | SG                            |
| A6/58           | 9,0 - 10,0            | 1,5                              | 26                            | visoka                  | SG                            |
| 285/70          | 13,5 - 15,0           | 1,8                              | 22                            | visoka                  | 0                             |
| A2/132          | 14,0 - 16,0           | 1,3                              | 33                            | visoka                  | SG                            |
| 40/39           | 16,0 - 18,0           | 1,5                              | 23                            | nizka                   | 0                             |

Legenda:

SG – sestava eteričnih olj primerljiva s sorto Savinjski golding

0 – sestava olj ni primerljiva s sortami Aurora, Celeia in Savinjski golding

\* – ocena pridelka hmelja na osnovi strojno obranih 10 rastlin (pridelek/vodilo v istem nasadu pri SG 0,7 kg; AU: 1 kg; CEL: 1,5 kg)

Dosedanji podatki o križancih temeljijo na vizualnih pregledih in meritvah v procesu odbire v letih 2007-2010. Zbrane ugotovitve o rasti poganjkov, lastnostih storžkov in skladiščni obstojnosti v tem obdobju navajamo v preglednici 2.

*Preglednica 2: Nekaj podatkov o križancih, ki so v sortnih poskusih (nadaljevanje).*

| Oznaka križanca | Rast poganjkov* | Odprtost storžka** | Sklad. obstojnost |
|-----------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| 31/299          | centralno       | zaprt              | zelo dobra        |
| A6/58           | široko          | tesno zaprt        | zelo dobra        |
| 285/70          | široko          | tesno zaprt        | zelo dobra        |
| A2/132          | centralno       | tesno zaprt        | zelo dobra        |
| 40/39           | centralno       | zaprt              | zelo dobra        |

\*Rast poganjkov iz tal po rezi (centralno – jasno izražen center sadike, široko – center sadike ni izražen)

\*\* Odprtost braktej storžka

V rastni dobi smo opazovali tudi prisotnost bolezni in škodljivcev, ob obiranju pridelka pa smo izvedli laboratorijske analize storžkov, ki smo jih vzorčili na končnem traku obiralnega stroja. Pri tem smo sistematično ocenili okužbe storžkov s hmeljevo peronosporo, hmeljevo pepelovko, sivo plesnijo in okužbe z ostalimi boleznimi, ki se pojavljajo v zadnjem obdobju. Prva opazovanja v primerjavi z referenčnimi sortami (Aurora, Celeia, Dana, Sav. golding) kažejo na visoko odpornost križanca 40/39 na vse omenjene bolezni, dobro odpornost pa kaže tudi križanec 31/299, z izjemo v stopnji odpornosti na hmeljevo peronosporo, na katero se odziva kot srednje odporen. Pri križancih A6/58, 285/70, A2/132 smo ugotovili delno občutljivost na hmeljevo pepelovko, medtem ko občutljivosti na ostale bolezni ne izražajo. Glede prisotnosti škodljivcev nismo opazili posebnosti pri nobenem od opazovanih križancev.

### 3.2 PIVOVARSKA VREDNOST KRIŽANCEV A6/58, 285/70 IN 31/299 TER SORT DANA IN AURORA

V mikropivovarni IHPS smo izvedli poskusno varjenje s križancem 31/299 kot aromatičnim hmeljem in križancem A6/58 in 285/70 kot kandidatom za grenčično sorto. V tem primeru je bila sladica hmeljena s kombinacijo križanca in sorte Aurora (AU) ali Savinjski golding (SG), odvisno od tipa hmelja, s čimer smo želeli upoštevati dejstvo, da se v praksi običajno pivo hmelji s kombinacijo aromatičnega in grenčičnega hmelja. Dodatno je bila zvarjena kontrola, ki je bila hmeljena s kombinacijo SG/AU.

V primeru vsebnosti polifenolov in antocianogenov v pivinah se je pokazalo, da je v primeru uporabe križanca 31/299 le-ta primerljiva s kontrolo (SG/AU), medtem ko je bila v primeru uporabe križancev A6/58 in 285/70 vsebnost polifenolov in antocianogenov precej višja. Podobno je tudi v primeru piva, kjer je v primeru uporabe križanca 31/299 vsebnost polifenolov najnižja, v primeru uporabe A6/58 in 285/70 pa nekoliko višja. Podobni rezultati so tudi v primeru vsebnosti antocianogenov.

Najboljši izkoristek alfa-kislin, ki se posledično kaže v najvišji vrednosti grenčice, vsebnostih alfa-kislin in izoalfa-kislin v pivu, je opažen v primeru križanca 285/70, medtem ko so v primeru piva iz križancev A6/58, 31/299 in kontrole te vrednosti primerljive.

Najvišjo skupno oceno med vsemi pripravljenimi vzorci je dobil vzorec piva, hmeljen s kombinacijo križanca 31/299 in AU. Pri tem vzorcu posebej izstopata oceni za intenzivnost in kakovost grenčice, ki sta bili najvišji med vsemi ocenami. V primerjavi s kontrolo (SG/AU) je bilo to pivo malo slabše ocenjeno v primeru intenzivnosti in kvalitete hmeljne arome.

Pivi, hmeljeni s kombinacijo križancev A6/58 in 285/70 ter SG, sta med sabo primerljivi in nekoliko slabše ocenjeni v primerjavi s kontrolo. Izstopa samo ocena za intenziteto grenčice pri A6/58, ki je bila najnižja med vsemi preskušanimi vzorci piv. V ostalih parametrih pa sta ta dva vzorca med sabo primerljiva. Praktično za vse vzorce lahko rečemo, da ni bilo zaznane nobene negativne ocene in da so posledično primerljivi med sabo, kakor tudi s kontrolo, hmeljeno s kombinacijo SG/AU (Čerenak in sod., 2009).

Pivovarsko vrednost smo določali tudi na nov način - vzorce hmelja sort Dana in Aurora ter Savinjski golding in križanca 31/299 smo poslali v mikropivovarno v St. Johann (Nemčija) z namenom neodvisne priprave vzorcev piva in ocene pivovarske vrednosti. V tem primeru je bilo zvarjeno pivo tudi filtrirano, pasterizirano in polnjeno v steklenice, enako kot v realnem industrijskem procesu. Ti vzorci so bili hmeljeni samo z eno sorto hmelja.

Oba vzorca (AU in Dana) sta dobila enako oceno za intenzivnost hmeljne arome. V primeru kakovosti hmeljne arome je bilo bolje ocenjeno pivo, hmeljeno s sorto Aurora, kar je pričakovano, saj je to sorta, ki se uvršča med aromatične tipe hmelja s fino aromo. Pivo, hmeljeno s sorto Dana, je imelo višjo oceno za intenzivnost grenčice, kar kaže na boljše izkoristljivost grenčičnih komponent, vendar pa je v primerjavi z AU dobilo nižjo oceno za kakovost grenčice, ki je verjetno posledica višjih vsebnosti kohumulona v primerjavi s sorto Aurora.

Splošna ocena je bila boljša pri sorti Aurora, kljub nekoliko nižjim ocenam za sorto Dana pa je potrebno poudariti, da ocene niso bistveno različne. Piva, hmeljena z eno ali drugo sorto, seveda niso primerljiva, kar tudi ni bil namen poskusa, saj je Aurora aromatični tip hmelja, medtem ko je sorta Dana predstavnica grenčičnih sort. Poleg tega je potrebno omeniti še dejstvo, da se v praksi pivo ne hmelji s samo eno sorto hmelja, pač pa s kombinacijo grenčičnih in aromatičnih sort (Čerenak in Košir, 2009 a).

Za senzorične ocene obravnavanih vzorcev je značilna zelo visoka podobnost med vzorcema. Še najbolj izstopa malo višja ocena križanca v primeru kakovosti arome. Tudi končna in skupna ocena sta praktično enaki in primerljivi.

S primerjavo hmeljne arome in okusa vzorcev 1 (uporabljen hmelj sorte SG) in 2 (uporabljen hmelj križanca 31/299), je bilo ugotovljeno, da so med njima samo majhne razlike. Vzorec 2 je imel malo izrazitejši cvetlični okus. Oba vzorca imata primerljivo splošno oceno okusa, vzorec 2 pa je imel malo, vendar ne značilno intenzivnejšo aromo. Med 13 izkušenimi degustatorji jih je samo pet uspelo ločiti med obema vzorcema, kar je premalo za značilno razločevanje, za kar bi jih moralo vzorca ločiti vsaj osem. Vzorca sta si zelo podobna v aromi, okusu in grenčici, kar je zelo dober rezultat za novega križanca 31/299.

Z ozirom na intenziteto grenčice se vzorca uvrščata med srednje grenčična in sta med sabo primerljiva. V primerjavi s sorto Perle sta vzorca malo manj grenka. Piva kažejo primerljivo, fino harmonično grenčico.

Oba vzorca izkazujeta dobro pivovarsko vrednost in prijetno intenzivno aromo. Obe sorti imata harmonično in srednje močno grenčico. Po svoji kvaliteti ne odstopata od primerljivih nemških sort hmelja.

#### 4 Sklepi

Rezultat žlahtnjenja hmelja je pet novih križancev v preizkušanju, ki tako v fino-aromatični kot visoko-grenčični smeri v veliki meri združujejo visoko odpornost na bolezni z visokim in kakovostnim pridelkom. Križance odlikuje visoka skladiščna obstojnost in po dosedanjih analizah zelo dobra pivovarska vrednost. V sortno listo bodo lahko vpisani konec leta 2011.



## 5 Literatura

- Čerenak, A., Radišek, S., Košir, I.J., Oset, M., Naglič, B. 2009. Končno poročilo Žlahtnjenje hmelja 2009. Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije: 48 str.
- Čerenak, A., Košir, I.J. 2009 a. The brewing value of perspective hop hybrids (A6/58, 285/70, 31/299) and Slovenian varieties Aurora and Dana. Hmeljarski bilten, 16: 5-13
- Čerenak, A., Košir, I.J. 2009 b. Storage stability of hybrids – important hop quality trait. Hmeljarski bilten, 16: 15-21
- Radišek, S., Čerenak, A., Javornik, B. 2007. Žlahtnjenje hmelja na odpornost na bolezni : postopki in tehnike pri selekciji križancev = Hop disease resistance breeding : procedures and techniques in selection of seedlings. Hmeljarski bilten, 16: 5-10



## Quality of barley (*Hordeum vulgare* L.) and oats (*Avena* sp.) in Novi Sad breeding program

Novo PRŽULJ<sup>37</sup>, Vojislava MOMČILOVIĆ<sup>38</sup>, Miloš NOŽINIĆ<sup>39</sup>, Mihajlo MARKOVIĆ<sup>40</sup>

### Abstract

Barley and oat characteristics influence the formation of quality and their complex genetic basis make breeding for quality in these two crops difficult and complex. The genetic basis of the two species, coupled with nongenetic factors, makes obtaining good quality barley or oat grain a demanding task. In the Novi Sad barley breeding program, the main criteria in the early generations of selection are resistance to diseases, maturity, and plant height, while the quality is tested once lines with satisfactory agronomic characteristics have been selected. Protein content is a prime indicator in qualitative barley grain analysis and should not exceed 11.5% in good-quality malting barley. Inadequate protein content can be partially compensated for by breeding for a larger grain size. Barley intended for use as animal feed should have as high protein content as possible. High protein levels are more easily achieved in two-rowed cultivars than in six-rowed ones. Beta-glucans are components of barley that increase the viscosity of the wort and result in poorer feed conversion by livestock but have a positive effect in human nutrition. Due to their dietary properties and nutritional substances of high biological value, oat kernels are important not only in animal nutrition but in the human diet as well. The relative digestible nutrient content of oat kernels increases with a decrease in their husk content; especially is higher in hullless oats.

**Key words:** barley (*Hordeum vulgare* L.), oat (*Avena* sp.), cultivar, cultivation, yield, quality

## Kakovost ječmena (*Hordeum vulgare* L.) in ovsu (*Avena* sp.) v žlahtniteljskem programu Novega Sada

### Izvodček

Zapletena genetika ječmena in ovsu otežuje žlahtnjenje teh dveh poljščin na kakovost. Genetska osnova v povezavi z negenetskimi dejavniki zahteva kompleksen pristop. V žlahtniteljskem programu Novega Sada so glavni kriteriji v začetnih fazah selekcije odpornost na bolezni, zrelost in višina rastlin, kakovost pa se testira, ko so dosežene zadovoljive agronomске lastnosti. Prvi indikator pri analizi kakovosti ječmena je vsebnost beljakovin, ki naj za kakovosten pivovarski ječmen ne bi presegla 11,5%. Manjša vsebnost beljakovin se lahko delno kompenzira z žlahtnjenjem na večje zrnje. Ječmen, ki se žlahtni za krmo, pa naj bi imel čim večjo vsebnost beljakovin. Le to je lažje doseči pri dvovrstnem kot pri šestvrstnem ječmenu. Beta glukani so sestavina ječmena, ki vpliva na večjo viskoznost slada, in se odraža v slabši krmni vrednosti, a ima pozitiven vpliv v prehrani ljudi. Zaradi prehranske in visoke biološke vrednosti je ovseno zrnje pomembno ne samo v prehrani živali ampak tudi v človeški prehrani. Relativna prebavljivost zrnja se povečuje z zmanjševanjem deleža plev, predvsem je večja pri golem ovsu.

**Ključne besede:** ječmen (*Hordeum vulgare* L.), oves (*Avena* sp.), sorta, pridelava, pridelek, kakovost

<sup>37</sup> Prof., PhD, Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Serbia, e-mail: novo.przulj@ifvcns.ns.ac.rs

<sup>38</sup> B Sc, Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Serbia, e-mail: vojislava.momcilovic@ifvcns.ns.ac.rs

<sup>39</sup> PhD, Agricultural Institute of the Republic of Srpska, address, Knjaza Miloša 19, Banja Luka, RS, BiH, e-mail: milosn@blic.net

<sup>40</sup> Prof., PhD, Agricultural Institute of the Republic of Srpska, Knjaza Miloša 19, Banja Luka, RS, BiH, e-mail: mmarkovic@blic.net

## 1 Barley

### 1.1 IMPORTANCE OF BARLEY

The latest archaeological findings indicate that barley was grown and used in human and animal nutrition as far back as 17,000 years ago (Zohary and Hopf, 2000). In terms of total area planted to it on the global scale, barley ranks fourth among all crops, following rice, wheat, and maize. According to 2007 FAO data, the ten largest producers of barley in the world are as follows (expressed in millions of tons): Russia - 15.7, Canada - 11.8, Spain - 11.7, Germany - 11.0, France - 9.5, Turkey - 7.4, Ukraine - 6.0, Australia - 5.9, England - 5.1, and the U.S. - 4.6. With an annual turnover of about 17 million tons of grain, barley ranks very high in the global produce trade (Brophy, 1996). All of this, along with the increasing demand for malting and feed barley, is a definitive indicator that investment into barley research and increased barley production is economically justified.

Generally, it can be said that there is a trend towards a decrease in barley acreage on the global scale (Fig. 1). In the 1980s, the total area planted to the crop on a world scale was at about 80 million hectares, whereas at the start of this century the figure dropped to around 55 million hectares. A similar trend has been observed in Serbia (Fig. 2). The smallest barley acreage, 60-70,000 ha, was recorded in the country in the mid-1980s, after which the area in the crop increased for about 15 years, peaking at around 130,000 ha at the start of this decade. Following this, the acreage began to decrease again, so that in the last two years around 100,000 ha have been sown to the crop annually.

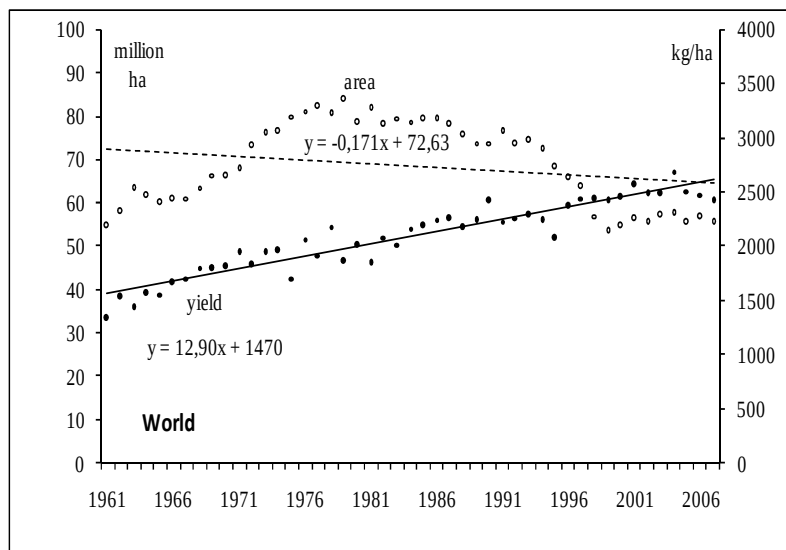


Fig. 1. Area planted to barley and average yields in the world during 1961-2006

### 1.2 BARLEY BREEDING FOR YIELD

When breeding barley, the main goal is to obtain cultivars that produce high and stable yields and grain of good quality (Pržulj et al., 2000a). Malting barley cultivars should be low in protein (less than 11.5% d.m.) and should have as high fine-grind extract content as possible, while feed barley cultivars should have as much protein as possible.

In any crop, including barley, it is very difficult to develop a cultivar that has all the desirable agronomic and technological traits, and it is even harder to ensure the expression of such traits in different environments along with resistance to biotic and abiotic stresses. This is especially true of the technological quality parameters, which are significantly influenced by the production conditions (Pržulj et al., 1998; Pržulj et al., 1999). Plant geneticists and breeders, therefore, have the task to continually generate new genetic variability using different methods in order to enable the selection of desirable genotypes.

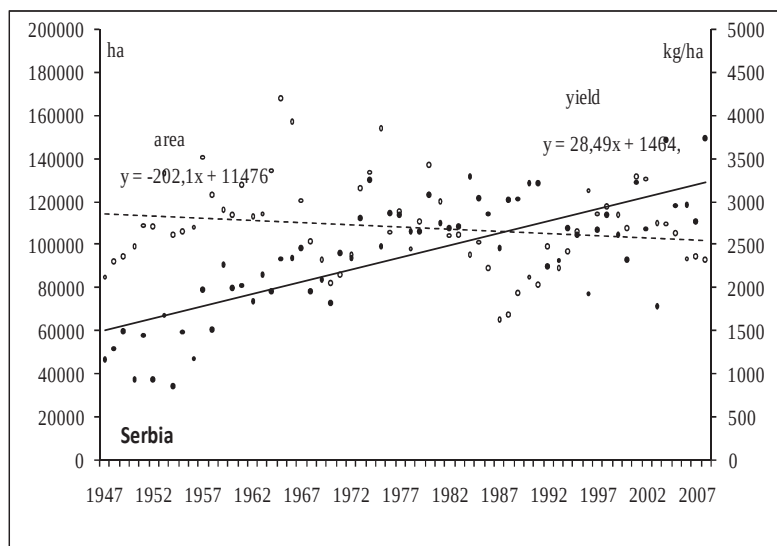


Fig. 2. Area planted to barley and average yields in Serbia during 1947-2007

Increased yields are a result of improved genetic basis of the cultivar and the use of appropriate production technology. Environmental conditions and the farming program are the basis for cultivar selection in terms of days to maturity. After harvesting barley, many growers will plant a double crop, soybean, silage corn, or some other crop species, so choosing an earlier maturing barley variety is desirable. However, a balance should be maintained between cultivar earliness and grower demands, since extremely early cultivars are also less high-yielding. This is why all barley cultivars developed at the Novi Sad Institute are medium early (Tab. 1, Tab. 2).

Yield has several components, each of them genetically complex, which makes breeding for yield a complex task as well. Due to negative correlations among yield components, barley grains will be smaller when grain number per spike is large or there is a large number of spikes per unit area. Similarly, when plant density is too high, fewer grains will be formed per spike and the 1000-kernel weight will be lower, and so on. It is partly for this reason that some barley varieties with a high yield potential, such as Cer or Novosadski 593, have smaller-sized grains and a somewhat lower test weight. Grain number per unit area and grain size are regarded as important yield components in the Novi Sad breeding program on barley. The development of genotypes with a high tillering capacity, reduced intra-genotypic competition, an increased number of fertile spikelets (over 30 per spike for two-row barley and over 60 for four- and six-row genotypes), and large-sized grains is the basis for yield increase in this crop. In the second part of the 20th century, the 1000-kernel weight of the Serbian barley varieties

increased annually by an average 0.20 g in two-row spring and four-and six-row winter genotypes and by an average of 0.13 g in two-row winter ones (Pržulj et al., 1996). During the same period, the yields increased by about 100 kg a year on average. Novi Sad varieties of feed and malting barley that are grown commercially have a high yield potential - up to 10 t ha<sup>-1</sup> for winter varieties and up to 8 t ha<sup>-1</sup> for spring ones (Pržulj et al., 1996; Pržulj and Momčilović, 2000).

*Tab. 1. Some agronomic traits of Novi Sad winter varieties of feed barley (data courtesy of the Serbian Variety Commission, two-year average across six sites, n=12)*

| Variety  | Heading      | Lodging<br>(grade 1-9*) | Height<br>(cm) | Yield<br>(t/ha) | Test weight<br>(kg/hl) | 1000 grain<br>weight (g) | Protein <sup>§</sup><br>(% d.m.) |
|----------|--------------|-------------------------|----------------|-----------------|------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Nonius   | Medium early | 2                       | 96             | 7,3             | 76                     | 46                       | 12.2                             |
| Ozren    | Medium early | 1                       | 79             | 7,2             | 72                     | 34                       | 13.3                             |
| Javor    | Medium early | 2                       | 77             | 7,3             | 74                     | 36                       | 14.6                             |
| Somborac | Medium early | 1                       | 73             | 7,1             | 74                     | 33                       | 13.6                             |
| Atlas    | Medium early | 2                       | 91             | 8,1             | 75                     | 35                       | 12.5                             |
| Sremac   | Medium early | 2                       | 87             | 7,7             | 74                     | 39                       | 13.0                             |
| Leotar   | Medium early | 2                       | 85             | 7,7             | 73                     | 41                       | 13.7                             |
| Cer      | Medium early | 3                       | 100            | 8,8             | 67                     | 32                       | 14.5                             |
| Rudnik   | Medium early | 2                       | 98             | 7,8             | 75                     | 39                       | 14.4                             |

\*1-no lodging, 9-100% lodged plants; §-one year results

The final number of kernels per spike depends on the maximum number of spikelets forming on the spike and the spikelet survival rate. The formation of spikelets takes place between flower formation and awn formation, while the survival of spikelets occurs in the period between the formation of awn primordia and flowering, i.e. during the jointing stage, which underscores the importance of this phenophase for the formation of yield. However, each of the remaining phenophases plays a role in the formation of a yield component. For instance, if the conditions for tillering are not adequate, the stand will be reduced, or, similarly, if the conditions during grain fill are unfavorable, the kernels will be smaller in size and there will be more empty grains, and so on. According to some authors, different barley genotypes have similar spikelet abortion rates, suggesting that the abortion of spikelets in the crop is mainly controlled by environmental factors. Assuming this is correct, it might be concluded that by changing/improving the way in which barley is grown it is possible to increase grain number per spike and hence the yield itself through a reduction of the spikelet abortion rate.

During the jointing stage, the stem and the spikes grow very rapidly, competition for assimilates is intense, and a change in one yield component results in a change of the other two (Rasmusson and Cannel, 1970). The competition is not equally intense in all phenophases, as spike number and kernel number are formed during vegetative growth, while the formation of kernel size takes place during grain fill. Spikelet abortion results from high competition for metabolites, both carbohydrate and nitrogen ones (Kirby 1977, Cottrell et al. 1985). All crop characteristics that influence the partitioning of assimilates between vegetative and reproductive plant organs during the reproductive stage are of extreme importance for the final yield. Since the main yield components are formed during the reproductive phase, it is important to identify environmental factors that alter the duration of this phase in order to be able to understand how yield is modified when the duration of vegetative or reproductive growth is changed. Once the number of kernels has been formed, the final yield is determined

by kernel weight (Wiegand and Cuellar, 1981), which depends on the intensity and duration of grain filling.

### 1.3 BARLEY BREEDING FOR QUALITY

The quality of malting barley incorporates a large number of physical and chemical characteristics of the grain and malt. The genetic basis of all these traits is very complex and their heritability is mostly low, meaning that their formation is greatly influenced by nongenetic factors. Some of these factors, including the majority of agronomic practices, are controlled by man, while most of the others, most notably meteorological ones, are beyond the grower's control. Plant traits that affect barley quality and their complex genetic basis make barley breeding for quality a difficult and complex task, and the complex genetic basis, along with nongenetic factors, makes the production of good quality barley highly demanding.

In the Novi Sad barley breeding program, the main criteria in the early generations of selection are resistance to diseases, early maturity, and plant height, while the quality is tested once lines with satisfactory agronomic characteristics have been selected. This inevitably leads to a loss of genotypes with a good combination of biological, production, and technological characteristics. The only way to avoid this is to use methods whereby small-volume samples are tested in the  $F_3$ - $F_5$  generations.

A kernel of malting barley should have a glossy shine, a clear yellow color, and a fairly delicate hull (the lemma and the palea), while in feed barley the kernels are usually darker-colored and the hull is rougher and more robust. Barley should have a fresh smell resembling that of hay. Some malting barley varieties, such as Novosadski 525, exhibit reduced resistance to pre-harvest sprouting and should hence be harvested promptly, even if the moisture content is still high, in which case the grain should be dried out in order to preserve its quality. Barley kernels should be plump and short, because this reduces the hull content and increases the extract content of malting barley and the nutrient content of feed barley.

Test weight and 1000-kernel weight are still regarded as important indicators of barley quality (Gačėša et al., 1992). Grade 1 and grade 2 barley (kernels > 2.2 mm) is used for malting, whereas in feed barley larger-sized kernels have a lower hull content and a higher nutritional value. A batch of barley is considered well-balanced if it has more than 85% of grade I kernels (> 2.5 mm). Such barley is easier to malt and the malt is more homogeneously degraded. Almost all Novi Sad varieties of winter and spring malting barley have large grains, the exceptions being the cultivars Novosadski 593 and Novosadski 595. Another characteristic of the Novi Sad cultivars of this crop is that they all have kernels that are well-filled and of desirable shape and a test weight of over 74 kg (Tab. 2, Tab. 3). In all NS spring barley cultivars, the grain is well-balanced, as the proportion of grade I kernels exceeds 90%.

When determining the quality of malting barley, the results of chemical analysis of the grain are of especially great importance. Grain moisture levels must be controlled during grain reception and storage and must be kept within the limits that ensure safe storage and minimal losses due to grain respiration. The fine-grind extract content is negatively correlated with protein content, so protein levels in malting barley grain should be kept low. Protein content is a prime indicator in qualitative barley grain analysis and should not exceed 11.5% in good-quality malting barley. The protein content of NS barley varieties fully meets the requirements set out for the manufacture of good quality malt (Tab. 2, Tab. 3). However, protein contents is greatly affected not only by the cultivar but also by environmental factors such as water deficit, high temperatures during grain fill, diseases, inadequate nitrogen application, and so on, although these factors for the most part work towards increasing protein levels. Inadequate protein content can be partially compensated for by breeding for a larger grain size. When the

proportion of kernels, thicker than 2.8 mm, is increased by 3.7%, the malt extract content increases by 1% (Narziss 1976). For this reason, kernel size is regarded as a highly important trait in all breeding programs on malting barley. Endosperm consistency, i.e. vitreousness, may be a good indicator of barley quality, where cultivars with higher protein content have vitreous kernels. There is also vitreousness that is benign in character that is not a result of increased protein content but of very dry and hot weather at the time of wax maturity or harvesting.

Tab. 2. Some agronomic traits of Novi Sad winter varieties of malting barley (data courtesy of the Serbian Variety Commission)

| Properties                         | NS 525              | NS 565              | NS 583              | NS 589              | NS 593              | NS 595              |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Heading                            | me <sup>&amp;</sup> | me <sup>&amp;</sup> | me <sup>&amp;</sup> | me <sup>&amp;</sup> | me <sup>&amp;</sup> | me <sup>&amp;</sup> |
| Plant height (cm)                  | 90                  | 93                  | 89                  | 89                  | 90                  | 88                  |
| Lodging (grade 1-9*)               | 2                   | 1                   | 3                   | 3                   | 2                   | 2                   |
| Yield (t/ha)                       | 8.7                 | 8.6                 | 8.5                 | 8.6                 | 8.4                 | 8.5                 |
| Test weight (kg/hl)                | 74                  | 78                  | 76                  | 76                  | 75                  | 75                  |
| 1000 grain weight (g)              | 45                  | 43                  | 49                  | 50                  | 35                  | 38                  |
| 1 <sup>st</sup> class (%)          | 91                  | 94                  | 99                  | 96                  | 82                  | 86                  |
| Germination after 3 days (%)       | 99                  | 97                  | 81                  | 96                  | 80                  | 87                  |
| Protein (% d.m.)                   | 11,6                | 10,6                | 12,5                | 12,3                | 10,6                | 10,7                |
| Fine extract <sup>§</sup> (% d.m.) | 77-80               | 79-81               | 77-81               | 77-81               | 79-81               | 79-81               |
| Soluble N (mg/100 ml)              | 118                 | 98                  | 89                  | 69                  | 65                  | 61                  |
| Viscosity (mP.s 8.6 % e)           | 1,605               | 1,797               | 1,729               | 1,654               | 1,679               | 1,644               |
| Kolbach coefficient (%)            | 56                  | 55                  | 47                  | 31                  | 37                  | 34                  |
| Hartong coefficient VZ45°C(%)      | 68                  | 42                  | 37                  | 31                  | 32                  | 37                  |

\*1-no lodging; 9-100% lodged plants; §-lasting several years results, me<sup>&</sup>-medium early

Tab. 3. Some agronomic traits of Novi Sad spring varieties of malting barley (data courtesy of the Serbian Variety Commission)

| Properties                         | Pek   | Viktor          | Novosadski 448 | Novosadski 456 |
|------------------------------------|-------|-----------------|----------------|----------------|
| Heading                            | early | medium<br>early | late           | medium<br>late |
| Plant height (cm)                  | 79    | 63              | 68             | 73             |
| Lodging (grade* 1-9)               | 2     | 1               | 2              | 2              |
| Yield (t/ha)                       | 5.9   | 7.1             | 6.7            | 6.6            |
| Test weight (kg/hl)                | 76    | 76              | 76             | 75             |
| 1000 kernel weight (g)             | 53    | 52              | 48             | 49             |
| 1 <sup>st</sup> Class (%)          | 96    | 93              | 92             | 95             |
| Germination after 3 days (%)       | 85    | 92              | 91             | 89             |
| Protein (% d.m.)                   | 10.7  | 10.3            | 10.6           | 11.0           |
| Fine extract <sup>§</sup> (% d.m.) | 78-81 | 88-82           | 82-84          | 81-83          |
| Soluble N (mg/100 ml)              | 89    | 54              | 82             | 59             |
| Viscosity (mP.s 8.6 % e)           | 1.456 | 1.580           | 1.451          | 1.355          |
| Kolbach coefficient (%)            | 49    | 51              | 44             | 46             |
| Hartongs coefficient VZ 45°C (%)   | 47    | 48              | 38             | 49             |

\*1-no lodging; 9-100% lodged plants, §- lasting several years results

Barley intended for use as animal feed should have as high a protein content as possible. High protein levels are more easily achieved in two-rowed cultivars than in six-rowed ones. Beta-glucans are components of barley that increase the viscosity of the wort and result in poorer feed conversion by livestock but have a positive effect in human nutrition (Pržulj et al., 1997). The improvement of malting barley quality is largely achieved through the development of new varieties, in the process of which special attention is paid to obtaining barley genotypes that meet certain additional requirements such as having no proanthocyan or having low levels of beta-glucans (Gaćeša et al., 1992).

Malt extract is one the most important economic indicators and comprises soluble malt ingredients and malt ingredients that become soluble during mashing. Malt extract utilization percentage depends on the barley cultivar, the area and year in which it was grown, and various other parameters that are correlated with this percentage, such as protein content, hull content, proportion of kernels thicker than 2.8 mm, and malt friability (Narziss 1976). With good quality malt, the percentage utilization of a fine grist in the laboratory ranges between 79 and 84% of malt dry matter. In Serbian crop growing conditions, spring barley cultivars have higher malt extract content in years with average temperatures and rainfall, whereas in years with higher temperatures and water deficits it is the winter form of the crop that produces better quality malt (Pržulj et al., 1998). A number of years of testing have shown that NS cultivars of winter and spring malting barley have fine-grind extract contents of 77-81% 78-84%, respectively (Tab. 2, Tab. 3).

Indicators of malt disintegration provide information about the breakdown of malt endosperm cell wall components, which makes it possible to obtain finely milled malt and makes the starch more accessible to enzymes during mashing (cytolytic disintegration). They also contain information on the breakdown of protein substances (proteolytic disintegration) and the breakdown of starch in the malted grain and wort after mashing. Looking at the Novi Sad winter barley varieties and their viscosity values as indicators of cytolytic malt disintegration, it can be said that the cultivar Novosadski 525 has good friability, while the friability of the rest of the genotypes has been found to be medium to poor. The friability of the Novi Sad spring barleys is very good. The disintegration of protein (proteolytic disintegration) is determined based on the total nitrogen content of the malt and wort. The Kolbach index is an indicator of proteolytic disintegration and represents the proportion of soluble nitrogen in the total amount of nitrogen in the malt. Kolbach index values above 41 are indicative of very good proteolytic disintegration of the malt, while those below 35 indicate insufficient disintegration. The Hartong number is a good indicator of the general disintegration of the grain and partially of enzyme activity in the malt. It is based on determining the malt extract content at four temperatures, but the value obtained at 45°C (VZ 45°C) can be used as a measure of enzyme activity. At that temperature, all enzymes except  $\alpha$ -amylase are active. The standard value is 36%, but the goal is to achieve values of at least 38-40%. Among the Novi Sad cultivars of spring and winter barley, all genotypes other than Novosadski 589 and **Novosadski** 593 have good malt friability.

## 2 Oats

### 2.1 CULTIVATION AND IMPORTANCE OF OATS

The oat, like rye, is a secondary crop, which cultivation began relatively late compared to barley. Vavilov (1926) designated as secondary crops all crop species that were not domesticated in their center of origin. Although oat originates in Europe, Asia, and Africa, i.e.

has three centers of origin, its cultivation first began in Europe, which is why it is regarded as “the European cereal”.

The oldest archaeological evidence of the oat species *Avena sativa* L. dating back to 7500-6500 BCE was found in Jordan. Oats were probably brought to the Mediterranean from the eastern steppes by nomads (Schreiner, 1988.). The first evidence of oats in central Europe was discovered in Poland and was dated to fifth century BCE (Hoffmann et al., 1985). Afterwards, the oat spread across Europe. Oat genotypes that were better able to withstand colder climates, those of the species *Avena sativa*, were favored and spread gradually, whereas those that could not withstand harsh climate conditions (*Avena byzantina*) gradually disappeared from use over time (Steinberger, 1970). Oats were also known to ancient Greeks and Romans, who used the crop in medicine and as animal feed. As the Roman Empire expanded, so did the oat, mainly for reasons of its use as horse feed. Peoples subjugated by the Romans were obligated pay a portion of their fees in oats. The cultivation of oats in the Mediterranean resulted in an increased number of domestic animals, as human migrations required a large number of horses for the purposes of transport. Oats are grown at latitudes between 30° and 65° north and 30° and 40° south.

The global acreage under oats and the world production of this crop have been decreasing significantly in recent years. A reduced number of draft animals and the fact that the oat is less competitive as a crop than wheat or barley are the main reasons behind the reduced importance and production of oats (Nožinić, 2008). According to FAO data, oats were grown on 38.3 million ha in 1961, 26.3 million ha in 1981, 13.1 million in 2001, and 12 million in 2007 (Fig. 3).

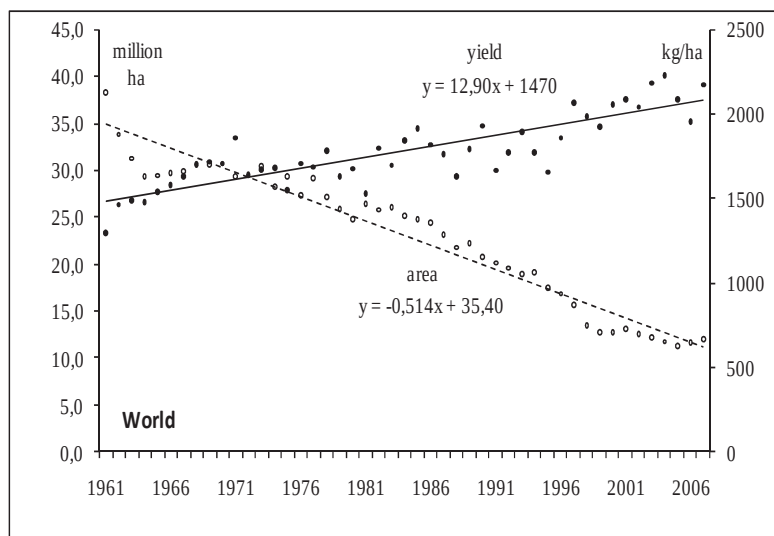


Fig. 3. Area planted to oats and average yields in the world during 1961-2007

The reduction of oat areas in Serbia has followed almost the same pattern (Fig. 4), and reasons for the decline have also been the same as those mentioned above. Thus, the acreage under the crop in Serbia was 117,000 ha in 1961, 71,000 ha in 1981, 61,000 ha in 2001, and 40,000 ha in 2007. Over the same period, the number of horses in the country decreased as follows:



457,000 in 1961, 129,000 in 1981, 30,000 in 2001, and 18,000 in 2007. The regression coefficient between the number of horses, in whose diet oats is used the most, and Serbian oat acreage is very close to the value of one.

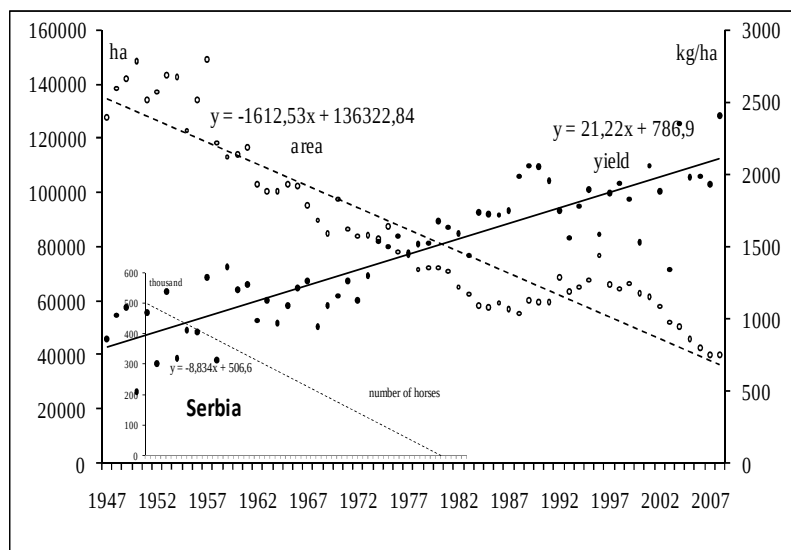


Fig. 4. (a) Area planted to oats and average yields in Serbia during 1947-2007  
(b) Number of horses in Serbia during 1961-2007

Due to their dietary properties and nutritional substances of high biological value, oat kernels are important not only in animal nutrition but in the human diet as well. The most important oat nutrients are fats and proteins, while the most important dietary substances found in this crop are  $\beta$ -glucans. The relative digestible nutrient content of oat kernels increases with a decrease in their husk content, especially in hullless oats (Tab. 4). Dunav and Vrbas, two Novi Sad varieties of hulled oat, are characterized by high grain quality and high fat and protein contents (Tab. 4). The positive effects of nutrients contained in oat kernels are due in part to the presence of beta-glucans, which are polysaccharides found in the endosperm cell wall that reduce blood sugar and cholesterol levels. In order for the oat kernel to have physiological nutritional effects, its content of cholesterol-reducing substances must be at least 7%.

Because of correlations with quality parameters and processing technologies and techniques, oat breeding is geared towards the development of varieties with thick, light-colored grains of greater mass that have low husk content and are easy to dehull (Vanselow, 1990).

Oat breeding is much more difficult and complex than the breeding of any other cereal, because the success rate of the breeding process is reduced even under good conditions. As established by V. D. Schulenburg (1965) a while back, the success rate when breeding oats is as low as 12%.

## 2.2 CHARACTERISTICS OF NS VARIETIES OF SPRING OAT

The first Novi Sad varieties of winter oats (Novosadski br. 2, Novosadski br. 4, Novosadski br. 6 and Novosadski br. 11) and spring oats (Novosadski 4117, Novosadski 4126 and Novosadski 4738) were developed half a century ago. These genotypes had tall stems and were susceptible to lodging and diseases but had good resistance to low temperatures and

water deficits. These cultivars are no longer grown, and the seed of some of them, regrettably, is no longer preserved in gene banks, either.

Tab. 4: Some agronomic properties of Novi Sad spring oats varieties

| Properties                  | Novosadski<br>golozrni | Dunav | Vrbas |
|-----------------------------|------------------------|-------|-------|
| Heading                     | Medium early           | Early | Early |
| Plant height (cm)           | 90                     | 87    | 83    |
| Lodging (grade 1-9*)        | 1                      | 1     | 1     |
| Yield (t/ha)                | 4.2                    | 5.6   | 6.2   |
| Test weight (kg/hl)         | 62                     | 57    | 55    |
| 1000 kernel weight (g d.m.) | 24                     | 32    | 34    |
| Cellulose (% d.m.)          | 8.2                    | 9.0   | 12.9  |
| Fat (% d.m.)                | 7.8                    | 4.7   | 2.9   |
| Protein (% d.m.)            | 19.8                   | 16.2  | 15.1  |

\*1-no lodging; 9-100% lodged plants

The first NS oat cultivar of more recent date, Novosadski Golozrni, was released in 2000. It is a medium early variety that has excellent adaptability, yield stability, and lodging resistance. Novosadski Golozrni is the cultivar of outstanding biological value that is 8% fat and 20% protein, which completely compensates for its lower yield when compared to the hulled varieties of the crop (Tab. 4). The NS variety of spring oat Dunav was released in 2008, while the cultivar Vrbas was registered in 2009. Dunav and Vrbas are early hulled varieties that have good lodging resistance and highly favorable chemical composition of the grain.

### 2.3 TECHNOLOGY OF OAT GROWING

The oat is a crop species suited for cooler, more humid climates (Sorells and Simmons 1992), which must be taken into account when choosing the technology and location on which the crop will be grown. Oats have the highest water requirement of any cereal crop. The oat transpiration coefficient is 580 liters of water per kilogram of dry matter, which is 15% more than in wheat and 40% more than in barley (Oehmichen 1986). Compared to all other cereals with the exception of rye, oats have low requirements when it comes to soil. The oat grows well on all soils that are well supplied with water thanks to its robust, well-developed root system. The species does not have any special requirements when it comes to nutrients and is tolerant of acidic soils.

The NS oat cultivars Dunav, Vrbas, and Novosadski Golozrni were studied to see how they responded to different nitrogen rates applied as a top dressing and it was determined that all three produced the highest yields when 30 kg N/ha were applied (Fig. 5). In the experiment, soybean was used as the preceding crop in all three study years and 300 kg/ha N<sub>15</sub>:P<sub>15</sub>:K<sub>15</sub> were applied prior to plowing in the fall. Planting was done in March in all three years and a top dressing of AN was applied at the two-to-three leaf stage. Although oats are grown with success on less fertile soils, where their yields are somewhat reduced, their yield performances is better on soils that are more fertile (Reiner et al., 1983; Malešević, 2008).

Large variation in oat yields can be explained by weather conditions. Of all the cereal grains, oats are the most susceptible to drought and high temperatures. High oat yields are associated with evenly distributed rainfall in the summer, lower temperatures, and longer exposure to sunlight (Opitz and Keydel, 1980). Emergence, tillering, jointing, and flowering through to

the end of grain fill are oat developmental stages sensitive to environmental conditions (Reiner et al., 1983).

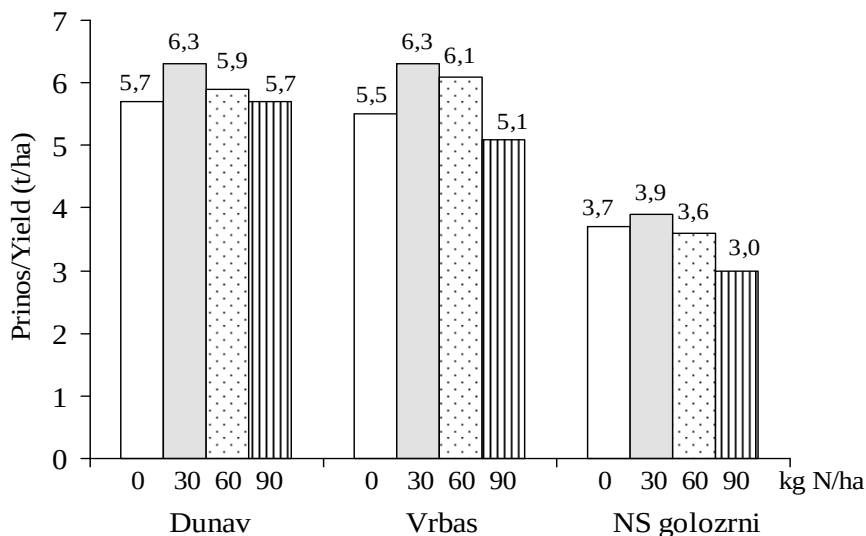


Fig. 5. Influence of nitrogen top dressing on grain yield of spring oats

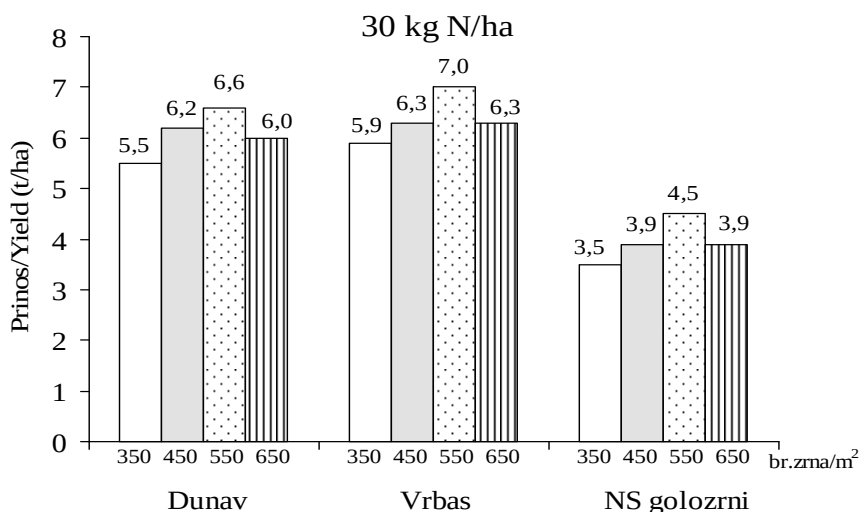


Fig. 6. Influence of planting density on grain yield of spring oats

When the NS oat cultivars Dunav, Vrbas, and Novosadski Golozrni were tested to determine the effects of different seeding rates (350, 450, 550, 650 viable kernels) with 300 kg/ha  $N_{15}:P_{15}:K_{15}$  applied during seedbed preparation and a top-dressing of 30 kg N/ha, it was determined that all three genotypes produced the highest yields with the seeding rate of 550 viable kernels per  $m^2$  (Fig. 6). Oats tiller less than the other grains, which is why the seeding rate and technology of growing must be strictly adhered to when this crop is grown.

Both spring oat and winter oat are crops that require early planting. Kolak et al. (1996) noted that the optimum time for planting spring barley in Croatia is January and February and that sowing this crop in March or April reduces the yield by up to 40%. Oats are known to be the most susceptible to low temperatures, although the winter form of the crop is capable of withstanding temperatures as low as  $-12^{\circ}\text{C}$  provided there is no snow cover (Maksimović 1998). Due to its susceptibility to low temperatures, winter oat should be planted no later than the end of September in order that it can enter the winter fully tillered and winter-ready. Of course, when growing winter oats, great attention must be paid to leaf aphids. Spring oats are planted right after spring barley in February or March when the fields are accessible to the machinery.

### 3 Conclusion

Yield and quality are the main parameters for which oats and barley are bred. Malting barley should have low grain protein content, while the malt produced from it should have cell walls, protein and starch that are well-disintegrated. With the right technology of growing, the Novi Sad varieties of malting barley provide good quality malt. High grain yields and high grain protein content are the main characteristics of a good feed barley.

The decline in the acreage notwithstanding, oat will always have a certain share of the market because of its highly favorable chemical composition and positive effects on human and animals. The Novi Sad oat cultivars Novosadski Golozrni, Dunav and Vrbas are characterized by good adaptability to the conditions of Serbia and the Balkans.

### 4 Literature

- Brophy, M. 1996. Global production and markets for barley in the 21st century. In: G. Scoles and B. Rossmagel (Eds), VII International Barley Genetics Symposium, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada: 37-43
- Cottrell, J. E., Easton, R. H., Dale, J. E., Wadsworth, A. C., Adam, J. S., Child, R. D., Hoad, G. V. 1985. A comparison of spike and spikelet survival in mainstem and tillers of barley. *Ann. Appl. Biol.*, 106: 365-377
- Gačša, S., Grujić, O., Klačnja, M. 1992. Značaj i ocena kvaliteta ječma u tehnologiji slada i piva. In: V. Lazić (Ed), Pivski ječam i slad, Sladara Bačka Palanka: 217-248
- Hoffmann, W., Mudra, A., Plarre, W. 1985. *Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen*. Verlag Paul Parey, Berlin, Germany Band 2: 97-109
- Kolak, I., Šatović, Z., Rukavina, H., Rozić, I. 1996. Željka i Vesna-novi kultivari jare zobi. *Sjemenarstvo*, 13, 5-6: 337-344
- Kirby, E. J. M. 1977. The growth of the shoot apex and the apical dome of barley during ear initiation. *Annals of Botany*, 41: 1297-1308
- Maksimović, D. 1998. Ovas - *Avena sativa* L. Beograd: Institut za istraživanja u poljoprivredi Srbije
- Malešević, M. 2008. Mineralna ishrana strnih žita u sistemu integralnog ratarenja. In: Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 45: 179-193
- Narziss, L. 1976. Die Technologie der Malzbereitung. Enke, Stuttgart pp 56-89.
- Nožinić, M. 2008. Uticaj sorte, roka sjetve i lokaliteta na osobine jarog ovasa (*Avena sativa* L.). Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet Istočno Sarajevo, str. 11-22.
- Oehmichen, J. 1986. *Pflanzenproduktion*, Band 2: Produktionstechnik. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, pp 425-439.
- Opitz, K., Keydel, F. 1980. In Schleswig-Holstein wächst der Weizen anders. *Schule und Beratung* 5/80; III-1-3
- Pržulj, N., Mikić, K., Momčilović, V., Malešević, M. 1996. Napredak u oplemenjivanju stočnog i pivskog ječma. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Zbornik radova 25:291-303

- Pržulj, N., Mladenov, N., Momčilović, V. 1997. Ječam i ovas kao sirovine za proizvodnju novel food i funkcionalne hrane. *Savremena poljoprivreda*, 5-6: 5-10
- Pržulj, N., Dragović, S., Malešević, M., Momčilović, V., Mladenov, N. 1998. Comparative performanse of winter and spring malting barleys in semiarid growing conditions. *Euphytica* 101: 377-382
- Pržulj, N., Momčilović, V., Mladenov, N. 1999. Temperature and Precipitation Effect on Barley Yields. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 5: 403-410
- Pržulj, N., Momčilović, V. 2000. Uroš, Slavko i Novosadski 438-sorta jarog pivskog ječma. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad*, 34: 29-38
- Pržulj, N., Momčilović, V., Đurić, V. 2000a. Dobar tehnološki kvalitet i stabilan prinos - glavni pravci oplemenjivanja ječma u Novom Sadu. *Naučni Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Zbornik radova* 33: 151-162
- Rasmusson, D. C., Cannell, R. Q. 1970. Selection for grain yield and components of yield in barley. *Crop. Sci.*, 10: 51-54
- Reiner, L. 1983. *Hafer aktuell*. DLG-Verlag, Frankfurt a. M. pp 1-165.
- Sorreles, M. E., Simmons, S. R. 1992. Influence of environment on the development and adaptation of oat. In: H.G. Marshall and M.E. Sorreles, Editors, *Oat Science and Technology*, American Society of Agronomy, Madison, WI: 115-163
- Schreiner, W., Obst, A. 1988. *Landwirtschaftliche Nutzpflanzen in Wort und Bild*, DLG-Verlag Frankfurt (Main): 1-126
- Steinberger, J. 1970. Morphologie und Identifizierung österreichischer Weizensorten. *Die Bodenkultur, Österreichischer Agrarverlag, Wien, Sonderheft*, 21: 176-214
- Schulenburg, H., Von Der. 1965. Kreuzungsmethoden bei Hafer. *Angew. Botanik* XXXVIII, 6
- Vavilov, N. I. 1926. Studies on the Origin of Cultivated Plants. *Bulletin of Applied Botany*, 16: 1-248
- Vanselow, M. 1990. Effizienz rekurrenter Selektionsverfahren bei Selbstbefruchten – experimentelle Ergebnisse und Computersimulationen. *Dissertation, Universität Hanover*, pp 1-136.
- Wiegand, C. L., Cuella, J. A. 1981. Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature. *Crop Sci.*, 21: 95-101
- Zohary, D., Hopf, M. 2000. *Domestication of Plants in the Old World*. Oxford University Press 2000, pp 1-316.

## Improvement of maize silage energy value by breeding

Michèle CHAMPION<sup>41</sup>, Stanislav STUDÉNKA<sup>42</sup>

### Abstract

Maize silage as a basic part of total feed ratio for cattle brings energy from two sources – starch and fibres. Starch content and its digestibility are generally easy to keep. On the opposite side digestibility of fibres – cell walls varies in a big range. Any increase of fibre (NDF) digestibility has positive impact on intake and energy content of silage. Both characteristics determinate milk production level. Limagrain as seed breeding company has strong science experience and know how to increase NDF digestibility of maize. In breeding program we especially focus on lignin content, lignin biosynthesis, chemical links between lignin and parts of fibres – cellulose and hemicellulose. We work on finding genes responsible for digestibility. Hybrids with declared higher digestibility are tested on animals. Results prove theory and bring possibilities to improve nutritive value of maize silage and profitability of milk production.

**Key words:** maize silage, energy, fibre digestibility, lignin, breeding

## Izboljšanje energetske vrednosti koruzne silaže z žlahtnjenjem

### Izvleček

Koruzna silaža je osnovna krma za govedo. Energijska vrednost silaže izhaja iz dveh virov – iz škroba in vlaknin. Vsebnost škroba in njegovo prebavljivost je večinoma enostavno ohraniti. Nasprotno pa je prebavljivost vlaknine – celičnih sten zelo spremenljiva. Povečanje prebavljivosti vlaknine (NDF) vpliva na povečanje energetske vrednosti silaže in na ješčnost živali, ki določata raven proizvodnje mleka. Limagrain je semenska hiša z veliko znanstvenimi izkušnjami tudi na področju prebavljivosti NDF pri koruzi. V programih žlahtnjenja smo osredotočeni zlasti na vsebnost lignina, njegovo biosintezo ter na kemično povezavo med ligninom in delci vlaknin – celulozo in hemicelulozo. Iščemo gene, ki določajo prebavljivost. Hibride koruze z ugotovljeno povečano prebavljivostjo testiramo na živalih. Rezultati potrjujejo teoretične izsledke in dajejo možnosti za izboljšanje prehranske vrednosti koruzne silaže in gospodarnosti proizvodnje mleka.

**Ključne besede:** koruzna silaža, energija, prebavljivost vlaknine, lignin, žlahtnjenje

## 1 Introduction

As the genetic potential for dairy cows to produce milk increases, maximum productivity and profitability of high-yielding dairy herds inevitably depend more on nutritional management. That logically begins by maximizing energy intake. In Northern Europe, whole-plant silage maize is important in the diets of intensively managed ruminants. It can often represent between 2/3 and 3/4 of the total forage intake. This reliable roughage, with high energy content and high intake level, is today the aim of important quality breeding programs in Limagrain.

A whole maize plant (Figure 1), at classical harvest stage between 30 and 35 % dry matter, is composed of leaves, stalks and ears. More precisely, it means 56 % of cell content and 44 % of cell-walls. All components of the cell content are totally digestible (Table 1). These

<sup>41</sup> Ing., Limagrain Europe, Domaine De Mons – BP 115, 63203 RIOM Cedex, France, e-mail: michele.champion@limagrain.com

<sup>42</sup> Ing., Limagrain Central Europe SE, Pardubská 1197, 763 12 Vizovice, Czech republic, e-mail: stanislav.studenka@limagrain.cz

components can't be a limiting factor of the whole plant energy value. On the contrary, digestibility of the different components of the cell-walls is variable (Table 2).

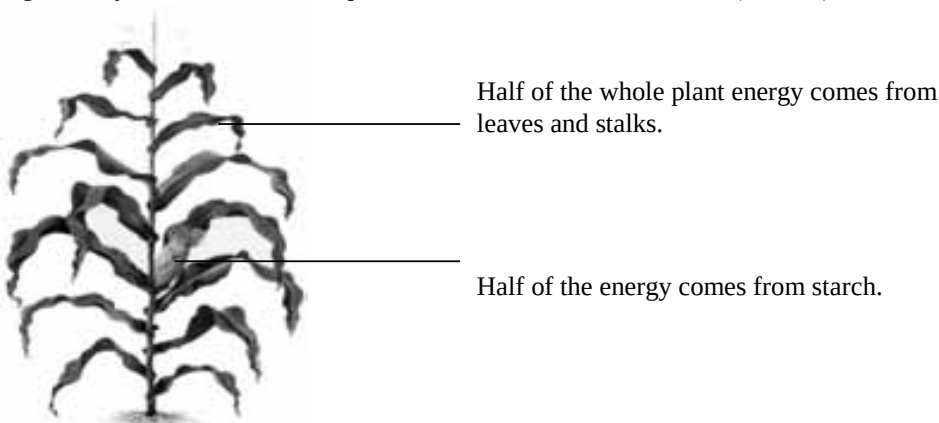


Figure 1. Maize plant

Table 1. Composition of cell content (Argillier in Barrière, 1996)

| Cell-content composition | Starch | Soluble sugars | Proteins | Lipids | Ash   |
|--------------------------|--------|----------------|----------|--------|-------|
| Dry matter (%)           | 30     | 10             | 8        | 4      | 4     |
| Digestibility (%)        | 100    | 100            | 90-99    | 90-99  | 10-95 |

Table 2: Cell wall composition and digestibility (Argillier in Barrière, 1996)

| Cell-wall composition | Hemicelluloses | Celluloses | Lignins |
|-----------------------|----------------|------------|---------|
| Dry matter (%)        | 20%            | 20%        | 4%      |
| Digestibility (%)     | 20-100 %       | 20-100 %   | 0%      |

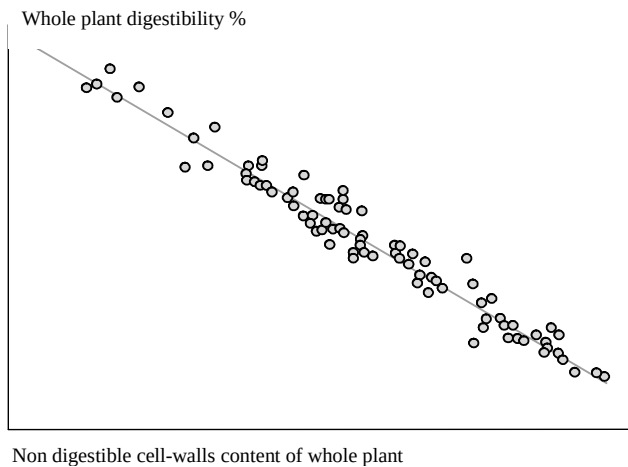


Figure 2. Relation between whole plant digestibility and nondigestible part of cel- walls (for sheep done by INRA, 1993) (Demarquilly, 1994)

According to genetic variability of maize silage, in-vivo digestibility of the cell-walls can vary between 35 % and 60 %. It seems clear that the limiting factor of the whole plant digestibility is the cell-wall digestibility. A lot of animal trials have been done with different varieties of silage maize; they clearly show the interest of decreasing the non digestible cell-walls content. The results from Figure 2 are from trials, done by INRA, in 1993, on sheep.

## 2 A specific / dedicated silage maize breeding program

25 years ago, Limagrain decided to separate the breeding programs of silage and grain maize, as it was obvious that silage maize needed specific quality criteria. To increase the energy content of the cell-walls, or the energy content of the green part (leaves and stalks), which means the same, the easiest way at the beginning, for Limagrain breeders, was to measure and decrease the lignin content of the cell-walls. Because lignin digestibility is null (Table 2), less lignin means more digestibility (Figure 3), up to a level we have to maintain to keep good stand ability.

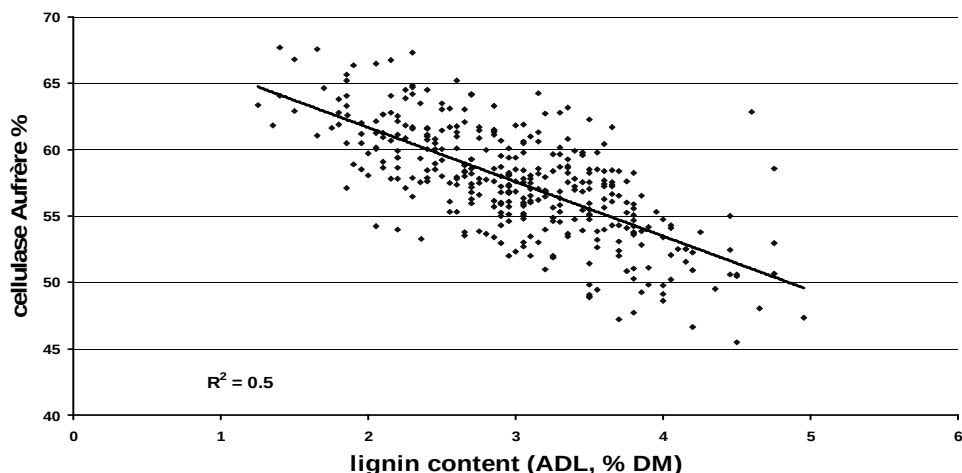


Figure 3. Enzymatic digestibility and lignin content of stalks and leaves of 355 inbred lines (Limagrain and INRA studies, 2007)

Limagrain research did also important studies, in collaboration with INRA in France, to better understand how the cell-walls are “built”. From a microscopic point of view, we have learnt that lignin (Figure 4) is linked to hemicelluloses and celluloses with bridges which are not always the same according to the genotypes. Some bridges seem easy to break by enzymatic methods or by microorganisms in the rumen; in this case, part of cellulose and hemi-cellulose can be digested in the same time that lignin is excreted.

Other bridges between lignin and celluloses or hemi-celluloses are too much difficult to break; we can easily imagine that in this case, cellulose and hemi-cellulose cannot be digested and are excreted in the same time as lignin. So quantity of lignin is an important criteria, but not sufficient. We also need information about quality of lignin; how it is linked with the rest of the cell-walls. According to lignin composition, cell-walls digestibility can vary in a very important way. Limagrain research programs now take care of new criteria about quality of lignin.



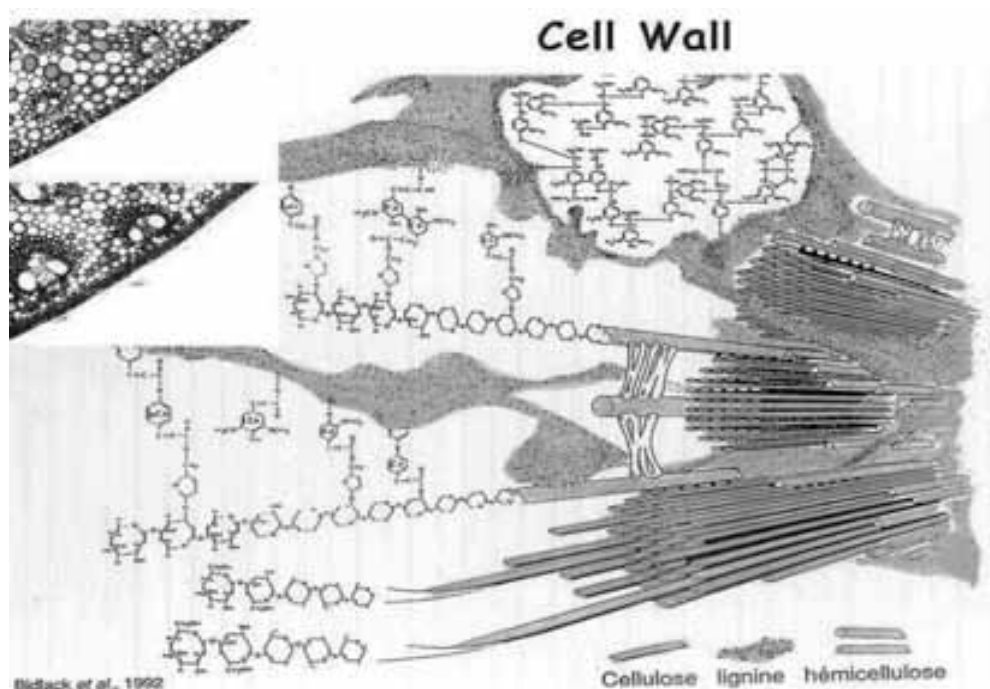


Figure 4. Composition of the cell-wall (Bidlack, 1992)

### 3 Cell-wall digestibility and silage maize intake

Numerous scientific works have shown that digestibility, or energy value of the whole plant, is linked with quantity of silage maize intake (Barrière et al., 2003; Oba and Allen, 1999). The highest digestibility is the highest intake will be. More specially, intake is correlated with cell-walls digestibility, and studies have shown that the more rapidly cell-walls are digested higher intake will be (Oba and Allen, 1999). It can be explained by the place that cell-walls occupy in the rumen. If the kinetic of degradation of the cell-walls is low, the rumen keeps filled a longer time, and there is no place to eat again. On the contrary, if cell-walls are well and rapidly degraded, place will be free in the rumen to be filled again. The relation between cell-walls digestibility and intake is clear in the Table 3 for diary cows (trials done by INRA). When we work to increase digestibility of the cell-walls, we win on digestibility and intake.

The only way to be sure that we work in the good way is to perform animal trials. All research works, results obtained, methods of evaluation of quality criteria (digestibility for example), are tested and verified with animal trials. The majority of these trials are done with and under the control of institutes; we then constitute an important animal tests results data-base.

Asset of better dNDF is proved by more works, e. g. by Oba and Allen (1999). They announced that 1% higher digestibility of NDF brings increase of DM intake by 0.17 kg, rise of FCM by 0.25 kg, rise of weight by 0.04 kg. The same authors presented also variation of maize silage hybrids in NDF digestibility from 35% up to 65%. So it is obvious, that maize breeding focused on digestibility criteria is very effective and can improve economical yield of milk production.

Table 3. Relation of cell-walls digestibility and intake of tested hybrids (Barrière et al., 2003)

| Tested hybrids | Cell-walls digestibility (%) | Intake (DM kg /cow /day) |
|----------------|------------------------------|--------------------------|
| H1             | 59.4                         | 17.9                     |
| H2             | 51.4                         | 16.8                     |
| H3             | 50.1                         | 16.1                     |
| H4             | 46.9                         | 15.6                     |
| H5             | 46.7                         | 15.2                     |
| H6             | 46.6                         | 14.4                     |

#### 4 Conclusions

Increasing of cell walls digestibility improves utilization of feed energy, heightens DM intake and milk production. By more steps done in past we can see now clear relation between digestibility of cell-walls or whole organic matter and structure of cell-walls. More precisely digestibility depends on links of lignin and cellulose and hemicellulose. These links have to be still more studied. They are under strong attention of Limagrain research.

#### 5 Literature

- Argillier, O., Barrière Y. 1996. Genotypic variation for digestibility and composition traits of forage maize and their changes during the growing season. *Maydica*, 41: 279-285
- Barrière Y., Emile JC., Sureault F. 2003. Genetic variation of maize silage ingestibility in dairy cattle. *Anim. Res.*, 52: 489-500
- Bidlack, JE., Malone, M., Benson, R. 1992. Molecular structure and component integration of secondary cell-walls in plants. *Proc. Okla. Acad. Sci.*, 72: 51-56
- Demarquilly, C. 1994. Facteurs de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage. *INRA Prod. Anim.*, 7, 3: 177-189
- INRA and Limagrain studies. 2007, non published
- Oba, M., Allen, M. S. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 82: 589-596

## Ocena stopnje prenosa genov med populacijami oljne ogrščice različnih habitatov v Sloveniji

Barbara PIPAN<sup>43</sup>, Jelka ŠUŠTAR-VOZLIČ<sup>44</sup>, Vladimir MEGLIČ<sup>45</sup>

### Izvleček

Oljna ogrščica (*Brassica napus* L.) se kot ena industrijsko najpomembnejših križnic zmernega klimatskega pasu prideluje tudi v Sloveniji. Reprodukativna biologija ogrščice omogoča, da v naravi prihaja do intra-specifičnih križanj med posevki, samosevnimi rastlinami in podivjanimi populacijami ogrščice. Poleg tega so možna tudi inter-specifična križanja oljne ogrščice z njenimi spolno kompatibilnimi sorodniki iz družine *Brassicaceae*. Prisotnost rastlin ogrščice različnih habitatov je posledica izgub semena med samim pridelovalnim procesom (neustrezni agrotehnični ukrepi) ter transportom zaradi raztrosa in dolgoživosti semena v tleh. Pojavnost teh rastlin na pridelovalnih območjih predstavlja opraševalni vir in omogoča nenadzorovana križanja s sorodnimi rastlinami v fazi cvetenja. Izvor in identifikacija samoniklih rastlin oljne ogrščice izven pridelovalnih površin ter stopnjo prenosa genov na nivoju DNK smo ugotovili z uporabo molekulskih markerjev. V prispevku je predstavljen namen in cilj študije o genetski raznolikosti oljne ogrščice med populacijami različnih habitatov v Sloveniji z uporabo mikrosatelitnih markerjev. Na podlagi rezultatov molekulske analize določene skupine vzorcev s šestimi mikrosatelitnimi markerji smo ugotovili genetske povezave med posejano ter samosevno in podivjano oljno ogrščico.

**Ključne besede:** genetska raznolikost, oljna ogrščica, mikrosateliti, samosevci, podivjane populacije

## Estimation of gene flow between oilseed rape populations from different habitats in Slovenia

### Abstract

Oilseed rape (*Brassica napus* L.) is one of the most important industrial oil plants from temperate zone which is also grown in Slovenia. Reproductive biology of oilseed rape enables to intra-specific crosses between crops, volunteer plants and feral populations of *Brassica*. In addition, the possible inter-specific crosses of oilseed rape with its sexually-compatible relatives of the family *Brassicaceae* is also possible. The presence of *B. napus* from different habitats is a consequence of seed loss during the production processes (inappropriate agro-technical activity) and also transportation due to spillage and longevity of seed in the soil. The incidence of these plants in production areas is a pollinating source which allows the uncontrolled hybridisation with relatives in the flowering time. Origin and identification of wild plants outside the production areas and the rate of gene flow at the DNA level was identified using molecular markers. A complete course of study on the genetic diversity among populations of oilseed rape from different habitats in Slovenia using microsatellite markers is presented in the study. A group from collected samples was identified by six microsatellite markers. There was a strong genetic linkage between cultivated, volunteer and feral oilseed rape.

**Key words:** genetic diversity, oilseed rape, microsatellites, volunteers, feral populations

### 1 Uvod

Oljna ogrščica (*Brassica napus* L.) postaja v zadnjih letih ena najbolj perspektivnih oljnic tudi v Sloveniji predvsem zaradi možnosti večnamenske uporabe (prehrana, živalska krma, biogorivo, farmakologija, ekološka funkcija). Kot pomemben člen v kolobarju se ogrščica

<sup>43</sup> Univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: barbara.pipan@kis.si

<sup>44</sup> Doc. dr., univ. dipl. inž., prav tam, e-pošta: jelka.sustar-vozlac@kis.si

<sup>45</sup> Doc. dr., univ. dipl. inž., prav tam, e-pošta: vladimir.meglic@kis.si

pojavlja v vseh sistemih kmetijske pridelave, s svojo prisotnostjo pa omogoča opraševanje s samosevnimi in podivjanimi populacijami znotraj ter zunaj pridelovalnih površin. *B. napus* je kot alotetraploidna rastlinska vrsta nastala s spontanim medvrstnim križanjem med repo (*B. rapa* L.; AA genom,  $2n=20$ ) in zeljem (*B. oleracea* L.; CC genom,  $2n=18$ ). V osnovi je ogrščica samoprašna rastlinska vrsta, vendar pa v odvisnosti od posameznega genotipa in specifičnih vplivov okolja lahko delež tujeprašnosti dosega od 5 do 47% (Friedt and Snowden, 2009). Zaradi tujeprašnosti v naravi prihaja do intra-specifičnih križanj med posevki, samosevnimi rastlinami in podivjanimi populacijami ogrščice. Poleg tega so možna tudi inter-specifična križanja oljne ogrščice z njenimi spolno kompatibilnimi sorodniki iz družine *Brassicaceae*. Intra-specifična križanja kratkoročno vplivajo na kakovost posevkov in sortno čistost, dolgoročno pa ohranjanje takega semena v tleh omogoča nenadzorovano spreminjanje genetskega potenciala rastlin ogrščice, saj se v naslednjih letih lahko pojavljajo kot nedefiniran opraševalni vir.

Za opis organizmov na različnih nivojih se uporabljajo genetski markerji, s pomočjo katerih poskušamo določiti raznolikost med posameznimi rastlinami, sortami, populacijami,... Za razlikovanje med posameznimi organizmi se uporabljajo morfološki, biokemijski in molekularski markerji. Glede na različne karakteristike posameznih molekularskih markerjev in njihov namen uporabe ločimo več vrst molekularskih markerjev, med njimi tudi mikrosatelitne markerje ali SSR (Simple Sequence Repeat), ki smo jih uporabili tudi v naši študiji. Pomembna lastnost mikrosatelitov, ki jih loči od večine molekularskih markerjev, je ta, da se v verižni reakciji s polimerazo (Polymerase Chain Reaction-PCR) namnožujejo predhodno poznane sekvence (lokusi) DNA, ki so določeni z nukleotidnim zaporedjem para specifičnih začetnih oligonukleotidov. Mikrosateliti so 2-6 bp dolga ponovljiva nukleotidna zaporedja, sestavljena iz določenega motiva, ki so v genomu naključno razporejena. Mikrosateliti se dedujejo v skladu z Mendlovim zakonom (dve kopiji alela od obeh staršev, ki sta lahko različno dolga). SSR-je odlikuje visoka pogostnost pojavljanja in enakomerna razporejenost v genomih evkariontov, so kodominatni, hipervariabilni, visoko polimorfni in zato tudi zelo informativni. Vse našete prednosti so tudi glavni razlog uporabe mikrosatelitov v študiji genetske raznolikosti oljne ogrščice v Sloveniji. Z uporabo specifičnih mikrosatelitnih markerjev smo primerjali genetske profile hibridov in sort ogrščice, ki so se v zadnjih 15 letih pridelovali na območju Slovenije z naključno izbranimi samosevnimi in podivjanimi genotipi rastlin ogrščice, ki so se pojavljali znotraj in zunaj pridelovalnih površin. V tej fazi projekta smo uporabili skupino 16-ih vzorcev, na podlagi katerih smo z uporabo šestih mikrosatelitnih markerjev želeli identificirati izvor in sorodnost obravnavanih rastlin glede na status rastišča.

## 2 Material in metode dela

Posevke oljne ogrščice smo vzorčili makrolokacijsko (območja z intenzivno pridelavo ogrščice) ter mikrolokacijsko (habitati s samosevnimi in podivjanimi rastlinami ogrščice) na območju celotne Slovenije v štiri-letnem časovnem obdobju od 2007 do 2010. Makrolokacijsko vzorčenje je v največjem obsegu potekalo na območju pomurske, savinjske in podravske regije, kjer je tudi obseg pridelave ogrščice največji. V gorenjski, koroški, osrednjeslovenski, spodnje posavski regiji in v jugovzhodni Slovenji je bilo število vzorčenih lokacij manjše. Najmanj vzorcev pa smo nabrali v zasavski, goriški, notranjsko-kraški in obalno-kraški regiji, kjer je tudi obseg pridelave ogrščice majhen. Rastlinski material je bil nabran na lokacijah, kjer je raslo 5 ali več rastlin ogrščice na enem kvadratnem metru talne površine, od tega smo z vsake rastline vzorčili štiri mlade liste. Podatke o lokacijah vzorčenja (št. rastlin, datum, GPS koordinate, status rastišča, morebitne posebnosti) smo vpisovali v

posebne formularje, ki smo jih oblikovali posebej za ta projekt. Hkrati je potekalo tudi zbiranje semena sort in hibridov ogrščice (krmne, oljne), ki so se v zadnjih petnajstih letih pridelovali na območju Slovenije; bilo jih je kar 57, od tega smo uspeli pridobiti seme 54-ih sort in hibridov, njihov seznam pa je prikazan v preglednici 2. Ti vzorci so služili kot referenčni material v procesu identifikacije izvora samosevnih in podivjanih populacij oljne ogrščice. Podoben način vzorčenja za identifikacijo nedefiniranih virov ogrščice so objavili tudi Pascher in sod. (2006) za območja nekaterih avstrijskih regij. Iz rastlinskega materiala smo iz vseh zbranih listov vsakega vzorca s terena pripravili vzorec tako, da smo vzeli enak del vsakega lista v vzorcu, te delčke združili in homogenizirali. Po optimiziranem protokolu smo z uporabo BioSprint DNA Plant Kit (Qiagen) in robota KingFisher izolirali DNK. Zelena mikrosatelitna zaporedja (uporaba šestih specifičnih mikrosatelitnih markerjev-njihove značilnosti so v preglednici 1) smo namnoževali v verižni reakciji s polimerazo (10 $\mu$ l) po optimalni metodi ter nastale produkte preverili na 2D elektroforezi (1,4% agarozni gel). Za determinacijo natančne dolžine alelov smo vsak začetni oligonukleotid 5' obarvali s fluorescentnimi oznakami 5-FAM, NED, 6-HEX. Fragmenta analiza je potekala na ABI3130-avtomatska aparatura DNA sequencer, ki deluje na osnovi kapilarne elektroforeze. Obdelava rezultatov je bila izvedena v programu GeneScan4.0 (ABI).

Preglednica 1: Lastnosti in alelne oblike uporabljenih mikrosatelitnih markerjev

| Ime mikrosatelitnega markerja | Ciljna vrsta (izvor) | Motiv                                                    | Alelne oblike (bp) | Referenca             |
|-------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|
| BRMS-036                      | <i>B. oleracea</i>   | (CA) <sub>10</sub> (GA) <sub>4</sub>                     | 138, 146, 155, 176 | Suwabe in sod., 2002  |
| BRMS-050                      | <i>B. oleracea</i>   | (AAT) <sub>4</sub> (TC) <sub>19</sub> (TTC) <sub>3</sub> | 172, 180, 193      | Suwabe in sod., 2003  |
| MR-187                        | <i>B. oleracea</i>   | (AG) <sub>23</sub> (AGG) <sub>5</sub>                    | 153, 163, 175      | Uzanova in Ecke, 1999 |
| Ni4-E08                       | <i>B. nigra</i>      | (GA/CT) <sub>47</sub>                                    | 181, 194           | Lowe in sod., 2004    |
| Na12-A08                      | <i>B.napus</i>       | (GA/CT) <sub>28</sub>                                    | 171, 179           | Lowe in sod., 2004    |
| Na12-E06a                     | <i>B.napus</i>       | (GA/Ct) <sub>23</sub> ,                                  | 170, 189           | Lowe in sod., 2004    |

### 3 Rezultati z diskusijo

#### 3.1 ANALIZA ZBRANEGA RASTLINSKEGA MATERIALA OGRŠČICE

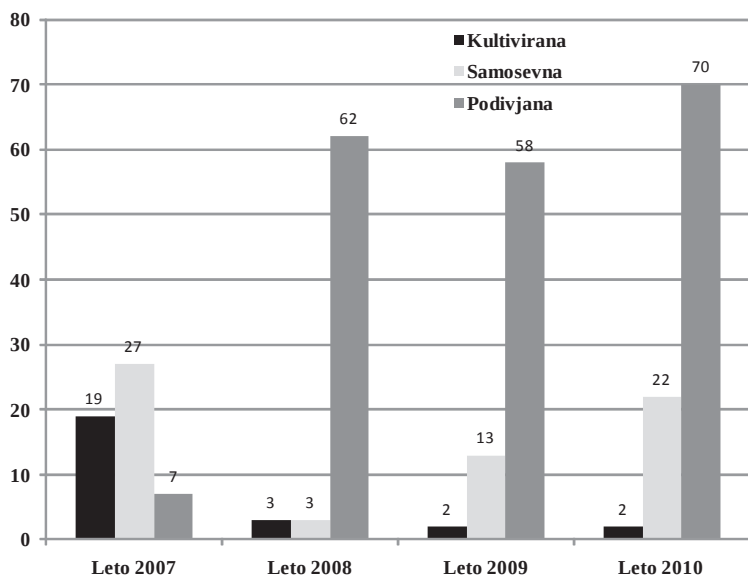
Skupno smo v obdobju od 2007 do 2010 zbrali 341 vzorcev ogrščice, od tega 204 vzorcev rastlin podivjanih populacij, 92 vzorcev samosevnih rastlin ter 45 vzorcev posevkov ogrščice. Podatki o številu vzorcev rastlin ogrščice glede na status rastišča za posamezno leto so prikazani na sliki 1.

#### 3.2 GENETSKA ANALIZA Z MIKROSATELITI

Z uporabo šestih (od skupno 46-ih, kolikor jih obsega celotna študija) specifičnih mikrosatelitnih markerjev iz različnih virov (preglednica 1) smo analizirali genetsko raznolikost znotraj skupine 16-ih vzorcev (preglednica 3), ki izvirajo iz različnih habitatov.

Na osnovi molekulskih analiz smo ugotovili, da med analiziranimi vzorci ni razlik na lokusih BRMS-036 in BRMS-050, alelna oblika 175 bp na lokusu MR-187 pa se pojavlja le pri vzorcih št. 2, 4, 11, 15 in 16. Lokusa Na12-A08 in Na12-E06a se nista namnožila pri vzorcih

št. 2 in 13, pri vseh ostalih vzorcih ni bilo razlik niti med različnimi alelnimi oblikami. Na lokusu Ni4-E08 se je alelna oblika 206 bp namnožila le pri vzorcu št. 3, pri vseh ostalih alelnih oblikah istega lokusa ni bilo razlik.



Slika 1: Število zbranih vzorcev iz različnih habitatov v posameznem letu

Preglednica 2: Seznam sort in hibridov ogrščice, vključenih v genetske analize

| Ime sorte/hibrida | Ime sorte/hibrida | Ime sorte/hibrida |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| 'Adder'           | 'Kronos'          | 'PR46W31'         |
| 'Akela'           | 'Milena'          | 'Rasmus'          |
| 'Alaska'          | 'Mohican'         | 'Remy'            |
| 'Allure'          | 'Molino'          | 'Robust'          |
| 'Arista'          | 'Navajo'          | 'Rodeo'           |
| 'Baldur'          | 'NK Nemax'        | 'Rohan'           |
| 'Baros'           | 'NS-L-36'         | 'Smart'           |
| 'Brilland'        | 'NS-L-39'         | 'Starška'         |
| 'Bristol'         | 'Ontario'         | 'Tandem'          |
| 'Daniela'         | 'Petranova'       | 'Tassilo'         |
| 'Darmor'          | 'PR44W29'         | 'Titan'           |
| 'Digger'          | 'PR45D01'         | 'Triangle'        |
| 'Express'         | 'PR45D03'         | 'Viking'          |
| 'Gabriella'       | 'PR45D05'         | 'Visby'           |
| 'Helena'          | 'PR45W04'         | 'X08W982 I.'      |
| 'Helga'           | 'PR46W14'         | 'X08W984 I.'      |
| 'Honk'            | 'PR46W15'         | 'Xenon'           |
| 'Jet Neuf'        | 'PR46W24'         | 'Zenith'          |

Preglednica 3: Splošni podatki o skupini analiziranih vzorcev

| Oznaka vzorca | Lokacija (nahajališče) | Status vzorčene rastline |
|---------------|------------------------|--------------------------|
| 1             | Dornava                | posevek                  |
| 2             |                        | samosevec                |
| 3             |                        | podivjana                |
| 4             | Cvetkovci              | posevek                  |
| 5             |                        | samosevec                |
| 6             | Odranci                | posevek                  |
| 7             |                        | samosevec                |
| 8             | Lipa                   | posevek                  |
| 9             |                        | samosevec                |
| 10            | Turnišče               | posevek                  |
| 11            |                        | samosevec                |
| 12            | Genterovci             | posevek                  |
| 13            |                        | posevek                  |
| 14            | Čikečka vas            | samosevec                |
| 15            |                        | posevek                  |
| 16            | Strukovci              | podivjana                |

Na podlagi pridobljenih rezultatov ugotavljamo, da so razlike med genetskimi profili preučevanih rastlin minimalne, pa vendar smo zaradi polimorfности in specifičnosti treh mikrosatelitov uspeli ugotoviti, da samosevne rastline izvirajo iz nenadzorovanih izgub na isti površini v predhodnem letu (npr. posevek (vzorec št. 13) se je v predhodnem letu zelo verjetno prideloval na površini, kjer smo vzorčili samosevec (vzorec št. 2) v tekočem letu). Izvor podivjanih populacij je prav tako zelo verjetno posledica izgub semena (setev, žetev, transport), kar kaže tudi genetska povezava med vzorci št. 4 in 11 (posevka) z vzorcem št. 16, ki izvira iz podivjane populacije. Kljub temu pa obstajajo primesi drugih alelov, ki so verjetno posledica inter-specifičnih križanj s spolno kompatibilnimi sorodniki iz družine *Brassicaceae*, kar kaže nespecifična alelna oblika, ki se pojavlja le pri vzorcu št. 3 (podivjana populacija). O problematiki nenadzorovanega pojavljanja rastlin ogrščice (plevelne in podivjane rastline) ob transportni infrastrukturi je nedavno poročala tudi Sagers s sod. (2010), ki opisuje prisotnost transgenov (za toleranco na herbicide) v podivjanih populacijah ogrščice zaradi nenadzorovanih križanj v Severni Dakoti. V poročilu je izpostavljena predvsem velika verjetnost prenosa genov med spolno kompatibilnimi sorodniki ogrščice izven pridelovalnih okvirjev ter globalne posledice takih križanj za pridelovalce, uporabnike in okolje.

#### 4 Sklepi

Študija analize genetske raznolikosti oljne ogrščice v Sloveniji je zastavljena obsežno, saj smo želeli, da odraža dejansko stanje opraševalnih aktivnosti ogrščice v naravi. Rezultati so pokazali, da samosevne rastline znotraj pridelovalnih površin zelo verjetno izvirajo iz izgub semena (setev, žetev, transport) predhodnega leta na isti površini, saj se to seme ohranja v tleh. Izvor podivjanih populacij je prav tako močno povezan z genetskimi profili posevkov, ki

so se na bližnjih površinah pridelovali v preteklih letih, kar je verjetno posledica izgub ob transportni infrastrukturi. Poleg tega smo ugotovili tudi prisotnost za ogrščico nespecifične alelni oblike na določenem lokusu, kar je lahko posledica inter-specifičnih križanj s spolno kompatibilnimi sorodniki iz družine *Brassicaceae*. Ugotovitve in predvidevanja na podlagi teh rezultatov se skladajo tudi z izsledki drugih podobnih študij v tujini. Ocena stopnje prenosa genov med populacijami oljne ogrščice različnih habitatov je dobra osnova za nadaljnje raziskave, ki bodo opredelile dejansko stanje prenosa genov med vsemi pojavnimi oblikami ogrščice ter njihove vplive na genetsko raznolikost sorodnih rastlin v slovenskih pridelovalnih in podnebnih razmerah.

## 5 Zahvala

Raziskava je bila financirana s strani ARRS kot del projekta za usposabljanje mlade raziskovalke po pogodbi št. 1000-07-310099 in CRP projekta V4-0532.

## 6 Literatura

- Cheng, X., Xu J. 2009. Development and genetic mapping of microsatellite markers from genome survey sequences in *Brassica napus*. *Theor Appl Genet*, 118: 1121-1131
- Friedt, W., Snowdon, R. 2009. Oil crops. V: Vollman, J. and Rajcan, I. (Ed), *Oilseed rape. Oil crops, Handbook of Plant Breeding 4*, Springer Science+Business Media: 91-126
- Lowe, A.J., Moule, C., Trick, M., Edwards, K.J. 2004. Efficient large-scale development of microsatellites for marker and mapping applications in *Brassica* crop species. *Theor Appl Genet*, 108: 1103-1112
- Pascher, K., Narendja, F., Rau, D. 2006. Feral oilseed rape-Investigations on its potential for hybridisation. Published by the Federal Ministry of health and Women, *Forschungsberichte der sektion IV*, Band 3/2006
- Sagers, C.L., Schafer, M.G., Jaquish, B. 2010. Wild canola populations contain genes for herbicide tolerance. University of Arkansas, Arkansas Newswire (6.8.2010): Dostopno na: <http://newswire.uark.edu/article.aspx?id=14453>
- Suwabe, K., Iketani, H., Nunome, T., Kage, T. 2002. Isolation and characterization of microsatellites in *B. rapa*. *Theor Appl Genet*, 104: 1092-1098
- Uzanova, M.I., Ecke, W. 1999. Abundance, polymorphism and genetic mapping of microsatellites in oilseed rape (*B. napus* L.). *Plant Breeding*, 118: 323-326



## Genski viri in raznolikost slovenskih populacij ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench)

Zlata LUTHAR<sup>46</sup>

### Izveleček

Ajda (*Fagopyrum esculentum* Moench) je uvrščena med najbolj ogrožene rastlinske vrste. Pred nekaj desetletji se je v Sloveniji začelo opuščati pridelovanje domačih populacij ajde. Tuje uvožene sorte so v veliki meri zamenjale pridelovanje domačih populacij. Obstajala je nevarnost, da se domače populacije skrižajo s tujim uvoženim materialom ali z novimi slovenskimi sortami in se na tak način izgubi dragoceni genski material. Ravno zaradi teh razlogov se je začelo pred 30 in več leti zbirati semena avtohtonih populacij. Semena so shranjena v hladilnikih pri 4 °C in 8 % vlagi. V zbirki ajde je shranjeno 391 vzorcev navadne ajde in 15 vzorcev tatarske ajde. Zbran material nudi veliko gensko raznolikost in možnost izbire ter uporabe kot vir genov za žlahtnjenje. Večina slovenskih populacij je s sivimi in rjavimi do temno rjavimi semeni, povečini z nedeterminantno obliko rasti. Recesivni gen za determinantno obliko rasti je bil najden v sivih populacijah. Ajde s sivimi semeni so prilagojene nižinskim in gričevnatim talnim in podnebnim razmeram Dolenjske in Primorske. Vzorci z rjavimi do temno rjavimi semeni so primerni za višinske, hribovite lege Gorenjske in Koroške s 7 do 10 dni krajšo rastno dobo in potencialnim virom genov za zgodnost.

**Ključne besede:** *Fagopyrum esculentum* Moench, populacija, genska različnost, recesivni gen, oblika rasti

## Genetic resources and polymorphism of Slovenian buckwheat population (*Fagopyrum esculentum* Moench)

### Abstract

Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) is classified among the most threatened plant species. Some decades ago, the production of domestic populations in Slovenia was gradually but considerably reduced. The domestic populations were replaced by foreign cultivars. In this process there is a danger of foreign cultivars being crossed with domestic populations, whereby the diversified genetic material could be lost. We therefore started collecting autochthonous populations of buckwheat seeds more than 30 years ago. The seeds are stored in refrigerators at 4 °C and about 8 % seed moisture. The buckwheat collection includes 391 accessions of common buckwheat and 15 accessions of tartary buckwheat. Among Slovene accessions, the majority are buckwheat populations with grey and brown to dark brown seeds, mostly with an indeterminant growth habit. A recessive gene for determinant growth habit appears in some of the grey populations. Buckwheat populations with grey seeds come mostly from the region of Dolenjska and Primorska and are adapted to soil and climatic conditions typical of the plains and hilly regions. The accessions with brown to dark brown seeds are adapted to highland conditions of the regions Gorenjska and Koroška. Some of these accessions have a shorter growing period from 7 to 10 days, and are the potential source of genes for earliness.

**Key words:** *Fagopyrum esculentum* Moench, population, genetic polymorphism, recessive gene, growth habit

### 1 Pomen in naloga genskih bank kmetijskih rastlin

Rastlinske genske banke so ustanove, kjer se hranijo rastlinski genski viri, običajno avtohton (domač) material. Vzorci se hranijo v obliki semen ali vegetativnih delov gojenih rastlin ali divjih vrst, prednikov ali sorodnikov kulturnih rastlin, populacij rastlin, ki se dalj časa v istem

<sup>46</sup> Izr. prof., dr., Biotehniška fakulteta, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: zlata.luthar@uni-lj.si

kraju pridelujejo ali žlahtniteljski material s čim širšo gensko raznolikostjo. S tem, ko je material shranjen, je varen pred izumrtjem. Domače populacije so s svojo gensko raznolikostjo in prilagodljivostjo talnim in klimatskim razmeram, kljub hitrim spremembam podnebja, toliko bolj pomembne in ogrožene, zato jih je potrebno hraniti. Če je ruski znanstvenik N. I. Vavilov (1887-1943) pred 70-timi leti menil, da je svetovni genski sklad neizčrpen (Vavilov, 1926), postaja danes čedalje bolj jasno, da se po vsem svetu ta slika močno spreminja ter da je tudi v odročnih predelih sveta mogoče opaziti velike spremembe glede vodenja kmetijske pridelave. To še posebej velja za avtohtone populacije, ki jih v Evropi skoraj nikjer več ne pridelujejo. Izjema so manj pomembne poljščine in zelo odročni hriboviti predeli. Podobno ugotavljajo po celem svetu, saj obstaja po svetu okoli četrтина milijona rastlinskih vrst, okoli 5000 je gojenih in le okoli 100 je takih, ki jih lahko uvrščamo med pomembne kmetijske rastline.

Zaradi genske erozije je v teku evolucije izumrlo mnogo živalskih in rastlinskih vrst in izgubilo se je veliko genov. Edina zaščita pred izgubo zanimivega genskega materiala je hranjenje dragocenih vzorcev kultiviranih populacij ali njihovih divjih sorodnikov v posebnih, za ta namen ustanovljenih inštitucijah, t.i. genskih bankah.

## 2 Značilnosti, uporabna vrednost in izvor ajde

Navadna ajda (*Fagopyrum esculentum* Moench) je tujeprašna - heterostilna samoinkompatibilna rastlina, medtem ko je tatarska ajda (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) samoprašna rastlina. Ajdo odlikuje kratka rastna doba. Tehnološko je nezahtevna za pridelovanje, vendar zelo občutljiva na dejavnike okolja. Po uporabnosti semen (kaša, moka) se uvršča med žita, vendar po botaničnih lastnostih, kot so način razvejanja, oblika rasti, listov, socvetij, cvetov in semen, je uvrščena v družino *Polygonaceae*. Čeprav ima ajda eno najbolj harmoničnih sestav beljakovin v vsem rastlinskem svetu pa spada med tiste poljščine na svetu, ki se jih seje zelo malo in to pretežno populacije. Vzroke za ta pojav lahko iščemo v dejstvu, da je ajda v svojih zahtevah glede podnebja zelo občutljiva. Glede gnojenja, škropljenja in tudi drugih neprijaznih posegov v naravo je manj zahtevna rastlina, ki pa kljub manjšim vlaganjem lahko da zelo kvaliteten pridelek (Kreft in Luthar, 1990) in je zaradi tega zelo primerna tudi za ekološko pridelovanje. Zaradi kratke rastne dobe je zelo zanimiva za pridelovanje, ker iz onesnaženega okolja naloži veliko manj škodljivih komponent kot ozimna žita.

Poleg tega pa kot tujeprašna rastlina zahteva specifično vzdrževalno selekcijo in tu je tudi vzrok zakaj se je žlahtnitelji in semenarska podjetja izogibajo in se raje posvečajo žlahtnjenju in vzdrževanju tistih poljščin, pri katerih pričakujejo hitrejši in trajnejši uspehi. Tudi tisti pridelovalci, ki so zelo tržno usmerjeni in zahtevajo od poljščin zanesljive, visoke vsakoletne pridelke, nad ajdo niso navdušeni. Za pridelovanje ajde povprašujejo in se zanimajo tisti, ki se ukvarjajo s pridelovanjem in prodajo zdrave, ekološke hrane in teh je že nekaj v Sloveniji ter seveda čebelarji, katerim končni cilj ni pridelek semen, ampak cvetenje in medenje. Če bi tudi nove sorte ajde medile tako, kot so nekoč populacije, bi se verjetno pridelovanje ajde močno povečalo.

Ajdo in izdelke iz ajdove kaše in moke ne odlikuje samo visok odstotek beljakovin, ampak tudi dobra aminokislinska sestava (Eggum in sod., 1981). V zadnjem času pa pridobiva na pomenu in veljavi tudi zaradi sekundarnih metabolitov (Kreft in Luthar, 1993), ki jih pri drugih izdelkih iz žit ne zasledimo. V Evropi in svetu se pojavlja poleg že znanih izdelkov iz ajdove kaše in moke tudi zelo veliko novih, katerim pripisujejo tudi zdravilne učinke zaradi določenih polifenolnih komponent (rutin - vitamin P; tanin - kvercetin; cianidin; hipericin in

manj zaželena komponenta fagopirin), ki jih vsebujejo ajdovi izdelki v veliko večji količini in boljši sestavi kot izdelki drugih žit (Hoppe, 1975). Nekatere farmacevtske hiše po svetu se za ekstrahiranje nekaterih sekundarnih komponent v zdravstvene namene odločajo prav za ajdo, za posamezne dele (liste, cvetove in tudi semena). Ponekod, predvsem v Nemčiji, priporočajo za zdravljenje arterioskleroze pitje čaja iz ajdovih listov in cvetov oz. uživanje tablet, ki vsebujejo rutin ekstrahiran iz ajde.

Ajda izvira iz jugozahodne Kitajske. V pokrajini Junan so pred leti našli divje prednike ajde, ki so homostilne samoprašne rastline, katerih semena se močno osipajo. Od gojene ajde se razlikuje tudi po tem, da so semena močno dormantna, rastline pozneje zorijo in se razvejujejo že pri nižjih kolencih. Glede drugih lastnosti sta obe vrsti zelo podobni in se lahko križata med saboj. To odkritje, povezano z ugotovitvami o razporeditvi divjih vrst *Fagopyrum* v južni Kitajski, potrjuje dejstvo, da je to območje prvega gojenja navadne ajde (Ohnishi, 1991). Od tod se je verjetno preko Sibirije, Rusije in Ukrajine razširila v srednjo Evropo in nato naprej proti zahodni Evropi tudi k nam in to mnogo pred koruzo in krompirjem. Je ena od poljščin, ki se je prilagodila našemu podnebjju in priljubila prehranskim navadam Slovencev.

### 3 Razlogi za zbiranje slovenskih populacij ajde, organiziranost in naloge genske banke

Osnovni razlogi za zbiranje domačih vzorcev ajde po Sloveniji so bili predvsem v opuščanju pridelovanja domačih populacij in nadomestitvi s tujimi uvoženimi sortami in populacijami, katerih seme je bilo na razpolago v zadostni količini pridelovalcem. Drug razlog je bil v nevarnosti, da se domače populacije skrižajo s tujim uvoženim materialom ali z novimi slovenskimi sortami. In kot tretje zbran material je nudil veliko variabilnost in možnost izbire ter uporabe kot vir genov za žlahtnjenje. Pogosto so tam, kjer so se ukvarjali oz. se še z žlahtnjenjem, kot potreba nastajale zbirke posameznih rastlinskih vrst. To so bili glavni razlogi pred 30 in več leti za zbiranje in reševanje domačih populacij ajde.

Semena se hranijo *ex situ* - izven naravnega okolja v hladilnikih, prostornine 650 in 1450 L, zapakirani v steklenih kozarcih ali v papirnatih in plastičnih vrečkah. Vsak vzorec je opremljen s silikagelom, indikatorjem vlage. Pri povišani vlagi v vzorcu se barva silikagela spremeni in to je opozorilo, da je potrebno vzorec dosušiti, mu dodati suh silikagel, ga ponovno zapakirati in vrniti v hladilnik. Vzorci so pred hranjenjem očiščeni, odstranjeni so morebitni škodljivci in dosušeni na 8 % vlage. Hranijo se pri temperaturi 4 °C in to je kratkoročno hranjenje, običajno 10 do 20 let. Po tem je potrebno vzorce obnoviti.

Diploidne vzorce v velikosti parcel 4 m<sup>2</sup> se lahko razmnožuje znotraj večjega posevka tetraploidne ajde. Razdalja med posameznimi parcelami naj bi bila 12 in več metrov (Adhikari in Campbell, 1998).

Naloge oz. delo genske banke je osredotočeno na zbiranje vzorcev na terenu in njihovih osnovnih (pasport) podatkov, pravilno kratkoročno oz. dolgoročno hranjenje, obnavljanje in razmnoževanje, vrednotenje zbranih podatkov po mednarodnih deskriptorjih, sodelovanje med genskimi bankami ter dosegljivost zbirke oz. vzorcev.

### 4 Raznolikost hranjenega materiala, uporabnost in značilnosti genske banke

Glede na dosedanje opise, bi lahko v grobem razdelili zbrani material v dve skupini. Vzorci s sivimi semeni, ki imajo drobna siva semena, od svetlo- do temno sivih, pogoste so temnejše proge in beli cvetovi, le pri nekaterih populacijah se pojavljajo posamične rastline z rahlo roza cvetovi. Pri nekaterih rastlinah znotraj teh populacij se pojavlja recesivni *d* gen za determinantno obliko rasti. Prilagojene so nižinskim in gričevnatim talnim in podnebnim

razmeram Dolenjske in okolice ter tudi Primorske, legam brez pogostih zgodnjih jesenskih slan in megle. Pri sivih populacijah listje odpade šele po prvih jesenskih slanah. V drugi skupini so populacije z nekoliko debelejšimi temnimi semeni od svetlo- do temno rjavih, pogosto so v osnovni barvi semen prisotne temne proge, osnovna barva cvetov je svetlo do temno roza, lahko se pojavijo posamične rastline z rahlo rdečimi cvetovi. Primerne so za višinske, hribovite lege Gorenjske in Koroške s 7 do 10 dni krajšo rastno dobo. Konec septembra so primerne za žetev, saj jim v ugodnih klimatskih razmerah do takrat že odpade listje. Kombajniranje lahko olajšamo in pridobimo na čistosti pridelka, če takoj po slani, še preden sonce omehča rastline, kombajniramo zmrznjene rastline.

Vzorci iz genske banke v preteklosti niso služili samo, kot izhodiščni material za žlahtnjenje slovenskih sort ajd (Siva, Darja, Rana 60 in Darina), ampak se je proučevala vitalnost semen, vsebnost polifenolov (tanina) v posameznih delih semen, genetska variabilnost in identifikacija vzorcev na nivoju DNA, regeneracijska sposobnost v *in vitro* razmerah. Značilnost te zbirke je, da se je več ne dopolnjuje z domačimi populacijami, ker se jih ne da nabrati oz. dobiti na terenu.

## 5 Genska erozija ajde v Sloveniji ter pravilna odločitev za zbiranje in hranjenje domačih populacij

Ajda ni samo v Sloveniji, ampak je bila tudi po mnenju IPGRI (sedaj Bioversity International) uvrščena med najbolj ogrožene rastlinske vrste, za katere je IPGRI leta 1993 predlagal naj se jo obravnava v skupini rastlin, ki imajo odločilno prednost pri zbiranju in hranjenju (IPGRI, Annual Report, 1993).

Genski viri predstavljajo izhodiščni material (gene), iz katerega lahko nastanejo nove sorte kmetijskih rastlin in je hkrati nepogrešljiv vir lastnosti, kot so prilagojenost na okolje, zgodnost, odpornost oz. tolerantnost na bolezni in škodljivce, izboljššan pridelek, prisotnost komponent, ki imajo zdravilne učinke, itd. Ti geni so bili oz. so razpršeni v lokalnih kultivarjih in v naravnih rastlinskih populacijah, katere so kmetje gojili skozi tisočletja oz. so samoniklo rasle oz. rastejo v naravi.

V zadnjih desetletjih je z uporabo moderne tehnologije, z zamenjavo avtohtonih vrst z uvoženimi, z ustanovitvijo velikih posesti ter s spremembo načina pridelave prišlo do velike t.i. rastlinske genske erozije, kar pomeni izgubo raznolikosti, ki je trenutno hitrejša kot izguba živalskih genskih virov. Ta je prizadela tako kultivirane kot divje vrste, vse tiste, ki so posredno ali neposredno povezane s kmetijsko uporabo. Erozija genskih virov lahko vodi tudi do izginotja tistega vrednega genskega materiala, ki še ni bil uporabljen. Če bi želeli še povečati pridelavo in hkrati dvigovati kvaliteto hrane, bi morali zavarovati in učinkovito uporabljati genske vire, saj je z zmanjšanjem genskih virov prav tako ogrožena preskrba s hrano. Zato je potrebno ohranjanje, vrednotenje, dokumentiranje in izmenjava genskih virov. Ljudje se že dolgo zavedajo pomembnosti genskih virov, ki bi bili, če ne bi bili shranjeni, podvrženi izumrtju oz. bi izumrli, zato so začeli razvijati sisteme za ohranjanje in pridobivanje različnega genskega materiala.

Rastlinski genski viri so danes in bodo še v prihodnje ostali kot neizmerljiva vrednost ne glede na to ali jih bodo uporabljali za kreiranje novih kombinacij lastnosti oz. za izboljšanje obstoječih s klasičnim žlahtnjenjem ali z genskim inženiringom.

Analiza zmanjševanja pridelovanja ajde je pokazala, da se je površina, ki je bila posejana z ajdo na območju Slovenije pred 2. svetovno vojno, od leta 1939 zmanjšala iz 31.715 ha na 405 ha v letu 1997. Pred 30 in več leti, ko je bila zbrana in skladiščena večina vzorcev, se je ajdo pridelovalo na približno 1.300 ha (Statistični letopis RS, več letnikov). V tem obdobju se

niso samo občutno zmanjšale površine avtohtonih populacij, ampak so jih začele izpodrivati požlahtnjene domače sorte Siva, Darja in Bednja 4n ter tudi uvožene tuje sorte.

Na podlagi statističnih raziskav zmanjševanja pridelave ajde in po množičnem pojavljanju požlahtnjenih domačih in tujih sort ter populacij na slovenskih njivah predvsem po letu 1975, je bila odločitev, da se zbere obstoječe populacije, pravilna. Namen tega dela je bil tudi prikazati pomembnost zbiranja in ohranjanja vzorcev v sklopu aktivnosti genskih bank.

V letu 1999 je bila pri ajdi izvedena študija genske erozije črnih ajd oz. populacij na območju Gorenjske in Koroške (preglednica 1). V letu 2000 je bila narejena podobna študija genske erozije sivih populacij na območju Dolenjske in Primorske (preglednica 2). Preliminarne ugotovitve so kazale na to, da številni vzorci, ki se hranijo v genski banki, niso več prisotni *in situ* na terenu, kjer so bili zbrani. V nekaterih, zelo redkih primerih ajdo na isti lokaciji sicer še pridelujejo, vendar se je v preteklosti pri naključnih obiskih in pogovorih na terenu velikokrat pokazalo, da gre za pridelavo sodobnih požlahtnjenih domačih oz. tujih sort in ne več avtohtonih populacij.

*Preglednica 1: Genska erozija črnih populacij ajd na območju Koroške in Gorenjske, izvedena v letu 1999*

| Št. vzorca v genski banki | Leto zbiranja | Lokacija zbiranja    | Pridelovalec domače ajde | Zbiranje in stanje na terenu 1999 |
|---------------------------|---------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 10                        | 1978          | Radovljica           |                          | ne pridelujejo                    |
| 11                        | 1978          | Slovenj Gradec       |                          | ne pridelujejo                    |
| 12                        | 1978          | Gorenja vas          |                          | ne pridelujejo                    |
| 26                        | 1978          | Cerklje              |                          | sorta ali mešanica                |
| 27                        | 1978          | Slovenj Gradec       |                          | ne pridelujejo                    |
| 36                        | 1978          | okolica Slov. Gradca |                          | ne pridelujejo                    |
| 40                        | 1977          | Rut nad Tolminom     |                          | sorta ali mešanica                |
| 72                        | 1983          | Rut nad Tolminom     |                          | sorta ali mešanica                |
| 87A                       | 1980          | Kleče                |                          | sorta ali mešanica                |
| 97                        | 1982          | Podgorje             |                          | ne pridelujejo                    |
| 104                       | 1985          | Rut nad Tolminom     |                          | sorta ali mešanica                |
| 105                       | 1985          | Jeprca               |                          | sorta ali mešanica                |
| 106                       | 1985          | Kranj                |                          | sorta ali mešanica                |
| 107                       | 1984          | Radovljica           |                          | sorta ali mešanica                |
| 108                       | 1983          | Javorje – Ruše       |                          | ne pridelujejo                    |
| 109                       | 1983          | Ruše                 |                          | ne pridelujejo                    |
| 110                       | 1984          | Holmec               | Štefan Kos               | <b>pridelujejo domačo</b>         |
| 111                       | 1984          | Hamunov vrh          |                          | ne pridelujejo                    |
| 112                       | 1984          | Holmec               |                          | ne pridelujejo                    |
| 113                       | 1983          | Holmec               |                          | ne pridelujejo                    |
| 133                       | 1981          | Škofja Loka          |                          | ne pridelujejo                    |
| 150                       | 1983          | Podgorje             |                          | ne pridelujejo                    |
| 151                       | 1983          | Cerkno               |                          | ne pridelujejo                    |
| 157                       | 1985          | Tržič                |                          | sorta ali mešanica                |

Rezultati na terenu so pokazali, da na območju Koroške redki kmetje še gojijo ajdo, ampak na zelo majhnih površinah. Večina kmetov oz. njihovih potomcev, ki so v preteklosti gojili ajdo, se več ne ukvarja s pridelovanjem ajde oz. so popolnoma opustili kmetovanje. Kljub temu je bil v letu 1999 najden vzorec originalne črne ajde na hribu blizu Holmca - pridelovalec Štefan Kos (preglednica 1).

Rezultati obiskov na Gorenjskem so pokazali popolnoma različno situacijo v primerjavi s Koroško. Ajda raste na številnih poljih, predvsem v nižinah, vendar kljub temu nismo našli tipične črne populacije. Kmetje povečini pridelujejo nove sorte ali mešanice s starimi populacijami. Nekaj kmetov je povedalo, da so zmešali kupljene seme z domačim in potem čez nekaj let je ta isti kmet prodal drugemu za setev kot domačo. Če se pogovarjaš s slednjim je prepričan, da goji domačo ajdo. Po pogovoru s prejšnjim, ki je ajdo prodal, pa se da razvozlati izvor in običajno se ugotovi, da gre v takih primerih za zmešano oz. že skrižano seme. Takih primerov je trenutno največ na Gorenjskem (preglednica 1).

*Preglednica 2: Genska erozija sivih populacij ajd na območju Dolenjske in Primorske, izvedena v letu 2000*

| <b>Št. vzorca v genski banki</b> | <b>Leto zbiranja</b> | <b>Lokacija zbiranja</b>    | <b>Zbiranje in stanje na terenu 2000</b>                    |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1                                | 1978                 | Vrhtrebnje                  | pridelujejo pred leti kupljeno Sivo v Semenarni             |
| 17                               | 1978                 | Lahinje-Cerkno              | izvor iz Francije, to imamo v genski banki, nimajo več      |
| 69                               | 1990                 | Humarje pri Gornjem Nehovem | izvor iz Cerknega, nimajo več                               |
| 70                               | 1983                 | Krajna vas                  | ne sejejo več                                               |
| 71                               | 1990                 | Lipa                        | ne sejejo več                                               |
| 74                               | 1983                 | Temnica                     | še pridelujejo svojo sorto že 40 let, problemi: srne, odkup |
| 76                               | 1983                 | Sela na Krasu               | ne sejejo več                                               |
| 77                               | 1982                 | Vojščica                    | ne sejejo več                                               |
| 88A (32P)                        | 1980                 | Sežana-Povir                | ne sejejo več                                               |
| 88A (30Ž)                        | 1980                 | Sežana- Žirje               | ne sejejo več                                               |

Ravno tako kot pri črnih populacijah so tudi pri sivih preliminarne ugotovitve kazale na to, da številni vzorci, ki jih hranimo v genski banki, niso več prisotni *in situ* na terenu, kjer so bili zbrani. V nekaterih, zelo redkih primerih ajdo na isti lokaciji sicer še pridelujejo predvsem na Vrhtrebnjem in okolici, vendar se je v preteklosti pri naključnih obiskih in pogovorih na terenu velikokrat pokazalo, da gre za pridelavo sodobnih požlahtnjenih domačih oz. tujih sort in ne več avtohtonih populacij. Ker teh preliminarne trditve za sive populacije ni nihče podrobneje analiziral je bilo v letu 2000 pregledano področje Dolenjske in Primorske. Na teh področjih se je največ pridelovalo populacije s sivimi semeni in belimi do rahlo roza cvetovi, ki so bile nekoliko višje od populacij s črnimi semeni, ki so se pridelovale na Gorenjskem in Koroškem.

Rezultati na terenu so pokazali, da na območju Primorske pridelujejo zelo malo ajde in da se ne prideluje ajda s starim poreklom, ampak se sive populacije pridelujejo šele približno 30 let. Prej so na območjih Primorske pridelovali večinoma črno ajdo, ki pa je že v času zbiranja vzorcev za gensko banko ni bilo več. Zato so bile zbrane po Primorskem večinoma sive populacije. Kljub temu je bil najden vzorec, ki ga ista kmetija prideluje že 40 let in v tem obdobju niso menjali seme (preglednica 2).

Rezultati obiskov na Dolenjskem so pokazali popolnoma različno situacijo glede na Primorsko. Ajda raste na številnih poljih, vendar je spisek z možnimi starimi populacijami zelo omejen, predvsem na Vrhtrebnje in okolico. Tam še pridelujejo sivo ajdo, vendar ni možno pri pridelovalcih ugotoviti, ali so vmes kupovali seme sorte Sive v Semenarni. Za

pridelovalca Zupančiča se po obisku v letu 2000 ve, da prideluje sorto Sivo, ki jo je kupil pred leti v Semenarni. Pridelovalcev Tomošelj in Retelj ni več, potomci pa se s pridelovanjem ajde ne ukvarjajo.

## 6 Sklepi

Rezultati študije na terenu po Gorenjski so pokazali, da je genska erozija pri črni ajdi na območju Gorenjske popolnoma prisotna. Tu ni več možno najti čiste avtohtone populacije, medtem ko na Koroškem samo še en pridelovalec goji avtohtono črno ajdo. V bližnji prihodnosti ne bo več mogoče najti avtohtone populacije tudi ne na Koroškem, ki bi rasle v njenem originalnem okolju.

Obiski na terenu po Dolenjskem in Primorskem so pokazali, da je genska erozija pri sivi ajdi, ravno tako kot pri črni ajdi na Gorenjskem, popolnoma prisotna. Na Dolenjskem ni več možno najti čiste avtohtone populacije, medtem ko smo na Primorskem našli samo en vzorec, ostali pridelovalci, pri katerih se je v preteklosti dobilo domače populacije, ajde ne pridelujejo več. Na obeh pregledanih območjih ni več mogoče najti avtohtonih populacij. Zato so vzorci, ki so zbrani in shranjeni v genski banki zadnji vir tega dragocenega materiala.

Namen proučevanja prisotnosti starih populacij *in situ* na terenu je bil tudi prikazati pomembnost zbiranja in ohranjanja vzorcev v okviru genskih bank in na tak način ohraniti dragocen genski material, ki ga po naših študijah genske erozije na terenu ni mogoče več zbrati. Zato so vzorci, ki so zbrani in shranjeni v genski banki zadnji vir tega dragocenega materiala, ki se je nekoč gojil na slovenskih poljih - *in situ*.

## 7 Literatura

- Adhikari, K.N., Campbell, C.G. 1998. Natural outcrossing in common buckwheat. *Euphytica*, 102: 233-237
- Hoppe, H.A. 1975. *Drogenkunde*, Band 1 - Angiospermen, 8. Auflage. Walter de Gruyter, Berlin, New York: 494-496
- International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Annual Report 1993, Rome: 47
- Kreft, I., Luthar, Z. 1990. Buckwheat - a low input plant. Genetic aspects of plant mineral nutrition (Ed. N. El Bassam et al.), Kluwer Academic Publishers: 497-499
- Kreft, I., Luthar, Z. 1993. Sekundarni metaboliti ječmena, ajde in šentjanževke kot možne protivirusne učinkovine. *Zbornik Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani*, 61: 29-32
- Ohnishi, O. 1991. Discovery of the wild ancestor of common buckwheat. *Fagopyrum*, 11: 5-10
- Statistični letopis RS, več letnikov
- Vavilov, N.I. 1926. Studies on the Origin of Cultivated Plants. *Bull. of Applied Botany*, 2: 16



## Soobstoj in določanje gensko spremenjenih organizmov v konvencionalni koruzi (*Zea mays* L.) na polju

Katja ROSTOHAR<sup>47</sup>, Zoran ČERGAN<sup>48</sup>, Andrej BLEJEC<sup>49</sup>, Petra KOZJAK<sup>50</sup>, Vladimir MEGLIČ<sup>51</sup>, Jelka ŠUŠTAR-VOZLIČ<sup>52</sup>

### Izvleček

V skladu z EU zakonodajo, ki ureja področje gensko spremenjenih organizmov (GSO), je pomembno, da se GSO sledijo že od polja naprej. Zato je potrebna metoda, ki bo zagotovila zanesljivo oceno nenamerne prisotnosti GSO še pred pravilom pridelka konvencionalne – gensko nespremenjene koruze (*Zea mays* L.). Na osnovi podatkov dvoletnega poskusa smo preučevali različne dejavnike, ki vplivajo na razporeditev deležev tujeprašnosti pri koruzi na majhnih in razdrobljenih poljih, z namenom, da bi ocenili delež tujeprašnosti na celotnem polju. Prostorska razporeditev je ključni dejavnik pri prenosu peloda oziroma razporeditvi deleža tujeprašnosti pri koruzi, z oddaljenostjo od vira delež tujeprašnosti eksponentno pada. Največji je v neposredni bližini od vira, na razdalji do 25 metrov. Z računalniškimi simulacijami smo preizkušali različne metode vzorčenja, kjer smo uporabili različna vzorčna območja, velikosti vzorcev ter sheme vzorčenja, da bi razvili učinkovite metode vzorčenja, ki bodo tehnično izvedljive in cenovno sprejemljive.

**Ključne besede:** gensko spremenjene rastline, koruza, tujeprašnost, evropska zakonodaja

## Co-existence and determination of genetically modified organisms in the conventional maize (*Zea mays* L.) in the field

### Abstract

In order to comply with the EU regulatory threshold for the adventitious presence of genetically modified organisms (GMOs) in food and feed, it is important to trace GMOs from the field on. Therefore appropriate sampling methods are needed to accurately predict the presence of GMOs in conventional – not genetically modified maize (*Zea mays* L.) at the field level. On the basis of data of two-year field experiment we were looking for different factors, that influence distribution of cross-pollination in maize on small and fragmented fields, with the aim to assess cross-pollination on the entire field. Spatial distribution is the main factor influencing the transfer of pollen and distributions of cross-pollination in a maize, where cross-pollination exponentially decrease with the distance from the source field. The 1 share of cross-pollination is in direct vicinity from the source, on the distance up to 25 meters. With computer simulations different sampling procedures were tested including different sampling areas, sample sizes and sampling schemes on the field with the aim to develop sampling methods that will be feasible and technically acceptable.

**Key words:** genetically modified plants, maize, cross-pollination, European legislation

### 1 Uvod

Slovenija kot članica EU na svojem ozemlju ne more uvesti popolne prepovedi uporabe ali gojenja gensko spremenjenih rastlin, prav tako pa ne more izključiti nobenega tipa kmetovanja ali pridelovanja gensko spremenjenih rastlin tistih sort, ki so vpisane v Skupni

<sup>47</sup> Univ. dipl. inž. agr. Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1001 Ljubljana, e-pošta: katja.rostohar@kis.si

<sup>48</sup> Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: zoran.cergan@kis.si

<sup>49</sup> Doc. dr., Nacionalni inštitut za biologijo, Večna pot 111, 1000 Ljubljana, e-pošta: andrej.blejec@nib.si

<sup>50</sup> Dr., prav tam, e-pošta: petra.kozjak@kis.si

<sup>51</sup> Doc. dr., prav tam, e-pošta: vladimir.meglic@kis.si

<sup>52</sup> Doc. dr., prav tam, e-pošta: jelka.vozlic@kis.si



katalog sort poljščin in katalog zelenjadnic. To bi bilo namreč v nasprotju z zakonodajo EU. Slovenija zato vzpostavlja ukrepe za soobstoj oz. za preprečevanje prisotnosti GSR v gensko nespremenjenih rastlinah. Tako je Vlada RS maja 2009 sprejela Zakon o soobstoju gensko spremenjenih rastlin z ostalimi kmetijskimi rastlinami (ZSGSROKR), s katerim določa ukrepe za zagotavljanje soobstoja in preprečevanje nenamerne prisotnosti gensko spremenjenih organizmov v gensko nespremenjenih kmetijskih rastlinah oziroma pridelkih. (Ur.l. RS, št. 41/2009).

Evropska zakonodaja (Direktiva 1829/2003, Direktiva 1830/2003) določa označevanje nenamerne prisotnosti GSO v pridelkih in/ali izdelkih, če le ta presega predpisano mejo (0,9 % za hrano in krmo) ter sledljivost GSO od polja naprej. Skladno s predpisi mora prijavitelj zagotoviti izvajanje monitoringa, katerega rezultati so javni. Evropska komisija izdaja priporočila, postopke in strategije nadzora - vzorčenja, ki so namenjena inšpekciji pri izvajanju kontrolnih ukrepov. ZSGSROKR po predpisih, ki urejajo inšpekcijsko nadzorstvo, določa, da lahko kmetijski inšpektor na podlagi predpisov dostopa do zemljišč, rastlin, pridelkov, objektov, strojev, naprav, listin idr., ki se uporabljajo za predelavo kmetijskih rastlin oziroma njihovega pridelka v zvezi z GSR ter opravlja inšpekcijske preglede. Inšpekcija preverja ali pridelovalci GSR in podpisniki dogovora o območju za pridelavo GSR ali o območju brez pridelave GSR izpolnjujejo predpisane obveznosti; odvzame vzorce semenskega materiala, kmetijskih rastlin ali pridelka brez nadomestila njihove vrednosti zaradi preverjanja prisotnosti GSO v njih ter izvaja druge ukrepe pri izvajanju nadzora po tem zakonu in predpisih izdanih na njegovi podlagi.

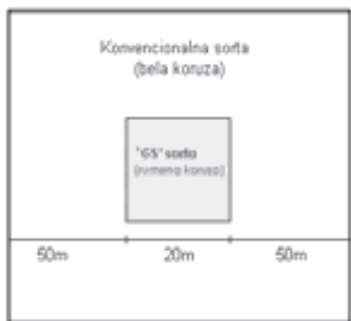
Pridelava GS sort koroze v EU se je v zadnjih letih nekoliko zmanjšala zaradi moratorija, ki v Franciji traja že od leta 2008, v Nemčiji pa od leta 2009. V letu 2009 so v EU tako pridelovali GS koroza na 94.750 ha, medtem ko je bilo v letu 2007 z GS koroza posajenih skupno 110.050 ha (GMO Compass, 2010). V Sloveniji še ne pridelujemo gensko spremenjenih hibridov koroze, vendar glede na setveno sestavo in na izboljšane lastnosti gensko spremenjenih kmetijskih rastlin lahko pričakujemo, da bodo pridelovalci izkazali interes za pridelovanje le-teh. To bo zahtevalo določene spremembe pri organizaciji kmetijske pridelave, saj obstaja možnost, da bo prišlo do nenamerne prisotnosti gensko spremenjenih rastlin v konvencionalnih, integriranih in ekoloških posevkih (Čergan, 2008). Koroza je najbolj razširjena poljščina v Sloveniji, predstavlja okoli 40 % obdelovalnih površin. Značilna so majhna in razdrobljena polja, kjer je povprečna velikost njive 2,4 ha, kar je trikrat manj, kot je povprečna velikost njive v EU (Šuštar-Vozlič in sod., 2008). Viri nenamerne prisotnosti gensko spremenjenih organizmov pri korozi so znani in bi jih lahko razdelili na štiri tipe: primesi v semenu (nečisto seme), oplodnja (tujeprašnost), samosevne rastline ter spravilo, predelava in hranjenje (Čergan in sod., 2008).

Na delež tujeprašnosti na polju vplivajo različni dejavniki, kjer ima pomemben vpliv koncentracija peloda. Ta je odvisna od velikosti donorskega polja oziroma količine rastlin, ki sproščajo pelod. Relativno visoka teža koruznega peloda povzroča hitro padanje le tega, zato delež tujeprašnosti z razdaljo od vira pada. V manjši meri na tujeprašnost vplivajo še meteorološki parametri. Tako na primer močan veter omogoča prenos peloda na daljše razdalje in s tem poveča tujo oplodnjo na večjih razdaljah. Seveda pa naravne ovire (npr.: drevesa, zgradbe ...) preprečujejo prehod peloda in s tem preprečijo tujo oplodnjo. Večina, okoli 98 %, peloda se odloži na prvih 25 m, skoraj ves, odvisno od vremenskih razmer, pa do 100. Prisotnost gensko spremenjenih organizmov je bila dokazana tudi na razdalji večji od 200 metrov. Veter ima pomemben vpliv le v primerih, ko ima zadostno moč in prevladujočo smer. Temperatura vpliva na koncentracijo prašenja in določa trajanje cvetenja (Bannert in sod., 2006).

Zaradi številnih dejavnikov, ki vplivajo na delež tujeprašnosti, so deleži tujeprašnosti zelo variabilni, zato je težko natančno napovedati (določiti) delež gensko spremenjenega zrnja na polju oz. določenem območju ter tako ugotoviti, ali delež presega predpisano mejo. V kmetijstvu se že uporabljajo metode za vzorčenje na polju, ki preverjajo homogenost, vsebnost aflatoksinov itn., vendar je uporabnost in učinkovitost teh metod vprašljiva. Namen dela je bil razvoj učinkovitih metod vzorčenja za določanje deleža GSO na celotnem polju, s katerim bo omogočeno označevanje deleža nad ali pod zakonsko predpisano mejo ter sledljivost tekom celotne prehranjevalne verige.

## 2 Material in metode

S pomočjo dvoletnega poskusa, ki smo ga izvajali v Jabljah pri Trzinu, smo pridobili podatke o tujeprašnosti na polju. Na polju velikosti 120 m x 120 m je bila rumena sorta (simulirala gensko spremenjeno) posajena v sredini na razdalji 20 m x 20 m, območje imenujemo donorsko polje ali donor, okoli nje na razdalji 50 m pa je posajena bela koruza (simulirala konvencionalno sorto), območje imenujemo receptorsko polje ali receptor (slika 1). Rumena koruza praši na območju bele korusze; tako oplojena zrnja na beli koruzi so rumeno obarvana – tujeprašno zrnje (slika 1). Delež rumenega zrnja nam pove stopnjo tujeprašnosti oziroma pretok genov. Skupno je bilo pobranih 3600 vzorcev. Posamezne storže smo posušili, zličkali ter ročno prešteli in stehtali belo in rumeno zrnje. Tako smo izračunali delež tujeprašnosti na posameznem storžu. Težave smo imeli z nečistostjo semena, saj se je na receptorskem polju pojavil določen delež rumenih rastlin (približno 1 %), ki je prašil na receptorskem polju. Da bi zmanjšali tovrsten vpliv, smo deleže na vzorcih, ki niso bili tipični (izkazali 10 krat višji delež od pričakovanega), nadomestili kot manjkajoče vrednosti z metodo najbližjega sosesa (kNN algoritem).



Slika 1: Zasnova poljskega poskusa ter koruzni storž z značilnimi rumenim – tujeprašnim zrnjem

Da bi ugotovili, kateri dejavniki vplivajo na tujeprašnost, smo v času cvetenja s pomočjo meteoroloških postaj merili temperaturo, vlažnost, smer in moč vetra ter zračni pritisk. S pomočjo metod regresijskih modelov v programskem paketu za rudarjenje podatkov WEKA (Witten, 2005) smo ugotavljali vpliv različnih parametrov na tujeprašnost.

Različne metode vzorčenja smo preizkušali s pomočjo statističnega programa R (R Development Core Team, 2007), kjer smo uporabili različna vzorčna območja (območja receptorskega polja glede na oddaljenost od vira), velikosti vzorca ( $n = 10, 20, \dots, 150$ ) ter sheme vzorčenja (naključna ali sistematična vzorčenja).

### 3 Rezultati

Na podlagi ocen deležev tujeprašnosti poljskega poskusa smo z regresijskimi modeli ugotovili, da na tujeprašnost pri majhnih poljih koruze najbolj vpliva oddaljenost od donorja, z njo pojasnimo več kot 80 % variabilnosti. Meteorološki parametri (npr.: smer in moč vetra) niso pokazali značilnega vpliva (Debeljak in sod., 2007). Pomemben je bil položaj receptorskega polja. Glede na položaj polja smo ločili dva tipa, tip polja A, ki je v stiku z donorjem s celotno dolžino (robno polje), ter tip polja B, ki je v stiku z donorjem le s kotnim delom (kotno polje). Večji deleži tujeprašnosti so bili na območjih, ki so bližje donorju, kar je pričakovati, saj je koncentracija peloda na tem območju višja. Delež tujeprašnosti z razdaljo pri obeh tipih polja, A in B, eksponentno pada. Na razdalji večji od 20 m povprečni deleži tujeprašnosti, tako na polju A kot B, padejo pod mejo označevanja, 0,9 %.

Na osnovi deležev tujeprašnosti smo simulirali različne metode vzorčenja. Najprej smo vzorčenja izvajali na celotnem receptorskem območju. Zaradi velikih vrednosti deležev tujeprašnosti v začetnih vrstah ob donorju ter nizkimi deleži na oddaljenejših območjih ima vzorčenje na celotnem receptorskem polju veliko variabilnost rezultatov, zato za natančen rezultat potrebujemo velik vzorec (veliko število pobranih storžev), kar pa cenovno in tehnično ni sprejemljivo. Da bi zmanjšali variabilnost podatkov, smo vzorčenja omejili na manjša območja, izključili vzorce v neposredni bližini donorja (ti imajo velike deleže tujeprašnosti). To je privedlo do boljših ocen tujeprašnosti z manjšimi vzorci.

Ker je naključno vzorčenje na polju tehnično težko izvedljivo, smo omejeni na sistematična vzorčenja, kjer vzorčimo določene vrste, velikost vzorcev pa ne presega 50 enot (storžev), kar je sprejemljivo, če jih pobira ena oseba. Sistematična vzorčenja se razlikujejo po tem, koliko vrst vzorčimo, ali pobiramo storže posamezno ali v grupah ter, ali so grupe oziroma enote v vrsti izbrane naključno ali pa so razdalje med njimi izbrane enakomerno.

Da ocenimo delež tujeprašnosti na celotnem polju, potrebujemo oceno funkcije prileganja (Šuštar Vozlič in sod., 2010). Ta nam napoveduje delež tujeprašnost na določen delu polja glede na oddaljenost od vira. Delež tujeprašnosti na celotnem polju pa izračunamo z integriranjem funkcije prileganja po celotni dolžini polja, od najbližje do najbolj oddaljene točke receptorskega polja od vira. Tako je izračun povprečnega deleža tujeprašnosti na celotnem polju odvisen od oblike funkcije prileganja ter od dimenzije (dolžine) receptorskega polja.

### 4 Sklepi

S pomočjo poljskega poskusa, kjer smo se omejili na majhna in razdrobljena polja, smo preučevali deleže tujeprašnosti pri koruzi, z namenom da bi razvili metode, ki bi določevale delež tujeprašnosti na celotnem polju še pred spravilom. Pri razvoju metod je pomembno poznavanje deležev tujeprašnosti na celotnem polju. Ugotovili smo, da je tujeprašnost odvisna predvsem od razdalje od donorja ter geometrijskih lastnosti med donorjem in receptorjem. Delež tujeprašnosti z oddaljenostjo od vira eksponentno pada. Tako lahko z izolacijsko (varnostno) razdaljo, vsaj 10 m, v večji meri preprečimo prenos peloda in s tem zmanjšamo delež tujeprašnosti na polju.

Pri ocenjevanju deleža tujeprašnosti na celotnem polju smo ugotovili, da so vzorčenja na celotnem območju tehnično neizvedljiva, variabilnost podatkov pa prevelika, zato so taka vzorčenja nesprejemljiva. Primerna so le sistematična vzorčenja na manjših območjih, ki ne presegajo 50 vzorcev (storžev). Delež tujeprašnosti na celotnem polju določimo s pomočjo ocen na posameznih območjih, kjer uporabimo funkcije prileganja, ki jih izračunamo iz

vzorčnih ocen (Šuštar Vozlič in sod., 2010). Tako je delež tujeprašnosti na polju odvisen od oblike funkcije prileganja (vzorčnih ocen) ter od dimenzije (dolžine) receptorskega polja. Ocena tujeprašnosti na celotnem polju pa nam služi pri prepoznavanju potrebe za označevanje pridelkov še pred pravilom.

## 5 Literatura

- Bannert, M. 2006. Simulation of transgenic pollen dispersal by use of different grain colour maize. Dissertation no. 16508. Swiss Federal Institute of Technology of Zürich: 92 s.
- Čergan, Z., Dolničar, P., Kozjak P., Meglič, V., Šuštar-Vozlič, J., Ugrinović, K., Verbič, J., Vrščaj B., Zemljič A. 2005. Soobstoj in ohranjanje biotske raznovrstnosti v kmetijstvu (agrobiodiverzitete): specifične tehnologije pridelovanja in ohranjanje genskih virov kmetijskih rastlin. Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana: 47 s.
- Debeljak, M., Ivanovska, A., Kocev, D., Džerovski, S., Rostohar, K. 2007. Application of regression models and polynomial equations to predict out-crossing rate of maize. International Conference Applied Statistics 2007, Ribno (Bled), Slovenia. Statistical Society of Slovenia, Ljubljana: 2 s.
- GMO Compass. 2010. Dostopno na [http://www.gmo-compass.org/eng/agri\\_biotechnology/gmo\\_planting/392.gm\\_maize\\_cultivation\\_europe\\_2009.html](http://www.gmo-compass.org/eng/agri_biotechnology/gmo_planting/392.gm_maize_cultivation_europe_2009.html) (15.10.2010)
- R Development Core Team. 2007. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Šuštar Vozlič, J., Debeljak, M., Kozjak, P., Rostohar, K., Vrščaj, B., Ivanovska, A., Čergan, Z., Meglič, V. 2008. Sampling for GMO analysis at the field level. 1st Global Conference on GMO Analysis : Villa Erba, Como, Italy]. Joint Research Centre, Ispra, Italy: 35 s.
- Šuštar Vozlič, J., Rostohar, K., Blejec, A., Kozjak, P., Čergan, Z., Meglič, V. 2010. Development of sampling approaches for the determination of the presence of genetically modified organisms at the field level. Anal. bioanal. chem., 396, 6: 2031
- Ur.l. RS, št. 41/2009. Zakon o soobstoju gensko spremenjenih rastlin z ostalimi kmetijskimi rastlinami (23.4.2009). Dostopno na: [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r06/predpis\\_ZAKO4836.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r06/predpis_ZAKO4836.html)
- Vlada Republike Slovenije. Sporočilo za javnost o sklepih, ki jih je Vlada RS sprejela na 24. seji (16.6.2009). Dostopno na: [www.vlada.si/fileadmin/dokumenti/si/Sporocila\\_za\\_javnost/sevl24.doc](http://www.vlada.si/fileadmin/dokumenti/si/Sporocila_za_javnost/sevl24.doc)
- Witten, I.H., Frank, E. 2005 Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2 edition.

## Izbrani *R* geni, vključeni v odziv na okužbo s krompirjevo plesnijo (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary) pri krompirju (*Solanum tuberosum* L.)

Peter DOLNIČAR<sup>53</sup>, Katarina RUDOLF PILIH<sup>54</sup>, Metka ŽERJAV<sup>55</sup>, Jelka ŠUŠTAR-VOZLIČ<sup>56</sup>

### Izvelek

Krompirjeva plesen povzroča vedno večje težave pri pridelovanju krompirja, saj je v zadnjih letih postala izjemno virulentna in agresivna, zato je odpornost sort ključnega pomena. V preteklosti je imela horizontalna odpornost v večini programov žlahtnjenja krompirja prednost pred vertikalno, vendar v zadnjih letih ugotavljajo, da ni več dovolj učinkovita proti novim sojem krompirjeve plesni. Do sedaj je znanih in opisanih več kot 13 različnih *R* genov za vetrikalno odpornost na plesen pri različnih vrstah iz rodu *Solanum*. Poleg najbolj razširjenih in uporabljenih *R* genov iz vrste *S. demissum*, so v uporabi tudi drugi viri iz vrst *S. bulbocastanum*, *S. berthautii*, *S. pinnatisectum*. Na Kmetijskem inštitutu Slovenije smo s križanji za odpornost proti krompirjevi plesni na listih začeli v letu 1998, odločili smo se za vnos vertikalnega tipa odpornosti. Doslej smo uspešno skrižali več zanimivih kombinacij, ki imajo uspešnejše potomstvo od povprečja žlahtniteljskega programa. Nova sorta KIS Kokra je odporna na plesen na listih in je že vključena v katalog krompirjevih sort za leto 2010, dva odporna kloni KIS 00-136/94-9 in KIS 01-136/111-9 pa sta v postopku registracije. V letu 2010 smo uspešno skrižali pet kombinacij s sorto Toluca, ki vključuje *R* gene iz *S. bulbocastanum*.

**Ključne besede:** krompir, *Solanum tuberosum*, krompirjeva plesen, odpornost, žlahtnjenje

## *R* genes involved in response to infection with late blight (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary) in potato (*Solanum tuberosum* L.)

### Abstract

Potato late blight became more virulent and aggressive in the last few years and it causes large losses in potato production every year. The use of resistance genes has become therefore important topic in blight control. Resistance to late blight can be either polygenic (horizontal) or monogenic (vertical), based on *R* genes. Horizontal polygenic resistance has been overcome by new more virulent pathogen in very short time. Therefore the use of major *R* genes has become the only option in potato breeding. Thirteen *R* genes have been found in different species of *Solanum* genus so far. The most utilized and the oldest *R* genes related to late maturity are from species *Solanum demissum*, followed by the genes from *S. bulbocastanum*, *S. berthautii*, *S. pinnatisectum*. Since 1998 several combinations with resistant offspring were bred every year at the Agricultural Institute of Slovenia. A new Slovenian variety KIS Kokra, resistant to late blight on leaves, was included in the Common Catalogue of Potato Varieties in 2010. Additionally, two more resistant clones KIS 00-136/94-9 and KIS 01-136/111-9 are in registration trials the second and the third year. In 2010 five successful combinations with variety Toluca carrying *S. bulbocastanum* *R* gene were obtained.

**Key words:** potato, *Solanum tuberosum*, potato late blight, resistance, breeding

### 1 Uvod

Obstoječi konvencionalni načini zaščite krompirjevih nasadov pred krompirjevo plesnijo s fitofarmaceutskimi pripravki so s stališča zdrave hrane in varstva okolja vse bolj omejeni.

<sup>53</sup> Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: peter.dolnicar@kis.si

<sup>54</sup> Dr., prav tam, e-pošta: katarina.rudolf@kis.si

<sup>55</sup> Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: metka.zerjav@kis.si

<sup>56</sup> Doc. dr., prav tam, e-pošta: jelka.sustar-vozlac@kis.si

Odpornost sort proti krompirjevi plesni (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary), patogenu, ki je vse bolj spremenljiv in virulenten, postaja vse pomembnejši del strategij kontrole bolezni. V zadnjih letih je bila že vključena v program žlahtnjenja krompirja tudi pri nas (Dolničar, 2008). Krompirjeva plesen je najpomembnejša glivična bolezen krompirja, ki napada tako liste kot gomolje. Povzroča jo organizem *Phytophthora infestans* de Bary, ki na prvi pogled spominja na glive, je pa bolj soroden algam. Redno se pojavlja v času rasti in je najnevarnejša, ko se temperature gibljejo med 15 in 25 °C. Če je na voljo dovolj vlage in traja omočenost listja vsaj 8 do 12 ur, spore plesni na listih uspešno kalijo. V zadnjih letih postaja plesen vse bolj agresivna in vse težje obvladljiva (več infekcij, krajša latentna doba, hitrejša sporulacija). Zato in pa zaradi vse toplejše klime se pojavlja tudi vedno bolj zgodaj v rastni dobi. Populacija *P. infestans* postaja vedno bolj heterogena tudi v Evropi in v Sloveniji. Sestavljajo jo glive obeh spolnih paritvenih tipov - A1 in A2, kar je pogoj za nastanek oospor (Sliwka in sod., 2006). V Sloveniji so v letu 2006 našli kar 20,3 % sojev tipa A2 (Žerjav in Zemljčič Urbančič, 2007), danes pa A2 tip predstavlja že prevladujoč tip plesni. Zaradi prisotnosti obeh paritvenih tipov obstaja teoretična možnost primarnih okužb krompirja z oosporami, ki prezimujejo v tleh tudi pri nas. V praksi smo v zadnjih dveh letih tudi pri nas že večkrat opazili okužbo, ki je logično lahko pojasnjena le s prisotnostjo oospor (Žerjav, 2010). V skandinavskih deželah postajajo že reden pojav in resen problem (Hanukkala in sod., 2008). Oospore *P. infestans* so bile najdene tudi v listih paradižnika. Obstajajo različice glive, ki so odporne na fungicid metalaksil. Odpornost se pojavlja redno in je več proti koncu rastne sezone (tudi do 40 % sojev). Raziskave na Finskem in na ruskem polotoku Kola so pokazale, da je razvoj na metalaksil odpornih sojev del naravnega procesa selekcije in razvoja bolezni tekom rastne dobe in ni odvisen le od selekcijskega pritiska zaradi prekomernih aplikacij metalaksila (Hanukkala in sod., 2008). Ob okužbi odpornih sort s plesnijo se pojavijo značilne majhne omejene nekrotične pike na mestih kalitve spor (odmrle celice kot posledica hipersenzitivne reakcije napadene in okoliških celic), ki se ne širijo naprej po rastlini. Rastline ostanejo zelene bistveno dlje, navadno se povečuje število nekrotičnih pik (mest okužbe). Občasno plesen lahko preide vertikalno odpornost, zato ne velja za stabilno in so jo do nedavna v programih žlahtnjenja manj uporabljali. Več poudarka je bilo namenjeno vnosu t.i. splošne ali horizontalne odpornosti, ki je poligensko dedovana in zato trajnejša. Povzroča jo več različnih genov, ki so med seboj vsaj deloma neodvisni, je pa zanj značilen tudi vpliv okolja na izražanje odpornosti (dolžina dneva, prehrana). V novejših programih žlahtnjenja pa se vnašajo predvsem *R* geni iz vrste *Solanum*: *R1-R11* geni iz vrste *Solanum demissum*, *Rpi-blb1*, *Rpi-blb2* in *Rpi-blb3* geni iz vrste *Solanum bulbocastanum* ter geni iz do sedaj manj znanih vrst, kot so *S. berthaultii*, *S. pinnatisectum*, *S. microdontum*, *S. mochiense*, *S. neorossii*, *S. okada* in drugih.

## 2 Material in metode dela

Klasični program žlahtnjenja, ki smo ga doslej že večkrat opisali (Dolničar, 2002; 2006), smo leta 1998 v manjšem delu spremenili tako, da smo poudarek namenili žlahtnjenju na odpornost proti krompirjevi plesni. V letih od 1998 do 2008 smo kot vire *R* genov uporabili sorte Escort, Cita, White Lady in sorto Stirling, ki poseduje obe, torej horizontalno in vertikalno odpornost (Dolničar, 2008). V letu 2010 smo v križanja vključili sorto Toluca, ki poseduje vire odpornosti iz *S. bulbocastanum* (*Rpi-blb* geni).

Za pospešitev postopka preverjanja odpornosti na plesen in ločevanje posameznih *R* genov v potomstvu smo v letošnjem letu začeli vpeljevati metodo na osnovi molekularnih markerjev, s pomočjo katerih v križancu določimo prisotnost/odsotnost *R* gena. V preglednici 1 so podani

izbrani markerji, s pomočjo katerih smo določali uspešnost vnosa *R* genov v križance. Genomsko DNA smo izolirali po optimiziranem protokolu z uporabo BioSprint DNA Plant Kit (Qiagen) in robota KingFisher. Za določitev izbranega *R* gena smo uporabljali metodo, ki smo jo povzeli po Huangu, 2005.

Preglednica 1: Molekularni markerji za določanje *R* genov

| Kromosom | <i>R</i> gen | Marker  | Vir odpornosti          | Viri                        |
|----------|--------------|---------|-------------------------|-----------------------------|
| 6        | Rp-blb2      | CT119   | <i>S. bulbocastanum</i> | Van der Vosen in sod., 2005 |
| 4        | Rp-blb3      | CT229   | <i>S. bulbocastanum</i> | Park in sod., 2005          |
| 4        | Rp-blb3      | TG506R  | <i>S. bulbocastanum</i> | Huang, 2005                 |
| 11       | R3           | CT120   | <i>S. demissum</i>      | Huang, 2005                 |
| 11       | R3           | STM0025 | <i>S. demissum</i>      | Huang, 2005                 |
| 11       | R3           | GP185   | <i>S. demissum</i>      | Huang, 2005                 |
| 11       | R3           | GP250   | <i>S. demissum</i>      | Huang, 2005                 |
| 11       | R3           | cLET5E4 | <i>S. demissum</i>      | Huang, 2005                 |

Tudi na podlagi rezultatov testiranj vnosa *R* genov so križanci uvrščeni v poskus za predizbiro in v preskus odpornosti proti krompirjevi plesni. Za ocene odpornosti križancev smo uporabili standardne sorte Cvetnik, Sante in uporabljene odporne starševske sorte. Ocenjevanje smo opravili v posebej zasnovanih preskusih po 16 rastlin v rastni dobi in uporabili skalo po Henflingu (1982). V letošnjem letu smo pričeli z uvajanjem ugotavljanja odpornosti v zgodnji fazi odbire (3. leto na polju).

### 3 Rezultati z diskusijo

V zadnjih enajstih letih smo opravili več uspešnih križanj različnih kombinacij s sortami, odpornimi na krompirjevo plesen na listih. Uporabili smo sorte White Lady, Escort, Cita, Stirling in Toluca. Podrobnejši rezultati so prikazani v preglednici 2, kjer je razvidno, da so kombinacije z odpornimi sortami v povprečju uspešnejše od vseh opravljenih kombinacij. Odbira je potekala po ustaljenih metodah na izbrane kvalitativne in kvantitativne lastnosti. Večina odbranih križancev še ni bila preskušena na odpornost proti krompirjevi plesni na listih, teoretično pa lahko pričakujemo, da bo bolj ali manj odpornih okoli 50 % križancev.

Iz križanj v letu 1998 smo uspešno odbrali križanec pod šifro KIS 98-136/72-1, ki je odporen proti krompirjevi plesni na listih. Za križanja smo uporabili sorto White Lady, ki je bila donor odpornosti ter križanec med sortama Sante in Matjaž. V letošnjem letu je bila ta sorta pod imenom KIS Kokra uvrščena v katalog krompirjevih sort. Dva odporna kloni KIS 00-136/94-9 in KIS 01-136/111-9 pa sta v postopku registracije.

V poskus določevanja *R* genov s pomočjo molekularnih tehnik smo vključili 30 križancev iz leta 2010, ki naj bi vključevali bodisi *R* gene iz vrste *S. demissum* ali *Rpi-blb* gene iz vrste *S. bulbocastanum*. Za določevanje *R3* gena se je kot najprimernejši izkazal alelni specifičen marker STM0025 (slika1), medtem ko smo za določevanje *Rpi-blb* genov uporabili markerja CT119 in CT229.



Preglednica 2: Prikaz uspešnosti kombinacij križanj na odpornost proti krompirjevi plesni na listih v letih od 2003 do 2010

| Leto<br>križanja | Število uspešnih kombinacij |             |             | Število odbranih klonov v letu 2010 |         |      |
|------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------------------------------|---------|------|
|                  | skupno                      | št.odpornih | %           | skupno                              | plesen* | %    |
| 2003             | 34                          | 8           | 23,5        | 13                                  | 4**     | 30,7 |
| 2004             | 51                          | 10          | 19,6        | 24                                  | 10      | 41,6 |
| 2005             | 41                          | 6           | 14,6        | 25                                  | 7       | 28,0 |
| 2006             | 58                          | 9           | 15,5        | 72                                  | 27      | 37,5 |
| 2007             | 77                          | 3           | 3,9         | 110                                 | 12      | 10,9 |
| 2008             | 24                          | 6           | 25,0        | 500                                 | 84      | 16,8 |
| 2009             | 63                          | 24          | 38,1        | 10000                               | 3000    | 30,0 |
| <b>2010</b>      | <b>24</b>                   | <b>15</b>   | <b>62,5</b> | -                                   | -       | -    |

\* križanec odporen proti krompirjevi plesni

\*\*kombinacije in križanci pridobljeni s križanjem odpornih staršev na k. plesen na listih



Slika 1: Prikaz ločitve med občutljivimi in odpornimi genotipi z molekularnim markerjem STM0025, ki je alelna specifičen za določevanje R3 gena iz vrste *S. demissum* (M-marker, 1-NTC, 2,4-občutljiv genotip, 3,5,6-odporen genotip)

#### 4 Sklepi

Krompirjeva plesen povzroča vedno večje težave pri pridelovanju krompirja, saj je v zadnjih letih postala vse bolj virulentna in agresivna. Razvoj bolezni pospešujejo tudi klimatske spremembe. V preteklosti največkrat uporabljena horizontalna odpornost v zadnjih letih ni več dovolj učinkovita proti novim sojem krompirjeve plesni.

Na Kmetijskem inštitutu Slovenije smo s križanji za odpornost proti krompirjevi plesni na listih začeli v letu 1998, pri čemer smo se odločili za vnos vertikalnega tipa odpornosti (R geni).

Sorta KIS Kokra je prva slovenska sorta odporna na plesen na listih in je že bila vključena v katalog krompirjevih sort za leto 2010, dva odporna klona KIS 00-136/94-9 in KIS 01-136/111-9 pa sta v postopku registracije.

V letu 2010 smo uspešno vključili v križanja tudi vire, ki vključujejo *S. bulbocastanum* *Rpi-blb* gene z uporabo sorte Toluca.

Ker je za doseganje dolgotrajnejše odpornosti proti krompirjevi plesni potrebno kopičenje različnih R genov v rastlini, je za njihovo določevanje v potomstvu križanj nujna uvedba molekularnih metod.

#### 5 Zahvala

Raziskava je potekala v okviru ciljnega raziskovalnega projekta Uporaba genskega potenciala tradicionalnih slovenskih vrst kmetijskih rastlin za žlahtnjenje novih sort prilagojenih



spremenjenim klimatskim razmeram (V4-0482). Projekt sta sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

## 6 Literatura

- Bradshaw, J.E. 2002. Potato Breeding at the Scottish Plant Breeding Station and the Scottish Crop Research Institute: 1920–2008. *Potato Research*, 52, 2: 141-172
- Dolničar, P. 2002. Bodoče nove slovenske sorte krompirja, vzgojene na Kmetijskem inštitutu Slovenije. V: Tajnšek, A. (ur.), Šantavec, I. (ur.). *Novi izzivi v poljedelstvu 2002 : zbornik simpozija*, Ljubljana: 143-147
- Dolničar, P. 2006. Nove slovenske sorte krompirja. V: Tajnšek, A. (ur.), Šantavec, I. (ur.). *Novi izzivi v poljedelstvu 2006 : zbornik simpozija*, Ljubljana: 256-259
- Dolničar, P. 2008. Vzgoja proti krompirjevi plesni na listih odpornih sort krompirja na Kmetijskem inštitutu Slovenije. V: Tajnšek, A. (ur.), Šantavec, I. (ur.). *Novi izzivi v poljedelstvu 2008 : zbornik simpozija*, Ljubljana: 103-107
- Hannukkala, A.O., Rastas, M., Hannukkala, A.E. 2008. Phenotypic traits of *Phytophthora infestans* in Finland and north western Russia. *Proceeding of 17th Triennial Conference of the EAPR*, July 6-10, Brasov, Romania: 167-170
- Henfling, J.W. 1982. Field screening procedures to evaluate resistance to late blight. *CIP Technology Evaluation Series No. 1982*: 5
- Huang, S. 2005. Discovery and characterization of the major late blight resistance complex in potato. PhD thesis: 136 s.
- Park, T.H., Gros, J., Sikkema, A., Vleeshouwers, V., Muskens, M., Allefs, S., Jacobsen, E., Visser, R.G.F., Van der Vossen E.A.G. 2005. The late blight resistance locus *Rpi-blb3* from *Solanum bulbocastanum* belongs to a major late blight R gene cluster on chromosome 4 of potato. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 18: 722-729
- Sliwka, J., Sobkowiak, S., Lebecka, R., Avendano-Corcoles, J., Zimnoch-Guzowska, E. 2006. Matyng type, Virulence, Aggressiveness and Metalaxyl Resistance of Isolates of *Phytophthora infestans* in Poland. *Potato Research*, 49: 155-166
- Vossen, E.A.G., Gros, J., Sikkema, A., Muskens, M., Wouters, D., Wolters, P., Pereira, A., Allefs, S. 2005. The **Rpi-blb2** gene from **Solanum bulbocastanum** is an **Mi-1** gene homolog conferring broad-spectrum late blight resistance in potato. *Plant Journal*, 44: 208-222
- Žerjav, M., Zemljič-Urbanič, M. 2007. Krompirjeva plesen v spremenjenih razmerah za pridelovanje krompirja : predavanje na strokovnem srečanju Krompirjeva plesen - problem, ki ostaja v okviru prireditve Dan krompirja, Komenda, 5. okt. 2007
- Žerjav, M. 2010. Krompirjeva plesen in črna listna pegavost. Predavanje na strokovnem srečanju v okviru prireditve Dan krompirja, Komenda, 1. okt. 2010

## Pridelovanje in uporaba tatarske ajde – nov izziv v Sloveniji

Ivan KREFT<sup>57</sup>, Mateja GERM<sup>2</sup>, Blanka VOMBERGAR<sup>3</sup>

### Izvleček

Tatarska ajda (*Fagopyrum tataricum*) ima ugodno prehransko kakovost in je zaradi vsebnosti fenolnih snovi odporna na rastlinojedce in škodljivce ter bolezni, pa tudi na vplive ultravijoličnega sevanja. Uspeva v razmeroma neugodnih okoljskih razmerah. Ker pri gojenju tatarske ajde običajno ne uporabljamo mineralnih gnojil ali pesticidov, je primerna tudi za ekološko pridelovanje. Flavonoidi tatarske ajde so pomembni antioksidanti v prehrani.

**Gljučne besede:** tatarska ajda, kakovost, flavonoidi

## Growing and utilisation of tartary buckwheat for functional food as a new possibility in Slovenia

### Abstract

Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) has excellent nutritional quality in regards to anti-oxidants. It is resistant to grazing by animals, pests, diseases and UV radiation because of its concentration of rutin, quercetin, and other of phenolic substances. It is able to grow in unfavourable climatic and soil conditions. Tartary buckwheat is sensitive to application of mineral fertilizers, especially nitrogen fertilizers. Buckwheat is as a semi-wild plant suitable for growing without pesticides and artificial mineral fertilisation. All these characteristics make buckwheat suitable for production of organically grown foods.

**Key words:** tartary buckwheat, quality, flavonoids

## 1 Uvod

Tatarska ajda (*Fagopyrum tataricum*) je poljščina, ki izvira s Kitajske (Bonafaccia in sod., 2003). V Sloveniji se je zelo razširila v letih lakote 1815 in 1816 do okoli 1920. Lakota je v Evropi nastala zaradi vrste vulkanskih izbruhov na območju Tihega oceana v letih 1812 do 1815. Najmočnejši izbruh, ki je povzročil, da je razneslo vrh vulkana Tambora, je bil 10. aprila 1815. Vulkanski pepel je prekril nebo, zmanjšalo se je sončno obsevanje in poljščine so dale zelo nizke pridelke. Baron Žiga Zois je ugotovil, da na Češkem uspeva tatarska ajda, ki daje zmeren pridelek tudi v neugodnih razmerah. S Češke je uvozil seme tatarske ajde in je pospeševal njeno pridelovanje v Sloveniji. Po njem so tatarsko ajdo poimenovali tudi »cojzla«, spomin na to ime se je ponekod na kmetih ohranil do današnjih dni (prof. dr. Franc Batič, osebna informacija). V Sloveniji so na Koroškem še sredi 20. stoletja pridelovali tatarsko ajdo tudi na nadmorski višini okoli 1200 m. V drugi polovici 20. stoletja so še bolj kot navadno ajdo, začeli opuščati pridelovanje tatarske ajde. Razlogi za opuščanje so bili enaki kot za opuščanje navadne ajde (predvsem pridelovanje koruze, po kateri ni več možno sejati strniščnega posevka). Dodatno je k hitrejšemu opuščanju tatarske ajde prispevalo zaraščanje hribovskih območij, za katera je bila ta posebej primerna in pa grenkast okus ter nižji odstotek moke in večji delež luščin in otrobov pri mletju v primerjavi z navadno ajdo. Ljudje se niso zavedali, da je grenek okus posledica razmeroma velike vsebnosti flavonoidov.

<sup>57</sup> Prof. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, e-pošta: ivan.kreft@guest.arnes.si

<sup>2</sup> Dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Jamnikarjeva 101, SI-1111 Ljubljana

<sup>3</sup> Dr., Izobraževalni center Piramida Maribor, Park mladih 3, 2000 Maribor

Zadnji posevek tatarske ajde smo našli v osemdesetih letih prejšnjega stoletja v Radohovi vasi na Dolenjskem. Domačini so moko iz tatarske ajde uporabljali predvsem za žgance, s tem, da so žgančevko odlili in jo zavrgli ter nadomestili s svežim kropom. Na tak način se je grenek okus tatarske ajde zmanjšal.

Prof. dr. Elza Leskovec je našla pridelovanje tatarske ajde v začetku osemdesetih let prejšnjega stoletja v dolini Krme na Gorenjskem. Ko smo šli po njenih napotkih v Krmo, kmet tatarske ajde ni več prideloval. Pri kmetu smo dobili vzorec domače tatarske ajde za gensko banko Biotehniške fakultete.

Kasneje smo seme tatarske ajde (v sodelovanju zlasti s prof. dr. Zlato Luthar) našli le še kot primes (plevel) v navadni ajdi. Našli smo jo predvsem ponekod na Dolenjskem, zlasti na desnem bregu Save v območju Sevnice. Posamične rastline tatarske ajde je v okolici Tržiča med domačo sorto navadne ajde še letos našel sodelavec dr. Igor Zelnik.

Ponovno večje zanimanje za ajdo, zlasti pa v najnovejšem času za tatarsko ajdo, je osnovano na prehranski kakovosti pridelka ajde in na tem, da jo lahko pridelujemo na ekološki način (Kreft in Luthar, 1990; Kreft, 1994; He in sod., 1995; Ikeda, 1997; Škrabanja in Kreft, 1998; Ikeda in sod., 1998; Hagels, 2007).

V Evropi je neprekinjena tradicija pridelovanja tatarske ajde v Luksemburgu (Bonafaccia in sod., 2003). V Bosni pa tradicionalno pridelujejo mešani posevek tatarske in navadne ajde, približno polovico vsake v posevku. Tak posevek je bolj odporen na vremenske nevšečnosti, moka iz takega pridelka pa ni preveč grenka.

V letu 2009 smo poskusno pridelovali tatarsko ajdo (seme iz Luksemburga) v Biljah pri Šempetru, v letu 2010 pa na podlagi naših nasvetov posejanih že nekaj hektarjev in pridelanih več ton zrnja tatarske ajde v okolici Šentjerneja in Krškega na Dolenjskem.

## 2 Pridelovanje tatarske ajde

Tatarsko ajdo lahko sejemo kot prašno ajdo, spomladanski posevek (maja), ali kot strniščni posevek (julija). Posejemo približno 60 do 80 kg na hektar, odvisno seveda od povprečne teže semen. Njiva ne sme biti preveč pognojena z dušičnimi gnojili, sicer tatarska ajda zlasti v deževnem vremenu polega. Je pa tatarska ajda nekoliko bolj odporna na poleganje kot navadna ajda, pa tudi vremenske nepravilnosti ji manj škodijo kot navadni ajdi. Tatarska ajda je samoprašna rastlina in ne potrebuje opraševalcev, čebele je ne obletavajo, najdemo pa na njenih drobnih zelenkastih cvetovih druge žuželke ki se hranijo z nektarjem. Polje tatarske ajde ne diši tako izrazito kot cvetoče polje navadne ajde, pa tudi na izgled krajine nima tako izrazitega vpliva. Prašna tatarska ajda dozori v začetku septembra, strniščna pa sredi oktobra.

Tatarska ajda je v primerjavi tudi z navadno ajdo manj prilagojena na gojenje. Tako se zrelo seme kaj lahko osiplje. Ko je četrtna do tretjina zrn napolnjenih in rjave barve, vsaj še ena tretjina pa napolnjenih in še zelene barve, je primeren čas za žetev. Če čakamo predolgo, da se napolni še zadnja tretjina oblikovanih semen, bomo morda ta lahko poželi s pridelkom, zaradi osipanja pa bomo izgubili prvo tretjino. Pri spravilu je treba upoštevati tudi zeleno maso listov. Če je listje še bujno in zelo zeleno, bomo imeli težave pri kombajniranju. Tatarsko ajdo, ki ima listje še zeleno, lahko visoko pokosimo, pustimo da pokošene biljke v sončnem vremenu ležijo na njivi na visokem strnišču (da se pokošene rastline ne dotikajo tal) in previdno pobereemo s kombajnom in omlatimo.

Tako kot vsako ajdo, požeto s kombajnom (za razliko od preteklosti, ko so požete rastline vezali v snope in sušili v kozolcih), je treba tudi tatarsko ajdo takoj odpeljati na sušenje. Nekateri mlinarji že imajo sušilnice v ta namen. Če ajdo požanjemo in ne sušimo takoj, začne

zrnje plesniti in tako zrnje ni primerno za prehrano ljudi, je pa pogojno primerno (če ni preveč plesnivo) za setev.

### 3 Kakovost pridelka tatarske ajde

Ajda vsebuje pomembno količino rutina (kvercetin-3-rutinosid, od 0.01 do 6 % na suho snov) in drugih polifenolnih snovi (Luthar, 1992; Gaberščik in sod., 2002; Fabjan in sod., 2003; Breznik in sod., 2004; Breznik in sod., 2005; Kreft in sod. 2006). Tatarska ajda (*Fagopyrum tataricum*) vsebuje v vseh delih, zlasti pa v zrnih, več rutina kot navadna ajda (od 1 do 6 %). Pri pripravi ajdovega testa se del rutina zaradi lastnih encimov delno razgradi, kar pravkar raziskujemo v sodelovanju obeh inštitucij. Izhodišča za to raziskavo so bila že predhodno objavljena (Kreft in sod., 2006), potrebno pa je še podrobneje raziskati v konkretnih razmerah tehnologije priprave ajdovih jedi.

Kvercetin navadno ne najdemo v svežih vzorcih ajde, ali pa ga je zelo malo, lahko pa se v različnih delih požete rastline ajde pojavi kot rezultat encimskih procesov po žetvi.

Fagopirin je snov, ki povzroča občutljivost ljudi na svetlobo, če pojedjo preveč zelenih delov rastlin ajde. Podoben je hipericinu šentjanževke, vendar še ni znano, če ima tudi podobne učinke na ljudi kot hipericin (zunanje razkuževanje ran, blag antidepresiv). V zrnih tatarske ajde so zelo majhne količine fagopirina (neobjavljeni rezultati).

### 4 Uporaba tatarske ajde

Ajda nima glutena, zato je za tehnološke lastnosti izdelkov iz ajde pomembna tudi kakovost škroba (Ikeda in sod., 1997; Ikeda in sod., 1998). Kakovosten ajdov kruh pa dobimo z mešanjem ajdove moke z moko kakovostne pšenice. Na Izobraževalnem centru Piramida Maribor razvijamo recepture za ajdove kruhe brez dodatka pšenične moke, namenjene bolnikom s celiakijo. Tatarske ajde ne moremo pridelovati in tržiti, če ne poskrbimo za primerno uporabo, informiranje in osveščanje končnih uporabnikov.

Tradicionalno so na Dolenjskem pripravljali žgance iz moke tatarske ajde. Žgančevko so odlili in nadomestili z navadnim kropom. Danes vemo, da je v žgančevki tatarske ajde razmeroma veliko flavonoidov, pa tudi mineralnih snovi. Ikeda in sod. (2004) navajajo, da je veliko mineralnih snovi tudi v tekočini, v kateri so se kuhale jedi iz navadne ajde. Zato žgančevke ne zavrzemo, temveč jo razredčimo v razmerju 1:1 (ali v drugem primernem razmerju) s posnetim mlekom, da se omili grenek okus in uporabimo kot topel napitek.

Osnovna tradicionalna ajdova jed je poleg žgancev tudi ajdov močnik (Vadnal in Kreft, 2002), ki ga lahko pripravimo tudi iz moke tatarske ajde: V skledi pripravimo 100 g mešanice moke in v njo damo eno celo jajce ter za začetek nekaj kapljic vode. Počasi z vilico razmešamo jajce v moko in nadaljujemo z vilico ali z roko, da se oblikujejo usukančki. Usukance stresemo v slan krop ali v en liter vrelega mleka. Zabelimo z maslom, oljem ali ocvirki in postrežemo. Mlečni močnik lahko tudi sladkamo.

Razvili smo recepturo za izredno okusen mešan ajdov kruh, ki ima v mešanici mok poleg pšenične moke tudi moki navadne in tatarske ajde. Ajdove moke pri pripravi testa ne poparimo. Uporabimo 65 % pšenične moke (tip 850), 20 % navadne ajdove moke in 15 % moke tatarske ajde. Priprava: 500 g omenjene mešanice mok zmešamo v skledi s 380 g vode in mešamo s kuhalnico pri sobni temperaturi (20 °C) s 7 g kvasa, 8 g soli, in ročno močno pregnetemo (10 minut). Prvo vzhajanje traja 30 minut na primerno toplem mestu. Pregnetemo (5 minut) oblikujemo hlebec in pustimo vzhajati še približno eno uro preden spečemo.

Na Izobraževalnem centru Piramida Maribor smo razvili recepturo za ajdove piškote, tudi iz tatarske ajde (Vombergar in Gostenčnik, 2005). Osnovna receptura: 970 g ajdove moke (navadne ali tatarske), 30 g kakavovega prahu, 400 g sladkorja v prahu, 400 g margarine, 250 g (5) jajc, 10 g vanilijevega sladkorja, 10 g limonine lupine, 1 g soli, 12 g pecilnega praška cca. 50 g vode (samo pri testu iz tatarske ajdove moke). Postopek izdelave ajdovih keksov: pri tehtanju surovin smo natančni. V mešalni stroj smo dali margarino, sladkor v prahu, jajca, sol, limonino pasto in lupino ter vanilin sladkor. Za kekse iz tatarske ajdove moke smo dodali še okoli 50 g vode. Nato smo premešali. Mešanje je potekalo 2 minuti. Moko, presejan pecilni prašek in presejan kakavov prah v posodi smo narahlo premešali in dodali v strojni kotel. Nadaljevali smo mešanje, da so se sestavine sprijele v testo. Mešanje je trajalo približno 1 minuto pri testu iz navadne ajdove moke in približno 1,5 minute pri testu iz tatarske ajdove moke. Testo smo nadevali v skledo in pustili počivati 30 minut. To je najmanjši priporočen čas počivanja tudi za druga krhka testa. Nato smo testo valjali. Valjali smo manjše količine testa na stroju za valjanje. Debelina testa iz navadne ajdove moke je bila 3,2 mm, debelina testa iz tatarske ajdove moke pa 3,0 mm. Izrezovali smo srca (navadna ajdova moka: kos = 18 g; tatarska ajdova moka: kos = 17,5 g). Pečenje je potekalo pri 185 °C, čas peke je bil 12 minut. Sledilo je hlajenje. Površino smo poskropili s čokoladnimi nitkami, da smo še dodatno nekoliko zabrisali razlike v barvi med kekxi iz različnih ajdovih mok.

Tudi druge možnosti uporabe in izdelke iz tatarske ajde je še možno razviti in uporabiti (Bonafaccia in sod., 1994; Park in sod. 2000; Vombergar in Pem, 2007, Vogrinčič in sod., 2010; Zhang in sod., 2010).

## 5 Zahvala

Del raziskav kakovosti in uporabne vrednosti tatarske ajde je finansirala ARRS, Ljubljana v okviru projekta J4-3618.

## 6 Literatura

- Breznik, B., Germ, M., Gaberščik, A., Kreft, I. 2004. The combined effects of elevated UV-B radiation and selenium on Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) habitus. *Fagopyrum*, 21: 59-64
- Breznik, B., Germ, M., Gaberščik, A., Kreft, I. 2005. Combined effects of elevated UV-B radiation and the addition of selenium on common (*Fagopyrum esculentum* Moench) and tartary (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) buckwheat. *Photosynthetica*, 43, 4: 583-589
- Bonafaccia, G., Kreft, I. 1994. Technological and qualitative characteristics of food products made with buckwheat. *Fagopyrum*, 14: 35-42
- Bonafaccia, G., Marocchini, M., Kreft, I. 2003. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chem.*, 80: 9-15
- Fabjan, N., Rode, J., Kosir, I.J., Wang, Z.H., Zhang, Z., Kreft, I. 2003. Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercitrin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 6452-6455
- Gaberščik, A., Vončina, M., Trošt, T., Germ, M., Björn, L.O. 2002. Growth and production of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) treated with reduced, ambient and enhanced UV-B radiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 66: 30-36
- Hagels, H. 2007. Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe des Buchweizens; Die Wirkungen des Rutins; Gewinnung von Rutin aus Buchweizenblättern; V: Das Buchweizenbuch. Islek ohne Grenzen
- He, J., Klag, M.J., Whelton, M.J., Mo, J.-P., Chen, J.-Y., Qian, M.-C., Mo, P.-S., He, G.-S. 1995. Oats and buckwheat intakes and cardiovascular disease risk factors in an ethnic minority in China. *Am. J. Clin. Nutr.*, 61: 366-372

- Ikeda, K. 1997. Molecular cookery science. V: Cookery Science for the 21 Century, Vol. 4, Kenpaku-Sha Press, Tokyo, Japan in Japanese
- Ikeda, K., Kishida, M., Kreft, I., Yasumoto, K. 1997. Endogenous factors responsible for the textural characteristics of buckwheat products. J. Nutr. Sci. Vitaminol., 43: 101-111
- Ikeda, K., Arai, R., Kreft, I. 1998. A molecular basis for the textural characteristics of buckwheat products. V: Advances in Buckwheat Research 7, IBRA, Winnipeg, Manitoba, Canada, III - 57-60
- Ikeda, S., Tomura, K., Lin, R., Kreft, I. 2004. Nutritional characteristics of minerals in Tartary buckwheat. Fagopyrum, 21: 79-84
- Kreft, I. 1994. Traditional buckwheat food in Europe. Bulletin of the Research Institute for Food Science Kyoto University, 57: 1-8
- Kreft, I., Luthar, Z. 1990. Buckwheat - a low input plant. V: N. El Bassam, Genetic aspects of plant mineral nutrition, Kluwer Academic Publishers: 497-499
- Kreft, I., Fabjan, N., Yasumoto, K. 2006. Rutin content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) food materials and products. Food Chem., 98: 508-512
- Luthar, Z. 1992. Polyphenol classification and tannin content of buckwheat seeds (*Fagopyrum esculentum* Moench). Fagopyrum, 12: 36-42
- Park, C.H., Kim, Y.B., Choi, Y.S., Heo, K., Kim, S.L., Lee, K.C. 2000. Rutin content in food products processed from groats, leaves and flowers of buckwheat. Fagopyrum, 17: 63-66
- Škrabanja, V., Kreft, I. 1998. Resistant starch formation following autoclaving of buckwheat groats. An in vitro study. J. Agr. Food Chem., 46: 2020-2023
- Vadnal, K., Kreft, I. 2002. Economic botany of buckwheat pap in Slovenia. Fagopyrum, 19: 95-100
- Vogrinič, M., Timoracka, M., Melichacova, S., Vollmannová, A., Kreft, I. 2010. Degradation of rutin and polyphenols during the preparation of tartary buckwheat bread. J. agric. food chem., 58: 4883-4887
- Vomberger, B., Gostenčnik, D. 2005. Priprava ajdovih keksov za prehranske poskuse. Acta agric. Slov. 85: 397-409
- Vomberger, B., Pem, N. 2007. Izdelava testenin iz mok navadne in tatarske ajde. Acta agric. Slov. 89: 269-277
- Zhang, M., Chen, H., Li, J., Pei, Y., Liang, Y. 2010. Antioxidant properties of tartary buckwheat extracts as affected by different thermal processing methods. LWT- Food Science and Technology, 43: 181-185

## Gospodarsko pomembne lastnosti domačega lanu (*Linum usitatissimum* L.) iz Bele krajine ter možnosti ponovne pridelave in predelave

Darja KOCJAN AČKO<sup>58</sup>, Tatjana RIJAVEC<sup>59</sup>

### Izvleček

V raziskavi je opisan pregled lanarstva s poudarkom na Sloveniji in rezultati, bločnih poljskih poskusov izvedenih na Biotehniški fakulteti v obdobju 2003 do 2006, v katerih smo primerjani produktivnost lanenih stebel in semen ter kakovost vlaken slovenskega avtohtonega lanu iz Bele krajine s sorto Laura iz Skupnega kataloga poljščin Evropske unije. Glede na nekatere morfološke in gospodarsko pomembne lastnosti, kot sta absolutna masa in višina rastlin, ima domači lan lastnosti semenskega lanu; ravno steblo skoraj brez stranskih poganjkov, velikost pridelka stebel in kakovost vlaken pa so primerljive z nizozemsko sorto Laura, ki je deklarirana za pridobivanje vlaken. Širjenje tradicionalnega lanarstva je lahko vir dohodka ekoloških turističnih kmetij. Sodobna mehanizirana pridelava in obrtna/industrijska predelava stebel in vlaken terjajo preučitev ekonomske upravičenosti proizvodnje ekoloških tekstilnih izdelkov (ekotekstil) in kompozitnih materialov (biokompoziti) iz lanu na naših tleh. Zgledi zanje so pri nekaterih lanarjih ob atlantski obali in na severu Evrope, kjer je puljenje in baliranje stebel mehanizirano, predelava stebel v vlakna pa poteka s sodobnimi, ekološko sprejemljivimi postopki godenja, trenja, predenja in tkanja. Pri tehničnem posodabljanju pridelave lanu v Sloveniji ima prednost semenski lan, kjer so za uvedbo mehanizirane pridelave potrebne le manjše investicije v prilagoditev delovanja obstoječih žitnih sejalic in žetvenikov, stiskanje semena v olje pa je prav tako mogoče z obstoječimi stiskalnicami.

**Ključne besede:** *Linum usitatissimum*, vlaknati in semenski lan, lanarstvo, avtohtoni lan, kakovost vlaken, možnosti pridelave in predelave lanu v Sloveniji

## Economically important characteristics of autochthonous flax (*Linum usitatissimum* L.) from Bela krajina region and possible reintroduction and processing

### Abstract

This paper presents an overview of flax production, with the emphasis on the production of flax in Slovenia. The Biotechnical faculty of the Slovene autochthonous flax from Bela krajina region and the characteristics of the Laura cultivar from the EU Common catalogue of agricultural varieties were compared at the Biotechnical faculty in Ljubljana. The study was done in block field trials during the period from 2003 to 2006, with testing the production of stems and linseed. Considering certain morphological and economically important characteristics such as absolute mass and plant height, the autochthonous Slovene flax proved to have the same characteristics as the seed flax; straight stalks with almost no lateral sprouts, also the yield and the fibre quality are comparable to the Dutch cultivar Laura, which already got the declaration for fibre production. Promotion of traditional flax production can be the source of additional income for the organic tourist farms. On the other side the decision for a modern mechanised or industrial production of flax for stems and fibre demand verification of economic feasibility of ecotextile production and production of composite materials (biocomposites) from the flax grown in Slovenia. Good examples can be found at some flax producers on the Atlantic shore and in the Northern Europe, where plucking and baling of stems is mechanised and the stem processing into fibre is done by modern environment friendly procedures of retting, scutching, spinning

<sup>58</sup> Doc., dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1111 Ljubljana, e-pošta: darja.kocjan@bf.uni-lj.si

<sup>59</sup> Doc., dr., Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, Snežniška 5, 1101 Ljubljana, e-pošta: tatjana.rijavec@ntf.uni-lj.si

and weaving. With technical modernization of the flax processing in Slovenia the advantage is given to the seed flax, where only small investments are needed for the introduction of mechanised processing to adjust the operation of existing sowing and harvesting machines, and the pressing of seed for oil is possible with the existing presses.

**Key words:** *Linum usitatissimum*, fibre and seed flax (linseed), flax production and processing, autochthonous (domestic) flax, fibre quality, producing and processing feasibility of flax in Slovenia

## 1 Uvod

Navadni lan (*Linum usitatissimum* L.) je predivnica in oljnica iz družine lanovk (*Linaceae*) in ena izmed najstarejših kmetijskih rastlin. Sodobna pridelava vlaken in semen sta vse bolj geografsko in tehnološko ločeni (Burton, 2007; Weightman in Kindred, 2007). Nove sorte lanu so vzgojene glede na namen uporabe pridelka, to je za vlakna ali za seme in olje. Vlaknate sorte imajo v stebelu do 40 % vlaken, seme oljnih sort pa vsebuje do 45 % maščob. Vlaknati lan je navadno višji od semenskega, z manj stranskimi vejami, ima daljša vlakna v stebelu, toda manjši pridelek semena (Martin, 2006). Mešani tip lanu združuje lastnosti obeh tipov in je značilen za avtohtone populacije, ki so se ohranile v tradicionalni pridelavi (Kocjan Ačko in Trdan, 2008). Tehnologi izbranim sortam in rastnim razmeram prilagajajo optimalno količino semena za setev in medvrstni razmik, mehanizirajo obdelavo, setev, oskrbo posevkov in spravilo (Butorac in sod., 2006, 2010; Couture in sod., 2002; Easson in sod., 2000; Stevenson in sod. 1996). Posledica večje gostote setve je manj stranskih poganjkov, kar vpliva na večjo količino in boljšo kakovost vlaken višjih sort v primerjavi z nižjimi. Vlakna visoke kakovosti dobijo le iz stebel v zgodnji rumeni zrelosti, ko seme še ni popolnoma zrelo (Lampret, 1949; Sadar, 1935). Laneno steblo je povprečno visoko 50 do 125 cm in debelo 1,6 do 3,2 mm (Batra, 2007). Tik pod povrhnjico v ličju stebela je 15 do 40 snopov večceličnih vlaken, ki potekajo od vretenaste korenine do vrha stebela in so z zunanjo srednjo lamelo povezana z ličjem. Snop vlaken sestavlja 10 do 40 elementarnih vlaken, dolžine 14  $\mu$ m do 70 mm (Batra, 2007), ki jih ločuje notranja srednja lamela. Godenje stebel, ki je najzahtevnejša faza v proizvodnji lanenih vlaken, je najustrežnejše, če poteka na naraven način, to je biološko z encimi, ki jih proizvajajo mikroorganizmi. Biološki postopek traja 8 do 14 dni v hladni vodi ali 3 do 4 dni pri temperaturi 30 do 40 °C ob redni menjavi vode (Hann, 2005). Na vsebnost celuloze in hemiceluloz vpliva stopnja godenja. Vsebnost hemiceluloz in vodotopnih snovi v vlaknih je najnižja pri intenzivnem godenju. Trdnost elementarnih vlaken je odvisna od količine vsebovane celuloze (Hann, 2005).

Lan je danes v Evropi vse bolj iskano vlakno za izdelavo biokompozitov za trdo embalažo, pohištvo in notranje dele vozil. Glede na smernice Evropske unije (European Union's end-of-life of vehicles) se bodo z letom 2012 morala dati vsa nova vozila 95 % reciklirati, zaradi česar se že povečuje delež rastlinskih vlaken, vključno z lanom, za izdelavo kompozitov za notranje obloge streh in vrat avtomobilov. Upoštevalo se porabo 5 do 10 kg rastlinskih vlaken na vozilo, so predvidene potrebe zahodne Evrope za avtomobilsko industrijo od 80.000 do 160.000 ton rastlinskih vlaken letno. Vlakna lanu so zaradi visoke natezne trdnosti primerna zamenjava sintetičnih, predvsem steklenih vlaken v kompozitih. Vlakna izotropno ali anizotropno položijo v termoplastično matrico, kjer zaradi odličnih nateznih in upogibnih lastnosti delujejo kot ojačitvena komponenta. Problemi v zvezi z uporabo lana in drugih rastlinskih vlaken v biokompozitih so nihanje v kakovosti vlaken, navzemanje vlage in posledično nezaželeno gnitje, ter slaba adhezivnost celuloznih vlaken z matrico. Manjše navzemanje vode v celuloznih vlaknih dosežejo z ekstrakcijo hemiceluloz s hidrotermično obdelavo, z zamreženjem degradiranih produktov hemiceluloz in lignina ter s povečanjem



kristaliničnosti celuloze. Vlaknom se pri tem tudi zvišata trdnost in upogibni modul. Prav tako zmanjša navzemanje vode acetiliranje celuloznih vlaken. Izboljšanje adhezivnosti hidrofilnih celuloznih vlaken s hidrofobno matrico izboljša tudi impregniranje s silani in drugimi hidrofobnimi snovmi.

Namen članka je podati zgodovinski pregled pridelave lanu v svetu, Evropi in Sloveniji ter na podlagi poljskih poskusov analizirati morfološke in tehnološke lastnosti domačega lanu iz Bele krajine. Cilj raziskave je podati predloge in ideje za ponovno pridelavo in posodobitev tehnoloških postopkov pridelave in predelave vlaken.

## 2 Material in metode dela

Statistične podatke o pridelavi lanu v svetu, Evropi in Sloveniji (Faostat, 2008; Statistični letopis) smo grafično prikazali in razložili.

Analizo morfoloških lastnosti dveh genotipov lanu in njunih agrotehničnih lastnosti smo naredili s pomočjo poljskih poskusov, postavljenih v obdobju 2003 do 2006 na Biotehniški fakulteti v Ljubljani (46°04'N, 14°31'E, 299 alt.). Poljske poskuse smo posejali po metodi naključnega bloka v treh ponovitvah. Velikost posamezne parcele je bila 1 m x 4 m (4 m<sup>2</sup>). V poskusih smo preučili domači avtohtoni lan iz Bele krajine in nizozemsko sorto Laura, ki je vpisana v Skupni katalog sort poljščin EU in deklarirana za pridelavo vlaken. Lan smo v vseh letih posejali v prvi dekadi aprila z motorno sejalnico na medvrstni razmik 8,5 cm, 17 cm in 34 cm. Oskrba posevka je bila tradicionalna. Rastline smo populili konec rumene zrelosti v zadnji dekadi julija, jih za nekaj dni položili v vrste na travo ob poskusni parceli in potem osmukali glave s semeni.

Kakovostne lastnosti vlaken smo izmerili v laboratoriju Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Za preučevanje kakovosti vlaken smo posušena stebila laboratorijsko godili v jekleni kadi z vodo v kopelnem razmerju 1:200 (Pallesen, 1996). Stebila iz posameznih parcel smo pet dni namakali v vodi pri temperaturi 20 do 30 °C oziroma 20 do 40 °C, pri čemer smo vodo vsak dan zamenjali. S segrevanjem vode smo pospešili mikrobiološko delovanje. Vsakodnevna menjava vode je bila potrebna zaradi zmanjšanja kislosti in odstranjevanja neprijetnega vonja, ki je nastajal pri gnitju. Po godenju je sledilo sušenje stebel na zraku. Pred trenjem smo stebila dodatno sušili v laboratorijskem sušilniku pri 30 °C. Otepanje in česanje vlaken smo izvedli po tradicionalni metodi (Lampret, 1949). Dolžino lanenih stebel smo merili od začetka korenine do vrha lanenega stebila, debelino pa s kljunastim merilom na sredini stebila. Za vsak vzorec smo naredili po 50 meritev dolžine in debeline vlaken. Finočo vlaken smo določili z gravimetrično metodo po 50 meritev za vsak vzorec (SIST EN ISO 5079, 1999). Mehanske lastnosti smo merili na dinamometru Instron 6022 (SIST EN ISO 1973, 1999). Vpeta dolžina vlaken je bila 100 mm in 10 mm, hitrost testiranja pa 100 mm/min oziroma 10 mm/min; za vsak vzorec smo napravili po 20 meritev.

## 3 Rezultati in diskusija

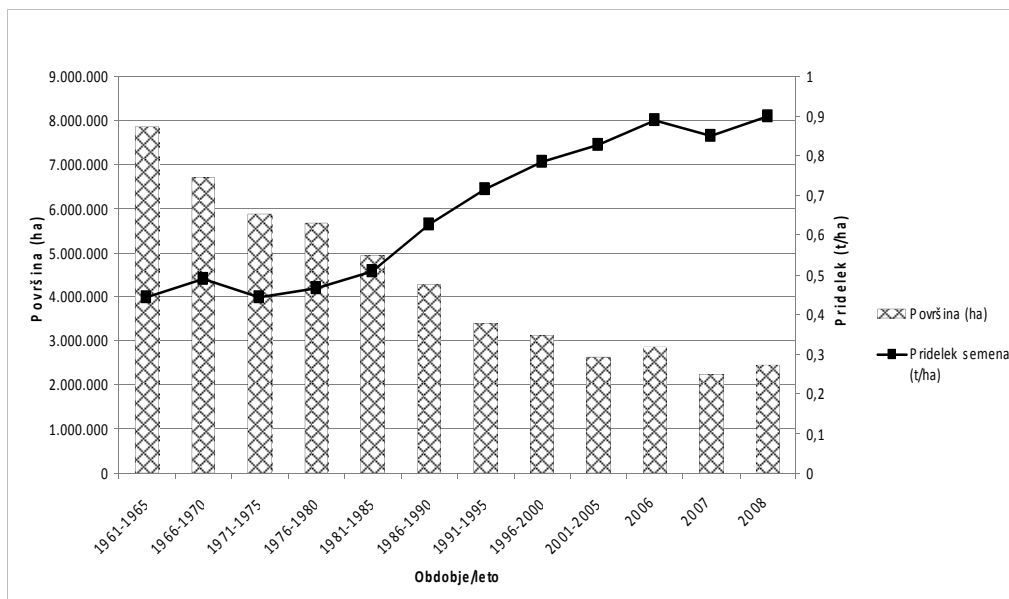
### 3.1 ZGODOVINSKI PREGLED PRIDELAVE LANU V SVETU

V Aziji in Sredozemlju so lan uporabljali že pred našim štetjem v prehrani ljudi (seme in olje), iz vlaken pa so predli niti in tkali izjemno fine tkanine za oblačila, kar je vplivalo na visoko oblačilno kulturo starih civilizacij (Martin in sod. 2006; Kocjan Ačko, 1999). Pridelava in predelava sta se po propadu rimske civilizacije širili po Evropi. V srednjem veku je lanarstvo pridobilo gospodarski in kulturni pomen. Obrtna izdelava platna s pomočjo vretena s preslico, kolovrata in mehanskih stavev je doživela vrhunec v 17. in v prvi polovici 18. stoletja (Kobe-

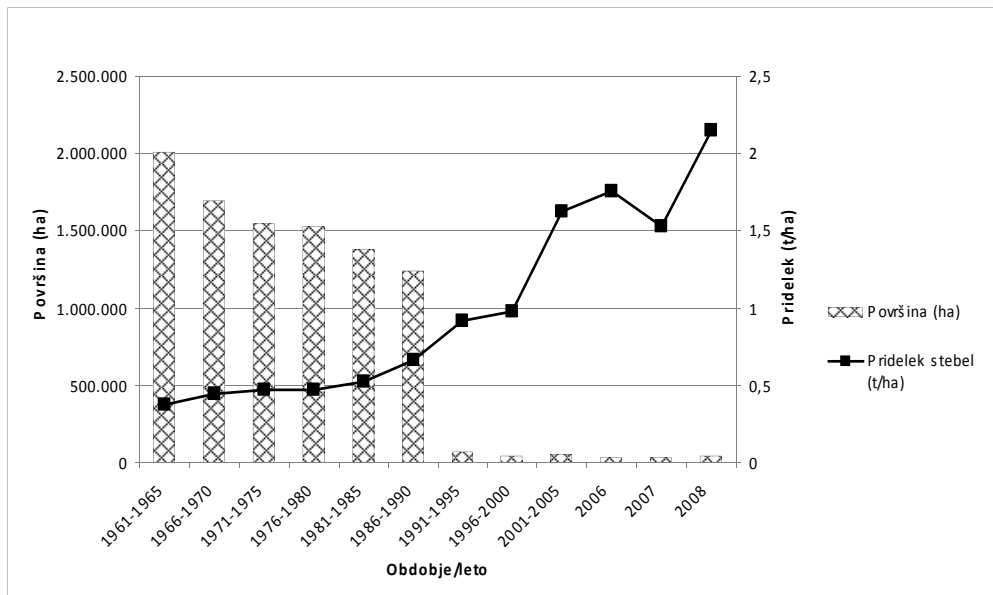
Arzenšak, 1986; Mandekić, 1942; Sadar, 1935). Sadar (1935) navaja, da so kmetje na Slovenskem večinoma sejali mešani tip lanu in pridelali po 0,5 tone stebel in 0,5 tone semena na hektar. Zanimanje za lanena vlakna se je močno zmanjšalo konec 18. stoletja z izumom stroja za odzrnjevanje bombaža, ki je dobil prednost pred lanom in konopljo v novo nastali tekstilni industriji. Industrializacija v tekstilnem rokodelstvu je povzročila propadanje starih tradicionalnih obrti ter zmanjšanje števila zaposlenih delavcev ter bogatenje posameznikov. Laneno blago so postopoma nadomestili s cenejšim bombažnim blagom, in pozneje, po drugi svetovni vojni, s sintetičnimi tkaninami (Kobe-Arzenšek, 1986; Martin in sod., 2006).

Analiza svetovne pridelave lanu je pokazala na prevladujoč obseg njiv za seme (približno 2,5 milijona ha v letu 2008) v primerjavi z lanom za vlakna, ki je bil posejan le na okoli 50.000 ha zemljišč (Faostat, 2008). Povprečni svetovni pridelek lanenega semena v obdobju 2000 do 2008 se je gibal od 0,7 t do 1,0 t/ha, v istem obdobju pa je bil povprečni pridelek vlaken skupaj s pazderjem od 1,1 do 2,1 t/ha. Zmanjševanje zemljišč pod lanom v obdobju 1961 do 2008 in povečevanje pridelka sta razvidna s slik 1 (lan za seme) in 2 (lan za vlakna).

Podatki FAO (Faostat, 2008) za pridelavo lanu za seme v letu 2008 kažejo, da je vodilna svetovna pridelovalka Kanada. Sledijo ji Indija, Kitajska, Etiopija, ZDA, Rusija, Belorusija, Bangladeš, Francija, Afganistan in druge države. Semenski oziroma oljni lan najboljše uspeva na toplih območjih, kjer dobi v rastni dobi 400 do 750 mm padavin (Martin, 2006). Na področju pridelave lanenih vlaken vodi Kitajska. Veliko manjše pridelovalke so Belorusija, Francija, Rusija, Španija, Belgija, Velika Britanija, Ukrajina, Nizozemska in druge države iz severa Evrope, kjer so najugodnejše rastne razmere za predivni lan; zaželeno je zmerno toplo do hladno podnebje s 1100 do 1400 mm padavin v rastni dobi (Kocjan Ačko, 1999). Posamezni kmetje pridelajo do 4 t semena/ha oziroma do 6 t stebel/ha, kar je rezultat novih sort glede na namen uporabe pridelka in mehanizirane pridelave, puljenja in baliranja (Schneider in Wulfhorst, 1997; Wulfhorst in sod., 2006).



Slika 2: Površina zasejana z lanom za seme, in povprečen pridelek na hektar v svetu po obdobjih od 1961 do 2008 (Faostat, 2008)



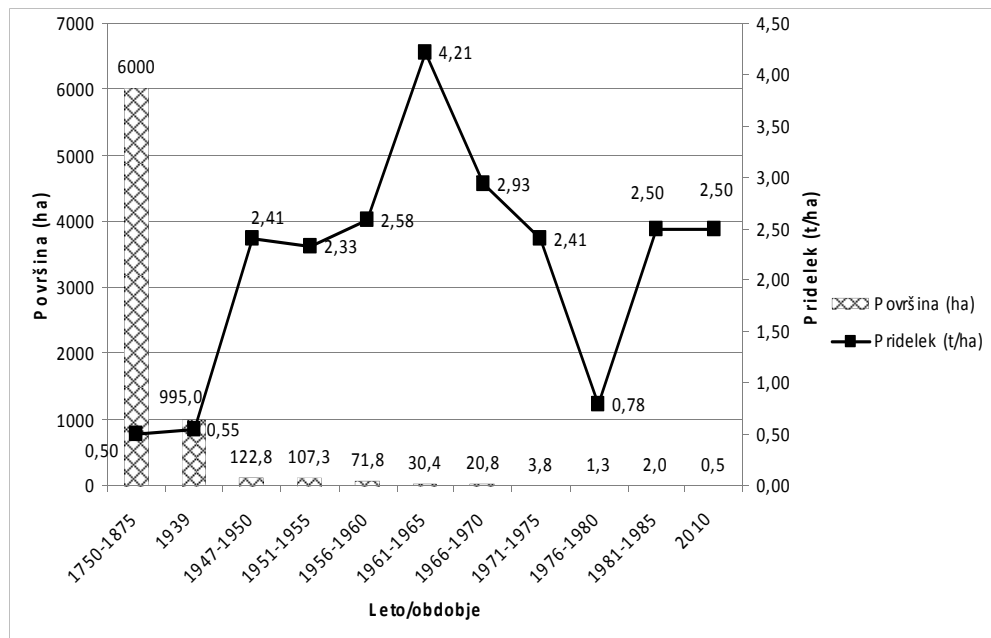
Slika 2: Površina zasejana z lanom za vlakna, in povprečen pridelek na hektar v svetu po obdobjih od 1961 do 2008 (Faostat, 2008)

K večjemu deležu posejanih njiv s predivnicami vzpodbuja tudi kmetijska politika Evropske unije s programom neposrednih plačil. Vse kaže, da je povečanje pridelave in vključevanje novih (bivših) pridelovalk mogoče le v primeru novih tržnih izdelkov iz vlaken oziroma semen, po katerih se širi povpraševanje zaradi večje prehranske varnosti (ekoživila, nenasičene maščobne kisline, kozmetični in zdravilski izdelki), tekstilne kakovosti (ekooblačila iz naravnih materialov) in ekološkosti materialov za kompozitne izdelke iz lanenih stebel in vlaken v gradbeništvu, strojništvu, avtomobilski industriji in drugih industrijah (Wulfhorst in sod., 2006).

### 3.2 ZGODOVINSKI PREGLED LANARSTVA NA OBMOČJU DANAŠNJE SLOVENIJE

Glede na zapise v poznosrednjeveških urbarjih, so lan gojili skoraj povsod v tedanjih slovenskih deželah (Gospodarska..., 1970). Na območju Slovenije je lanarstvo doseglo vrh v avstrijskem cesarstvu v obdobju 1750 do 1875, ko so ga pridelovali na vsaj 6000 ha, tkalstvo pa je bila donosna obrt (Bogataj, 1989; Maček, 1993). Kranjski trgovci so sloveli po lanenem platnu, jadrovini in drugih izdelkih, ki so jih prodajali od Trsta do Neaplja, v Dalmaciji in na avstrijskem Štajerskem. V obdobju Avstro-Ogrske monarhije (1867 do 1918) je opazno hitro in kontinuirano zmanjševanje lanenih njiv (Kobe-Arzenšek, 1986). V kraljevini Jugoslaviji je bil lan leta 1939 na območju takratne Slovenije posejan na približno 1000 ha, leta 1961 pa je bilo v Sloveniji le še 291 ha lanenih njiv. Zadnji statistični podatek 2 ha lanenih njiv, s pridelkom stebel približno 2,5 t/ha, je zabeležen za leto 1985.

Po osamosvojitvi leta 1991 se je Slovenija znašla med državami skoraj brez njiv, posejanih z lanom. Najdlje se je pridelava ohranila v Prekmurju (severovzhodna Slovenija) in v Beli krajini (jugovzhodna Slovenija), kjer na nekaj kmetijah nadaljujejo s setvijo domačega lanenega semena na tradicionalen način za izdelavo kakovostnega platna za vrhnja oblačila in notranjo opremo, ki jih tržijo v okviru turističnih predstavitev lanarstva na kmetiji.



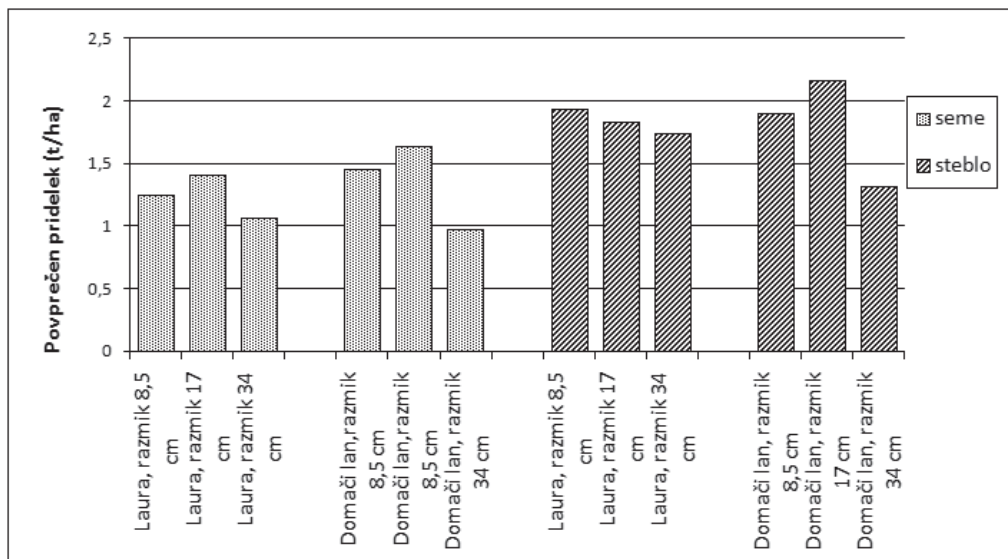
Slika 3: Površina zemljišč, zasejanih z lanom, in povprečen pridelek stebel na hektar na območju današnje Slovenije po obdobjih od 1750 do 2010 (Maček, 1993; Statistični letopis RS, 1955-1986, osebna informacija)

### 3.3 AGRONOMSKE LASTNOSTI LANU

V poljskih poskusih z dvema genotipoma lanu pri treh gostotah setve in treh ponovitvah (Kocjan Ačko in Trdan, 2008) smo ugotovili, da imata domači lan in sorta Laura nesignifikantno različen pridelek stebel pri razmikih 8,5 cm (1,92 t/ha) in 17 cm (1,99 t/ha). V primerjavi z ožjima razmikoma, je značilno najmanjši pridelek stebel (1,52 t/ha) pri razmiku 34 cm pokazal, da je ta prevelik. Iz povprečnega 4-letnega pridelka stebel je razvidno, da sta domači lan (1,83 t stebel/ha) in sorta Laura (1,79 t stebel/ha) po produktivnosti izenačena. Ker je bil pridelek stebel v poskusih precej večji od pridelka na anketiranih kmetijah (približno 1 tona stebel/ha), smo predlagali gospodarjem, da v prihodnje posejejo lan z navadno žitno sejalnico na medvrstni razmik 8,5 ali 17 cm.

Z analizo pridelka semena smo potrdili, da je najustreznejši medvrstni razmik 17 cm. Pri tem razmiku je bil značilno največji povprečni pridelek semena obeh genotipov 1,52 t/ha, kar je za 0,18 tone več kot pri razmiku 8,5 cm (1,34 t/ha) in za 0,51 tone več kot pri razmiku 34 cm (1,01 t/ha). V 4-letnem povprečju se je pokazalo, da je bil domači lan (1,35 t/ha) značilno produktivnejši od sorte Laura za 0,11 t semena/ha, pridelek semena v poskusih pa je bil skoraj enkrat večji od povprečnega pridelka na tradicionalnih lanarskih kmetijah v Beli krajini. Rezultati kažejo, da ima setev za seme v vrste prednost pred setvijo povprek in da je medvrstni razmik 17 cm najustreznejši (slika 4).

Glede na nekatere morfološke in gospodarsko pomembne lastnosti, kot sta absolutna masa in višina rastlin, ima domači lan lastnosti semenskega lanu; ravno steblo skoraj brez stranskih poganjkov, velikost pridelka stebel in kakovost vlaken pa so primerljive z nizozemsko sorto Laura, ki je deklarirana za pridobivanje vlaken.



Slika 4: Pridelek semena in stebel domačega lanu (*Linum usitatissimum* L.) in sorte Laura pri medvrstnem razmiku 8,5 cm, 17 cm in 34 cm v poljskih poskusih na eksperimentalnem polju Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani v obdobju 2003 do 2006

### 3.4 TEKSTILNE LASTNOSTI LANU

Na lanenih steblih in vlaknih iz poljskih poskusov smo preučevali tudi tekstilne lastnosti (Rijavec in Kocjan Ačko, 2010). Stebla domačega avtohtonega lana so dosegla povprečno dolžino do 60 cm in debelino okrog 1,5 mm. Izmerjena dolžina tehničnih lanenih vlaken domačega lana je bila 19 cm, finoča pa 134 dtex. Specifična pretržna napetost tehničnih vlaken je bila pod 2 cN/dtex in pretržni raztezek do 1,2 %. Specifična pretržna napetost elementarnih vlaken, ocenjena iz vrednosti nateznega preskušanja pri vpeti dolžini tehničnih vlaken 10 mm, je bila okoli 3 cN/dtex in pretržni raztezek 4 do 8 %. Po osnovnih tekstilno tehnoloških lastnostih je domači avtohtoni lan primerljiv z vlaknatim lanom Laura iz skupnega kataloga sort poljščin EU.

## 4 Sklepi

Čeprav lanarjev v Beli krajini, ki se oklepajo tradicionalne pridelave in predelave ne zanimajo novosti na področju lanarstva, smo prepričani, da bi pridelali več stebel in semen že z manjšimi posodobitvami, kot je setev z žitno sejalnico na razmik 8,5 cm in 17 cm, za vlakna večje kakovosti pa bi morali sejati na razmik 8,5 cm, kar smo dokazali v zgoraj opisanih poskusih.

Pridelavi mora slediti predelava, tej pa prodaja, da so izpolnjene zakonitosti trga po gospodarski rasti in dobičku. Poskusi širjenja pridelave, obrtne in industrijske predelave stebel in vlaken na območjih z zgodovinskimi izkušnjami z lanom, so na ravni osamljenih idej. Zaživele bodo šele s postavitvijo pilotskih tehnološko sodobno opremljenih obratov za kakovostne tekstilne izdelke (ekotekstil) in biokompozitne izdelke. Zgled lahko dobimo pri nekaterih lanarjih ob atlantski obali in na severu Evrope, kjer imajo mehanizirano puljenje in baliranje stebel, predelava stebel v vlakna pa poteka s sodobnimi ekološkimi postopki gođenja, trenja, predenja in tkanja.

Pri tehničnem posodabljanju pridelave v Sloveniji ima prednost semenski lan, kjer so za uvedbo mehanizirane pridelave potrebne le manjše investicije v prilagoditev delovanja obstoječih žitnih sejalic in žetvenikov. Pridelava oljnega lanu ni le možnost samooskrbe z lanenim semenom in oljem, ampak tudi izvoza semena in olja na sever in zahod Evrope, kjer so vremenske razmere za pridelavo oljnega lana, kljub otoplitvam manj ugodne.

## 5 Literatura

- Batra, S.K. 2007. Other long vegetable fibers: abaca, banana, sisal, henequen, flax, ramie, hemp, sunn, and coir. In: Handbook of Fibre Chemistry. Third edition. CRC, Taylor & Francis, 0-8247-2565-4, Boca Raton, London, New York: 453-520
- Bogataj, J. 1989. Tkalci in tkalke. Sto srečanj z dediščino na Slovenskem. Ljubljana, Prešernova družba: 226-227
- Burton, A. 2007. Field plot conditions for the expression and selection of strow fibre concentration in oilseed flax. University of Saskatchewan, Dept. of Plant sciences, Saskatoon, Canada: 60 s.
- Butorac, J., Pospšil, M., Mustapić Z. 2006. Utjecaj gustoće sjetve na neka morfološka i fenološka svojstva sorti predivnog lana. Sjeminarstvo 23: 5-6
- Couture, S.J., Asbil, W.L., DiTommaso, A., Watson A.K. 2002. Comparison of European fibre Flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars under eastern Canadian growing conditions. J. Agron. Crop Sci., 188: 350-356
- Eason, D.L., Molloy R.M. 2000. A study of the plant, fibre and seed development in flax and linseed (*Linum usitatissimum*) grown at range of seed rates. J. Agric. Sci., 135: 361-369
- Gospodarska in družbena zgodovina Slovencev, Zgodovina agrarnih panog I, Agrarno gospodarstvo (SAZU), Ljubljana 1979: 255
- Hann, M.A. 2005. Innovation in linen manufacturing. Textile Progress, 37, 3: 7-8
- Kaup M. 2003. Use of Natural Fibres in Composites in the German and Austrian Automotive Industry, *Technical Textiles* 46 (2003) E73-E74
- Kobe-Arzenšek, K. 1986. Lanarstvo in konopljarstvo na Slovenskem v prejšnjem stoletju do konca dvojne monarhije. Prispevki za novejšo zgodovino, 1-2. Inštitut za zgodovino delavskega gibanja. Partizanska knjiga v Ljubljani: 5-34
- Kocjan Ačko, D. 1998. Naravna vlakna v svetu in pri nas. Kmetijstvo in okolje/ agriculture and environment, Bled, 12.-13. 3. 1998, Kmetijski inštitut Slovenije: 381-387
- Kocjan Ačko, D. 1999. Lan. In: Pozabljene poljščine. Ljubljana, Kmečki glas: 83-99
- Kocjan Ačko, D., Trdan, S. 2008. Influence of row spacing on the yield of two flax cultivars (*Linum usitatissimum* L.). Acta agriculturae Slovenica, Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 91 - 1: 23-35
- Lampret, I. 1949. Lan. V: Kratka enciklopedija predilstva. Knjižnica za vzgojo strokovnih kadrov, Ljubljana: 16-23
- Martin, J.H., Waldren R.P., Stamp D.L. 2006. Principles of field crop production. Pearson Prentice hall, Upper saddle River, New Jersey, Columbus, Ohio: 713-726
- Maček, J. 1993. Lan. V: Statistika kmetijske rastlinske pridelave v Sloveniji v obdobju 1869-1939. Zbornik BF, Spl. 21. Ljubljana: 46-53
- Mandekić, V. 1942. Lan. V: Uljevito i predivno bilje. Jeronimska Knjižnica, Tisak narodne tiskare u Zagrebu: 86-99
- Pallesen, B.E. 1996. The quality of combine-harvested flax for industrial puposes depends on the degree of retting. Industrial Crops and Products, 5, 1: 65-78
- Rijavec, T., Kocjan Ačko D. 2010.: Kvaliteta autohtonih slovenskih lanenih vlakana. Quality of autochthonous slovenian flax fibres. 3. Medunarodno znanstveno-stručno svetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo, 22. siječanj 2010, Zagreb, Zbornik radova. Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet: 103-106
- Sadar, V. 1935. Lan. V: Lan in konoplja. Kmetijska matica. Ljubljana: 5-69
- Tajnshek, T. 1990. Oljni lan – alternativna izvozna oljnica. Sodobno kmetijstvo, 23, 5: 216-218

- Schneider, M., Wulfhorst, B. 1997. Bedeutung der Flechtechnologie für die Konstruktion von Faserverbundwerkstoffen. *Technische Textilien* 40, 1: 17-21
- SIST EN ISO 1973:1999 Textile fibres - Determination of linear density - Gravimetric method and vibroscope method (ISO 1973:1995)
- SIST EN ISO 5079:1999 Textiles - Fibres - Determination of breaking force and elongation at break of individual fibres (ISO 5079:1995)
- Stevenson, F.C., A.T. Wright, A.T. 1996. Seeding rate and row spacing affect flax yields and weed interference. *Canadian J. Plant Sci.* 76: 537-544
- Weightman, R., Kindred D. 2005. Review and analysis of breeding and regulation of hemp and flax varieties available for growing in the UK. Project NF0530, Final report for the Department for Environment food and rural affairs. ADAS Centre for Sustainable Crop Management: 77 s.
- Wulfhorst, B, Gries, T., Veit D. 2006. Textile technology. Carl Hauser Verlag, Muni: 321 s.

## Vpliv tehnik gojenja na maščobnokislinsko sestavo plodov paradižnika (*Lycopersicum esculentum* Mill.)

Rajko VIDRIH<sup>60</sup>, Terezija GOLOB<sup>61</sup>, Marijan POGAČNIK<sup>62</sup>, Dragan ŽNIDARČIČ<sup>63</sup>

### Izvleček

Namen raziskave je bil proučiti in s prehranskega vidika ovrednotiti maščobnokislinsko sestavo paradižnikovih plodov. Poskus z dvema sortama paradižnika (Jaguar in Volovsko srce) je potekal na hidroponskem sistemu (tanke plasti kamene volne) in ob klasičnem, talnem gojenju. Vzorcem smo določili maščobnokislinsko sestavo po principu izolacije metilnih estrov maščobnih kislin in z analizo na plinskem kromatografu. Rezultati so bili statistično obdelani s programom SPSS. Najbolj zastopana nasičena maščobna kislina v mesu plodov in pečk je bila pri obeh sortah in pri obeh načinih vzgoje paradižnika palmitinska kislina (C16:0), sicer pa meso in seme paradižnika vsebujejo največ esencialne linolne (C18:2, n-6) maščobne kisline. Ugodni rezultati maščobnokislinske sestave semen paradižnika odpirajo možnosti za izkoriščanje novega vira esencialnih maščobnih kislin, ki bi jih lahko uporabili kot dodatek in dopolnilo v vsakdanji prehrani.

**Ključne besede:** paradižnik, *Lycopersicum esculentum*, nasičene maščobne kisline, nenasičene maščobne kisline

## The impact of cultivation on the fatty acid composition of tomato fruits (*Lycopersicum esculentum* Mill.)

### Abstract

The main objective of research was to study and evaluate the composition of essential fatty acids of tomato fruits. The trial with two cultivars of tomato (Jaguar and Volovsko srce) has been placed in a hydroponic production technique (thin layer system on rockwool) and the classic soil cultivation. The fatty acids content was determined by the extraction of fatty acid methyl esters and analysed by means of gas chromatography. The results were statistically processed with the SPSS program procedure. Palmitic acid (C16:0), was the most represented saturated fatty acid in the fruits flesh and seeds in both varieties and method of growing. Moreover, flash and fruit seeds contain up essential linoleic acid (C18:2, n-6). Favourable results of fatty acids composition of seeds of tomato are interesting new source of essential fatty acids that can be used as an additive and supplement in the daily diet.

**Key words:** tomatoes, *Lycopersicum esculentum*, saturated fatty acids, unsaturated fatty acids

## 1 Uvod

Pri pridelavi vrtnin se pozornost namenja ne samo količini pridelka, temveč čedalje bolj tudi biološki vrednosti vrtnin (Kacjan-Maršič in sod., 2010a). Da bi dosegli cilje v zvezi s tem, je zelo pomembno, da izberemo ustrezno vrsto in sorto in še posebno ustrezne rastne razmere oziroma tehnike gojenja. Tako se tudi pri nas vse bolj uveljavlja naprednejša tehnika breztalnega gojenja vrtnin – hidroponika (Osvald in sod., 2005). Pri tej tehniki je najpomembnejše, da imamo nadzor od setve do spravila pridelka, hkrati pa se izognemo številnim težavam, ki so povezane s klasičnim načinom gojenja na zemlji (talni škodljivci, zapleveljenost, kakovost zemljišča, ekstremne vodne razmere, gnojenje, kopičenje kemičnih

<sup>60</sup> Dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: rajko.vidrih@bf.uni-lj.si

<sup>61</sup> Dr., prav tam, e-pošta: terezija.golob@bf.uni-lj.si

<sup>62</sup> Mag., Biotehniški center Naklo, Strahinji 99, 4202 Naklo, e-pošta: marijan.pogacnik@gmail.com

<sup>63</sup> Dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: dragan.znidarcic@bf.uni-lj.si



sredstev za varstvo rastlin, kolobarjenje in drugo) (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003). Večji del hidroponskega pridelovanja vrtnin poteka v zavarovanem prostoru, kar omogoča nadzorovano zunajsezonsko pridelavo. To je pomembno tudi pri gojenju paradižnika, saj potrebujejo rastline za doseganje visokega in predvsem biološko kakovostnega pridelka nemoteno oskrbo z vodo in ugodne toplotne razmere.

Paradižnik, ki sodi med vodilne vrtnine, saj je bilo npr. v letu 2008 v svetovnem merilu pridelanih 129,6 milijona ton plodov paradižnika (Faostat, 2010), ima zaradi visokega deleža vode, nizko energetske vrednosti, hkrati pa je pomemben vir antioksidantov, vlaknin in proteinov (Kacjan-Maršič in sod., 2010b). V zadnjem desetletju so bile mnoge raziskave namenjene proučevanju maščobnokislinske sestave živil (Gurr, 2000; Plestenjak in Golob, 2000; Simopoulos, 1999), nekatere pa so celo pokazale, da je tudi zelenolistna zelenjava vir teh kislin (Šertel, 2000; Pereira in sod., 2001; Brumen, 2005; Žnidarčič in sod., 2008; Vidrih in sod., 2009). Posledice pomanjkanja in nepravilno razmerje med dnevno zaužitimi maščobnimi kislinami namreč pripeljejo do motenj v delovanju organizma v vseh življenjskih obdobjih (Connor, 2000). Prehranska vrednost je pri človeku dosežena le, če maščobe ne presegajo 30 % od skupno dnevno zaužite energijske vrednosti obroka, od katere pa je večkrat nenasičenih maščobnih kislin lahko le 10 %. Večkrat nenasičene maščobne kisline namreč zvišujejo raven holesterola v krvi, njihova zgornja meja za zaužitje, 7 % celotne energije, pa je določena zaradi hitre oksidacije maščobnih kislin in nastajanja prostih radikalov. Preostali delež naj bi zajemale enkrat nenasičene maščobne kisline, ki počasneje oksidirajo in znižujejo raven skupnega in LDL-holesterola (lipoproteinov nizke gostote) ter zvišujejo raven HDL holesterola (lipoproteinov visoke gostote) (WHO, 2003). V največjih količinah je od teh kislin prisotna oleinska kislina (C18:1, n-9) (Salobir, 2001).

Glavni vir večkrat nenasičenih maščobnih kislin, med katere uvrščamo n-3 in n-6 (omega-3 in omega-6) maščobne kisline, so rastlinska olja. Razmerje med tema dvema tipoma kislin naj bi bilo med 5 : 1 in 10 : 1 v prid n-6 (Referenčne vrednosti, 2004). Človeško telo je sposobno sintetizirati večino izmed maščobnih kislin, le esencialno  $\alpha$ -linolensko (C18:3, n-3), ki je osnova za sintezo n-3 dolgoveržnih večkrat nenasičenih maščobnih kislin, in esencialno linolno kislino (C18:2, n-6), ki je osnova za sintezo drugih n-6 večkrat nenasičenih maščobnih kislin, moramo zaužiti s hrano (Hitchcock in Nickhols, 1971).

Predvsem maščobe, bogate z n-3 maščobnimi kislinami, se uveljavljajo kot funkcionalna živila. Uživanje te skupine kislin namreč učinkovito niža raven serumskih trigliceridov, preprečuje arteriosklerotične zaplete in preventivno učinkuje proti kancerogenim obolenjem (Cevc, 2003).

Po našem vedenju do sedaj še niso bile opravljene analize maščobnokislinske sestave plodovk oziroma paradižnika. Poleg tega smo menili, da je pri paradižniku smiselno določiti tudi maščobnokislinsko sestavo semen, ki so pri plodovkah takorekoč stranski proizvod, in s tem pokazati na morebitno uporabnost teh semen kot prehranskega dopolnila.

## 2 Material in metode dela

### 2.1 GOJENJE PARADIŽNIKA

Dve sorti paradižnika (Jaguar, žlahtnitelj Royal Sluis in Volovsko srce VAL, žlahtnitelj Semenarna) smo vzgojili v plastenjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani. Za klasično gojenje oziroma za gojenje na tleh smo uporabili globoka tla v rastlinjaku, za hidroponsko tehniko pa tanke plasti iz plošč kamene volne (Agrotervol; 1000 x 500 x 250 mm). Za namakanje in dognojevanje smo uporabili kapljični namakalni sistem. Tanke plasti smo fertigirali s hranilno raztopino po Reshu (1997), tla, ki so bila ob osnovni

obdelavi pognojena z 200 kg N, 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in 160 kg K<sub>2</sub>O, pa z vodotopnim Kristalonom (NPK 10-30-20 in NPK 15-5-30). Za analizo maščobnokislinske sestave mesa in semen paradižnika smo od vsakega obravnavanja naključno izbrali 20 zdravih plodov enake zrelosti.

## 2.2 DOLOČANJE VSEBNOSTI MAŠČOBNIH KISLIN

Za določitev vsebnosti maščobnih kislin v vzorcu smo uporabili modificirano metodo po Parku in Goinsu (1994), pri kateri maščobe hkrati ekstrahiramo in zaestrimo. Metilni estri so bili po končani reakciji prisotni le v heptanski plasti na vrhu raztopine, ki smo jo analizirali na plinskem kromatografu.

V Hachove epruvete smo odtehtali 100 µl raztopine internega standarda in cca 1 g homogeniziranega vzorca oz. 0,05 g semen. V vsako epruveto smo nato dodali 300 µl CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> in 3 ml 0,5 M raztopine NaOH v metanolu. Epruvete smo nepropustno zaprli in jih cca 60 minut segrevali v termobloku pri 90 °C. Zmes v epruvetah smo nato hitro ohladili in dodali 3 ml 14 % raztopine BF<sub>3</sub> v metanolu ter ponovno segrevali 10 minut pri 90 °C. Po končanem segrevanju smo epruvete ponovno ohladili in dodali 3 ml 10 % raztopine NaCl ter 1,5 ml heksana. Raztopino smo 1 minuto stresali in 10 minut centrifugirali pri 1.000 vrtljajih/minuto. Nato smo odpipetirali heksansko fazo in jo v penicilinkah shranili pri –20 °C do analize na plinskem kromatografu. Po končani analizi smo s pomočjo internega standarda iz kromatografskih vrhov po formuli (1) izračunali količino posamezne maščobne kisline.

$$C \text{ (mg/100 g)} = (A_i \times F_{Ai} \times m_{17} \times 100) / (A_{17} \times F_{Ai17} \times m_{vz.}) \quad \dots(1)$$

- C = vsebnost posamezne maščobne kisline (mg/100 g)
- A<sub>i</sub> = površina vrha posamezne maščobne kisline
- F<sub>Ai</sub> = koeficient posamezne maščobne kisline
- m<sub>17</sub> = masa internega standarda (g)
- A<sub>17</sub> = površina internega standarda
- F<sub>Ai17</sub> = koeficient internega standarda (molska masa C17:0/molska masa metilnega estra heptadekanojske kisline C17)
- m<sub>vz.</sub> = masa vzorca (g)

Koncentracijo internega standarda smo izračunali po formuli:

$$C_{IS} = 0,1202 \text{ g/4,1443 g topila} \quad \dots(2)$$

Maso internega standarda smo izračunali po formuli:

$$m_{IS} = m \times 0,1202 \text{ g/4,1443 g} \quad \dots(3)$$

m = masa vzorca

## 2.3 PLINSKA KROMATOGRAFIJA

Maščobnokislinsko sestavo metilnih estrov maščobnih kislin smo določili s pomočjo plinske kromatografije, ki se uporablja za analizo lahko hlapnih vzorcev (Garces in Mancha, 1993). Pri tej kromatografiji predstavlja mobilno fazo inertni nosilni plin (N<sub>2</sub> ali He), stacionarna faza pa je nehlapna organska tekočina, ki je porazdeljena na inertnem nosilcu, ki je v dolgi tanki koloni.

Osnova separacije je porazdelitev med obe fazi, pri čemer se posamezne analizirane komponente različno porazdelijo ter potujejo z različnim časom in hitrostjo, zaznamo pa jih z detektorjem. Detektor je običajno plamensko ionizacijski in zaznava že zelo majhne količine preiskovane snovi, ki zapuščajo kolono.

Ločevanje in detekcija sta potekala pri naslednjih pogojih:

|                         |                                            |
|-------------------------|--------------------------------------------|
| Plinski aparat:         | Agilend Technologies 689 N                 |
| Kolona:                 | SUPELCO – SPB PUFA 30 m x 0,25 mm x 0,2 µm |
| Detektor:               | FID                                        |
| Temperatura kolone:     | 210 °C                                     |
| Temperatura detektorja: | 260 °C                                     |
| Temperatura injektorja: | 250 °C (split 1:100)                       |
| Tlak na injektorju:     | 31,6 psi                                   |
| Nosilni plin:           | He                                         |
| Pretok He:              | 1 ml/min                                   |
| Pretok N <sub>2</sub> : | 45 ml/min                                  |
| Pretok H <sub>2</sub> : | 40 ml/min                                  |
| Pretok zraka:           | 450 ml/min                                 |
| Volumen injiciranja:    | 0,1 µl                                     |

Rezultate, zbrane v raziskavi, smo uredili v programu EXCEL XP in jih statistično obdelali s pomočjo računalniškega statističnega programa (SPSS 15.0 for Windows. Evalvation version, 2006), pri stopnji tveganja 0,05.

### 3 Rezultati z diskusijo

Pri analizi maščobnih kislin v paradižniku smo želeli ugotoviti njihovo vsebnost v mesu plodov in v semenih paradižnika. Pred analizo smo iz mesnatega dela plodov odstranili semena in nato vsako sestavino analizirali posebej. Pri tem smo določili šest maščobnih kislin, in sicer: tri nasičene (palmitinsko – C16:0, n-3, stearinsko – C18:0 in arahidinsko – C20:0), eno enkrat nenasičeno (oleinsko – C18:1, n-9) in dve dvakrat nasičeni maščobni kislini (linolno – C18:2, n-6 in  $\alpha$ -linolenska – C18:3, n-3).

Med mesom in semeni paradižnika sorte Jaguar, gojenega na klasičen način na zemlji, smo s statistično analizo maščobnokislinske sestave dokazali značilne razlike v utežnih deležih palmitinske (C16:0), oleinske (C18:1), linolne (C18:2, n-6) in linolenske (C18:3, n-3) maščobne kisline (preglednica 1). V paradižnikovem mesu in v semenih je prevladovala esencialna linolna kislina (C18:2, n-6) s 40,21 ut. % v mesu in z 61,15 ut. % v semenih. V mesu je bila močno zastopana tudi palmitinska kislina (C16:0), z 39,01 ut. %, medtem ko je bil v semenih njen delež 13,43 ut. %. Utežni delež oleinske kisline (C18:1) je v semenih dosegel 16,73 ut. %, v mesu pa 3,09 ut. %. Statistično pomembno razliko smo izračunali tudi v deležu linolenske kisline (C18:3, n-3), ki je je bilo v mesu 12,71 ut. % in v semenih 3,59 ut. %.

Značilne razlike smo dokazali tudi v maščobnokislinski sestavi mesa in semen sorte Jaguar, gojene na hidroponskem sistemu. Razlike so bile v vsebnosti palmitinske (C16:0), oleinske (C18:1), linolne (C18:2, n-6), linolenske (C18:3, n-3) in arahidinske (C20:0) maščobne kisline. Tudi pri tem načinu gojenja rastlin je v plodovih prevladovala esencialna linolna kislina (C18:2, n-6) in sicer v mesu s 40,02 ut. % ter v semenih 56,91 ut. %. Delež

palmitinske kisline (C16:0) je bil podoben kot pri paradižniku iste sorte, gojenem na zemlji: v mesu je ta kislina dosegla 36,01 ut. %, v semenih pa 13,59 ut. %. Oleinska kislina (C18:1) je bila v mesu paradižnika zastopan s 5,38 ut. % in v semenih z 20,39 ut. %. Esencialne linolenske kisline (C18:3, n-3) smo v paradižnikovem mesu izmerili 13,31 ut. %, medtem ko je bilo v semenih 3,61 ut. %. Najmanjši delež je pripadel arahidinski kislini (C20:0): meso je vsebovalo skromnih 1,08 ut. %, še manj pa semena – 0,44 ut. %.

*Preglednica 1: Maščobnokislinska sestava plodov sorte Jaguar v utežnih deležih (%)*

| Del ploda<br>Način gojenja      | Meso   |             | Seme   |             |
|---------------------------------|--------|-------------|--------|-------------|
|                                 | Zemlja | Hidroponika | Zemlja | Hidroponika |
| Maščobna kislina                |        |             |        |             |
| Palmitinska kislina (C16:0)     | 39,01  | 36,01       | 13,43  | 13,59       |
| Stearinska kislina (C18:0)      | 4,38   | 4,24        | 4,82   | 4,94        |
| Oleinska kislina (C18:1)        | 3,09   | 5,38        | 16,73  | 20,39       |
| Linolna kislina (C18:2, n-6)    | 40,21  | 40,02       | 61,15  | 56,91       |
| Linolenska kislina (C18:3, n-3) | 12,71  | 13,31       | 3,59   | 3,61        |
| Arahidinska kislina (C20:0)     | 0,69   | 1,08        | 0,39   | 0,44        |

Značilne razlike smo dokazali tudi v maščobnokislinski sestavi paradižnikovega mesa in semen pri sorti Volovsko srce, ki je rasla na zemlji (preglednica 2). Tudi v tem vzorcu je največji delež imela linolna kislina (C18:2, n-6): v mesu 42,92 ut. %, v semenih pa 56,14 ut. %. Delež palmitinske kisline (C16:0) je v mesu dosegel 35,72 ut. % in v semenih 15,01 ut. %. Tej kislini je po količini sledila oleinska kislina (C18:1): njen delež je v semenih znašal 19,92 ut. %, v mesu pa smo je namerili le 3,74 ut. %. Esencialne linolenske kisline (C18:3, n-3) je bilo v mesu za 11,94 ut. %, v semenih pa le za 2,63 ut. %. Delež stearinske kisline (C18:0) je bil v mesu, 4,63 ut. %, in v semenih, 5,85 ut. %, dokaj izenačen. Tudi pri tem vzorcu smo zaznali najmanjšo prisotnost arahidinske kisline (C20:0) in sicer v mesu 1,17 ut. % in v semenih 0,46 ut. %.

Med mesom in semeni sorte Volovsko srce, ki je bila gojena na hidroponskem sistemu, smo dokazali značilne razlike v celotni analizirani maščobnokislinski sestavi. Vrednosti so zelo podobne vrednostim, ki smo jih določili pri isti sorti paradižnika gojeni na zemlji.

*Preglednica 2: Maščobnokislinska sestava plodov sorte Volovsko srce v utežnih deležih (%)*

| Del ploda<br>Način gojenja      | Meso   |             | Seme   |             |
|---------------------------------|--------|-------------|--------|-------------|
|                                 | Zemlja | Hidroponika | Zemlja | Hidroponika |
| Maščobna kislina                |        |             |        |             |
| Palmitinska kislina (C16:0)     | 35,72  | 33,12       | 15,01  | 14,91       |
| Stearinska kislina (C18:0)      | 4,63   | 4,16        | 5,85   | 5,54        |
| Oleinska kislina (C18:1)        | 3,74   | 4,49        | 19,92  | 18,42       |
| Linolna kislina (C18:2, n-6)    | 42,92  | 43,42       | 56,14  | 57,43       |
| Linolenska kislina (C18:3, n-3) | 11,94  | 14,12       | 2,63   | 3,37        |
| Arahidinska kislina (C20:0)     | 1,17   | 0,81        | 0,46   | 0,39        |

Najbolj zastopana nasičena maščobna kislina v mesu plodov in v semenih je bila pri obeh sortah in pri obeh načinih vzgoje palmitinska kislina (C16:0). Do podobnih zaključkov v povezavi s to kislino so prišli tudi Komaitis in Mellisari-Panagiotu (1990) ter Vidrih in Žnidarčič (2008) z analizo zeljnih glav.

Od nenasičenih kislin pa je pri obeh sortah in ne glede na način gojenja v mesu in v semenih prevladovala esencialna linolna kislina (C18:2, n-6). V raziskavi, ki jo je opravila Šertel (2000), je linolna kislina prevladovala v zelenolistnih vrtninah (koprivah, drobnjaku, regratu, poru in motovilcu), podobne rezultate pa so dale tudi raziskave z različnimi sadnimi vrstami in grozdem. Vidmar-Andrejašič (1978) je analizirala pečke različnih kultivarjev grozdja, Kadunc (2005) pečke različnih kultivarjev jabolk, Bižal (2006) pečke šestih kultivarjev hrušk in Rogelj (2007) semena kosmulje ter črnega in rdečega ribeza. Vse raziskave so pokazale, da pečke in semena naštetih kultur vsebujejo največ linolne kisline (C18:2, n-6).

#### 4 Sklepi

Namen raziskave je bil ugotoviti, ali plodovi paradižnika vsebujejo maščobne kisline in ali način gojenja vpliva na vsebnost teh kislin. Maščobnokislinsko sestavo smo določili po principu izolacije metilnih estrov maščobnih kislin in z analizo na plinskem kromatografu. Pri obeh sortah in pri obeh načinih vzgoje je dosegla več kot 40 ut. % v mesu in več kot 50 ut. % v semenih paradižnika za organizem nujno potrebna esencialna linolna maščobna kislina (C18:2, n-6).

Zaradi visoke prehranske in terapevtske vrednosti paradižnika bi bilo vredno razmisliti, kako to izolirano esencialno maščobno kislino iz semen paradižnika v obliki olja uporabiti v povezavi z drugimi rastlinskimi olji kot dodatek v vsakdanji prehrani. To pa je lahko cilj nadaljnje raziskave, ki mora vključiti tudi ekonomsko vrednotenje rezultatov.

#### 5 Literatura

- Bižal, Ž. 2006. Vsebnost maščobnih kislin v peškah različnih kultivarjev hrušk. Dipl. delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 42 str.
- Brumen, B. 2005. Določanje vsebnosti esencialnih maščobnih kislin v zelenjavi in stročnicah. Dipl. delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 88 str.
- Cevc, M. 2003. Fiziološki in terapevtski učinki omega-3 VNMK. V: 24. Radenski dnevi, Program in zbornik prispevkov, Radenci, 26. in 27. maj 2006, Ljubljana, Združenje kardiologov Slovenije: 41–42
- Conor, W. E. 2000. Importance of n-3 fatty acids in health in health and diseases. *Am. J. Clin. Nutr.* 74: 415–416
- Faostat database. 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://faostat.fao.org/> (20. 09. 2010)
- Garces, R., Mancha, M. 1993. One-step lipid extraction and fatty acid methyl esters preparation from fresh plant tissues. *Anal. Biochem.*, 211: 139–143
- Gurr, M. 2000. Fats. V: Human nutrition and dietetics. 9th ed. Garrow J.S., James. W.P.T., Ralph A (eds.). Edinburg, London, Madrid, Melbourne, New York and Tokio, Churchill Livingstone: 97–102
- Hitchcock, C., Nickhols, B.W. 1971. Plant lipid biochemistry. London. Academic Press: 279–305
- Kacjan-Maršič, N., Šircelj, H., Kastelic, D. 2010a. Lipophilic antioxidants and some carpometric characteristics of fruits of ten processing tomato varieties, grown in different climatic conditions. *J. Agric. Food. Chem.*, 58: 185–192
- Kacjan-Maršič, N., Jakše, M., Žnidarčič, D. 2010b. Antioksidanti v zelenjadnicah. Konkurenčnost slovenskih pridelovalcev zelenjave posebne kakovosti na skupnem evropskem trgu. Slovenski

- zelenjadarski kongres. 21. januar 2010, Portorož-Koper: Agraria Koper; Maribor: Slovensko združenje za ekološko in integrirano pridelavo zelenjave: 14
- Kadunc, M. 2005. Vsebnost višjih maščobnih kislin v pečkih in koži različnih kultivarjev jabolk. Dipl. delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 65 s.
- Komaitis, M. E., Mellisari-Panagiotu, E. 1990. Lipid levels in cabbage leaves (*Brassica oleraceae*) J. Sci. Food Chem., 38: 2137–2139
- Osvald, J., Jeraša, M., Žnidarčič, D. 2005. Hidroponske tehnike v vrtnarstvu. Vrtnarstvo, Slovenski vrtnarski posvet, Sevno, 28. in 29. januar 2005. Novo mesto: Kmetijsko gozdarski zavod: KZ Krka: Kmetijska šola Grm: 234–241
- Osvald, J., Kogoj-Osvald, M. 2003. Naravi prijazne tehnologije gojenja vrtnin. Sad, 14(10): 86–89.
- Park, P. W., Goins, R. E. 1994. In situ preparation of fatty acid methyl esters for analysis of fatty acid composition in foods. J. Food Sci., 59: 1262–1266
- Pereira, C., Li, D., Sinclair, A. J. 2001. The  $\alpha$ -linoleic acid content of green vegetables commonly available in Australia. Int. J. Vit. Nutr. Res., 71, 4: 223–228
- Plestenjak, A., Golob, T. 2000. Sestava in kakovost animalnih maščob. V: Meso in mesnine za kakovostno prehrano. 2. posvet o vlogi in pomenu mesa v normalni zdravi in dietni prehrani. Portorož, 10. in 11. februar 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 38–45
- Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004. 1. izdaja. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije: 37–49
- Resh, H. M. 1997. Hydroponic food production. 5 th ed. Woodbridge Press Publ. Co., Santa Barbara California, 527 s.
- Rogelj, M. 2007. Vsebnost esencialnih maščobnih kislin v semenih kosmulje (*Ribes uva-crispa* L.), črnega ribeza (*Ribes nigrum* L.) in rdečega ribeza (*Ribes rubrum* L.). Mag. delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 80 str.
- Salobir, K. 2001. Prehransko fiziološka funkcionalnost maščob. V: Funkcionalna hrana. 21. Bitenčevi živilski dnevi. Portorož, 8. in 9. november 2001. Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 121–134
- Simopoulos, A. P. 1999. New products from the agri-food industry: The return of n-3 fatty acids into the food supply. Lipids 34, Supp.: 438–463
- Šertel, A. 2000. Zelenjava kot vir esencialnih maščobnih kislin. Dipl. delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 68 s.
- Vidrih, R., Filip, S., Hribar, J. 2009. Content of higher fatty acids in green vegetables. Czech. J. Food Sci., 27: 125–129
- Vidmar-Andrejašič, L. 1978. Izvrednotenje prehranske vrednosti olja iz grozdnih pešk. Dipl. delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 80 str.
- WHO, 2003. Diet, nutrition and prevention of chronic diseases, Geneva, WHO: 81–90
- Žnidarčič, D., Vidrih, R. 2009. Vsebnost esencialnih maščobnih kislin v zelju (*Brassica oleraceae* L.). Acta agric. Slov., 93, 2: 225–230

## Vpliv roka in gostote setve na nekatere gospodarsko pomembne lastnosti presevne pšenice (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.) sorte SW Kadrilj

Matej ŠIFRER<sup>64</sup>, Igor ŠANTAVEC<sup>65</sup>, Helena TRPIN<sup>66</sup>, Darja KOCJAN AČKO<sup>67</sup>

### Izvleček

V rastni sezoni 2009/2010 smo na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete spremljali nekatere pomembne lastnosti presevne pšenice, kot so pridelek zrnja in slame, višina rastlin, absolutna in hektolirska masa ter njihov odziv na pozno jesensko setev (20. november) in pozno spomladansko setev (9. april) ter gostoto setve. Presevno pšenice sorte SW Kadrilj smo posejali pri petih gostotah: 300, 350, 400, 450 in 500 zrn/m<sup>2</sup> in v treh ponovitvah. Ugotovili smo, da se z gostoto setve statistično značilno ( $p \leq 0,05$ ) povečuje pridelek zrnja v obeh rokih setve. Za enak pridelek zrnja sorte SW Kadrilj kot v jesenskem roku mora biti v spomladanskem roku gostota setve večja za 17 %. Rezultati nakazujejo, da je pri vremenskih, kot so bile v letu poskusa, in pri talnih razmerah poskusnega polja uspešnejša pozno jesenska setev presevne pšenice v primerjavi s pozno spomladansko setvijo. Pri slabih talnih in vremenskih razmerah ter ekstenzivni pridelavi sorta SW Kadrilj ni dosegla nekaterih standardov krušne pšenice, kar je razvidno iz majhne hektolirske mase. S ponovitvijo poskusa z izvedeno spomladansko setvijo v priporočenem optimalnem roku bomo dobili boljši pregled nad možnostmi setve presevne pšenice v Sloveniji.

**Ključne besede:** presevna (fakultativna) pšenica, rok setve, gostota setve, pridelek zrnja, gospodarsko pomembne lastnosti

## The impact of sowing date and sowing density on some economically important properties of facultative wheat (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.) cultivar SW Kadrilj

### Abstract

In the growing season 2009/2010 some important properties of facultative wheat were investigated at a trial field at Biotechnical faculty. The grain and straw yield, plant height, thousand-grain weight and specific-weight were included into investigation; we also monitored the response of studied parameters to late autumn sowing (20th November) and late spring sowing (9th April) as well as their response to sowing density. Wheat cultivar SW Kadrilj was sown at five different sowing densities, namely 300, 350, 400, 450 and 500 grains/m<sup>2</sup> in three repetitions. The sowing density significantly ( $p \leq 0.05$ ) increased grain yield in both sowing dates. For equal grain yield the sowing density in the late spring sowing should be denser for 17 %, compared to sowing density in the late autumn sowing. The results indicate that late autumn sowing of facultative wheat is more effective as late spring sowing. Impoverished soil and inappropriate weather condition in combination with extensive crop husbandry wheat cultivar SW Kadrilj did not achieve some standards of bread wheat, as evidenced by lower thousand grain weight and lower specific weight. Repeating the experiment with late spring sowing at the recommended optimal sowing time can give us better overview of possibilities for sowing facultative wheat in Slovenia.

**Key words:** facultative wheat, sowing date, sowing density, grain yield, economically important properties

<sup>64</sup> Univ. dipl. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: matej.sifrer@bf.uni-lj.si

<sup>65</sup> Asist. dr., prav tam, igor.santavec@bf.uni-lj.si

<sup>66</sup> Studentka 3. letnika VŠŠ agronomije, Prihodi 8, 4270 Jesenice, e-pošta: altrpin@gmail.com

<sup>67</sup> Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: darja.kocjan@bf.uni-lj.si



## 1 Uvod

Koruza je glavna poljščina poljedelsko-živinorejskih kmetij in v prehrani domačih živali nezamenljiva; z intenzivno pridelavo koruze kmetje na preprost in poceni način pridelajo največ energije na enoto zemljišča (Čergan in sod., 2006). Še pred leti so jo na takšnih kmetijah pridelovali izključno v monokulturi, zdaj pa jo ponovno uvrščajo v kolobar zaradi predpisov, ki omejujejo koruznega hrošča (Pravilnik..., 2010) in okoljevarstvenih ukrepov, kot je petletni kolobar pri integrirani pridelavi poljščin (Tehnološka..., 2010). Na intenzivnih poljedelsko-živinorejskih kmetijah je pridelava pšenice pogosto ekstenzivna z majhnimi vložki dela in materialnih sredstev pri oskrbi posevka. Zaradi spravila koruze za zrnje, ki se zlasti v neugodnih talnih in vremenskih razmerah zavleče v november, je treba za setev izbrati pšenico, ki ni občutljiva na poznejši rok setve. Če jesenske setve pšenice ni bilo mogoče opraviti, so kmetje prisiljeni posejati jaro žito, na primer jaro pšenico ali jari ječmen. Ozimna pšenica, ki jo sejejo spomladi, ne požene generativnih delov, saj potrebuje 40 do 80 dni s temperaturo 0 – 5 °C. Jara, ki bi jo posejali jeseni, pa ne bi prenesla nizkih temperatur in zato običajno čez zimo propade (Haumann in Dietzsch, 2000). Obakrat je treba izbirati med sortami, ki uspevajo bodisi samo pri jesenski ali samo pri spomladanski setvi. Namesto, da bi kupili najprej ozimno in nato še jaro pšenico, je z nakupom presevne pšenice zadoščeno obema setvama. Sort, ki bi jih lahko sejali jeseni in spomladi, ni veliko, oziroma tega ni mogoče razbrati iz Skupnega kataloga sort poljščin (Skupni katalog..., 2009). Sorta SW Kadrilj je v katalogu označena kot jara pšenica. Presevna sorta pa potrebuje le kratko obdobje hladnih dni za jarovizacijo, da lahko preide iz vegetativnega v generativni razvoj in daje večje pridelke kot jare sorte, če je posejana pozimi ali zelo zgodaj spomladi pred začetkom rastne dobe. Ob zapozneli setvi so pridelki nižji kot pri jarih sortah pšenice (Haumann in Dietzsch, 2000).

Namen raziskave je bil ugotoviti vpliv gostote in roka setve na pridelek zrnja in slame, na absolutno in hektolitrsko maso ter višino rastlin pri presevni (fakultativni) pšenici sorte SW Kadrilj.

## 2 Materiali in metode

### 2.1 POSTAVITEV POLJSKIH POSKUSOV

Poljski poskus s presevno pšenico sorte SW Kadrilj smo izvedli na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani v rastni sezoni 2009/2010. Po navedbah semenarske hiše je sorta SW Kadrilj srednje pozna do pozna, ki jo lahko sejemo pozno jeseni pri priporočeni setveni gostoti 350 do 400 zrn/m<sup>2</sup> ali zgodaj spomladi pri gostoti 400 do 500 zrn/m<sup>2</sup> (Ozimna žita, 2010). V tehnoloških navodilih za pridelavo (Tehnološka..., 2010) so navedene potrebe po dognovanju z dušikom. Sorti SW Kadrilj se dognojuje v treh obrokih, in sicer prvi obrok ob začetku spomladanske rasti (BBCH 21/23) v količini 60 do 70 kg N/ha, drugi obrok 30 do 50 kg N/ha v razvojni fazi kolenčenja (BBCH 30/31) in tretji obrok 50 do 70 kg N/ha v obdobju klasenja (BBCH 49/59) (SW seed, 2010).

Poskus smo izvedli v dveh rokih setve: pozno jeseni (usklajen s priporočili setve) in pozno spomladi (zamujen, zaradi dolge zime), obakrat v petih različnih gostotah. Poskus je bil postavljen kot bločni poljski poskus v treh ponovitvah. Velikost osnovne parcelice je bila 5,6 m<sup>2</sup>. Pšenico smo posejali s parcelno sejalcnico, in sicer 20. novembra 2009 in 9. aprila 2010. Dolga, mokra in zasnežena zima je preprečila setev v optimalnem spomladanskem roku. Čeprav smo sejali takoj, ko so dopuščale talne in vremenske razmere, je bila setev šele 9.



aprila. Setev smo izvedli pri gostotah: 300 zrn/m<sup>2</sup>, 350 zrn/m<sup>2</sup>, 400 zrn/m<sup>2</sup>, 450 zrn/m<sup>2</sup> in 500 zrn/m<sup>2</sup>. Absolutna masa semena za setev je bila 41,8 g, kalivost pa 97 %.

Da bi se približali ekstenzivni pridelavi pšenice, smo posevek dognojili le enkrat, in sicer ob razraščanju posevka (BBCH 21) s 60 kg N/ha (KAN 27 %). Proti boleznim nismo uporabili fitofarmaceutskih sredstev.

Rast in razvoj jesenske in spomladanske setve smo spremljali s pomočjo številčnega sistema za določanje razvojnih faz (BBCH) (preglednica 2). Pred žetvijo smo izmerili višino rastlin in s pomočjo kovinskega okvirja 50x50 cm prešteli število klasov na m<sup>2</sup>. Oba poskusa smo poželi s parcelnim kombajnom 21. julija 2010. Pridelek zrnja in slame smo stehtali, na vzorcih zrnja in slame določili vlažnost in iz podatkov izračunali pridelek suhe snovi slame ter pridelek zrnja s 14-odstotno vlago. Vlago in absolutno maso smo ugotovili po standardih ISTA (International Seed Testing Association, 1999) v osmih ponovitvah, hektolitrsko maso pa s pomočjo Schopperjeve tehtnice. Podatke iz obeh poskusov, zbrane v raziskavi, smo uredili v programu Microsoft Excel in jih obdelali s statističnim programom Statgraphic plus, pri stopnji tveganja  $p \leq 0,05$ .

## 2.2 RASTNE RAZMERE V SEZONI 2009/2010

Tla na laboratorijskem polju so srednje globoka, meljasto-glinasta (MG), psevdoglejna in meliorirana (Čelebić, 2008). Na teh tleh ob močnejšem deževju zastaja voda, kar se je pokazalo tudi pozimi 2009/2010, ko je padlo nadpovprečno veliko dežja (preglednica 1). Na globini od 0 do 30 cm je približno 4,5 % organske snovi, preskrbljenost s fosforjem in kalijem pa je v optimalnem, C razredu po metodi AL.

V zadnjih desetih letih (2000-2009) je bila v Ljubljani povprečna temperatura 11,5 °C, povprečna količina padavin pa 112 mm. Rastna sezona 2009/2010 se razlikuje od dolgoletnega povprečja predvsem po zelo deževnih mesecih decembru, januarju in februarju, marec pa je bil nadpovprečno suh.

*Preglednica 1: Povprečne mesečne temperature in mesečna vsota padavin v rastni dobi 2009/2010 v primerjavi z desetletnim povprečjem 2000-2009*

| Vremenski dejavnik | Sezona, obdobje | Nov. | Dec. | Jan. | Feb. | Mar. | Apr. | Maj  | Junij | Julij |
|--------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Temperatura [°C]   | 2009/2010       | 7,5  | 2,0  | -1,5 | 1,3  | 6,2  | 11,5 | 15,3 | 20,3  | 22,9  |
|                    | 2000-2009       | 6,6  | 1,8  | 0,2  | 2,7  | 6,9  | 11,5 | 16,6 | 20,3  | 21,7  |
| Padavine [mm]      | 2009/2010       | 127  | 185  | 125  | 145  | 35   | 82   | 102  | 124   | 112   |
|                    | 2000-2009       | 126  | 112  | 71   | 72   | 99   | 101  | 103  | 120   | 131   |

## 3 Rezultati z diskusijo

### 3.1 RAZVOJNE FAZE PRESEVNE PŠENICE SORTE SW KADRILJ

V obeh poskusih smo spremljali razvojne faze presevne pšenice s poudarkom na nastopu nove razvojne faze, ko je bilo 75 % vsega posevka v isti razvojni fazi (preglednica 2). V jesenskem roku setve je razraščanje nastopilo v zadnji dekadi marca, v spomladanskem roku setve pa v zadnji dekadi aprila. Ugotovili smo koledarsko izenačevanje razvojnih faz, čim bližje je bila pšenica tehnološki zrelosti.

### 3.2 GOSTOTA POSEVKA

Spomladi sejana pšenica je bila ob žetvi v povprečju značilno gostejša kot pšenica, sejana jeseni (slika 1). Gostota setve v jesenskem roku ni vplivala na končno število klasov na m<sup>2</sup>. Neenakomeren in slab vznik je verjetno posledica neugodnih vremenskih in talnih razmer v preučevani sezoni (preglednica 1). Pri spomladanski setvi se je število klasov povečevalo s povečanjem gostote setve, in sicer kot je razvidno iz slike 1, je vsako povečanje za posejanih 100 semen na m<sup>2</sup> povečalo število klasov za 35 na m<sup>2</sup> (št. klasov m<sup>2</sup> = 371,733 + 0,35\*gostota).

*Preglednica 2: Razvojne faze posevka pri pozno jesenski in pozno spomladanski setvi presevne pšenice sorte SW Kadrilj od setve do žetve (datum nastopa razvojne faze)*

| Razvojna faza                        | BBCH skala | Jesenski rok setve | Spomladanski rok setve |
|--------------------------------------|------------|--------------------|------------------------|
| Setev poskusa                        | 00         | 19. 11. 2009       | 9. 4. 2010             |
| Vznik                                | 09         | 20. 12. 2009       | 16. 4. 2010            |
| Razraščanje (prvi stranski poganjek) | 21         | 24. 3. 2010        | 5. 5. 2010             |
| Kolenčenje (prvo kolence)            | 31         | 5. 5. 2010         | 1. 6. 2010             |
| Sredina klasenja                     | 55         | 25. 5. 2010        | 23. 6. 2010            |
| Sredina cvetenja                     | 65         | 3. 6. 2010         | 1. 7. 2010             |
| Sredina mlečne zrelosti              | 75         | 1. 7. 2010         | 8. 7. 2010             |
| Sredina voščne zrelosti              | 85         | 8. 7. 2010         | 15. 7. 2010            |
| Rumena zrelost                       | 87         | 15. 7. 2010        | 19. 7. 2010            |
| Polna zrelost (žetev: 21.7. 2010)    | 89         | 20. 7. 2010        | 20. 7. 2010            |

### 3.3 PRIDELEK ZRNJA

Pridelek pšenice v jesenskem roku setve je bil v povprečju 3,2 t/ha in je bil statistično značilno večji od pridelka v spomladanskem roku, ki je bil kljub večji gostoti klasov v povprečju 2,0 t/ha. Gostota setve v jesenskem roku ni statistično značilno vplivala na končni pridelek zrnja in ne na gostoto posevka ob žetvi. S pomočjo regresijske analize (slika 2) smo dokazali, da je večja gostota setve značilno vplivala na pridelek zrnja, in sicer se je ob povečanju gostote za 100 semen pridelek povečal za približno 350 kg/ha (pridelek = 2175,11 + 3,4712\*gostota, R<sup>2</sup>=21,6 %).

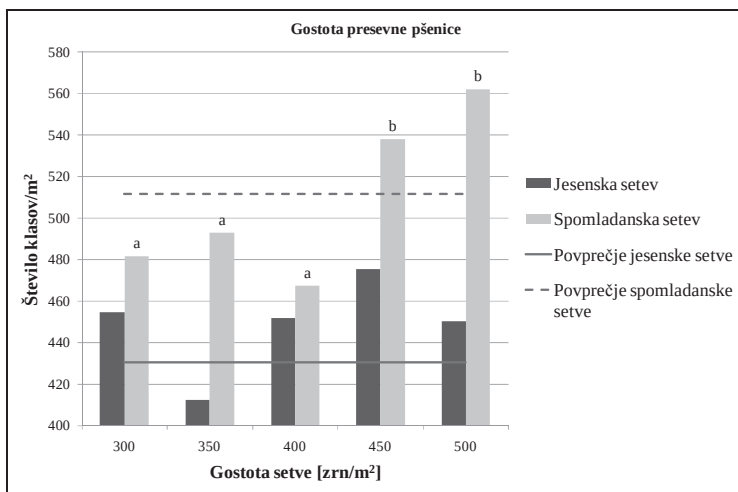
V spomladanskem roku setve se je velikost pridelka povečevala s setveno gostoto (slika 2). Največji pridelek zrnja je bil dosežen pri najgostejši setvi (500 semen/m<sup>2</sup>). Gostota setve je imela pri pozno spomladanski setvi večji vpliv na pridelek zrnja kot pri poznojesenski setvi. Iz regresijske krivulje je razvidno (slika 2), da se je ob povečanju gostote setve za 100 semen na m<sup>2</sup> pridelek povečal za slabe 750 kg/ha (pridelek = -645,307 + 7,42147\*gostota, R<sup>2</sup>=88,3 %). Povprečni pridelki spomladanske setve so na ravni pridelkov, ki jih je sorta dosegla v uradnih preizkušanjih v letu 2008. V uradnih sortnih poskusih leta 2008 je bil pridelek pri spomladanski setvi na lokaciji Maribor 2,9 t/ha, leta 2009 pa na lokaciji Jable 5,5 t/ha (Črgan in sod., 2009, 2010).

### 3.4 VIŠINA PŠENICE IN PRIDELEK SLAME

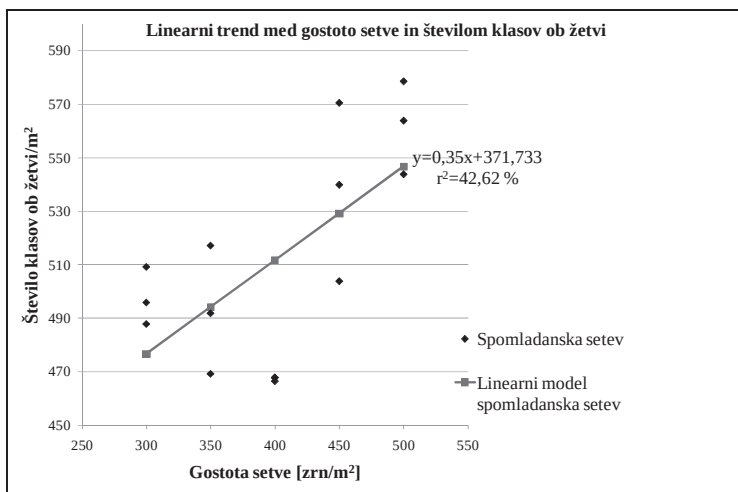
Pšenica, posejana pozno jeseni, je bila v povprečju višja za 10 cm (100 cm) kot pšenica, posejana v spomladanskem roku setve, ki je bila visoka v povprečju 90 cm. Kljub velikim razlikam v povprečni višini rastlin pri jesenski setvi nismo mogli dokazati vpliva gostote setve na višino rastlin (slika 3). Pri spomladanski setvi je višina rastlin statistično značilno naraščala

z gostoto, saj so bile rastline najvišje pri najgostejši setvi. Višina rastlin v poskusu je primerljiva z višino 81 cm, ki je bila izmerjena pri tej sorti v uradnih sortnih poskusih, pri setvi spomladi leta 2008, v letu 2009 pa je bila približno 20 cm višja (Čergan in sod, 2009, 2010).

Višina rastlin ima pomemben vpliv na pridelek suhe snovi (SS) slame, ki je na živinorejskih kmetijah pomemben dejavnik pri odločitvi za setev določene sorte pšenice. Jeseni posejana pšenica je imela v povprečju za 1,5 t/ha SS višji pridelek slame. V povprečju je bil pridelek slame v jesenskem roku setve 4,4 t/ha SS slame, pri spomladanskem roku setve pa 2,9 t/ha SS slame. Kljub velikim razlikam med pridelki slame pri posameznih gostotah setve niso bile ugotovljene značilne razlike (slika 3).



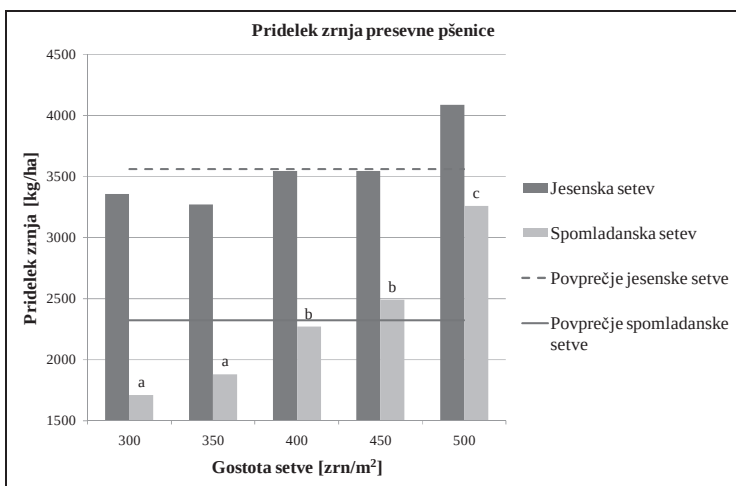
Slika 1: Število klasov na m² ob spravilu preseвне pšenice sorte SW Kadrilj pri jesenski in spomladanski setvi (različne črke nad stolpci označujejo statistično značilno razliko (Duncan,  $p \leq 0,05$ ) - na sliki levo in povezuje med gostoto setve in številom klasov ob spravilu v spomladanskem roku setve (na sliki spodaj).



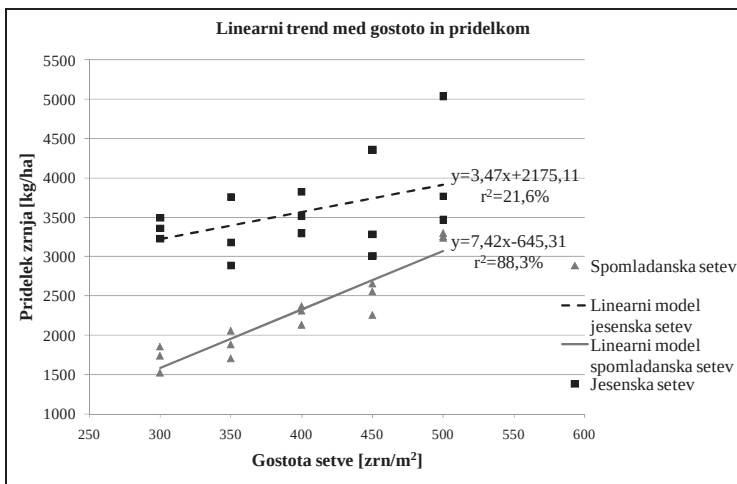
### 3.5 ABSOLUTNA IN HEKTOLITRSKA MASA

Povprečna absolutna masa zrnja je bila pri jesenskem roku setve 27 g, v spomladanskem roku pa 25 g (slika 4). Gostota setve v nobenem roku ni imela vpliva na absolutno maso. Ta je bila

dosti nižja od absolutne mase, ki jo navajajo žlahtnitelji sorte SW Kadrilj in tudi manjša, kot je bila absolutna masa te sorte v uradnih sortnih poskusih. V uradnih sortnih poskusih leta 2008 je bila absolutna masa 38 g, leta 2009 pa 31 g (Čergan in sod, 2009, 2010). Menimo, da sta lahko vzroka izpuščeno drugo in tretje dognojevanje ter neugodne vremenske razmere. Julijski vročinski val je močno skrajšal dolžino polnjenja zrnja in s tem zmanjšal absolutno maso, saj je bilo zrnje drobno. To lahko pripišemo tudi kratkemu obdobju od klasenja do žetve, ki je trajalo pri jari setvi le 4 tedne (preglednica 2).

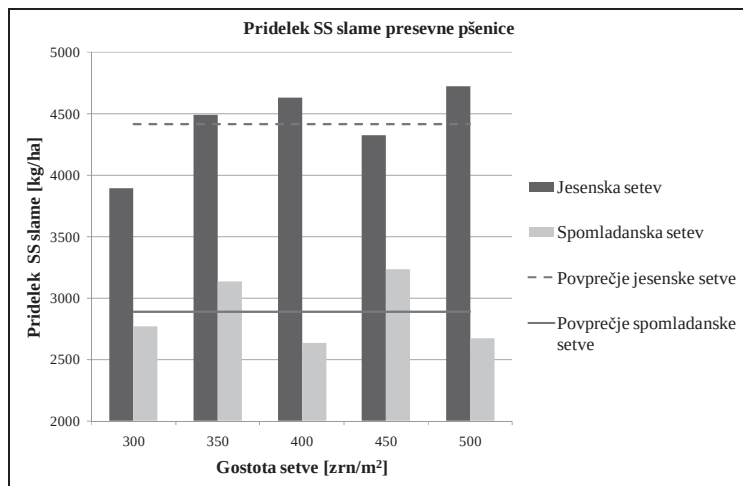


*Slika 2: Pridelek zrnja presevne pšenice sorte Sw Kadrilj glede na gostoto setve pri jesenski in spomladanski setvi (različne črke nad stolpci označujejo statistično razliko (Duncan,  $p \leq 0,05$ ) med povprečji) - na sliki levo in linearni trend med gostoto in pridelkom pri spomladanski setvi (na sliki spodaj).*

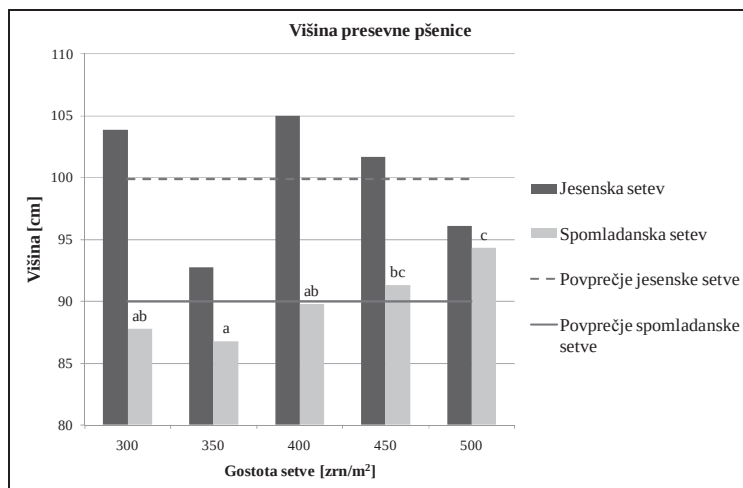


Podobno kot pri absolutni masi je bila povprečna hektolitrska masa v jeseni posejane pšenice nekoliko višja kot pri spomladanski setvi. Povprečna hektolitrska masa je bila pri jesenski setvi 62 kg/hl, kar je za 2 kg/hl več kot pri spomladanski setvi, ko je bil 60 kg/hl (slika 4). Najmanjša hektolitrska masa je bila pri najmanjši gostoti, največja pa pri največji gostoti, vendar razlike niso značilne. V uradnih sortnih poskusih je imela pšenica sorte SW Kadrilj leta 2008 hektolitrsko maso 73 kg/hl, leta 2009 pa 70 kg/hl (Čergan in sod, 2009, 2010).

Drugih pomembnih lastnosti za določitev kakovosti pšenice nismo opravili, saj že zaradi premajhne hektolitrske mase niso bili doseženi minimalni standardi za krušno pšenico.

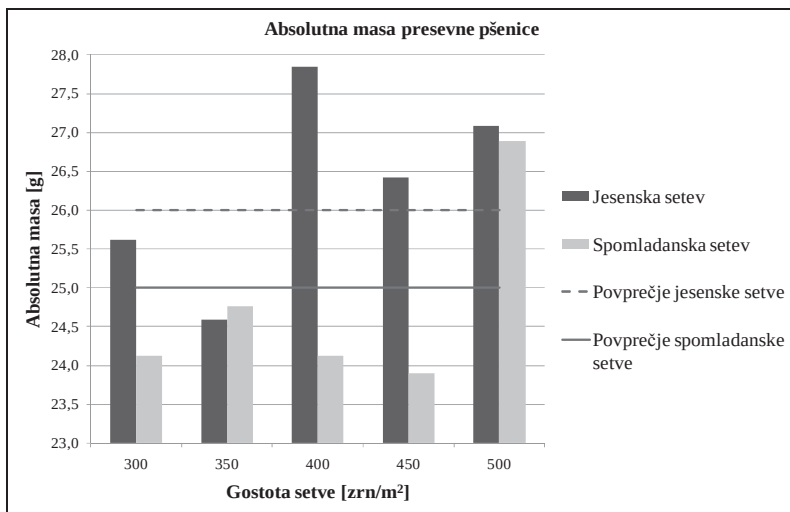


*Slika 3: Pridelek suhe snovi slame (levo) in višina (spodaj) presevne pšenice sorte SW Kadrilj pri jesenski in spomladanski setvi (različne črke nad stolpci označujejo statistično razliko (Duncan,  $p \leq 0,05$ )).*

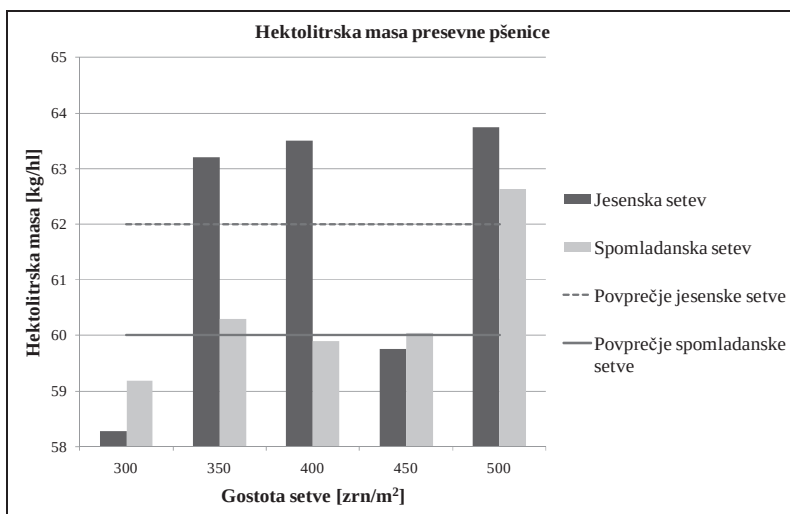


#### 4 Sklepi

Iz rezultatov poskusa je razvidno, da ima pozno jesensko setev presevne pšenice sorte SW Kadrilj prednost v primerjavi s setvijo v pozno spomladanskem roku. Gostota setve je imela večji vpliv na končni pridelek zrnja pri pozno spomladanski setvi v primerjavi s pozno jesensko setvijo, in sicer se je pri jesenski setvi s povečanjem gostote za 100 semen na m<sup>2</sup> povečal pridelek za približno 350 kg/ha, pri spomladanski setvi pa za približno 750 kg/ha. Jesenska setev je v preučevani sezoni imela prednost pred spomladansko setvijo tudi zaradi večjega pridelka slame, saj je bila jeseni posejana pšenica višja, kar potrjuje navedbe žlahtniteljev.



*Slika 4: Absolutna masa (levo) in hektolirska masa (spodaj) presevne pšenice sorte SW Kadrilj pri jesenski in spomladanski setvi*



Setev presevne pšenice je lahko zanimiva predvsem za pridelavo na težjih tleh v kolobarju za koruzo, v letih, ko kmetje ne morejo opraviti setve ozimne pšenice v optimalnem roku. Spomladanska setev je bolj tvegana v primerjavi s pozno jesensko setvijo na težjih tleh zlasti zaradi kratkega časa polnjenja zrnja pri poznih sortah, kar vodi do majhne absolutne in hektolirske mase. V primeru izvedbe spomladanske setve v optimalnem roku po priporočilu zastopnika sorte je lahko pričakovan večji pridelek zrnja, kar pa bomo morali še preizkusiti. Rezultati predstavljene raziskave so preliminarni - s ponovitvijo poskusa v več sezonah bomo dobili boljši pregled nad možnostmi setve presevne pšenice v Sloveniji.

## 5 Zahvala

Semenarni Ljubljana d.d. se zahvaljujemo za donacijo semena presevne pšenice.

## 6 Literatura

- Čelebić, U. 2008. Vsebnost in frakcije organske snovi in dušika pri različni obdelavi njivskih tal. Diplomsko delo: 43 str.
- 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. Razširjenost in pomen pridelave koruze. V: Kuruza. Ljubljana, Kmečki glas: 13-21
- Čergan, Z., Zemljič, A., Povše, V., Verbič, J., Dolničar, P., Kern, M., Ugrinović, K., Škof, M., Hiti, F. 2010. Preiskovanje sort poljščin in zelenjadnic v Sloveniji v letu 2009. Kmetijski inštitut Slovenije: 145 str.
- Čergan, Z., Zemljič, A., Povše, V., Verbič, J., Dolničar, P., Kern, M., Ugrinović, K., Škof, M., Hiti, F. 2009. Preiskovanje sort poljščin in zelenjadnic v Sloveniji v letu 2008. Kmetijski inštitut Slovenije: 131 str.
- Heumann, G., Dietzsch, H. 2000. Winter- und Sommerweizen. V: Lehrbuch des Pflanzenbaues Band 2: Kulturpflanzen. Lütke Entrup, N., Oemichen, J. (ur.). Gelsenkirchen, Verlag Th. Mann: 258-323
- Pravilnik o fitosanitarnih ukrepih za preprečevanje širjenja koruznega hrošča. Ljubljana, Uradni list RS. Dostopno na: <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200421&stevilka=893/> (avgust, 2010)
- Seed Science and Technology. 1999. Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut 1999. Volume 27, Supplement
- Skupni katalog sort poljščin. 2009. Uradni list Evropske unije, 28. Dopolnjena izdaja, št. 2009/C 302 A/01. Dostopno na: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2009:302A:0001:0639:SL:PDF> (1. 9. 2010)
- SW Kadirij. 2010. Dostopno na: <http://www.swseed.se/aciro/websidor/visasida.asp?idnr=UoBNJIC6PMEKEz2Lf9SmGZtHbLOiCVpCc0Jd7RlFYsFf3MgATnBbvIF6PjD> (20. 8. 2010)
- Ozimna žita. 2010. Semenarna Ljubljana. Dostopno na: [http://www.semenarna.si/tl\\_files/KAZALO/katalogi/poljscine/semenska-ozimna-zita-katalog-web-2010.pf](http://www.semenarna.si/tl_files/KAZALO/katalogi/poljscine/semenska-ozimna-zita-katalog-web-2010.pf) (20. 10. 2009)
- Tehnološka navodila za integrirano pridelavo poljščin. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije. Dostopno na: [http://www.ikc-um.si/ikcum/images/stories/datoteke/IP\\_poljscine\\_-TN\\_2010-\\_sprememba.pdf/](http://www.ikc-um.si/ikcum/images/stories/datoteke/IP_poljscine_-TN_2010-_sprememba.pdf/) (19. 8. 2010)

## Vpliv različnih načinov setve v strnišče na pridelek mnogocvetne ljuljke (*Lolium multiflorum* Lam.)

Denis STAJNKO<sup>68</sup>, Jure VIHAR<sup>69</sup>

### Izvleček

Na obrobju Dravskega polja (Ješenca) smo leta 2008 in 2009 v poljskem poskusu proučevali vpliv različnih načinov obdelave strnišča, setve in valjanja mnogocvetne ljuljke na vznik, število plevelov, pridelek sveže in suhe mase. V bločni poskus (8x4) so bili vključeni: obdelava s plugom in setev s sejalnico Pöttinger Terrasem 3000 T (V1), konvencionalna obdelava s plugom in vrtavkasto brano ter setev s sejalnico Lemken Saphir 7 (V2), obdelava tal z vrtavkasto brano in setev s sejalnico Lemken Saphir 7 (V3), enako pri obravnavanju (V4), le da smo strnišče pokosili z zastiralno kosilnico, direktna setev s sejalnico Lemken Saphir 7 (V5), košnja z zastiralno kosilnico in direktna setev s sejalnico Lemken Saphir 7 (V6), direktna setev s sejalnico Pöttinger Terrasem 3000 T (V7), mulčenje in direktna setev s sejalnico Pöttinger Terrasem 3000 T (V8). Največje število vzniklih rastlin mnogocvetne ljuljke ( $405 \text{ m}^{-2}$ ) je bilo pri V2, najmanjše pa pri V5 ( $153 \text{ m}^{-2}$ ). Pridelek sveže mase je bil največji pri V1 ( $53716 \text{ kg ha}^{-1}$ ) in najmanjši pri V5 ( $33682 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Največji pridelek suhe snovi je bil pri obravnavanju V2 ( $7144 \text{ kg ha}^{-1}$ ), najmanjši pa pri V6 ( $5799 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Najnižji odstotek suhe snovi je bil pri obravnavanju V1 (12 %), najvišji pa pri obravnavanju V6 (20 %). Valjanje je vplivalo na število vzniklih rastlin le pri obravnavanju V5, pri vseh ostalih obravnavanjih razlik ni bilo.

**Ključne besede:** mnogocvetna ljuljka, obdelava tal, sejalnica, načini setve, pridelek, vznik

## The influence of different methods of sowing in the stubble on the yield of ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.)

### Abstract

In 2008 and 2009 the impact of different tillage and seeding techniques of the stubble on the ryegrass emergence, number of weeds, fresh and dry matter yield was studied in a field trial on the outskirts of the Drava Plain (Ješenca). In randomly block experiment (8x4) the following treatments were included: ploughing and sowing with Pöttinger Terrasem 3000 T (V1), conventional tillage with plough and rotary harrow, then sowing with Lemken Saphir 7 (V2), tillage with rotary harrow and sowing with Lemken Saphir 7 (V3), (V4) same like (V3) straw was additionally mulched, mulch and sowing with Lemken Saphir 7 (V5), mulch and direct sowing with Lemken Saphir 7 (V6), direct sowing with seeder Pöttinger Terrasem 3000 T (V7), mulch and direct sowing seeder Pöttinger Terrasem 3000 T (V8). The maximum number of emerged ryegrass plants was counted in the V2 ( $405 \text{ m}^{-2}$ ), and the smallest in the V5 ( $153 \text{ m}^{-2}$ ). Fresh weight yield was the highest in the V1 ( $53716 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and the lowest in the V5 ( $33682 \text{ kg ha}^{-1}$ ). The maximum yield of dry matter was measured in V2 ( $7144 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and the lowest in the V6 ( $5799 \text{ kg ha}^{-1}$ ). The lowest dry matter content was detected in the V1 (12 %) and the highest in the treatment V6 (20 %). The rolling affected the number of emerged only in the V5, while there was no difference in other treatments.

**Key words:** ryegrass, tillage, seeder, sowing techniques, yield, emergence

<sup>68</sup> Izr. prof., dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Katedra za biosistemsko inženirstvo, Pivola 10, SI-2311 Hoče, e-pošta: denis.stajnko@uni-mb.si

<sup>69</sup> Univ. dipl. inž. kmet., Ješenca 44, 2327 Rače, e-naslov: jure.vihar@gmail.com



## 1 Uvod

V Sloveniji se živinorejske kmetije vse pogostejše odločajo za setev strniščnih dosevkov, med katerimi je na področju Dravskega polja zelo pogosta mnogocvetna ljujka (*Lolium multiflorum* Lam.), saj daje visok in kvaliteten pridelek sveže zelene mase, travne silaže ali sena.

Vendar dosedanja praksa z oranjem in predsetveno obdelava tal zahteva precej časa in predstavlja dodaten strošek. Drugo možnost predstavljajo alternativni načini obdelave tal in direktna setev brez predhodne obdelave, pri čemer sta predvidena jesenski in spomladanski odkos. Nato pa sledi setev koruze oziroma druge jarine.

Priprava tal za setev predstavlja poleg spravila energetskega najbolj zahtevno delovno operacijo, zato pridelovalci skušajo znižati stroške s preizkušanjem alternativnih, predvidoma bolj ekonomičnih načinov obdelave tal. V mnogih predelih sveta so že prišli do spoznanja, da lahko novejša energetska učinkovitejša metode obdelave tal pomembno prispevajo k povečanju ekonomičnosti pridelave (Bayhan, 2006).

Konvencionalna obdelava tal temelji na intenzivnem obračanju in mešanju rastlinskih ostankov z lemežnimi plugi. Nasprotno želimo z alternativnimi metodami obdelave ohraniti naravno strukturo in obdržati rastlinske ostanke na površini tal ter tako ohraniti vlago v tleh in povečati mikrobiološko aktivnost. Najbolj pogosto uporabljamo za konzervirajočo obdelavo tal rahljalnike (Weise in Baurarach, 1999).

Pri uvajanju alternativnih načinov obdelave tal ne moremo mimo vprašanja količine in kakovosti pridelka. V svetu je bilo opravljenih mnogo poskusov o vplivu različnih načinov setve tako na pridelek voluminozne krme in pridelek semena.

Tako so López Cedrón in sod. (2006) v petletnem poskusu proučevali vpliv konvencionalne in direktne setve v kombinaciji z namakanjem na pridelke suhe snovi mnogocvetne ljujke, vendar so ugotovili signifikantni vpliv dodajanja vode ne pa tudi obdelave tal.

V večletnem poskusu so Bueno in sod. (2007) tudi ugotavljali vpliv konvencionalne obdelave v primerjavi z direktno setvijo mnogocvetne ljujke v razrezane in nerazrezane ostanke koruznice. Na vseh parcelicah z razrezanimi ostanki, ne glede na način obdelave, so ugotovili boljši vznik in večji pridelke, vendar pa je bil pridelek v izrazito mokrih letih manjši pri direktnih setvah.

Mellbye in sod. (2009) so po štirih letih raziskav vpliva različnih načinov obdelave tal na pridelek semena mnogocvetne ljujke na področju zahodnega Oregona (ZDA) ugotovili, da zamenjava obstoječe konvencionalne obdelave tal z direktno setvijo zagotavlja primerljive pridelke semena ob manjših proizvodnih stroških. Večletna neprekinjena direktna setev se je zaradi izjemnega napada polžev pokazala za neprimerno.

Zaradi vse večje optimizacije pridelave kakovostne krme in zniževanja stroškov smo želeli ugotoviti vpliv različnih načinov obdelave tal na višino pridelka mnogocvetne ljujke, saj oranje zahteva veliko časa, potroši veliko energije in tako poveča stroške pridelave. Ker se na tržišču pojavlja vse več sejalic, ki obljubljajo natančno odlaganja manjših semena tudi brez oranja, smo mnogocvetno ljujko sejali na različne alternativne načine.

## 2 Material in metode dela

Poskus je bil izveden v rastni sezoni 2008/2009 v vasi Ješenca, na melioriranih srednje težkih tleh. Parcela je bila razdeljena na 32 manjših parcelic, velikosti 420 m<sup>2</sup> (6 m x 70 m). Parcelice so bile naključno porazdeljene po blokkih, z osmimi obravnavanji in štirimi ponovitvami, od tega sta bili dve ponovitvi valjani po setvi.

V poskusu smo primerjali naslednje načine obdelave tal in setve:

- V1 - oranje, setev s sejalnico za direktno setev Pöttinger Terrasem 3000 T,
- V2 - oranje, obdelava tal in setev z združenim strojem (vrtavkasta brana + sejalnica Lemken Saphir 7,
- V3 - obdelava tal in setev z združenim strojem (vrtavkasta brana + sejalnica Lemken Saphir 7,
- V4 – slama zdrobljena z zastiralno kosilnico, obdelava tal in setev z združenim strojem (vrtavkasta brana + sejalnica Lemken Saphir 7,
- V5 - direktna setev s sejalnico Lemken Saphir 7,
- V6 - slama zdrobljena z zastiralno kosilnico, direktna setev s sejalnico Lemken Saphir 7,
- V7 - direktna setev s sejalnico Pöttinger Terrasem 3000 T,
- V8 - slama zdrobljena z zastiralno kosilnico, direktna setev s sejalnico Pöttinger Terrasem 3000 T.

Setvena norma posejane sorte 'Barextra' je bila 50 kg/ha, kar je pri absolutni masi 4,2 g in pri razdalji med vrstami 12,5 cm pomenilo približno 1.190 semen na m<sup>2</sup>.

Valjanje smo izvedli takoj po setvi z gladkim valjarjem premera 80 cm in širine 2,2 m, skupne teže 2500 kg. Valjali smo polovico parcel s hitrostjo 6 km/h, saj pri prevelikih hitrostih ne dobimo želenega učinka. Pomembno je bilo, da smo pravočasno povaljali, predvsem zaradi visokih temperatur, močnega sončnega obsevanja in vetra.

Pred setvijo, 29.7.2008, smo strnišče pognojili z 20 m<sup>3</sup> nerazredčene goveje gnojevke, nato smo prvo dognojevanje izvedli 12.9.2008 po čistilni košnji z 250 kg KAN-a. 20.2.2009 smo poskus pognojili še z 20 m<sup>3</sup> razredčene goveje gnojevke v razmerju 1 del vode : 1 del gnojevke, kar je pomenilo približno 60 kg čistega dušika.

Rastline smo prešteli 20.8.2008 v fazi dveh do treh listov tako, da smo kovinski kvadrat velikosti 0,5 m x 0,5 m, 3 krat naključno položili po posamezni parceli. Vsakokrat smo prešteli število rastlin mnogocvetne ljuljke in število plevelov.

Zaradi velike količine plevelov v posevku, smo izvedli čistilno košnjo 12.9.2008, tako da je višina travne ruše po čistilni košnji znašala 7 cm. Kot plevel je prevladovalo osuto seme predposevka, pšenice.

Višino mnogocvetne ljuljke smo izmerili pred jesensko košnjo, 24.10.2008, in drugič pred spomladansko košnjo, 1.5.2009. Meritev smo opravili s pomočjo lahke plastične plošče velikosti 0,5 m x 0,5 m, ki je imela v sredini luknjo, skozi katero smo vstavili meter in nato odčitali višino. Postopek smo na vsaki parceli 5 krat ponovili.

Pokošena površina je imela dolžino 4,2 m in širino 2,7 m. Višina košnje je bila približno 7 cm, saj s prenizko košnjo škodujemo travni ruši. Pridelke smo tehtali z elektronsko tehtnico, na dekagram natančno, istočasno smo vzeli tudi vzorec za ugotavljanje suhe snovi in ga sušili v komori 48 ur pri temperaturi 70 °C.

Vse podatke, dobljene v poskusih in laboratoriju, smo statistično obdelali s pomočjo statističnega programa SPSS for Windows 16.0. Izvedli smo analizo variance (ANOVA) in primerjavo povprečij po Duncanovem testu pri p<0,05.

### 3 Rezultati z diskusijo

#### 3.1 VZNIK

Število vzniklih rastlin je prikazano v preglednici 1. Štirinajst dni po setvi je bil najboljši vznik (405 m<sup>2</sup>) ocenjen pri obravnavanju V2 – oranje in obdelava tal z vrtavkasto brano ter setev s sejalnico Lemken Saphir 7. Najboljši vznik pripisujemo večji zračnosti in s tem večji

začetni toploti tal ter minimalni količini rastlinskih ostankov, ki so pri ostalih obravnavanih motili setev ter vznik rastlin. Najslabši vznik (153 rastline m<sup>-2</sup>) je izmerjen pri obravnavanju V5 – direktna setev s sejalnico Lemken Saphir 7, saj zaradi velike količine rastlinskih ostankov seme ni prišlo povsod v stik s tlemi.

*Preglednica 1: Vpliv različnih načinov obdelave tal na število vzniklih rastlin mnogocvetne ljuljke*

| Način obdelave | Število vzniklih rastlin m <sup>-2</sup> |
|----------------|------------------------------------------|
| V5             | 153 <sup>c</sup>                         |
| V6             | 173 <sup>c</sup>                         |
| V7             | 338 <sup>b</sup>                         |
| V3             | 367 <sup>ab</sup>                        |
| V8             | 374 <sup>ab</sup>                        |
| V4             | 388 <sup>a</sup>                         |
| V1             | 390 <sup>a</sup>                         |
| V2             | 405 <sup>a</sup>                         |

<sup>a, b, c</sup> se statistično značilno razlikujejo pri ( $p \leq 0,05$  po Duncanovem testu).

Menimo, da Lemken Saphir 7 ni primerna za direktno setev, saj je dosežen premajhen vznik, kot posledica setve na debelo plast rastlinskih ostankov pšenične slame, ki je preprečevala, da bi diski sejalnice dovolj globoko zarezali v zemljo in bi seme padlo na želeno globino 1 cm. Direktna setev je bila bistveno boljša s sejalnico Pöttinger Terrasem 3000 T z zobatimi diski, ki so omogočila boljše rezanje rastlinskih ostankov in s tem natančno odlaganje semena v zemljo, vendar z 28 % vznikom tudi ne moremo biti zadovoljni.

### 3.2 ZAPLEVELJENOST

Število plevelov, ocenjeno 14 dni po setvi, je prikazano v preglednici 2.

*Preglednica 2: Vpliv različnih načinov obdelave tal na število plevelov*

| Način obdelave | Število plevelov m <sup>-2</sup> |
|----------------|----------------------------------|
| V1             | 37 <sup>d</sup>                  |
| V2             | 73 <sup>d</sup>                  |
| V3             | 304 <sup>c</sup>                 |
| V4             | 395 <sup>bc</sup>                |
| V7             | 397 <sup>bc</sup>                |
| V8             | 401 <sup>bc</sup>                |
| V6             | 473 <sup>ab</sup>                |
| V5             | 564 <sup>a</sup>                 |

<sup>a, b, c</sup> se statistično značilno razlikujejo pri ( $p \leq 0,05$  po Duncanovem testu)

Najmanjše število plevelov (37 plevelov m<sup>-2</sup>) je bilo pri obravnavanju V1 – oranje in setev s sejalnico Pöttinger Terrasem 3000 T. Nekoliko več plevela je bilo pri obravnavanju V2, kjer smo prav tako izvedli oranje, vendar se ni razlikovalo od V1. Največja zapleveljenost, 564 m<sup>-2</sup>, je bila ugotovljena pri obravnavanju V5 (direktna setev z Lemken Saphir 7).

Večja zapleveljenost je bila ugotovljena tudi pri V5, V6, V8 in V7, saj je bila pri teh obravnavanih izvedena direktna setev brez predhodne obdelave. Šele po čistilni košnji se je lahko mnogocvetna ljuljka razrasla. Na oranih obravnavanjih (V1, V2), se pšenica kot plevel ni pojavljala, ampak le ostali njivski pleveli.

### 3.3 VIŠINA RASTLIN

Kot se vidi iz preglednice 3 so bile najnižje rastline, 26 cm, jeseni pri obravnavanju V5. Na višino rastlin v teh obravnavanjih je najverjetneje vplivala zbitost tal, saj smo pri obeh obravnavanjih opravili direktno setev s sejalnico Lemken Saphir 7. Ta sejalnica seme odloži v zemljo brez predhodne minimalne obdelave tal. V primerjavi z obravnavanji V7 in V8, kjer smo prav tako izvedli direktno setev, smo uporabili sejalnico Pöttinger Terrasem 3000 T, ki zemljo nekoliko prerahla in nato odloži seme.

Najvišje rastline so bile jeseni pri obravnavanju V1, 32,6 cm, kar pripisujemo večji zračnosti, saj so bila tla sposobna zadržati več rastlinam dostopne vode kot nepreorana tla, in minimalni zapleveljenosti V1 in V2.

Pri spomladanskem merjenju so bile rastline skoraj dvakrat višje kot jeseni. Najvišje rastline, 56,4 cm, so bile pri obravnavanjih V1 in V2. Enako kot pri jesenskem merjenju so bile tudi v spomladanskem času najnižje rastline, 45,8 cm, v obravnavanjih V5 in V6.

*Preglednica 3: Vpliv različnih načinov obdelave tal na višino mnogocvetne ljuljke*

| Način obdelave | Višina rastlin mnogocvetne<br>ljuljke – jeseni (cm) | Višina rastlin mnogocvetne<br>ljuljke – spomladi (cm) |
|----------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| V5             | 26,0 <sup>c</sup>                                   | 45,8 <sup>d</sup>                                     |
| V6             | 26,1 <sup>c</sup>                                   | 45,8 <sup>d</sup>                                     |
| V7             | 30,3 <sup>b</sup>                                   | 51,5 <sup>bc</sup>                                    |
| V3             | 30,4 <sup>b</sup>                                   | 50,6 <sup>c</sup>                                     |
| V4             | 30,5 <sup>b</sup>                                   | 51,9 <sup>b</sup>                                     |
| V8             | 31,6 <sup>a</sup>                                   | 51,5 <sup>bc</sup>                                    |
| V2             | 31,7 <sup>a</sup>                                   | 56,4 <sup>a</sup>                                     |
| V1             | 32,6 <sup>a</sup>                                   | 56,4 <sup>a</sup>                                     |

<sup>a, b, c</sup> se statistično značilno razlikujejo pri ( $p \leq 0,05$  po Duncanovem testu)

### 3.4 PRIDELEK SVEŽE MASE

Pridelek sveže mase je prikazan v preglednici 4, iz katere se vidi, da je bil jeseni največji pri V1 (19960 kg ha<sup>-1</sup>) in najmanjši pri V5 (12337 kg ha<sup>-1</sup>). Najmanjši pridelek na V5 in V6 je bil pričakovan, saj je bilo na teh obravnavanjih najmanjše število vzniklih rastlin ter največ plevela, pa tudi višina rastlin je bila najnižja.

*Preglednica 4: Vpliv različnih načinov obdelave tal na količino sveže mase mnogocvetne ljuljke*

| Način obdelave | Sveža masa jeseni<br>(kg) | Sveža masa spomladi<br>(kg) | Sveža masa skupaj<br>(kg) |
|----------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| V5             | 12337 <sup>e</sup>        | 21344 <sup>d</sup>          | 33681 <sup>e</sup>        |
| V6             | 12439 <sup>e</sup>        | 21931 <sup>d</sup>          | 34369 <sup>e</sup>        |
| V3             | 15819 <sup>d</sup>        | 24325 <sup>c</sup>          | 40145 <sup>d</sup>        |
| V4             | 16944 <sup>c</sup>        | 24897 <sup>bc</sup>         | 41841 <sup>c</sup>        |
| V7             | 18046 <sup>bc</sup>       | 25366 <sup>b</sup>          | 43412 <sup>b</sup>        |
| V8             | 18425 <sup>b</sup>        | 25286 <sup>b</sup>          | 43712 <sup>b</sup>        |
| V2             | 19863 <sup>a</sup>        | 33527 <sup>a</sup>          | 53390 <sup>a</sup>        |
| V1             | 19960 <sup>a</sup>        | 33756 <sup>a</sup>          | 53716 <sup>a</sup>        |

<sup>a, b, c</sup> se statistično značilno razlikujejo pri  $p \leq 0,05$  po Duncanovem testu

Spomladi smo največji pridelek zelene mase ( $33756 \text{ kg ha}^{-1}$ ) prav tako izmerili pri V1, vendar se ni ločilo od V2. Rastline na obravnavanjih z oranjem so bile veliko bujnejše, temnejše in bolj sočne.

Največji skupni pridelek sveže mase je bil tako izmerjen pri V1 ( $53716 \text{ kg ha}^{-1}$ ), nekoliko nižji pa pri V2, kar pomeni, da je oranje zelo ugodno vplivalo na količino sveže mase. Bistveno nižji skupni pridelek sveže mase je bil dosežen pri obravnavanju V5 ( $33618 \text{ kg ha}^{-1}$ ), kjer smo opravili direktno setev s sejalnico Lemken Saphir 7.

#### 4 Sklepi

V bločnem poskusu smo na obrobju Dravskega polja na lokaciji Ješenca proučevali vpliv različnih načinov obdelave strnišča ozimne pšenice na pridelek mnogocvetne ljujke. Ugotovili smo, da je bil na glinasto ilovnatih tleh s povprečnimi letnimi padavinami 1165 mm najboljši vznik (34%) v opazovanem letu pri konvencionalni obdelavi, najmanjši pa pri direktni setvi s sejalnico Lemken Saphir 7 (13 %). Nizki poljski vznik pripisujemo suši pred setvijo, ki je preprečila normalno kalitev semena. Zbita in suha tla so tudi ovirala dobro odlaganje semena pri direktni setvi s sejalnico Pöttinger Terrasem 3000 T.

Pri konvencionalni obdelavi tal V1 in V2 je bil pridelek dveh košenj sveže mase največji pri oranju in setvi s sejalnico Pöttinger Terrasem 3000 T ( $53716 \text{ kg ha}^{-1}$ ), najmanjši pa pri direktni setvi s sejalnico Lemken Saphir 7 ( $33682 \text{ kg ha}^{-1}$ ), kar je v direktni povezavi s slabšim vznikom. Na ta način smo pokazali, da je direktna setev ljujke, kljub želji po manjših stroških, zelo negotova in jo odsvetujemo na strniščih z mnogo slame, zlasti če je bila ta puščena na njivi ob žetvi.

Kljub različni vsebnosti suhe snovi, najmanj pri V2 (12,37 %) in največ pri direktni setvi s sejalnico Lemken Saphir 7 (20 %), je bil največji pridelek suhe snovi še vedno pri obravnavanju V2 ( $7144 \text{ kg ha}^{-1}$ ) in najmanjši pri sejalnici Lemken Saphir 7 ( $5799 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Kljub splošnemu prepričanju, da valjanje vpliva na število vzniklih rastlin, se je v našem poskusu pokazal pozitiven vpliv le pri direktni setvi s sejalnico Lemken Saphir 7 (V5).

#### 5 Literatura

- Bayhan, Y., Kayisoglu, B., Gonulol, E., Yalcin, H., Sungur, N. 2006. Possibilities of direct drilling and reduced tillage in second crop silage corn. *Soi & Tillage Research*, 88, 1-2: 1-7
- Bueno, J., Amiana C., Hernanz, J.L. 2007. No-tillage drilling of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.): Crop residue effects, yields and economic benefits. *Soil and Tillage Research*, 95, 1-2: 61-68
- López Cedrón, F.X., Ruiz-Nogueira, B., Confalone, A., Piñeiro, J., Sau, F. 2006. Productivity of ryegrass-maize annual rotation in Galicia: five year evaluation under irrigated and rain fed conditions and two sowing systems. *Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, Coruna, Spain, Pastos, 36, 2: 193-216
- Mellbye, M.E., Young III, W.C., Garbaciak, C.J. 2010. Long-term evaluation of annual ryegrass cropping systems for seed production. 7th International Herbage Seed Conference, Dallas, Texas, April 11 -14, dostopno na: [http://www.ihsg.org/subsites/conference2010/documents/IHSC2010PosterProceedings\(29\).pdf](http://www.ihsg.org/subsites/conference2010/documents/IHSC2010PosterProceedings(29).pdf)
- Weise, G., Baurarach, E.H. 1999. Tillage Machinery. In *CIGR Handbook of Agricultural Engineering*, ASAE, St. Joseph: 184-217

## Kakšne so možnosti za povečanje pridelovanja zdravilnih rastlin v Sloveniji?

Nataša FERANT<sup>70</sup>

### Izvleček

V Sloveniji se pridelovanje zdravilnih rastlin do sedaj še ni razširilo v večjem obsegu. Kot dejavnost je lahko alternativa in dopolnilo drugim kmetijskim panogam. Razmah pridelovanja zdravilnih rastlin pa je pogojen z zanimanjem pridelovalcev, razvitosti stroke, svetovanja in odkupa. Da bi se ta panoga razvila v večjem obsegu, je potrebno povezati vse segmente pridelave, predelave in trženja. Žal pa kljub pripravljenosti pridelovalcev in visoke stopnje razvitosti stroke do sedaj še ni enotnega odkupa. Menimo, da je to glavni razlog, zakaj se kmetje ne odločajo za pridelavo zdravilnih rastlin. Kljub dobrim in raznovrstnim pridelovalnim razmeram (različni tipi tal, različne agroklimatske danosti) in interesu ljudi za pridelavo to še ne zagotavlja pridelave zdravilnih rastlin v večjem obsegu, če ni zagotovljenega odkupa.

**Gljučne besede:** zdravilne rastline, aromatične rastline, pridelava, svetovanje, trženje

## What are the options for increase production of medicinal plants in Slovenia?

### Abstract

Cultivation of medicinal plants as an agriculture branch in Slovenia is not developed yet. It could be an alternative and supplement to the other branches in agriculture. Development should base on farmers interest, development of profession which is on high level, advisers and market opportunities. It is necessary to link all the segments of production, processing and marketing. Unfortunately, there is no organised trading for medicinal plants. This is the main reason why the farmers do not decide to produce medicinal plants.

**Key words:** medicinal plants, aromatic plants, cultivation, advising, marketing

### 1 Uvod

Pridelovanje zdravilnih rastlin v Sloveniji se kot kmetijska dejavnost do sedaj ni razmahnila v večjem obsegu, kljub različnim in zelo dobrim naravnim danostim. V Sloveniji je velik potencial za pridelavo zdravilnih rastlin, saj imamo različna agroekološka območja, različne tipe tal in različna mikroklimatska območja. Pridelava je primerna zlasti v hribovitih predelih in predelih, ki so manj primerna za pridelavo poljščin in hrane zaradi majhnih parcel (njiv), konfiguracije terena (hriboviti deli), težjega dostopa itd. V pridelavo in predelavo zdravilnih rastlin lahko vključimo tudi starejše in težje zaposljive osebe, kar je pomemben socio-ekonomski učinek (Baričevič, 1994).

Poraba zdravilnih rastlin in pripravkov iz le-teh se povečuje. Segment trga z zdravili rastlinskega izvora ima v Evropi visoko stopnjo rasti (Baričevič, 2006). Industrijski način predelave in izdelave zdravil rastlinskega izvora zahteva izenačeno kakovost in redne dobave predvidenih količin surovin, zato je nabiranje kot tradicionalni način pridobivanja surovin mnogokrat nerentabilno, kakovost je neizenačena in velikokrat slaba. V številnih primerih surovina iz narave ne more zadovoljiti potreb predelovalne industrije. Poleg tega je vse več rastlin ogroženih zaradi sprememb v okolju, kjer rastejo. Zdravilne rastline so ogrožene tudi zaradi vse večjega nabiranja v naravi. Nestrokovno in prekomerno nabiranje lahko povzroči iztrebljenje določene rastline na obremenjenih rastiščih (Baričevič, 2008). Zato je pridelovanje

<sup>70</sup> Mag., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: natasa.ferant@ihps.si

toliko bolj pomembno. V prispevku smo želeli predstaviti možnosti, ki jih imamo v Sloveniji za razširitev obsega pridelave zdravilnih rastlin.

## 2 Pridelovanje

V Sloveniji obstajajo naravne danosti, pridelovalni in raziskovalni potencial, možnost razvoja izdelkov, predelave in trženja zelišč in njihovih pripravkov (Baričevič, 1994). Želeli smo ugotoviti perspektive in možnosti za razvoj. Trenutno ni relevantnih podatkov o površinah posajenih z zdravilnimi rastlinami v Evropi in v Sloveniji za daljše obdobje, npr. za zadnjih deset let. Obseg pridelovanja v okviru kooperacije se je v zadnjih desetletjih močno skrčilo zaradi sprememb tržišča ter uvoza surovin in polproizvodov. Žal o tem ni relevantnih podatkov, vendar se to vidi in občuti v vsakdanjem življenju – ob osebnih stikih in razpravah. Pridelovanje zdravilnih in aromatičnih rastlin v svetu se povečuje iz leta v leto. Žal ni dostopnih enotnih relevantnih podatkov. Po nekaterih podatkih je pridelava v nekaterih vodilnih evropskih državah naslednja (Production..., 2010):

- V Avstriji se je pridelava povečevala od 14.100 ha v letu 2005 na 19.000 ha v letu 2009.
- V Bolgariji je leta 2004 potekala pridelava zdravilnih in aromatičnih rastlin na 86.419 ha, od tega je bila večina površin posajenih s koriandrom (*Coriandrum sativum* L.), ostale površine pa so bile posajene s komačkom (*Foeniculum vulgare* L.), vrtnico (*Rosa damascena* L.), sivko (*Lavandula angustifolia* L.), meliso (*Melissa officinalis* L.), poprovo meto (*Mentha x piperita*), bezgom (*Sambucus nigra* L.) in koprivo (*Urtica dioica* L.). V zadnjem obdobju je v vse večjem razmahu ekološka pridelava zelišč.
- V Franciji poteka pridelava v zadnjih letih na 48.000 ha, od tega: lavandin (*Lavandula x intermedia*) na 15.000 ha, sivka (*Lavandula angustifolia* L.) na 4.500 ha, zelišča za parfumerijo na 21.000 ha, od tega muškatna kadulja (*Salvia sclarea* L.) na 1.000 ha, mak (*Papaver somniferum* L.) na 5.000 ha, ginko (*Ginkgo biloba* L.) na 500 ha in timijan (*Thymus vulgaris* L.) na 300 ha. Ostale zdravilne in aromatične rastline pridelujejo v Franciji na 12.000 ha.
- V Nemčiji je potekala pridelava v letih 2003-2004 na 10.149 ha. Večinoma so bile posajene vrste, ki jih uporabljamo za kulinarične namene: peteršilj (*Petroselinum crispum* L.), drobnjak (*Allium schoenoprasum* L.), koper (*Anethum graveolens* L.), majaron (*Origanum majorana* L.), bazilika (*Ocimum basilicum* L.), koriander (*Coriandrum sativum* L.) in kumina (*Carum carvi* L.). Od zdravilnih in aromatičnih rastlin pa je največ posajene: melise (*Melissa officinalis* L.), poprove mete (*Mentha x piperita*), šentjanževke (*Hypericum perforatum* L.), baldrijana (*Valeriana officinalis* L.), ameriškega slamnika (*Echinacea* ssp.) in ozkolistnega trpotca (*Plantago lanceolata* L.).
- V Italiji smo zasledili, da je pridelovanje zdravilnih in aromatičnih rastlin v letu 2001 potekalo na 3.300 ha – ni všteta pridelava peteršilja in bazilike.
- Na Nizozemskem so leta 2004 pridelovali zdravilne in aromatične rastline na 2.884 ha.
- V Romuniji so leta 2007 pridelovali zdravilne in aromatične rastline na 10.766 ha. Nabiralništvo je v tej državi še vedno pomembno, saj so v letu 2007 nabrali 5.000 t sveže droge.
- V Veliki Britaniji so leta 2004 pridelovali zdravilne in aromatične rastline na 6.495 ha.
- V Sloveniji je po podatkih Statističnega urada republike Slovenija pridelava zdravilnih in aromatičnih rastlin poteka od leta 2005 do leta 2009 na 17 ha.

Na področju pridelave zdravilnih rastlin je bilo narejenega že veliko strokovno-raziskovalnega dela. Potrebno pa je sistematsko pripraviti izbor primernih vrst za pridelavo na posameznih



območjih. Obstaja strokovna podpora pridelovanju v obliki kvalitetnega semenskega materiala, tehnologij pridelovanja, sušenja in skladiščenja na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, kjer imamo Vrt zdravilnih in aromatičnih rastlin že 35 let (Ferant, 2006). Ponovno je potrebno organizirati svetovanje za to dejavnost, ki je nekoč na inštitutu že obstajala, vendar jo je pristojno ministrstvo ukinilo. Potrebno je povezovanje in vzpostavitev primerne organiziranosti pridelovalcev, predvsem pa bi bilo potrebno organizirati odkup, da se bodo kmetje odločali za pridelavo zdravilnih rastlin. Tako bodo vedeli kaj, kdaj, komu in po kakšni ceni bodo prodali svoj pridelek. Trenutno je tržišče v Sloveniji neurejeno in ne omogoča ekonomsko upravičenega pridelovanja brez pomoči institucij in pristojnih ministrstev.

Pridelovanje zdravilnih rastlin lahko prispeva k oživljanju in prestrukturiranju kmetij in podeželja. Za pridelovanje zdravilnih rastlin bi lahko uporabili površine, manj primerne za pridelovanje hrane, zlasti v hribovitih predelih Slovenije. Pridelovanje zdravilnih rastlin na manj onesnaženih območjih bi lahko dalo visoko kakovosten pridelek, ki je iskan tudi drugod. Seveda je nekako razumljivo, da je pridelava zdravilnih rastlin ekološka. Zanj je v Sloveniji veliko usposobljenih pridelovalcev (Rode, 1996).

Pridelovanje zdravilnih rastlin je nujno tudi s strani zahtev industrije po konstantni kakovosti surovine – droge.

Pridelava je upravičena tudi z vidika ohranjanja naravnih rastišč, saj z nabiranjem krčimo naravna rastišča ali celo iztrebljamo rastlinske vrste. Kar nekaj zdravilnih rastlin je na rdečem seznamu ogroženih rastlinskih vrst Slovenije (UL RS, 82/2002). Interes ljudi za pridelavo je velik, vendar, ker ni organiziranega odkupa – neorganiziranost trga z drogami, se ne odločijo za to dejavnost (Ferant, 2008).

### 3 Pridelava

Potrebno je definirati potrebe po surovinah in njihovi kakovosti ter ugotoviti pripravljenost industrije in galenskih laboratorijev po nakupu slovenske droge, ki je navadno dražja. Trenutno poteka edina kooperativna pridelava ameriškega slamnika (*Echinacea purpurea* Moench.) za LEK d.d. na 15 do 20 ha letno. Tudi potrebe galenskih laboratorijev po surovinah so velike, vendar jih le-ti zadostijo s cenejšo surovino iz uvoza. Nujno je uvajanje kriterijev dobre proizvodnje prakse in povezovanje s pridelovalci. Ponovno je potrebno razviti izdelke na osnovi domačih surovin.

### 4 Nadzor kakovosti

V prihodnje je potrebno definirati nadzor parametrov kakovosti, in sicer sistemsko s certifikacijsko shemo, določiti izvajalca in plačnika. Zagotoviti je treba nadzor nad uvoženimi in domačimi surovinami ter koordinacijo analitskih zmogljivosti.

### 5 Sklepi

Menimo, da so možnosti pridelave zdravilnih rastlin v Sloveniji še vedno velike, tako kot ves čas do sedaj. Imamo ugodne agroekološke razmere, dobre pridelovalne naravne danosti, strokovnjake z izkušnjami na tem področju in ljudi, ki so pripravljeni pridelovati. Manjka pa organiziran odkup, ki je že obstajal, vendar je bil ukinjen s spremembami v bližnji preteklosti in z globalizacijo evropskega ter svetovnega trga. Zaradi nizkih cen uvožene droge je



vprašanje, ali se bo kdo sploh opogumil in začel odkupovati slovenske zdravilne rastline, saj so pridelovalni stroški višji od odkupnih cen.

Da bi se pridelava v Sloveniji razmahne v čim bližnji bodočnosti je potrebno:

- vzpostaviti koordinacijo med posameznimi subjekti: pridelovalci, predelovalci in odjemalci - kupci, ki bi zagotovila stabilnost tržišča in pogojev za trženje pridelanih surovin,
- narediti študijo o potrebah po surovini oz. pridelku zdravilnih in aromatičnih rastlin – droge na slovenskem trgu,
- predstaviti prednosti lastne oskrbe s hrano. Veliko na tem področju dela tudi MKGP s svojimi akcijami in programi,
- ekološko pridelati zdravilne rastline, kar je vedno bolj pomembna tako z vidika varovanja okolja, kot z vidika varne hrane,
- pridelava zdravilnih rastlin je tudi priložnost za male pridelovalce in reševanje socio-ekonomskega položaja, zlasti za ljudi na kmetijah z omejenimi dejavniki razvoja oz. za ljudi, ki imajo manjše površine zemlje in so pripravljeni pridelovati, nimajo pa možnosti direktnega trženja droge ali izdelkov,
- pridelovanje zdravilnih rastlin je pomemben z vidika varovanja okolja in biodiverzitete,
- slovenski predelovalci in industrija bi se v urejenih razmerah, ki bi bile posledice organiziranega odkupa in s tem dovolj velike surovinske baze, lahko naslonili na domače vire kakovostne surovine za njihove potrebe,
- več je potrebno narediti na promociji provinjenca pridelane droge in sonaravne oz. ekološke pridelave. Pridelana droga naj bi nosila oznako: ekološko pridelano, slovenskega porekla.

## 6 Literatura

- Baričević, D., Spanring, J., Činč, M., Umek, A., Stupica, T., Kus T., Šuštar, F. 1994. Nacionalni program za proizvodnjo, predelavo in kontrolo kakovosti rastlinskih drog v republiki Sloveniji-smernice. Biotehniška fakulteta v Ljubljani: 11 s.
- Baričević, D., Kušar, A. 2006. Zdravilne rastline v Evropi in Sloveniji-izziv raziskovalcem?. Zbornik referatov '30 let Vrta zdravilnih in aromatičnih rastlin na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije', Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec: 13-21
- Baričević, D., Vreš, B., Seliškar, A., Zupan, T., Turk, B., Gosar, B. 2008. Zasnova sistema za identifikacijo okoljskih parametrov, pomembnih za pojavnost rastlinskih vrst v naravnih rastiščih in za ugotavljanje potencialnih lokacij za pridelovanje zdravilnih in aromatičnih rastlin. Zbornik simpozija Novi izzivi v poljedelstvu 2008, Biotehniška fakulteta, Ljubljana: 250-256
- Ferant, N. 2006. 30 let Vrta zdravilnih in aromatičnih rastlin na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. Zbornik referatov, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec: 7-12
- Ferant, N. 2008. Ali je sedaj pravi trenutek za razmah pridelave zdravilnih rastlin v Sloveniji? Hmeljarski bilten 2008, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec: 1010-104
- Production of Medicinal and Aromatic Plants in Europe. 2010. Dostopno na: [http://www.europam.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6&Itemid=11](http://www.europam.net/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=11),
- Rode, J. 1996. Pridelovanje zdravilnih rastlin – izkušnje, možnosti, perspektive. Zbornik simpozija Novi izzivi v poljedelstvu '96, Biotehniška fakulteta, Ljubljana: 101-104
- Statistični urad republike Slovenije. Dostopno na: <http://www.stat.si/pxweb/Dialog/Saveshow.asp>, 2001

## Vpliv giberelinske kisline na prekinjanje dormance in na rast in razvoj pri krompirju (*Solanum tuberosum* L.)

Viktor ZADRGAL<sup>71</sup>, Peter DOLNIČAR<sup>72</sup>

### Izvilleček

Ob izvedbi kontrole po izkopu v avgustu so gomolji krompirja še vedno v obdobju mirovanja (dormance). Dormanco umetno prekinemo z uporabo giberelinske kisline (GA<sub>3</sub>). Odziv rastlin na tretiranje s hormonom je odvisen od zgodnosti sort, časa tretiranja in značilnosti posameznih sort. Z raziskavo smo poskušali najti optimalne koncentracije GA<sub>3</sub> pri izbranih sortah, saj le dobro razvite rastline omogočajo izvedbo vizualne ocene v kontroli po izkopu. Izbrane sorte Adora, KIS Mirna in Bistra pripadajo različnim zrelostnim skupinam. Poskus smo izvedli v štirih ponovitvah in preskusili šest koncentracij GA<sub>3</sub>, ki smo jih tretirali v petih zaporednih terminih. Spremljali smo čas vznika, rast in razvoj rastlin in toksične učinke GA<sub>3</sub> na rastline. Na podlagi rezultatov preskusa smo v kontroli po izkopu znižali povprečno koncentracijo GA<sub>3</sub> za 0,4 ml/l. Rastline so sicer nižje vendar so listi dobro razviti. Ugotovili smo manj znakov toksičnosti zaradi GA<sub>3</sub>. V kontroli po izkopu znižamo koncentracijo GA<sub>3</sub> za 0,1 ml/l na teden za vsak teden zakasnitve izvajanja kontrole.

**Ključne besede:** krompir, dormanca, koncentracija giberelinske kisline, kontrola po izkopu

## The influence of gibberellic acid on dormancy breaking and on potato (*Solanum tuberosum* L.) growth and development

### Abstract

The potato tubers are still dormant when the post-harvest control is performed in August. Dormancy should be therefore artificially broken by applying gibberellic acid (GA<sub>3</sub>). The reaction of potato varieties to hormone treatment depend on earliness, time of treatment and specific properties of each variety. In this study an optimal concentration of GA<sub>3</sub> for plant development at different varieties was tried to find out, since only well developed plants are suitable for performing visual health control. To determine the influence of GA<sub>3</sub> concentration on optimal plant growth and development, varieties Adora, KIS Mirna and Bistra which belong to different maturity groups, were used in the experiment. The experiment was set up in four repetitions with six GA concentrations and five pre-set treatment dates. Plant emergence, growth, development and toxic effect of GA<sub>3</sub> treatment were monitored starting 8 days after the treatment. The results showed that the concentration of GA<sub>3</sub> could be lowered by 0.4 ml/l comparing to the present set values of post-harvest control in practice. Plants grew smaller, but leaves were well developed. There were also less symptoms of GA<sub>3</sub> toxicity. The concentration of GA<sub>3</sub> must be lowered by 0.1ml/l per week at later planting dates of post-harvest control.

**Keywords:** potato, dormancy, gibberellic acid concentration, post-harvest control

### 1 Uvod

Za doseganje visokih pridelkov je pomembna uporaba kakovostnega semena krompirja. Kakovostno seme lahko pridelamo le z učinkovitim sistemom certifikacije. Vse nacionalne sheme certifikacije morajo biti v skladu z evropsko zakonodajo, ki določa minimalne standarde za potrjevanje semenskega krompirja. Vse države članice morajo slediti tej zakonodaji, lahko pa lokalno predpišejo strožje standarde za patogene ali dele pridelave, ki so pomembni za kakovost pridelave v posamezni regiji. Večina nacionalnih shem potrjevanja

<sup>71</sup> Inž. kmet., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, Slovenija, e-pošta: viktor.zadrgal@kis.si

<sup>72</sup> Mag., prav tam, e-pošta: peter.dolnicar@kis.si

krompirja tako vključuje postopke uradne registracije, poljske kontrole, obveznega predčasnega uničenja krompirjevke in časa izkopa, spremljanja karantenskih bolezni, pregledov partij v skladišču, uradnega označevanja in postopke ponovne saditve v naknadni kontroli. Nekatere evropske države so v shemo potrjevanja semenskega krompirja vključile kontrolo po izkopu kot podlago za končno določitev semenske stopnje in kategorije. Slovenija je ena od dežel, ki je uvedla obvezno kontrolo po izkopu za vse pridelane partije semenskega krompirja. Certificirano seme ocenjujemo le vizualno, pri osnovnem semenu je predpisano še serološko določevanje virusov, medtem ko pri osnovnem semenu in višjih kategorijah določamo viruse le serološko (MKGP, 2007).

Za izvedbo kontrole po izkopu je potrebno prekiniti dormanco semenskih gomoljev. Za to lahko uporabljamo različne kemične snovi kot so rindite, etilen klorhidrin, ogljikov disulfid, giberelinsko kislino ( $GA_3$ ), tioureo in benziladenin. Vsaka od njih ima svoje prednosti in pomanjkljivosti. Giberelini vplivajo na rast stebel in podaljševanje nodijev, kalitev semen, cvetenje, zorenje ter tvorbo in dormantnost gomoljev. V Sloveniji v kontroli po izkopu uporabljamo giberelinsko kislino ( $GA_3$ ), ki ima zelo veliko stopnjo aktivnosti (Kastori, 1991). Je rastlinski hormon, ki ne more prodreti skozi kožo v gomolj, zato moramo gomolje rezati. Gomolje potopimo v raztopino  $GA_3$  koncentracije do  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  za eno do pet minut (Struik in Wiersema, 1999). Othrosy in Struik sta ugotovila, da višje doze  $GA_3$  povečujejo število kaličev, medtem ko jih je nerezana kontrola imela najmanj (Othrosy in Struik, 2008). Previsoke koncentracije giberelinov lahko zmanjšujejo premer kaličev in stebel, podaljšujejo stolone, zmanjšujejo velikost in intenzivnost obarvanja listov in drugo. Dithal je s sod. (2010) ugotovil, da visoke koncentracije  $GA_3$  pospešujejo vznik gomoljev. Ko je  $GA$  uporabljena pravilno, pospešuje kalitev in rast kaličev ter povečuje število gomoljev (Struik in Wiersema, 1999). Kalitev je močno odvisna od velikosti gomoljev, vrste uporabljenega rastnega regulatorja in sorte. Največje število kaličev z najdaljšimi stebli in največjo maso je bilo ugotovljenih pri velikosti gomoljev 55 do 65 mm (Othrosy in Struik 2008). Če podaljšamo skladiščenje iz 16 na 26 tednov pri večini sort skrajšamo čas apikalne dominacije, povečamo število kaličev in dolžino kaličev (Kustiati in sod., 2004). V Sloveniji znaša povprečna uporabljena koncentracija  $GA_3$  v kontroli po izkopu od 0,8 do  $1,8 \text{ mg kg}^{-1}$  (MKGP, 2007).

## 2 Material in metode

V letu 2008 smo v rastlinjaku Kmetijskega inštituta Slovenije zasnovali faktorski poskus, da bi ugotovili vpliv  $GA$  koncentracijo za optimalno rast in razvoj rastlin. Preskušani dejavniki so bili sorta, koncentracija giberelinske kisline in čas rezanja (tretiranja) gomoljev. Uporabili smo sorte različne zrelosti Adora, KIS Mirna in Bistra. Poskus je bil zasnovan v štirih ponovitvah s šestimi koncentracijami  $GA_3$  in petimi različnimi starostmi gomoljev (termini rezanja gomoljev). Uporabljene koncentracije  $GA_3$  so bile 0,3, 0,6, 0,9, 1,2, 1,5 in  $1,8 \text{ mg kg}^{-1}$ . Prvo tretiranje smo izvedli 8. avgusta, nato pa naslednje štiri tretmaje v 10 dnevni razmiki. Zadnje tretiranje smo izvedli 18. septembra. V vsakem obravnavanju smo tretirali po 9 gomoljev. Da bi povečali natančnost poskusa smo izbrali le gomolje debeline 45 do 55 mm. Vrhnji apikalni del gomoljev smo izrezali in jih potopili v raztopino  $GA_3$  za 10 minut, posušili preko noči in jih posadili naslednji dan. Nože smo po vsakem rezanju razkužili v 96 % raztopini alkohola.

Vrednotili smo čas vznika, znake  $GA$  toksičnosti in število rastlin primernih za oceno. Kot vznik smo določili čas, ko je vzniklo 8 rastlin.

$GA_3$  toksičnost smo ocenjevali od vznika do konca poskusa, za vrednotenje pa nato uporabili rezultate 30 dni po rezanju. Kot znake toksičnosti smo šteli drobne kaliče in stebila, manjše in

svetleje obarvane liste ter deformirane liste. Za oceno virusnih bolezni so primerne rastline, ki so vsaj 5 cm visoke z dobro razvitimi listi in stebli ter brez znakov GA toksičnosti.

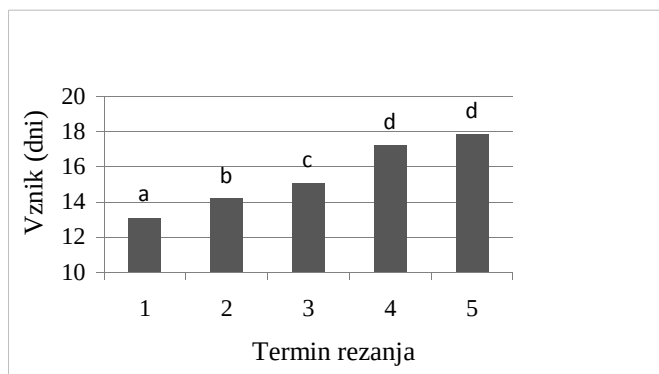
Rezultate smo statistično obdelali s programom Statgraphics. Uporabili smo multifaktorsko analizo variance z uporabo 5 % tveganja. Za razlikovanje med tretmaji smo uporabili test mnogoterih primerjav z uporabo statistike po Tuckeyu.

### 3 Rezultati z diskusijo

Statistična analiza je pokazala, da so bile pri večini spremljanih parametrov posameznih obravnavanj razlike statistično značilne, medtem ko značilnih razlik nismo ugotovili pri interakcijah med obravnavanji.

#### 3.1 VZNIK

Najhitrejši vznik smo ugotovili pri mlajših gomoljih pri prvem tretiranju. Vznik je bil značilno poznejši pri naslednjih tretiranjih z GA, pri čemer med zadnjima tretiranjema ni bilo značilnih razlik. Predvidevamo, da je do zakasnitve vznika prišlo zaradi nižanja temperatur in krajšega dne proti koncu preskusa (slika 1). Podoben trend smo ugotovili pri vseh treh sortah.



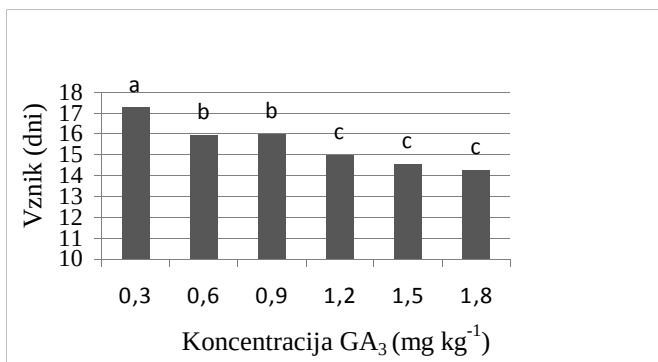
Slika 1: Vpliv fiziološke starosti gomoljev na vznik odrezanih gomoljev krompirja tretiranih z GA<sub>3</sub>

Kot je objavil Dithal in sod. (2010) smo tudi mi ugotovili hitrejši vznik pri višjih koncentracijah GA. Hkrati so nekatere rastline že kazale znake toksičnosti. Med najhitrejšim in najpočasnejšim vznikom je bilo tri dni razlike. Med koncentracijama GA<sub>3</sub> 0,6 in 0,9 mg kg<sup>-1</sup> ter koncentracijami 1,2, 1,5 in 1,8 mg kg<sup>-1</sup> ni bilo značilnih razlik (slika 2).

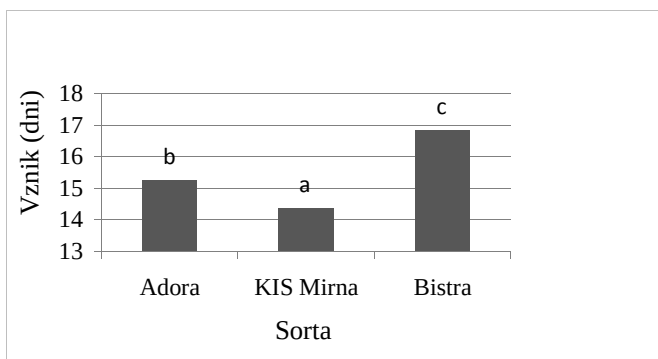
Med sortami smo ugotovili značilne razlike v času vznika, pri čemer je najprej vzniknila sorta KIS Mirna, zatem Adora in najpozneje Bistra (slika 3). Pri izvedbi kontrole po izkopu nekateri gomolje ne vzkalijo, kar smo pripisovali previsoki koncentraciji GA. To se je zgodilo tudi v našem preskusu, kjer pa dobljeni rezultati kažejo, da koncentracija GA ni vzrok za nekalitev.

#### 3.2 TOKSIČNOST GIBERELINSKE KISLINE

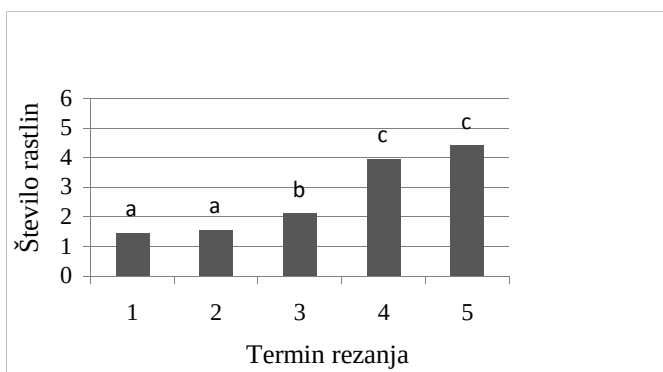
Znaki GA toksičnosti so bili najbolj izraziti na prvih listih takoj po vzniku. Med nadaljnjo rastjo se je njihova intenzivnost zmanjševala do ravni, ko so bile nekatere rastline že primerne za oceno. Pri fiziološko starejših gomoljih smo ugotovili značilno več poškodb GA (zadnja termina rezanja), kar nakazuje povečevanje endogene ravni giberelinov med staranjem gomoljev (slika 4).



Slika 2: Vpliv koncentracije  $GA_3$  na vznika odrezanih gomoljev krompirja tretiranih z  $GA_3$

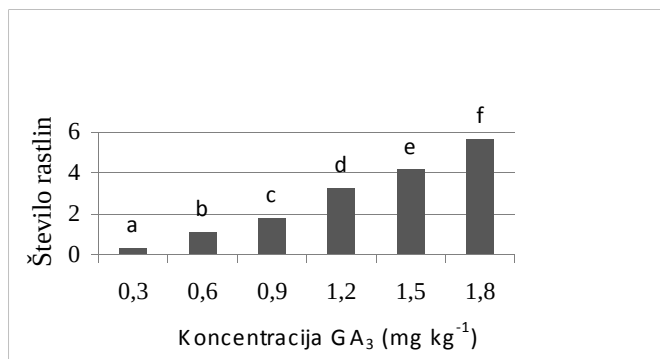


Slika 3: Vpliv sorte na vznika odrezanih gomoljev krompirja tretiranih z  $GA_3$

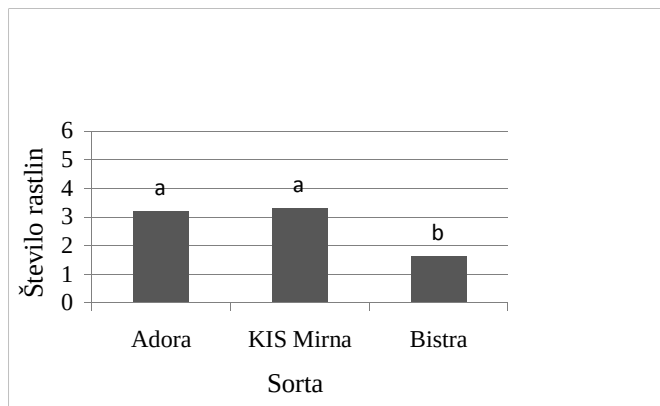


Slika 4: Vpliv fiziološke starosti gomoljev na število rastlin z znaki toksičnosti  $GA$  po 30 dneh

Ugotovili smo značilno več rastlin z znaki toksičnosti  $GA$  pri obravnavanjih z višjo koncentracijo  $GA$  (slika 5). Toksičnost  $GA$  je bila tako močna, da pri zadnjih terminih rezanja nekatere rastline pri najvišjih koncentracijah  $GA$  niti niso razvile listov.



Slika 5: Vpliv koncentracije GA<sub>3</sub> na število rastlin z znaki toksičnosti GA po 30 dneh



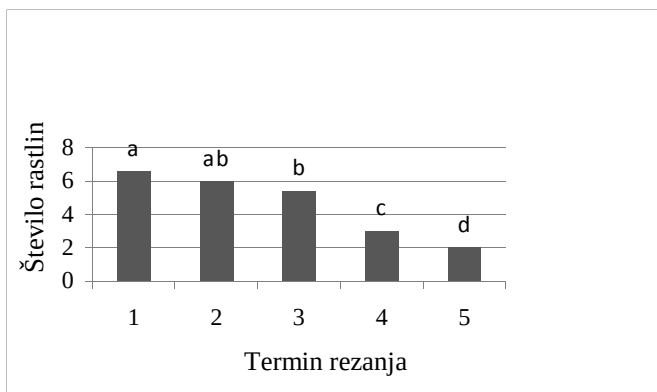
Slika 6: Vpliv sorte na število rastlin z znaki toksičnosti GA po 30 dneh

Sorte so reagirale različno na toksičnost GA<sub>3</sub>. Sorta Bistra je manj občutljiva kot Adora in KIS Mirna, ki je kazala neznatno višje število rastlin z znaki toksičnosti kot sorta Adora (slika 6).

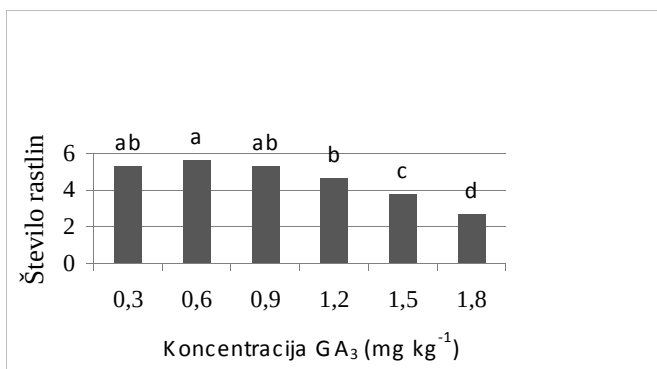
### 3.3 ŠTEVILO RASTLIN PRIMERNIH ZA VIZUALNO OCENO VIRUSNIH BOLEZNI

Število rastlin primernih za oceno je najpomembnejša vrednotena lastnost, saj je od nje odvisen uspeh kontrole po izkopu. Pokazalo se je, da smo v praksi uporabljali previsoke koncentracije GA. Število rastlin primernih za oceno se je značilno zmanjševalo s fiziološko starostjo gomoljev, pri čemer ni bilo značilnih razlik med terminoma 1 in 2 ter med terminoma 2 in 3 (slika 7).

Na sliki 8 vidimo, da je bilo največje število rastlin primernih za oceno doseženo pri koncentraciji GA<sub>3</sub> 0,6 mg kg<sup>-1</sup>. Neznatno manjše število primernih rastlin je bilo pri najnižji koncentraciji. Pri višjih koncentracijah smo ugotovili značilno zmanjšanje primernih rastlin. Višje koncentracije so tudi pospeševale rast stebel in zmanjševale rast listov.

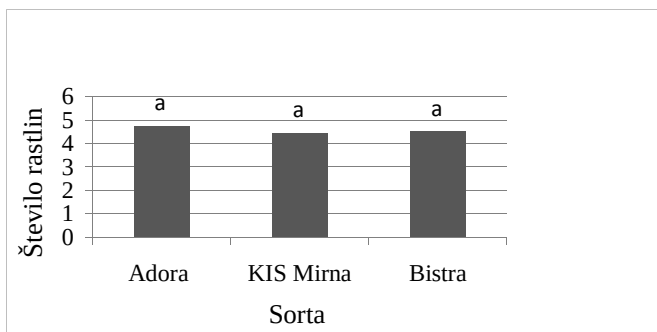


Slika 7: Vpliv fiziološke starosti gomoljev na število rastlin primernih za oceno



Slika 8: Vpliv koncentracije GA<sub>3</sub> na število rastlin primernih za oceno

Nekateri avtorji (Otroshy in Struik, 2008) in tudi mi sami smo v kontroli po izkopu opazili razlike med sortami v številu primernih rastlin. Tega nismo mogli potrditi v našem poskusu (slika 9).



Slika 9: Vpliv sort na število rastlin primernih za oceno

#### 4 Sklepi

Na podlagi rezultatov poskusa lahko povzamemo, da se lahko koncentracije  $GA_3$ , uporabljene v kontroli po izkopu, bistveno znižajo. Pri nižjih koncentracijah  $GA_3$  so rastline rasle zelo izenačeno z manj znaki toksičnosti  $GA$ .

V raziskavi je bil najhitrejši vzrok dosežen pri zgodnjih terminih rezanja in pri višjih koncentracijah  $GA_3$ .

Višje koncentracije  $GA_3$  pospešujejo rast stebel in zmanjšujejo rast listov.

Toksičnost  $GA$  se je povečala v zadnjih terminih rezanja, kar je posledica višje ravni endogenih giberelinov v fiziološko starejših gomoljih krompirja.

Ugotovili smo, da vsakih 10 dni zakasnitve rezanja lahko znižamo koncentracijo  $GA_3$  za vsaj  $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Koncentracija  $GA_3$  je bila v praksi v kontroli po izkopu previsoka za vsaj  $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Drugi ali tretji termin je najprimernejši za izvedbo kontrole po izkopu, kar je v skladu z dosedanja prakso. Četrty in peti termin sta prepozna zaradi padca temperature ter zato počasnejšega vznika in rasti.

#### 5 Literatura

- Dhital, S.P., Hwang, W.N., Lim, H.T. 2010. Influence of bromoethane, ethanol and  $GA_3$  on dormancy breaking and subsequent tuber yield of several potato cultivars. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 28: 8-14
- Kastori, R. 1991. Fiziologija biljaka. IP Nauka, Novi sad, 507 s.
- Kustiati, T., Plummer, J.A., McPharlin, I. 2004. Effects of storage period and gibberellic acid on sprout behaviour and plant growth of potatoes suitable for tropical conditions. *Acta Horticulturae* 694: 425-429
- MKGP, Fitosanitarna uprava republike Slovenije 2007. Pravilnik o trženju semenskega krompirja. Dostopno na: <http://objave.uradni-list.si/1/content?id=75827>, 10.9. 2010
- Otroshy, M., Struik, P.C. 2008. Effects of size of normal seed tubers and growth regulator application on dormancy, sprout behaviour, growth vigour and quality of normal seed tubers of different potato cultivars. *Research Journal of Seed Science*, 1: 41-50
- Struik, P.C., Wiersema, S.G. 1999. Seed potato technology. Wageningen Pers, Wageningen, 95-131



## Vpliv klimatskih razmer na prisotnost nekaterih bioaktivnih snovi v nizkem paradižniku (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Nina KACJAN-MARŠIČ<sup>73</sup>, Helena ŠIRCELJ<sup>74</sup>, Dragan ŽNIDARČIČ<sup>75</sup>

### Izvleček

S pomočjo tekočinske kromatografije visoke ločljivosti (HPLC) smo analizirali vsebnost nekaterih bioaktivnih snovi v plodovih 10 sort nizkega paradižnika. Plodovi so bili pobrani na dveh poskusnih lokacijah, in sicer v Ljubljani (na prostem in pod tunelom) in v Sečoveljah. Ugotovili smo, da so imele sorte z izdolženimi plodovi ('Centurion F1', 'Hypeel 108 F1' in 'Hypeel 347 F1') večjo vsebnost likopena kot sorte z okroglimi plodovi. Največjo vsebnost likopena je imela sorta 'Centurion F1' (10,54 mg/100 g sveže mase). Po vsebnosti  $\alpha$ -karotena sta izstopali sorti 'Centurion F1' (0,019 mg/100 g SM) in 'Hypeel 108 F1' (0,016 mg/100 g SM) iz Sečovelj. Največ  $\beta$ -karotena so imele sorte 'San Marzano F1' na lokaciji Ljubljana na prostem (1,09 mg/100 g SM), 'Heinz 1370' na lokaciji Ljubljana pod tunelom (1,03 mg/100 g SM) in 'Centurion F1' na lokaciji Sečovelje (0,96 mg/100 g SM). V plodovih sorte 'San Marzano F1' z lokacije Ljubljana na prostem smo ugotovili največ luteina (0,12 mg/100 g SM). Vsebnost klorofila v plodovih je bila zelo majhna, saj smo pobirali rdeče, tehnološko zrele plodove. Vsebnost  $\alpha$ -tokoferola je bila najvišja v plodovih sorte 'Centurion F1' pobranih v Sečoveljah (1,99 mg/100 g SM), v Ljubljani pa v plodovih sorte 'San Marzano F1', in to tako na prostem (1,57 mg/100 g SM) kot pod tunelom (1,27 mg/100 g SM).

**Ključne besede:** nizki paradižnik, sorte, HPLC, fotosintezni pigmenti, tokoferol

## The impact of climatic conditions in the presence of some bioactive substances in the determinate tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

### Abstract

The content of some bioactive substances were analysed in the fruit of 10 cultivars of determinate tomatoes with the High Performance Liquid Chromatography (HPLC). The fruits were harvested from two experimental locations, namely Ljubljana (in the open field and under the low tunnel) and Sečovelje. We have established that the cultivars with the oblong fruits ('Centurion F1', 'Hypeel 108 F1' and 'Hypeel 347 F1') had a higher content of lycopene than the cultivars with the round fruits. The cultivar 'Centurion F1' had the highest content of it (10.54 mg/100 g fresh mass). Regarding the content of  $\alpha$ -carotene two cultivars stood out, they are 'Centurion F1' (0.019 mg/100 g FM) and 'Hypeel 108 F1' (0.016 mg/100 g FM) from Sečovelje. Cultivars with the most  $\beta$ -carotene are: 'San Marzano F1' from Ljubljana – in the open field (1.09 mg/100 g FM), 'Heinz 1370' from Ljubljana-tunnel (1.03 mg/100 g FM) and 'Centurion F1' from Sečovelje (0.96 mg/100 g FM). In the fruit of the cultivar 'San Marzano F1' from Ljubljana – in the open field the highest content of lutein (0.12 mg/100 g FM) was analysed. The content of chlorophyll in all fruits was very small, because we picked red, technologically ripe fruits. The content of  $\alpha$ -tocopherol was the highest in the fruits of the cultivars 'Centurion F1', which were picked in Sečovelje (1.99 mg/100 g FM) and 'San Marzano F1' which were picked in Ljubljana (1.57 mg/100 g FM – from the location in the open field, 1.27 mg/100 g FM – from the location under the low tunnel).

**Key words:** determinate tomatoes, cultivars, HPLC, photosynthetic pigments, tocopherol

<sup>73</sup> Dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: nina.kacjan-marsic@bf.uni-lj.si

<sup>74</sup> Dr., prav tam, e-pošta: helena.sircelj@bf.uni-lj.si

<sup>75</sup> Dr., prav tam, e-pošta: dragan.znidarcic@bf.uni-lj.si

## 1 Uvod

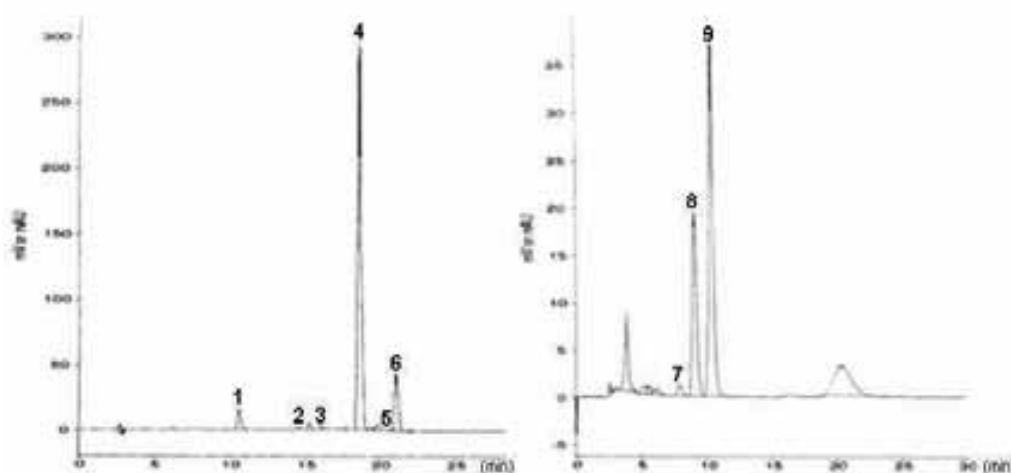
V zadnjih letih je tudi v Sloveniji vse več raziskav (Šircelj in Batič, 2007, Veberič in sod., 2009; Kacjan-Maršič in sod., 2010) usmerjenih v proučevanje vsebnosti bioaktivnih snovi v rastlinskih pridelkih. Pri tem se še posebno veliko zanimanja namenja naravnim antioksidantom, in to predvsem zaradi njihovega varovalnega učinka, saj zavirajo razvoj mnogih kroničnih bolezni, ki jih povzročajo prosti radikali (Kreft in sod., 2000). V vrtninah imajo antioksidativne učinke predvsem askorbinska kislina, tokoferol in nekateri pigmenti, predvsem karotenoidi (Velioglu in sod., 1998). Lastnosti antioksidantov, ki so tudi v paradižniku, imajo predvsem tokoferoli in karotenoidi, med katerimi je največja pozornost namenjena likopenu. Ta naj bi dokazano zmanjševal možnost pojava raka na prostati in preprečeval kardiovaskularne bolezni (D'Souza in sod., 1992).

Biokemijska sestava plodov paradižnika je zelo spremenljiva, nanjo pa močno vplivajo genetske razlike (sorta), agrotehnika (namakanje, gnojenje ...), podnebne (svetloba, toplota, vlaga,...) in talne razmere (kislost, slanost,...) (Dumas in sod., 2003; McGlasson in sod., 2003).

V raziskavi smo želeli proučiti vsebnost rastlinskih antioksidantov (likopena, klorofila *a* in *b*,  $\alpha$ - in  $\beta$ -karotena, luteina in tokoferola) v plodovih različnih sort nizkega paradižnika, ki je bil gojen na dveh klimatsko različnih lokacijah, v Ljubljani in Sečovljah.

## 2 Material in metode dela

V raziskavi smo uporabili hibridne sorte nizkega paradižnika z okrogloploščatimi ('Heinz 1370', 'Empire F1', 'Stormy F1', 'Sun Chaser F1', 'Sun Jay F1' in 'Super Red F1') in izdolženimi ('San Marzano F1', 'Hypeel 108 F1', 'Centurion F1' in 'Hypeel 347 F1') plodovi. Rastline so bile gojene na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete Oddelka za agronomijo na prostem in v nizkem tunelu ter na prostem v Sečovljah. Paradižnik je bil pobran 7. in 8. septembra 2004 v Ljubljani ter 16. septembra 2004 v Sečovljah.



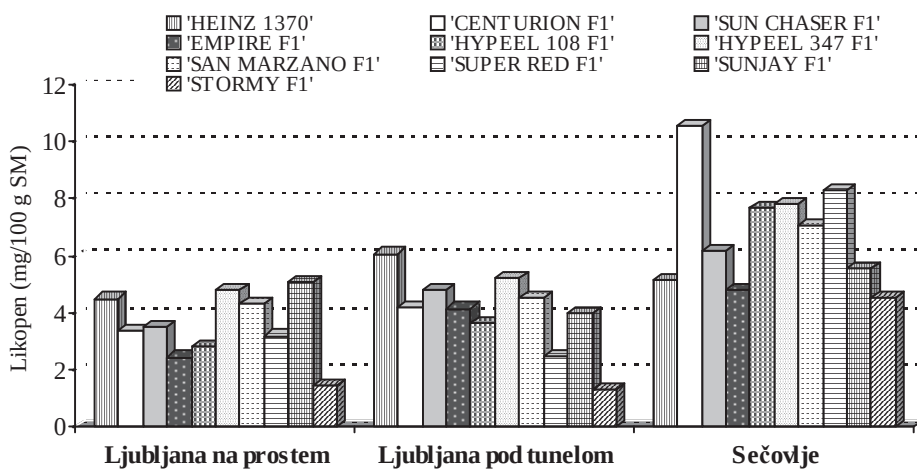
Slika 1: Kromatogram vsebnosti rastlinskih pigmentov (levo) in tokoferola (desno) v vzorcu paradižnika (1–lutein, 2–klorofil *a*, 3–klorofil *b*, 4–likopen, 5– $\alpha$ -karotena, 6– $\beta$ -karoten, 7– $\delta$ -tokoferol, 8– $\gamma$ -tokoferol, 9– $\alpha$ -tokoferol)

Biokemijske analize so bile izvedene s pomočjo tekočinske kromatografije visoke ločljivosti HPLC (High Performance Liquid Chromatography).

Vzorci za analizo bioaktivnih snovi smo pripravili v laboratoriju Katedre za aplikativno botaniko, ekologijo in fiziologijo rastlin Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete. Pigmente (lutein, klorofil *a*, klorofil *b*, likopen,  $\alpha$ -karoten in  $\beta$ -karoten) smo analizirali po metodi, ki jo je opisal Pfeifhofer (1989), za analizo tokoferola (vitamina E) pa smo uporabili metodo Wildija in Lütza (1996). Koncentracije bioaktivnih snovi smo izračunali po metodi eksterne standarda. Uporabili smo standarde proizvajalca Sigma.

### 3 Rezultati z diskusijo

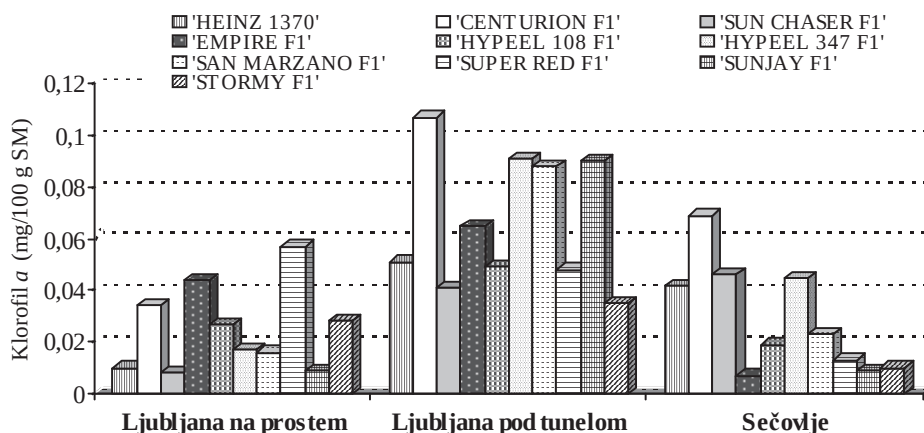
S slike 2 je razvidno, da je bila vsebnost likopena v plodovih paradižnika različna glede na sorto in lokacijo. Plodovi paradižnika pobrani v Sečovljah so vsebovali visoke količine tega barvila. Vsebnost likopena v njih se je gibala med 4,5 in 10,5 mg/100 g SM (suhe mase). Največjo vsebnost je imela sorta 'Centurion F1', najmanjšo pa sorta 'Stormy F1'. V plodovih pridelanih v Ljubljani pod tunnelom, smo najvišjo vsebnost likopena ugotovili pri sorti 'Heinz 1370' (6,07 mg likopena/100 g SM). Pri plodovih sort z debelejšimi okrogloploščatimi plodovi so izstopali 'Super Red F1' z lokacije Sečovlje (8,3 mg likopena/100 g SM), 'Heinz 1370', pridelan v Ljubljani pod tunnelom (6,07 mg likopena/100 g SM), in 'Sunjay F1' z lokacije Ljubljana na prostem (5,07 mg likopena/100 g SM). Najmanj likopena so na vseh treh lokacijah vsebovali plodovi sorte 'Stormy F1'. Domnevamo, da je nizka količina likopena pri tej pozni sorti posledica tehnološke nedozorelosti plodov.



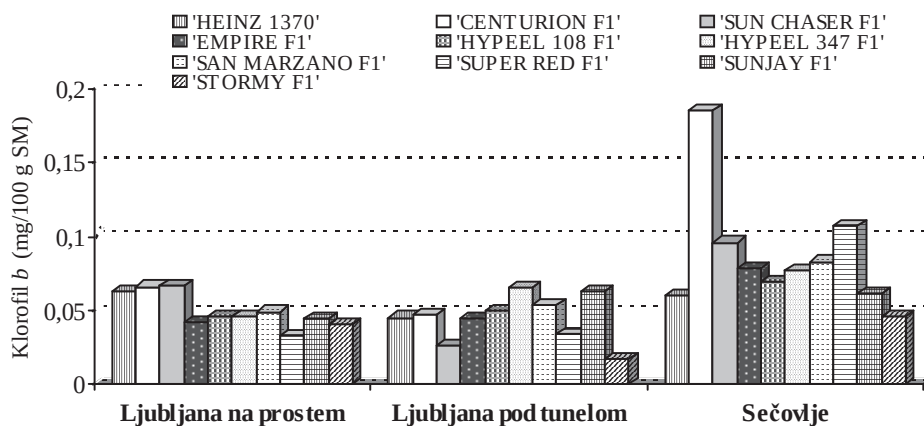
Slika 2: Vsebnost likopena (mg/100 g SM) v plodovih paradižnika gojenega na treh lokacijah: Ljubljana na prostem, Ljubljana pod tunnelom in Sečovlje

Vsebnost klorofila *a* je bila v plodovih paradižnika ne glede na sorto in lokacijo zelo nizka (slika 3). V plodovih, pridelanih pod tunnelom v Ljubljani, se je gibala med 0,035 in 0,107 mg/100 g SM. Največjo vsebnost klorofila *a* je dosegla sorta 'Centurion F1' (izdolženi plodovi), najmanjšo vsebnost pa sorta 'Stormy F1'. Pri sortah z debelejšimi okrogloploščatimi plodovi so izstopale sorta 'Super Red F1', ki je v Ljubljani rasla na prostem (0,057 mg klorofila *a*/100 g SM), sorta 'Sunjay F1' z lokacije Ljubljana pod tunnelom (0,090 mg klorofila *a*/100 g SM) in sorta 'Sun Chaser F1' (0,046 mg klorofila *a*/100 g SM), gojena v Sečovljah.

Najmanj klorofila *a* so vsebovali plodovi sorte 'Sun Chaser F1' (0,008 mg klorofila *a*/100 g SM) pridelani v Ljubljani na prostem, in sorte 'Empire F1' (0,007 mg klorofila *a*/100 g SM) iz Sečovelj.



Slika 3: Vsebnost klorofila *a* (mg/100 g SM) v plodovih paradižnika gojenega na treh lokacijah: Ljubljana na prostem, Ljubljana pod tunelom in Sečovelje

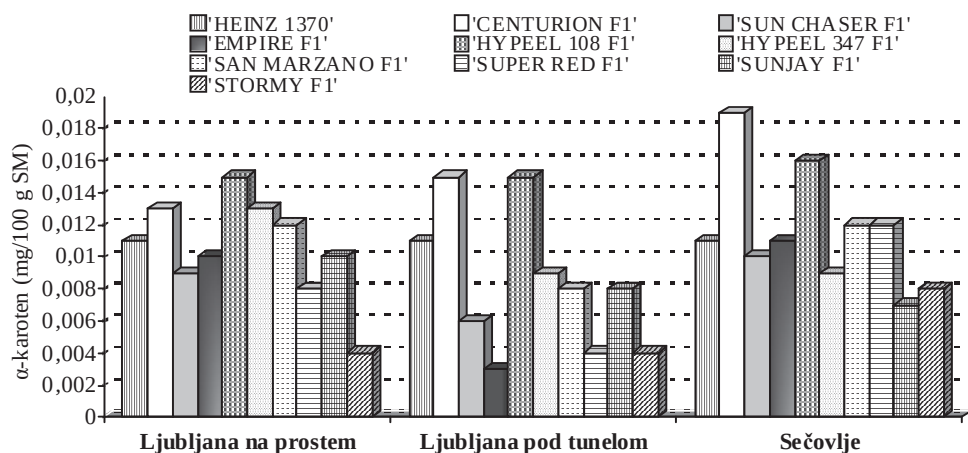


Slika 4: Vsebnost klorofila *b* (mg/100 g SM) v plodovih paradižnika gojenega na treh lokacijah: Ljubljana na prostem, Ljubljana pod tunelom in Sečovelje

Tudi vsebnosti klorofila *b* (slika 4) so bile zelo nizke. Analizirane vrednosti klorofila *b* v plodovih iz Sečovelj so se gibale med 0,046 in 0,186 mg/100 g SM. Najmanjšo vsebnost je imela sorta 'Stormy F1', največjo pa sorta 'Centurion F1'. V plodovih iz Ljubljane smo pri sorti 'Hypeel 347 F1' (0,065 mg klorofila *b*/100 g SM) ugotovili najvišjo vsebnost klorofila *b*, in sicer v plodovih paradižnika, gojenega pod tunelom. Pri plodovih sort z debelejšimi okrogloploščatimi plodovi so se od drugih ločile sorte 'Sun Chaser F1' z lokacije Ljubljana na prostem (0,067 mg klorofila *b*/100 g SM), 'Sunjay F1', pridelana v Ljubljani pod tunelom (0,063 mg klorofila *b*/100 g SM) in 'Super Red F1', pridelana v Sečoveljeh (0,107 mg klorofila *b*/100 g SM). Najmanj te oblike klorofila so vsebovali plodovi sorte 'Super Red F1' (0,033 mg

klorofila *b*/100 g SM) z lokacije Ljubljana na prostem in paradižnik sorte 'Stormy F1', pridelan na preostalih dveh lokacijah.

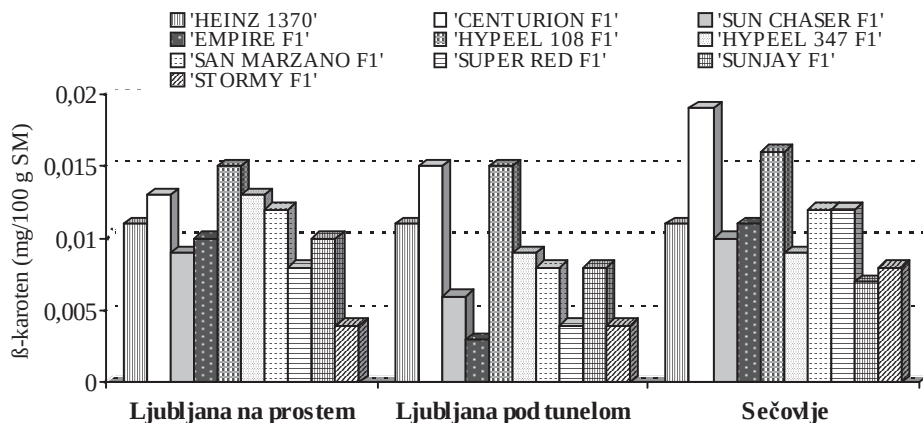
Plodovi paradižnika so imeli tudi zelo majhne izmerjene vrednosti  $\alpha$ -karotena (slika 5). Vsebnost tega oranžnega barvila je bila v sečoveljskih plodovih med 0,007 in 0,019 mg  $\alpha$ -karotena/100 g SM. Najbolj se je izkazala sorta 'Centurion F1', medtem ko je bila sorta 'Sunjay F1' na repu lestvice. V plodovih sort z lokacije Ljubljana na prostem je največjo vsebnost  $\alpha$ -karotena nakopičila sorta 'Hypeel 108 F1' (0,015 mg/100 g SM), pri plodovih sort z debelejšimi okrogloploščatimi plodovi pa sta izstopali sorta 'Heinz 1370' z lokacij Ljubljana na prostem in Ljubljana pod tunnelom (obe sta vsebovali po 0,011 mg  $\alpha$ -karotena/100 g SM) ter sorta 'Super Red F1', gojena v Sečovljah (0,12 mg  $\alpha$ -karotena/100 g SM). Najmanj  $\alpha$ -karotena so vsebovali plodovi sorte 'Stormy F1' (0,004 mg/100 g SM) z lokacije Ljubljana na prostem, sorte 'Empire F1' (0,003 mg/100 g SM), gojene v Ljubljani pod tunnelom, in sorte 'Sunjay F1' iz Sečovelj (0,007 mg/100 g SM).



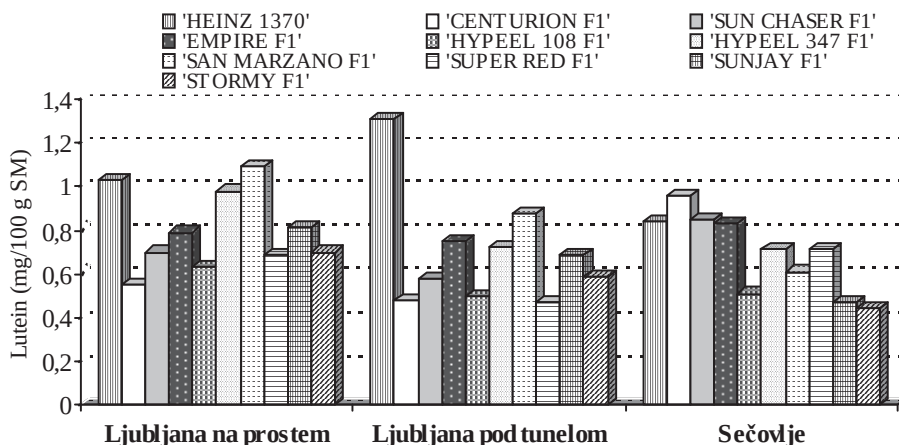
Slika 5: Vsebnost  $\alpha$ -karotena (mg/100 g SM) v plodovih paradižnika gojenega na treh lokacijah: Ljubljana na prostem, Ljubljana pod tunnelom in Sečovlje

Vsebnost  $\beta$ -karotena v plodovih z lokacije Ljubljana na prostem se je gibala od 0,55 mg/100 g SM ('Centurion F1') do 1,09 mg/100 g SM ('San Marzano F1') (slika 6). Pri sortah z debelejšimi okrogloploščatimi plodovi so izstopali plodovi sort 'Heinz 1370' z lokacije Ljubljana na prostem (1,03 mg  $\beta$ -karotena /100 g SM), 'Heinz 1370', pridelani v Ljubljani pod tunnelom (1,31 mg  $\beta$ -karotena /100 g SM), in 'Sun Chaser F1' z lokacije Sečovlje (0,85 mg  $\beta$ -karotena /100 g SM). Najmanj  $\beta$ -karotena so vsebovali plodovi sorte 'Centurion F1' (0,55 mg/100 g SM) z lokacije Ljubljana na prostem, sorte 'Super Red F1' (0,47 mg/100 g SM), gojene v Ljubljani pod tunnelom, in sorte 'Stormy F1' (0,44 mg/100 g SM) iz Sečovelj.

Na vsebnost luteina v plodovih je vplivala predvsem sorta (slika 7). Vsebnost tega antioksidanta v paradižniku na lokaciji Ljubljana na prostem se je gibala med 0,05 in 0,12 mg/100 g SM. Največjo vsebnost luteina je dosegla sorta 'San Marzano F1', najmanjšo pa sorta 'Sun Chaser F1'. Pri sortah z debelejšimi okrogloploščatimi plodovi so izstopali plodovi sort 'Sunjay F1' z lokacije Ljubljana na prostem (0,07 mg luteina /100 g SM), 'Heinz 1370', pridelani v Ljubljani pod tunnelom (0,08 mg luteina /100 g SM), in 'Sun Chaser F1' z lokacije Sečovlje (0,07 mg luteina/100 g SM). Najmanj luteina so vsebovali plodovi sorte 'Sun Chaser F1' (0,05 mg/100 g SM) v Ljubljani na prostem in v Ljubljani pod tunnelom (0,03 mg/100 g SM) ter plodovi sorte 'Stormy F1' iz Sečovelj (0,02 mg/100 g SM).

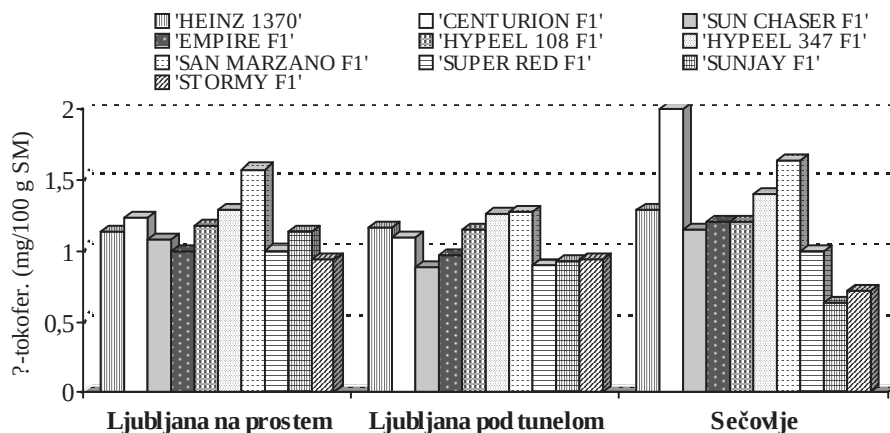


Slika 6: Vsebnost  $\beta$ -karotena (mg/100 g SM) v plodovih paradižnika gojenega na treh lokacijah: Ljubljana na prostem, Ljubljana pod tunnelom in Sečovlje



Slika 7: Vsebnost luteina (mg/100 g SM) v plodovih paradižnika gojenega na treh lokacijah: Ljubljana na prostem, Ljubljana pod tunnelom in Sečovlje

Izmerjene vsebnosti  $\alpha$ -tokoferola v plodovih paradižnika, ki jih razberemo s slike 8 so bile različne glede na sorto. Vsebnost  $\alpha$ -tokoferola v plodovih z lokacije Sečovlje je bila med 0,63 in 1,99 mg/100 g SM. Največjo vsebnost je imela sorta 'Centurion F1', najmanjšo pa sorta 'Sunjay F1'. Pri paradižniku z lokacije Ljubljana na prostem smo ugotovili največjo vsebnost  $\alpha$ -tokoferola pri sorti 'San Marzano F1' (1,57 mg/100 g SM). Pri plodovih sort z debelejšimi okrogloploščatimi plodovi pa so po vsebnosti  $\alpha$ -tokoferola izstopali sorti 'Heinz 1370' in 'Sunjay F1' z lokacije Ljubljana na prostem (1,13 mg  $\alpha$ -tokoferola/100 g SM), paradižnik sorte 'Heinz 1370', pridelan v Ljubljani pod tunnelom (1,16 mg  $\alpha$ -tokoferola/100 g SM), in sorta 'Heinz 1370' z lokacije Sečovlje (1,28 mg/100 g SM). Najmanj  $\alpha$ -tokoferola so vsebovali plodovi sorte 'Stormy F1' (0,94 mg  $\alpha$ -tokoferola/100 g SM), ki so v Ljubljani rasli na prostem, sorte 'Sun Chaser F1' (0,88 mg/100 g SM), ki so v Ljubljani rasli pod tunnelom in sorte 'Sunjay F1', gojeni v Sečovljah (0,63 mg/100 g SM).



Slika 8: Vsebnost  $\alpha$ -tokoferola (mg/100 g SM) v plodovih paradižnika gojenega na treh lokacijah: Ljubljana na prostem, Ljubljana pod tunnelom in Sečovelje

#### 4 Sklepi

Na podlagi opravljene raziskave lahko povzamemo naslednje ugotovitve:

- Največ likopena smo določili v plodovih paradižnika iz Sečovelj. Izstopala je sorta 'Centurion F1', ki je vsebovala 10,54 mg likopena/100 g SM;
- Po vsebnosti  $\alpha$ -karotena v plodovih paradižnika sta na vseh treh lokacijah izstopali sorti 'Centurion F1' in 'Hypeel 108 F1';
- Najvišje vrednosti  $\beta$ -karotena smo določili v plodovih sort 'San Marzano F1' z lokacije Ljubljana na prostem, 'Heinz 1370' z lokacije Ljubljana pod tunnelom in 'Centurion F1' iz Sečovelj;
- Po večji količini luteina se je v Ljubljani na prostem in pod tunnelom od drugih razlikovala sorta 'San Marzano F1', v Sečovljah pa je najvišje vrednosti dosegala sorta 'Centurion F1';
- Količine klorofila v plodovih paradižnika so bile zelo majhne, iz česar lahko sklepamo, da so bili pobrani plodovi dozoreli;
- Absolutno najvišjo vrednost  $\alpha$ -tokoferola je imela sorta 'Centurion F1' v Sečovljah, medtem ko se je v Ljubljani pri obeh načinih gojenja najbolj izkazala sorta 'San Marzano F1'.

#### 5 Literatura

- D'Souza, M. C., Singha, S., Ingle, M. 1992. Lycopene concentration of tomato fruit can be estimated from chromaticity values. *HortScience*, 27: 465–466
- Dumas, Y., Dado, M., Di Lucca, G., Grolier, P. 2003. Review effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *J. Sci. Food Agr.*, 83: 369–382
- Kacjan-Maršič, N., Šircelj, H., Kastelic, D. 2010. Lipophilic antioxidants and some carotenoid characteristics of fruits of ten processing tomato varieties, grown in different climatic conditions. *J. Agric. Food. Chem.*, 58: 185–192
- Kreft, I., Škrabanja, V., Bonafaccia, G. 2000. Temelji prehranskih in biotskih vplivov antioksidantov. 20. Bitenčevi živilski dnevi 2000. 26 in 27. oktober, Portorož, ur. B. Žlender, L. Gašperlin. Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, Ljubljana: 33–38
- McGlasson, W. B., Dostal, H. C., Tigheelaar, E. C. 2003. Comparison of propylene-induced responses of immature fruit of normal and rin mutant tomatoes. *Plant Physiol.*, 55, 2: 218–222

- 
- Pfeifhofer, W. 1989. Evidence of chlorophyll b and lack of lutein in *Neottia nidus-avis* plastids. *Biochem. Phys. Pflanzen*, 184: 66–51
- Šircelj, H., Batič, F. 2007. Evaluation of selected nutritional factors in *Aposeris foetida* (L.) Less. during the harvesting period. *J. App. Bot. Food Qual.*, 81: 121–125
- Veberič, R., Jakopič, J., Štampar, F., Schmitzer, V. 2009. European elderberry (*Sambucus nigra* L.) rich in sugars, organic acids, anthocyanins and selected polyphenols. *Food Chem.*, 114: 511–515
- Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L., Oomah, B. D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *J. Agric. Food Chem.*, 46: 4113–4117
- Wildi B., Lütz C. 1996. Antioxidant composition of selected high alpine species from different altitudes. *Plant Cell Environ.*, 19: 138–146



## Nadzor kakovosti semena zelenjadnic namenjenega ljubiteljskim pridelovalcem v letih od 2006 do 2010 v Sloveniji

Kristina UGRINOVIC<sup>76</sup>, Drago ŽITEK<sup>77</sup>, Mojca ŠKOF<sup>78</sup>, Romana RUTAR<sup>79</sup>

### Izvleček

Ves semenski material zelenjadnic, ki se trži v Sloveniji, mora izpolnjevati s predpisi določene zahteve za kakovost. Slednja je zato predmet nadzora, v okviru katerega se z laboratorijskimi testi preverjajo čistota, kalivost in pri nekaterih vrstah tudi zdravstveno stanje semena, v poljskih poskusih pa sortna pristnost in čistost semenskega materiala. V letih od 2006 do 2010 je bil nadzor usmerjen k sortam, ki so namenjene ljubiteljskim pridelovalcem. V tem obdobju je bilo preverjenih 289 vzorcev (pri 271 tako laboratorijska kakovost kot tudi sortna pristnost in čistost, pri 8 le laboratorijska kakovost, pri 10 pa le sortna pristnost in čistost). Pri laboratorijskih analizah se je v posameznih letih delež neustreznih vzorcev gibal med 4 % in 15 %, med njimi so prevladovali tisti s prenizko kalivostjo. Pri preverjanju sortne pristnosti in čistosti se je v posameznih letih delež neustreznih vzorcev gibal med 9 % in 36 %. Sortno neustrezne vzorce je v skladu s predpisi potrebno ponovno preveriti v prihodnjem letu. Od skupno 62 neustreznih vzorcev jih je bilo ponovno preverjenih 26, kar 70 % jih je bilo tudi v drugo neustreznih. Ugotavljamo, da je bil delež neustreznih vzorcev visok – okoli 10 % vzorcev ni ustrezalo zahtevam za laboratorijsko kakovost, kar okoli 20 % vzorcev pa ni bilo sortno pristnih in/ali čistih.

**Ključne besede:** laboratorijska kakovost semena, sortna pristnost, sortna čistost, naknadna kontrola semena

## Control of quality of vegetable seed intended for amateur gardeners from 2006 till 2010 in Slovenia

### Abstract

The vegetable propagating and planting material that is marketed in Slovenia should satisfy the laid down quality conditions. The quality is therefore a subject of the control in the frame of which the laboratory seed tests (purity, germination and for particular species also health condition) and field inspection of varietal identity and purity are carried out. In the years from 2006 till 2010 the focus was on the seeds intended for amateur gardeners. In this period 289 samples were checked out (271 samples in laboratory tests and field inspection, 8 samples only in laboratory tests and 10 samples only in field inspection). The proportion of samples that did not adequately satisfy the laid down conditions in particular year ranged from 4 % to 15 % in laboratory tests (the main cause for non-compliance being too low germination), and, from 9 % to 36 % in field inspection. In cases when varietal identity or purity is not adequately satisfied it should be, according to the rules, checked again next year. From altogether 62 non-compliant samples from field inspection 26 were checked again, 70 % of these were non-compliant again. It can be concluded that the proportion of non-compliant samples is high – around 10 % for parameters checked in laboratory seed tests and around 20 % for varietal identity or purity.

**Key words:** laboratory seed tests, varietal identity, varietal purity, seed post-control

<sup>76</sup> Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: kristina.ugrinovic@kis.si

<sup>77</sup> Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: drago.zitek@kis.si

<sup>78</sup> Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: mojca.skof@kis.si

<sup>79</sup> Mag., prav tam, e-pošta: romana.rutar@kis.si

## 1 Uvod

Kakovostno seme ustreznih sort je ena od osnov za uspešno pridelavo in dober pridelek. Slabo seme neustreznih sort lahko povzroči ekonomsko škodo, zato sta pridelovanje in promet s semenskim materialom zakonsko urejena.

Ves semenski material zelenjadnic (seme in drugi deli, namenjeni razmnoževanju, npr. čebulček), ki se trži v Sloveniji, mora izpolnjevati minimalne zahteve predpisane v Pravilniku o trženju semena zelenjadnic (Ur. l. RS, št. 8/05, 100/05, 66/07 in 45/2010) in v Pravilniku o trženju razmnoževalnega in sadilnega materiala zelenjadnic, razen semena (Ur. l. RS, št. 61/05 in 66/07). Podlaga za izvajanje nadzora kakovosti semena je Zakon o semenskem materialu kmetijskih rastlin (Ur. l. RS, št. 25/05 in 41/09), ki predpisuje obvezno naknadno kontrolo deleža partij semenskega materiala v prometu.

Nadzor kakovosti semenskega materiala zelenjadnic in tudi drugih kmetijskih rastlin poteka v okviru nalog, ki jih opravlja Inšpektorat RS za kmetijstvo, gozdarstvo in hrano, in v okviru strokovne naloge, ki jo financira Fitosanitarna uprava RS ter izvaja Kmetijski inštitut Slovenije (KIS).

V prispevku so prikazani rezultati nadzora laboratorijske kakovosti ter sortne pristnosti in čistosti semena zelenjadnic v letih od 2006 do 2010 v Sloveniji.

## 2 Material in metode dela

Nadzor kakovosti semena in semenskega materiala zelenjadnic, ki se trži v Sloveniji, ter semena zelenjadnic kategorije standardno seme, ki ga pakirajo slovenski dobavitelji (slednje se izvaja od leta 2007 dalje), poteka v skladu z zgoraj navedenimi predpisi.

V obstoječi zakonodaji delež partij semena zelenjadnic v prometu, ki jih je potrebno preveriti v naknadni kontroli, ni natančno opredeljen. Število vzorcev, ki se jih odvzame na trgu, je zato vsako leto določeno s programom vzorčenja. Le-ta je sestavni del letnega programa za fitosanitarno področje, ki ga za tekoče leto sprejme minister, pristojen za kmetijstvo. Vzorce za naknadno kontrolo od semena, ki je na trgu, ne glede na kategorijo ali poreklo semena, odvzame fitosanitarna inšpekcija. Pravilnik o trženju semena zelenjadnic (Ur. l. RS, št. 45/2010) predpisuje tudi: »Če se pri poskusih naknadne kontrole na polju dve leti zapored ugotovi, da seme določene sorte istega dobavitelja ne izpolnjuje zahtev za sortno pristnost ali sortno čistost, pristojni inšpektor v tretjem letu odvzame vzorce ene ali več partij te sorte in začasno, do znanih rezultatov naknadne kontrole na polju, prepove trženje vzorčenih partij.« Zaradi navedenega je potrebno za neustrezne vzorce pri isti sorti istega dobavitelja v naslednjem letu ponovno preveriti sortno pristnost in čistost.

Način opravljanja nadzora (vzorčenje, preverjanje kakovosti z laboratorijskimi testi, ki vključujejo čistoto, kalivost in zdravstveno stanje semena, ter preverjanje sortne pristnosti in čistosti s poskusi na kontrolnem polju) določa Metoda naknadne kontrole za semenski material zelenjadnic (FURS-NK/1/1).

### 2.1 PREVERJANJE KAKOVOSTI SEMENA V LABORATORIJU

Z laboratorijskimi analizami preverjamo pri vseh vrstah zelenjadnic kalivost in tehnično čistoto semena, pri nekaterih vrstah (rdeča pesa, mangold, solata, navadni fižol, navadni grah in bob) pa tudi zdravstveno stanje semena. Analizo kalivosti in tehnične čistote opravljamo v skladu z akreditiranimi metodami, ki jih predpisuje Mednarodno združenje za testiranje semena (International Seed Testing Association – ISTA) v publikaciji International Rules for

Seed Testing, analize zdravstvenega stanja pa po metodah, ki veljajo v mikološkem laboratoriju KIS (International Rules for Seed Testing in ISTA Seed Health Testing Methods). **Tehnično čistoto** semena določimo tako, da predpisano količino delovnega vzorca pregledamo (po potrebi tudi z uporabo lupe) in ročno odberemo mrtve primesi (npr. deli semena manjši od 1/2 osnovne velikosti, deli rastlin, zemlja, pesek, itd.) ter seme drugih vrst rastlin. Mase posameznih komponent stehtamo in izračunamo njihove deleže; čistoto semena tako predstavljajo deleži vseh treh komponent (čisto seme, mrtve primesi in primesi semena drugih vrst rastlin).

Za ugotavljanje **kalivosti** semena naštejemo iz čistega semena 4-krat 100 semen in jih naložimo na ustrezno in navlaženo podlago (filter papir ali pesek); vzorce postavimo v kalilno komoro in po predpisanem času preštejemo število in izračunamo deleže normalno in nenormalno razvitih klic ter svežega, trdega in mrtvega semena.

Pri **zdravstvenem stanju** semena običajno določamo le prisotnost in intenzivnost okužbe z glivami, po potrebi pa tudi z drugimi škodljivimi organizmi (virusi, bakterije, ogorčice, itd.). V ta namen uporabljamo različne postopke in metode (inkubacija, izolacija, morfološka analiza, ELISA test, ipd.).

## 2.2 PREVERJANJE SORTNE PRISTNOSTI IN ČISTOSTI NA POLJU

Pri preverjanju **sortne pristnosti** semenskega materiala ugotavljamo, ali rastline po svojih morfoloških in fenoloških lastnostih ustrezajo označeni sorti. S **sortno čistostjo** določimo delež netipičnih rastlin in morebitne primesi drugih vrst. Preverjanje poteka na poskusnem polju, v pomoč pri ocenjevanju pa so standardni vzorci in uradni opisi (RIN) za posamezne sorte.

V primeru, da so rastline vzorca po svojih lastnostih skladne s standardom in/ali opisom in da delež netipičnih rastlin ne presega meje določene za posamezno vrsto, vzorec označimo kot ustrezen. V nasprotnem primeru je vzorec neustrezen. Vzorec je neustrezen tudi, kadar ustreznosti ne moremo določiti zaradi nepopolne navedbe imena sorte. Imena na embalaži morajo biti namreč v skladu z imeni navedenimi v Skupnem katalogu sort zelenjadnic.

## 2.3 NADZOR KAKOVOSTI SEMENKEGA MATERIALA ZELENJADNIC V LETIH OD 2006 DO 2010

Naknadna kontrola semenskega materiala zelenjadnic je bila v letih od 2006 do 2010 usmerjena k sortam, ki so namenjene ljubiteljskim pridelovalcem. Po izkušnjah iz preteklosti je namreč v tem segmentu ponudbe več nepravilnosti kot pri semenskem materialu namenjenem profesionalnim pridelovalcem zelenjave. Število vzorcev, ki smo jih preverili v posameznih letih, je podano v preglednici 1.

V letih 2006 in 2007 vzorci, ki so se kot neustrezni pokazali pri laboratorijskih analizah, niso bili vključeni v preverjanje sortne pristnosti in čistosti (z izjemo enega vzorca solate in dveh vzorcev endivije v letu 2007), medtem ko so bili v letih od 2008 do 2010 v poljske poskuse vključeni tudi vzorci, ki so se pri laboratorijskih analizah pokazali za neustrezne.

## 3 Rezultati z diskusijo

### 3.1 REZULTATI LABORATORIJSKIH ANALIZ

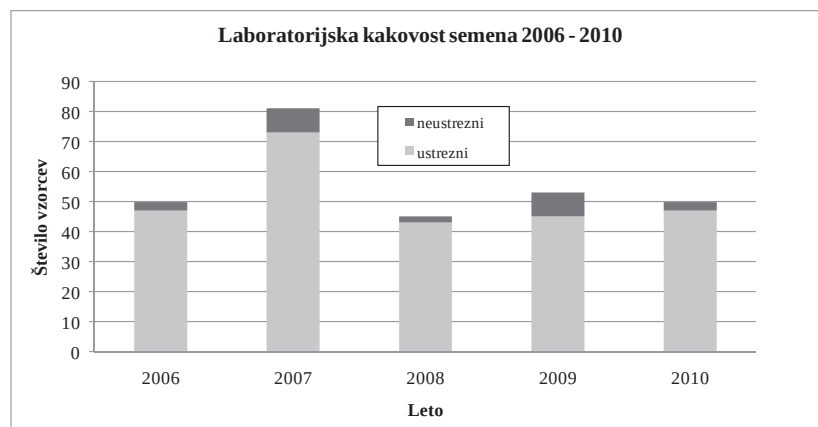
V obdobju od leta 2006 do 2010 smo v okviru naknadne kontrole v semenskem laboratoriju skupaj analizirali 279 vzorcev semena (50 v letu 2006, 81 v 2007, 45 v 2008, 53 v 2009 in 50 v 2010). Povprečni delež neustreznih vzorcev je znašal 9 % in se je gibal od 4 % (v letu 2008) pa do 15 % (v letu 2009) (slika 1).

Preglednica 1: Število vzorcev posameznih vrst zelenjadic, pri katerih je bila preverjena kakovost semena v laboratoriju ter sortna pristnost in čistost na polju v letih od 2006 do 2010

| Leto | Zelenjadnica in število preverjenih vzorcev                                                                                    |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2006 | zelje belo 15, zelje rdeče 9, korenček 14, fižol nizek 12                                                                      |
| 2007 | čebula 14, solata 20, fižol visok 13, fižol nizek 7 + 2*, korenček 4 + 6*, endivija 8, radič 6, motovilec 8, zelje belo 1 + 2* |
| 2008 | kolerabica 15, čebula - čebulček 10 (P), cvetača 12, paradižnik 16, solata 2 + 6*, korenček 3*                                 |
| 2009 | kumara 5, solata 5, grah 20, fižol visok 1, fižol nizek 1, repa 8, endivija 5, radič 8, kolerabica 3*                          |
| 2010 | špinača 8, radič 20, rdeča pesa 14, kumara za vlaganje 8, endivija 1*, grah 3*                                                 |

(P) samo poljski poskus

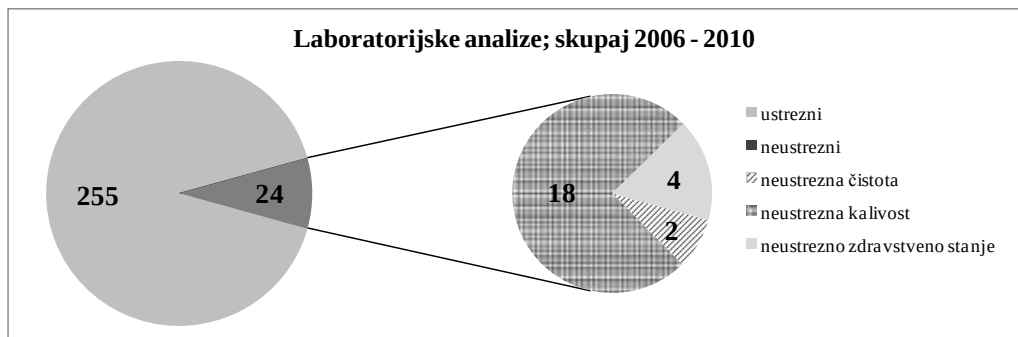
\* ponovno preverjeni vzorci zaradi neustreznosti v preteklem letu



Slika 1: Število analiziranih vzorcev v laboratoriju ter število ustreznih in neustreznih vzorcev po posameznih letih v obdobju od 2006 do 2010

Podrobnejši pregled rezultatov analiz neustreznih vzorcev kaže, da v veliki večini primerov ni ustrezala kalivost semena (18 vzorcev oz. dobrih 6 % od celokupnega števila); v dveh primerih (t.j. v manj kot 1 %) je bila neustrezna čistota, v 4 primerih pa ni ustrezalo zdravstveno stanje semena (kar je 5 % od 81 vzorcev, pri katerih je bilo – poleg čistote in kalivosti – analizirano tudi zdravstveno stanje) (slika 2).

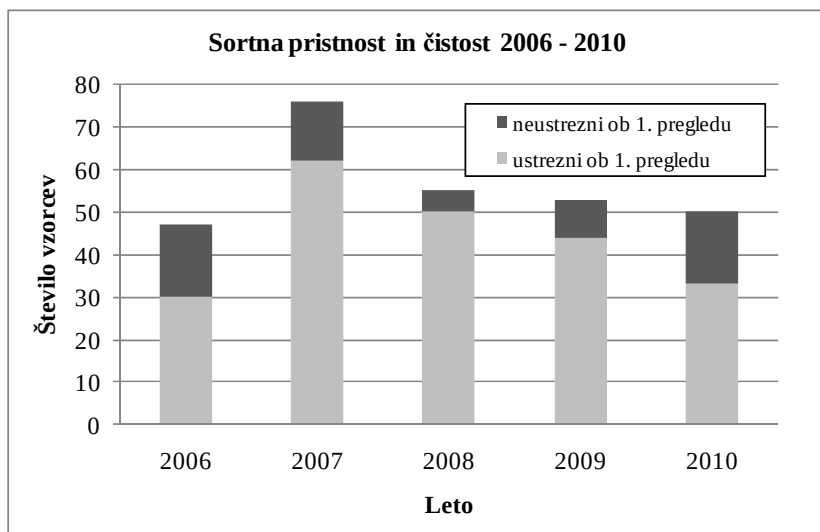
Primerjava rezultatov laboratorijskih analiz semena med posameznimi rastlinskimi vrstami kaže, da so razlike tudi med njimi. Pri nekaterih rastlinskih vrstah (npr. rdeče zelje, radič, motovilec, cvetača, strniščna repa in rdeča pesa) so vsi analizirani vzorci ustrezali predpisanim zahtevam; povprečni delež neustreznih vzorcev (od 5 do 15 %) je bil ugotovljen npr. pri paradižniku, kolerabici, korenčku, endiviji itd., največji delež neustreznih vzorcev pa je bil pri semenu čebule (21 %) in graha (35 %). Glede na to, da je bilo tako seme čebule kot graha v preverjanju samo po eno leto, teh rezultatov ne smemo posploševati. Kalivost in zdravstveno stanje semena sta namreč zelo odvisna od razmer v času pridelave in od zdravstvene zaščite semenskega posevka, za seme čebule pa je tudi znano, da relativno hitro izgublja kalivost.



Slika 2: Skupno število ustreznih in neustreznih vzorcev ter število neustreznih vzorcev glede na vrsto laboratorijske analize v obdobju od 2006 do 2010

### 3.2 REZULTATI PREVERJANJA SORTNE PRISTNOSTI IN ČISTOSTI

Sortno pristnost in čistost smo v poljskih poskusih v letih od 2006 do 2010 preverili pri 281 vzorcih. Zaradi neustrezne sortne pristnosti in/ali čistosti smo 26 vzorcev preverili ponovno. V letu 2006 smo tako preverili 47 vzorcev (ponovnega preverjanja še ni bilo), v letu 2007 86 vzorcev (od tega 10 v ponovnem preverjanju), v letu 2008 64 vzorcev (9 v ponovnem preverjanju), v 2009 56 vzorcev (3 v ponovnem preverjanju) in v 2010 54 vzorcev (4 v ponovnem preverjanju).

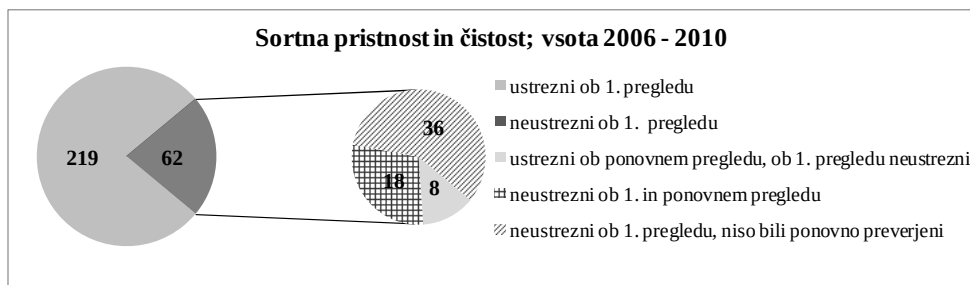


Slika 3: Število preverjenih vzorcev v poljskih poskusih ter število ustreznih in neustreznih vzorcev po posameznih letih v obdobju od 2006 do 2010

Delež neustreznih vzorcev ob prvem pregledu je bil v posameznih letih med 9 % v letu 2008 in 36 % v letu 2006 (slika 3). Med neustreznimi vzorci so prevladovali tisti, pri katerih rastline po svojih morfoloških lastnostih niso ustrezale označeni sorti – 66 % neustreznih vzorcev ni bilo sortno pristnih, 16 % jih ni bilo zadosti sortno čistih, 18 % pa jih je bilo neustrezno označenih (ime sorte ni bilo v celoti navedeno) in zato ni bilo mogoče določiti sortne

pristnosti. Pri nepravilnem označevanju je najpogostejša pomanjkljivost ta, da ob imenu sorte manjka številka (npr. pri korenčku Nantes 2, 3, 4, 5 ali 6). Številne starejše sorte so namreč t.i. pahljačaste sorte, kar pomeni da je v preteklosti iz ene sorte izšlo več sort, ki se med seboj nekoliko razlikujejo, hkrati pa so ohranile bistvene lastnosti izvirne sorte. Te sorte so, kljub temu da so se med seboj razlikovale, pogosto nosile enako ime. Zato je konec 80-ih let prejšnjega stoletja Evropska komisija sprejela odločitev, da se v poimenovanju teh sort ohrani originalno ime izvirne sorte, ki se mu doda številčna pripona začenši s številko 2. Tako je npr. iz sorte korenčka Nantes izšlo 6 sort, ki so jim dodali številke od 2 do 7, do danes pa so se ohranile sorte Nantes 2, Nantes 3, Nantes 4, Nantes 5 in Nantes 6.

V obravnavanih petih letih je bilo, kar zadeva sortno pristnost in čistost, skupno 62 neustreznih vzorcev. Od teh je bilo ponovno preverjenih 26 vzorcev, 36 pa (še) ne (17 neustreznih vzorcev iz leta 2010 bo ponovno preverjenih v letu 2011). Od ponovno preverjenih vzorcev jih je bilo skoraj 70 % neustreznih tudi v drugo (slika 4).



Slika 4: Skupno število ustreznih in neustreznih vzorcev pri preverjanju sortne pristnosti in čistosti ter število ustreznih in neustreznih vzorcev ob ponovnem preverjanju vzorcev, ki so bili ob prvem preverjanju neustrezni, v obdobju od 2006 do 2010

#### 4 Sklepi

Petletno obdobje, katerega rezultati so prikazani v prispevku, je že dovolj dolga doba, da lahko glede kakovosti semenskega materiala zelenjadnic, ki je ne trgu namenjen ljubiteljskim pridelovalcem, podamo nekatere zaključke:

- 1) Laboratorijska kakovost semena (vključujoč zdravstveno stanje) je v povprečju boljša od sortne pristnosti in čistosti – delež neustreznih vzorcev pri laboratorijskih analizah je okoli 10 %, pri sortni pristnosti in čistosti pa okoli 20 %.
- 2) Pri laboratorijski analizah so med neustreznimi vzorci prevladovali tisti s prenizko kalivostjo.
- 3) Pri poljskih poskusih je bila za neustreznost vzorcev pri več kot polovici vzrok sortna pristnost.
- 4) Na osnovi našega poznavanja trga semena zelenjadnic lahko ugotovimo tudi, da je delež neustreznih partij semena zelenjadnic v segmentu namenjenem ljubiteljskim pridelovalcem dosti večji kot v segmentu namenjenem profesionalnim pridelovalcem. Razloge za to gre pripisati dejstvu, da je v primeru, ko zaradi neustrezne kakovosti semena pride do izpada proizvodnje in s tem ekonomske škode, pritisk profesionalnih pridelovalcev na dobavitelje semena mnogo večji.
- 5) Zaradi relativno velikega deleža neustreznih vzorcev bo tudi v prihodnje potrebno trg semenskega materiala zelenjadnic, namenjenega ljubiteljskim pridelovalcem, dosledno nadzorovati.

## 5 Literatura

International Rules for Seed Testing. Dostopno na:

[http://www.seedtest.org/en/international\\_rules\\_content---1--1083.html](http://www.seedtest.org/en/international_rules_content---1--1083.html) (03.11.2010)

ISTA Seed Health Testing Methods. Dostopno na: <http://www.seedtest.org/en/content---1--1132--241.html>, 03.11.2010.

Metoda naknadne kontrole – Semenski material zelenjadnic (FURS-NK/1/1).

Pravilnik o trženju semena zelenjadnic (Ur. l. RS, št. 8/05, 100/05, 66/07 in 45/2010).

Pravilnik o trženju razmnoževalnega in sadilnega materiala zelenjadnic, razen semena (Ur. l. RS, št. 61/05 in 66/07)

Zakon o semenskem materialu kmetijskih rastlin (Ur. l. RS, št. 25/05 – uradno prečiščeno besedilo in 41/09).

## Ekološka in proizvodna vrednost travinja na dveh kmetijah v predalpskem območju Slovenije

Matej VIDRIH<sup>80</sup>, Mojca KRISTAN<sup>81</sup>, Monika KLEMENČIČ<sup>82</sup>, Klemen ELER<sup>83</sup>, Jure ČOP<sup>84</sup>

### Izvleček

Na travinju kmetij Kristan (720 m n.v.) in Klemenčič (850 m n.v.) v Škofljeloškem hribovju je bila v letu 2007 izvedena raziskava o ekološki in proizvodni vrednosti travne ruše v alpskem območju Slovenije. Za ta namen je bila ocenjena botanična in floristična sestava ruše, izmerjen je bil pridelek zelinja in analizirana krma na vsebnost hranilnih snovi. Raziskave so potekale na travniških enotah, ki so predstavljale homogeno travno rušo in enako rabo. Na obeh kmetijah so od funkcionalnih skupin ob prvi košnji največji delež dosegle trave (72,8 % na kmetiji Kristan in 77,5 % na kmetiji Klemenčič), manj je bilo zeli in metuljnic. V preučevani travni ruši je bilo od 27 do 36 (kmetija Kristan) in od 11 do 23 (kmetija Klemenčič) rastlinskih vrst. V povprečju je bil Shannonov indeks pestrosti večji na kmetiji Kristan (1,99) kot na kmetiji Klemenčič (0,94). Vendar sta letni pridelek krme in z njim povezana kakovost dosegla večje vrednosti na kmetiji Klemenčič (7,17 t ha<sup>-1</sup> SS, 146,8 g SB kg<sup>-1</sup> SS) kot na kmetiji Kristan (4,69 t ha<sup>-1</sup> SS, 124,7 g SB kg<sup>-1</sup> SS). Medtem ko ima travna ruša in njena raba na kmetiji Klemenčič bolj proizvodni in manj ekološki potencial, ima raba travne ruše na kmetiji Kristan bolj ekološke značilnosti, saj lahko prispeva več k ohranjanju rastlinske in živalske pestrosti.

**Glavne besede:** travinje, travniška enota, botanična sestava, pestrost, pridelek, kakovost

## Ecological and forage production value of grassland on two farms in pre-Alpine region of Slovenia

### Abstract

In 2007 two studies were conducted on farms (Kristan farm – 720 m a.s.l. and Klemenčič farm – 850 m a.s.l.) in hills of Škofja Loka to investigate ecological and forage production values of grassland. For this purpose, botanical composition and floristical survey were assessed, herbage yield was measured and chemical composition of herbage for nutrient was conducted. Investigations took place on grassland units which represented uniform grass sward and identical utilization through vegetation season. On both farms grasses represented the most extensive functional group in sward (72,8 % on Kristan farm and 77,5 % on Klemenčič farm). Herbs and legumes were present in lower values. The studied sward on Kristan farm had from 27 to 36 plants per 0,49 m<sup>2</sup> and sward on Klemenčič farms consisted of 11 to 23 plants. In average Shannon diversity index on Kristan farm (1,99) was higher than on Klemenčič farm (0,94). But on the other hand, Klemenčič farm gained higher annual herbage yield (7,17 ha<sup>-1</sup> DM) and forage quality (146,8 g CP kg<sup>-1</sup> DM with average over grassland units compared to Kristan farm (4,69 t ha<sup>-1</sup> DM, 124,7 g SB kg<sup>-1</sup> SS, respectively). While grass sward and its utilization on Klemenčič farm is more intensive and less ecological oriented, grassland on Kristan farm can fulfil many ecological conditions in a direction of preserving plant and animal biodiversity.

**Key words:** grassland, meadow unit, botanical composition, diversity, crop yield, quality

<sup>80</sup> Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: matej.vidrih@bf.uni-lj.si

<sup>81</sup> Dipl. inž. agr., Dolenja Žetina 12, 4224 Gorenja vas

<sup>82</sup> Dipl. inž. agr., Stara Oselica 37, 4224 Gorenja vas

<sup>83</sup> Asist. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: eler.klemen@bf.uni-lj.si

<sup>84</sup> Doc. dr., prav tam, e-pošta: jure.cop@bf.uni-lj.si



## 1 Uvod

Slovenija ima iz vidika razmer za pridelovanje travniške krme le te zelo raznolike in največkrat tudi težke pogoje. Tam, kjer je možno spravilo krme na strojni način, prevladuje košna raba zemljišč in povsod drugje naj bi se izvajala pašna raba zemljišč. Glede na naravne danosti je Slovenija razdeljena na nižinska, gričevnato-hribovska, gorsko-višinska in kraška območja (Perko, 1998). Travinje na zadnjih dveh območjih je v preteklih dveh desetletjih ponovno deležno rekultivacije z nadzorovano pašo domačih živali (Vidrih, 2003; Vidrih in sod., 2009). Cilji gospodarjenja na travinju, ki jih zadnje čase vse bolj dojema tudi širša javnost, niso samo velika in gospodarna pridelava kakovostne krme, ampak tudi varovanje biotske pestrosti, tako rastlinske kot živalske (Hlad in Černe, 2002). K temu cilju pa odločilno prispevajo ravno ekstenzivni načini rabe travne ruše za druge namene (Čop in sod., 2009). Neenakomerna vlažnost v tleh, različne talne razmere, nadmorska višina, dolžina rastne dobe, različni nagibi terena, osojne ali prisojne lege, rodovitnost tal in še številni drugi vplivi, so vzrok, da se travna ruša med seboj razlikuje (Fisher in Wipf, 2002). Intenzivneje rabljena travna ruša (večkratna košnja, gnojenje z mineralnimi gnojili, vsejavanje vrst) ima za posledico večje in bolj kakovostne pridelke mrve (Aydin in Uzun, 2005). Če pa je travna ruša rabljena ekstenzivno (manjše število rab, malo gnojenja, pozna prva raba) lahko pridobi na ekološkem pomenu (večje število vrst, spremenjena pestrost rastlin in živali) (Janssens in sod., 1998).

Namen raziskave je bil preučiti stanje travinja na kmetijah Kristan in Klemenčič, mikrolokacijske razmere in s tem povezano različno rabo travinja, ki naj bi vplivala na botanično sestavo, pestrost in gostoto travne ruše ter količino in z njo povezano kakovost travniške krme. Ker sta se izbrani kmetiji nahajali na gorsko-višinskem območju, ki je manj primerno za intenzivno kmetijstvo in sta že v preteklosti imeli zelo različno rabo travniških enot, smo pričakovali zelo različne rezultate.

## 2 Material in metode dela

Raziskave travne ruše smo opravili na kmetijah Kristan in kmetiji Klemenčič v letu 2007 in 2008. Kmetiji spadata v gorsko-višinsko območje Škofjeloškega hribovja. Kmetija Kristan se nahaja v Dolenji Žetini, na nadmorski višini 720 m in na vzhodni strani pobočja Blegoša. Kmetija Klemenčič leži v Stari Oselici na nadmorski višini 850 m. Na kmetiji Kristan je bilo preučevanih šest in na kmetiji Klemenčič sedem travniških enot (TE), ki so bile različne velikosti in sestave travne ruše. Travniska enota je travnik ali pašnik, ki je glede na rast in botanično sestavo ruše homogen in na katerem poteka enaka raba. Vrsta rabe na obeh kmetijah v letu 2007 je navedena v preglednici 1. Večina TE je bila dvakrat ali trikrat košena in v jeseni enkrat popasena.

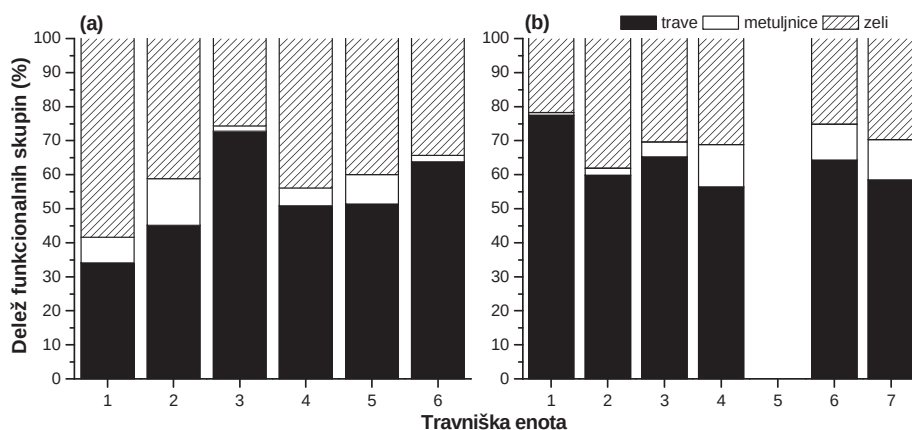
*Preglednica 1: Vrsta rabe po travniških enotah (TE; 1 do 6) na kmetijah Kristan in Klemenčič v letu 2007*

| Raba        | Kmetija Kristan |   |   |   |   |   | Kmetija Klemenčič |   |   |   |   |   |   |
|-------------|-----------------|---|---|---|---|---|-------------------|---|---|---|---|---|---|
|             | 1               | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1                 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Košnja      |                 | X | X |   |   |   | X                 | X |   |   |   |   | X |
| Paša        |                 |   |   |   |   |   |                   |   |   |   | X |   |   |
| Mešana raba | X               |   |   | X | X | X |                   |   | X | X |   | X |   |

Večina TE na obeh kmetijah so bili mezotrofni (srednja oskrba s hranili) ali oligotrofni travniki z manj izrazito kserofilno vegetacijo. Tla na TE kmetije Kristan so plitva in kisljaka, sestavljena iz dolomita in apnenca. Na TE kmetije Klemenčič so tla tipa ranker z A-C horizontom na lapornem glinavcu in rjava distrična tla z A-B-C horizontom na lapornem glinavcu. Prevladujoča raba na TE je bila mešana, torej spomladanska ter poletna košnja ter jesenska paša drobnice ali govedi. Tik pred prvo, drugo in tretjo košnjo ali pašo je bila travna ruša vzorčena na pridelek sveže snovi na hektar na treh vzorčnih parcelah po statistični zasnovi slučajne skupine. Del zelinja smo posušili in v njem določili količino suhe snovi (SS) ter kemično sestavo zelinja (surove beljakovine - SB, surove vlaknine - SVI in neto energijo laktacije - NEL). Kemično analizo zelinja so s pomočjo bližnje infrardeče spektroskopije (NIRS) (Žnidaršič in sod., 2002) opravili na Kmetijskem inštitutu Slovenije. Pred prvo košnjo je bil na vseh enotah narejen floristični in botanični popis travne ruše in na treh porezanih vzorcih (0,49 m<sup>2</sup>) s prebiranjem tudi ugotovljena zastopanost posamezne vrste travniške rastline. Podatke o prisotnosti vrst smo potrebovali za izračun Shannonovega indeksa (Magurran, 2004) rastlinske pestrosti. Gostoto travne ruše smo ugotavljali posredno po Tallowinovi metodi (Tallowin in sod., 2005) in sicer tako, da smo povprečni pridelek suhega zelinja ob prvi košnji delili s povprečno višino travne ruše pred prvo košnjo.

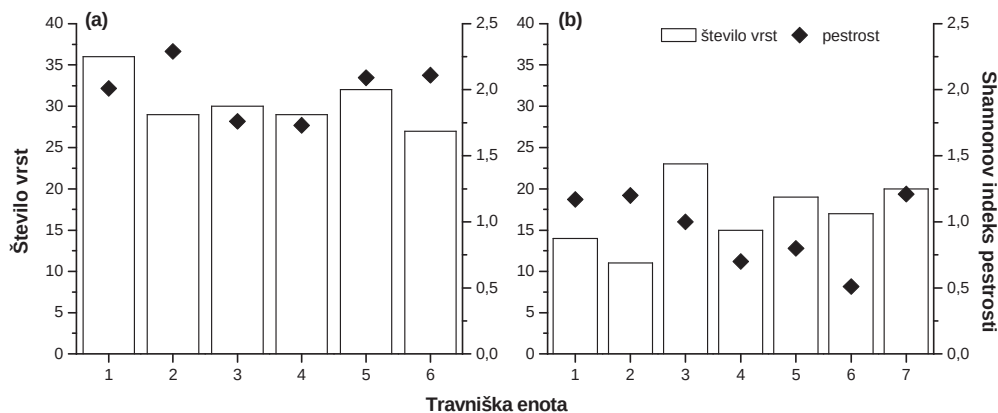
### 3 Rezultati z diskusijo

Preskrbljenost tal s hranili odloča katere rastline in tudi funkcionalne skupine bodo prevladovali v travni ruši. Če so tla dobro založena s hranili, predvsem z dušikom, potem v ruši prevladujejo visoke vrste trav in širokolistne zeli. V kolikor je v ruši več metuljnic (detelj), je to znak, da imajo tla na razpolago več fosforja. Na sliki 1 opazimo da na kmetiji Kristan na vseh TE prevladujejo trave, razen pri TE 1. Delež trav je bil med 30,2 in 72,3 %, delež metuljnic med 1,5 in 13,7 % in delež zeli med 25,7 in 58,5 %. Tudi na kmetiji Klemenčič so v ruši prve košnje prevladovali trave (od 56,4 do 77,5 %). Sledile so zeli, ki jih je bilo med 21,7 in 38,1 %. Najmanj je bilo metuljnic (od 0,8 do 12,5 %). Na obeh kmetijah so se med travami pojavile navadna pasja trava, travniška latovka, zlati ovsenec, trpežna ljuljka, travniški mačji rep in rdeča bilnica. Bela in črna detelja sta bili najbolj pogosti metuljnici. Med zelmi so se najpogostejše pojavljale navadni regrat, topolistno ščavje, navadni rman, navadna smiljka, dlakava penuša, navadni plešec ter navadna marjetica.



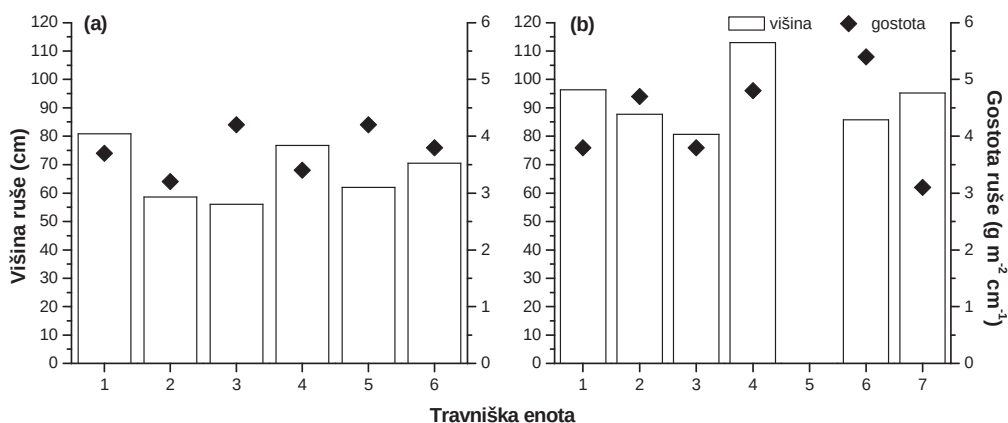
Slika 1: Zastopanost funkcionalnih botaničnih skupin (%) v travni ruši po TE pred prvo košnjo na kmetiji Kristan (a) in kmetiji Klemenčič (b) v letu 2007

Število vrst rastlin v travni ruši je dober kazalec intenzivnosti rabe travne ruše. Na kmetiji Kristan (slika 2) je bilo največ vrst v ruši (velikost vzorca  $0,49 \text{ m}^2$ ) spomladi na TE 1 (36) in najmanj (27) na TE 6. Shannonov indeks pestrosti je bil med 1,73 (TE 4) in 2,29 (TE 2). Na kmetiji Klemenčič smo na TE določili manjše število vrst (11 vrst na TE 2 in 23 vrst na TE 3). Vrednosti indeksa so se gibale med 0,51 (TE 6) in 1,21 (TE 7).

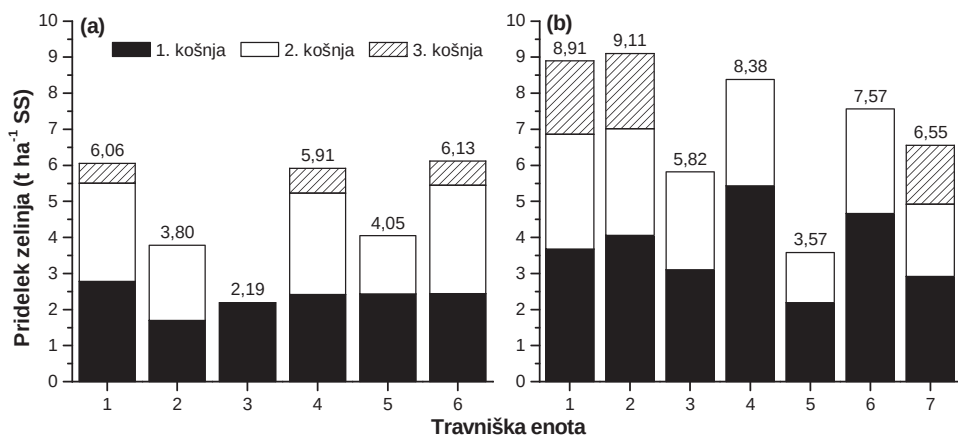


Slika 2: Število vrst in Shannonov indeks pestrosti po TE pred prvo košnjo na kmetiji Kristan (a) in kmetiji Klemenčič (b) v letu 2007

Višina ruše pred prvo košnjo lahko značilno vpliva na pridelek. S slike 3 je razvidno, da je bila na kmetiji Kristan povprečna višina travne ruše najvišja na TE 1 (80,9 cm) in najnižja na TE 3 (56,1 cm). Izračuni gostote travne ruše so se gibali od  $3,2$  do  $4,2 \text{ g m}^{-2}$  višinski  $\text{cm}^{-1}$ . Travna ruša preučevanih enot na kmetiji Klemenčič je bila pred prvo košnjo višja. TE 4 je imela najvišjo rušo (113 cm) in najnižja je bila na TE 3 (80,6 cm). Izračuni gostote travniške ruše so se gibali od  $3,1$  do  $5,4 \text{ g m}^{-2}$  višinski  $\text{cm}^{-1}$ .



Slika 3: Povprečna višina (cm) in gostota ( $\text{g } 10 \text{ dm}^{-3}$ ) travne ruše po TE pred prvo košnjo na kmetiji Kristan (a) in kmetiji Klemenčič (b) v letu 2007



Slika 4: Povprečni pridelek suhe snovi ( $t\ ha^{-1}$  SS) na TE po košnjah in skupaj na kmetiji Kristan (a) in kmetiji Klemenčič (b) v letu 2007

Na preučevanih TE (slika 4) je pridelek ob prvi košnji na kmetiji Kristan v letu 2007 znašal od 9,5 do 16,7  $t\ ha^{-1}$  sveže snovi in od 1,85 do 3,03  $t\ ha^{-1}$  SS. Pridelek druge košnje je dal med 1,57 in 2,82  $t\ ha^{-1}$  SS ter pridelek tretje košnje je znašal od 0,6 do 0,84  $t\ ha^{-1}$  SS. Če je bilo na kmetiji Klemenčič v TE manj rastlinskih vrst in je tudi pestrost ruše bila manjša, pa so dosegali večje pridelke zelinja. Letni pridelek SS v tonah na hektar je bil največji na TE 2 (9,11  $t\ ha^{-1}$ ) in najmanjši na TE 5 (3,57  $t\ ha^{-1}$ ). Na tej kmetiji je tudi pridelek prve košnje predstavljal večji delež celoletnega pridelka, kar za kmetijo Kristan ne moremo trditi.

Preglednica 2: Povprečna vrednost suhe snovi (SS), surovih beljakovin (SB), surovih vlaknin (SVI) in neto energije za laktacijo (NEL) po preučevanih TE ob prvi košnji (8.6. 2007) na kmetiji Kristan

| Kakovostni parameter zelinja   | Travniška enota |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                | 1               | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| SS ( $g\ kg^{-1}$ sveže snovi) | 947,6           | 950,6 | 947,1 | 952,6 | 942,6 | 941,7 |
| SB ( $g\ kg^{-1}$ SS)          | 98,0            | 127,8 | 94,1  | 96,1  | 93,9  | 89,6  |
| SVI ( $g\ kg^{-1}$ SS)         | 290,2           | 279,6 | 338,7 | 302,0 | 323,1 | 322,1 |
| NEL ( $MJ\ kg^{-1}$ SS)        | 5,7             | 5,9   | 5,4   | 5,6   | 5,6   | 5,4   |

Preglednica 3: Povprečna vrednost suhe snovi (SS), surovih beljakovin (SB), surovih vlaknin (SVI) in neto energije za laktacijo (NEL) po preučevanih TE ob prvi košnji (2.6. 2008) na kmetiji Klemenčič

| Kakovostni parameter zelinja   | Travniška enota |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                | 1               | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| SS ( $g\ kg^{-1}$ sveže snovi) | 922,7           | 921,4 | 921,5 | 919,3 | 922,2 | 922,2 | 920,4 |
| SB ( $g\ kg^{-1}$ SS)          | 120,3           | 107,9 | 123,5 | 128,8 | 130,5 | 109,7 | 142,1 |
| SVI ( $g\ kg^{-1}$ SS)         | 342,5           | 367,6 | 317,4 | 316,9 | 299,1 | 322,9 | 287,0 |
| NEL ( $MJ\ kg^{-1}$ SS)        | 5,3             | 5,1   | 5,6   | 5,5   | 5,7   | 5,5   | 5,9   |

Rezultati kemične analize mrve (preglednici 2 in 3) kažejo zadovoljivo kakovost krme ob prvi košnji, saj smo dobili podobne vrednosti, kot jih priporočajo domači (Verbič in Babnik, 1998) in tuji strokovnjaki (McDonald in sod., 1995) za prehrano domačih živali. Na kmetiji Kristan

je bilo v povprečju vseh košenj v letu 2007 (predstavljeni so samo podatki za prvo košnjo) v kilogramu suhe snovi 124,7 g SB, 261,6 g SVI in 5,9 MJ NEL-a. Na kmetiji Klemenčič je kemična analiza krme v povprečju po vseh rabah pokazala podobne lastnosti glede vsebnosti hranilnih snovi v suhi snovi: 146,8 g SB, 279 g SVI in 5,8 MJ NEL-a. V zelinju 2. in 3. košnje (podatki niso predstavljeni) se je povečeval delež surovih beljakovin delež surovih vlaknin pa se je zmanjševal.

#### 4 Sklepi

V hribovitih območjih in na krasu je raba kmetijskih zemljišč dokaj otežena in zahtevna. Med vsemi oblikami rabe prostora zahteva optimalno izkoriščanje travinja na teh območjih najmanjši vložek strojnega dela in največji vložek človekovega znanja pri širjenju pašne reje živali. Čeprav pridelovalni in kakovostni parameter pri pridelovanju travniške krme na tem območjih ne dosemeta takih vrednosti kot na ravninskih območjih, ima ta vrsta habitata tudi drugačen pomen. Z raziskavo vpliva rabe in gnojenja travinja na dveh visokogorskih kmetijah (Kristan in Klemenčič), ki se ukvarjata z travniško-živinorejsko proizvodnjo v Škofjeloškem hribovju lahko za leto 2007 podamo naslednje ugotovitve:

- na kmetiji Kristan so od funkcionalnih skupin ob prvi košnji prevladovale trave (od 34,1 do 72,8 %), sledile so zeli (od 25,7 do 58,5 %) in najmanj je bilo metuljnic (od 1,5 do 13,7 %),
- na površini 0,49 m<sup>2</sup> travna ruše preučevanih TE je bilo določenih med 27 in 36 vrst in med njimi ni bilo škodljivih vrst zeli. Pestrost ruše se je gibala med 1,73 in 2,29,
- letni pridelek na preučevanih travniških enotah je znašal od 2,19 do 6,13 t ha<sup>-1</sup> SS. Pridelka 1. in 2. košnje sta na večini TE dosegla podobne vrednosti. Kakovost krme je dosegala optimalne vrednosti,
- na kmetiji Klemenčič je bil delež skupine trav v ruši TE večji (od 56,4 do 77,5 %), sledile so zeli (21,7 do 38,1 %) in metuljnice (0,8 do 12,5 %). Travnna ruša na tej kmetiji je vsebovala manjše število vrst (11 do 23), kar je tudi posledica izboljševanja travinja na tej kmetiji v preteklosti,
- povprečni letni pridelek vseh TE (7,17 t ha<sup>-1</sup> SS) je bil na tej kmetiji za polovico večji in tudi z njim povezana kakovost je bila boljša kot na kmetiji Kristan,
- primerjava dobljenih rezultatov med obema kmetijama pokaže, da ima kmetija Klemenčič intenzivnejšo rabo travinja, saj dosega večje pridelke in bolj kakovostno krmo. Na kmetiji Kristan imajo tako travno rušo in tudi rabo, ki pa sta bolj ugodni za ohranjanje tako rastlinske kot živalske pestrosti.

#### 5 Literatura

- Aydin, I., Uzun, F. 2005. Nitrogen and phosphorus fertilization of rangeland affects yield forage quality and the botanical composition. *European Journal of Agronomy*, 23, 1: 8-14
- Čop, J., Vidrih, M., Hacin, J. 2009. Influence of cutting regime and fertilizer application on the botanical composition, yield and nutritive value of herbage of wet grasslands in Central Europe. *Grass and forage science*, 64, 4: 454-465
- Fisher, M., Wipf, S. 2002. Effect of low-intensity grazing on the species-rich vegetation of traditionally mown subalpine meadows. *Biological Conservation*, 104: 1-11
- Hlad, B., Černe F. 2002. Strategija ohranjanja biotske raznovrstnosti v Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: 78 s.
- Janssens, F., Peeters, A., Tallowin, J.R.B., Bakker, J.P., Bekker, R.M., Fillat, F., Oomes, M.J.M. 1998. Relationship between soil chemical factors and grassland diversity. *Plant and Soil*, 202, 1: 69-78
- Magurran, A.E. 2004. Measuring biological diversity. Oxford, Blackwell Publishing: 256 s.

- 
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. 1995. *Animal Nutrition*. Singapore, Longman Ltd: 607 s.
- Perko, D. 1998. *Slovenija. Pokrajine in ljudje*. Ljubljana, Mladinska knjiga: 735 s.
- Tallowin, J.R.B., Smith, R.E.N., Goodyear, J., Vickery, J.A. 2005. Spatial and structural uniformity of lowland agricultural grassland in England: a context for low biodiversity, UK. *Grassland and Forage Abstracts*, 66, 4: 147-152
- Verbič, J., Babnik, D. 1998. Vrednotenje oskrbljenosti prežvekovalcev z beljakovinami. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 51 s.
- Vidrih, M. 2003. Botanična sestava in proizvodnost ruše kraških pašnikov ob različnih načinih nadzorovane paše. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 99 s.
- Vidrih, M., Vidrih, T., Kotar, M. 2009. In *Slovenia: management of intensive land use systems*. V: Riguero-Rodriguez, A. (ur.), McAdam, J. (ur.), Mosquera-Losada, M. R. (ur.). *Agroforestry in Europe : current status and future prospects*, *Advances in agroforestry*, 6: 397-414
- Žnidaršič, T., Verbič, J., Babnik, D. 2002. Vrednotenje vsebnosti neto energije za laktacijo (NEL) v vzorcih voluminozne krme ob pomoči bližnje infrardeče refleksijske spektroskopije (NIRS). V: *Zbornik predavanj 11. posvetovanja o prehrani domačih živali "Zadravčevi-Erjavčevi dnevi"*. Murska Sobota, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod: 57-167

## Možnosti nadaljnjega razvoja ekološkega kmetijstva v Beli krajini

Tanja JUDNIČ<sup>85</sup>, Darja KOCJAN AČKO<sup>86</sup>

### Izvelek

Konec leta 2009 smo anketirali 51 gospodarjev ekoloških kmetij v Beli krajini. Največja težava, ki so jo imeli kmetje pri pridobivanju certifikatov, so bili pomanjkljivo vodeni zapisi (29 %). Na anketiranih kmetijah obdelujejo skupaj 789 ha kmetijskih zemljišč, 399 ha pa pokriva gozd. Glavna proizvodna dejavnost je živinoreja, od tega prevladujeta ovčereja (47 %) in reja krav dojilj (39 %). Na skoraj polovici kmetij (49 %) redijo avtohtone pasme domačih živali, med katerimi izstopa ovca pasme belokranjska pramenka. Poljedelstvo je manj razširjeno; od poljščin prevladujeta koruza in ječmen, za polovico manj je pšenice in ovsa. V kolobarju skoraj ni metuljnic, kar lahko vpliva na zmanjševanje rodovitnosti tal in pridelkov v prihodnosti. Največ skrbi jim povzroča primanjkovanje delovne sile in nizek dohodek na družinskega člana. Kmetje pridelke in izdelke porabijo za samooskrbo in za prodajo na domu. Prodaje pridelkov in izdelkov velikim trgovskim centrom skoraj ni, saj so kmetje vsak zase količinsko premajhni ponudniki. Zasluzek si povečajo z dopolnilnimi dejavnostmi (39 %), zlasti s turizmom. Menimo, da je za nadaljnji razvoj ekološkega kmetijstva v Beli krajini pomembno okrepiti medgeneracijske vezi v družini ter praktično sodelovanje in neposreden prenos znanja med ekološkimi kmeti. Brez ustvarjalnega navdušenja in finalizacije proizvodov ne bo napredka, zlasti v primeru zmanjševanja ali ukinitve finančne državne pomoči.

**Ključne besede:** ekološke kmetije, anketa, ekološka rastlinska pridelava, ekološka reja domačih živali, naravne in družbene razmere za ekološko kmetijstvo, Bela krajina

## The possibility for further development of organic farming in Bela krajina

### Abstract

At the end of 2009 51 farm owners of organic farms in Bela Krajina were interviewed. The greatest problem for farmers in obtaining the certificate was deficiently kept records (29%). These farms altogether cultivate 789 ha of arable land and 399 ha of forests. The main production activity is livestock production, mainly sheep breeding (47%) and breeding of suckler cows (39%). Almost half (49%) of farmers breed autochthon breeds of domestic animals, specially "Pramenka sheep from Bela krajina". Field crop production is less widely spread. The prevailing field crops are maize and barley, wheat and oats are present half less. There are not enough legumes included in the crop rotation that can impact on reduction of soil fertility and yield in the future. The greatest concerns in organic farming are labour shortage and low income per family member. Farmers became self-sufficient in crops and products, some products are also sold at home. As farmers individually are too small providers for large shopping centres, there are almost no selling bonds among them. Supplementary activities represent additional earnings for farms (39%), particularly tourism. We believe that strengthening the intergenerational interaction in the family as well as practical cooperation with direct transfer of knowledge among organic farmers is important for further development of organic agriculture in Bela Krajina. Without creative enthusiasm and processing into products there would be no progress, especially in the case of reduction or withdrawal of government subsidies.

**Key words:** organic farms, questionnaire, organic plant production, organic domestic animal production, nature and social conditions, Bela krajina

<sup>85</sup> Dipl. inž. kmet., študentka magistrskega študija agronomije, Brezje pri Vinjem Vrhu 2, 8333 Semič, e-pošta: tjudnic@gmail.com

<sup>86</sup> Doc., dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1111 Ljubljana, e-pošta: darja.kocjan@bf.uni-lj.si

## 1 Uvod

Po letu 2000 se je v Sloveniji uredil pravni vidik ekološkega kmetijstva (Kocjan Ačko, 2000; Bavec in sod. 2009). Konec leta 2009 je bilo v ekološko kontrolo vključenih 2096 kmetij, nosilcev ekocertifikata pa je 1853. Skupaj obdelujejo približno 30.000 ha kmetijskih zemljišč, od tega kar na 26.000 hektarjih prevladuje travinje (MKGP, 2010; Statistični urad RS-Ekološko kmetijstvo..., 2010). Potrošniki so v dobrem desetletju spremenili odnos do ekološkega kmetijstva, do ekopridelkov in izdelkov. Ekološka pridelava v Sloveniji ne pokriva naraščajočega povpraševanja kupcev po domačih ekopridelkih in izdelkih. Domača tržna ponudba ekoloških pridelkov in izdelkov je občasna in količinsko premajhna, zato so številni uvoženi. Prevoz iz enega na drugi konec sveta onesnažuje okolje, ki naj bi bilo prav zaradi ekopridelave manj onesnaženo. Tudi kakovost od daleč pripeljanih ekoloških pridelkov, zlasti svežega sadja, zelenjave in mesa ni enaka tisti, ki jo imajo ti pridelki na lokalnih tržnicah.

Bela krajina leži na skrajnem jugovzhodu Slovenije, med Gorjanci, Kočevskim gozdom in mejno reko Kolpo. Skupaj obsega 580 km<sup>2</sup>, kar znaša dobra 2,5 % celotnega državnega ozemlja. Razdeljena je na tri občine, ki so imele v letu 2009 skupno 26.920 prebivalcev. Ta številka pa se ves čas zmanjšuje, zaradi odhajanja mladih izobraženih ljudi v večja slovenska mesta, kjer se jih večina zaposli in ustvari družino (Gerksič, 2004; Statistični urad RS-Prebivalstvo..., 2010).

Geomorfološko leži Bela krajina na stičišču visokega dinarskega in plitvega belokranjskega kraka, kjer prevladujejo rjava pokarbonatna tla. Zaradi kraškega terena – površinske skalovitosti, je kakovostnih obdelovalnih zemljišč malo; izjema so vrtače in ravnice ob rečnih vodotokih (Dražumerič in sod., 1995). Skoraj polovico pokrajine pokrivajo gozdovi, številni travniki in pašniki, zaraščenost pa narašča po 10-odstotni letni stopnji (Gerksič, 2004). Kmetijski okoljski programi, v katere so vključeni preostali belokranjski kmetje, so edina možnost, da se razmere nekoliko izboljšujejo.

Zaradi že omenjenih težjih naravnih razmer za kmetovanje v Beli krajini, že v preteklosti skoraj ni bilo možnosti za intenzivno kmetovanje, zato je prevladovalo ekstenzivno tradicionalno kmetovanje. V poznih devetdesetih letih, ko so se prvi belokranjski kmetje preusmerili iz tradicionalnega v organizirano ekološko kmetovanje, je bilo ustanovljeno Združenje ekoloških kmetov Dolenjske, Bele krajine in Posavja. Strokovne ekskurzije in izobraževanja doma in v tujini so jim omogočila spoznavati ekološke tehnologije in trženje v državah z več izkušnjami v ekološkem kmetijstvu. V ekološko kontrolo je v letu 2010 vključenih več kot 80 belokranjskih kmetij (Judnič, 2010).

Namen raziskave je bil ugotoviti stanje in možnosti prihodnjega razvoja ekološkega kmetijstva v Beli krajini s pomočjo analize velikostne strukture kmetij, proizvodne usmeritve, uporabe ekoloških tehnologij, načina trženja in možnosti dopolnilnih dejavnosti. Cilj naloge je oblikovati rešitve in predloge za prihodnji razvoj ekološkega kmetijstva v Beli krajini, ki bo prispeval k oskrbi slovenskih potrošnikov z ekološkimi živili domačega izvora.

## 2 Materiali in metode dela

Za preučitev stanja na področju ekološkega kmetijstva v Beli krajini smo izdelali anketni vprašalnik in obiskali 51 kmetij (slika 1), ki ležijo v občinah Semič (23 kmetij), Črnomelj (19 kmetij) in Metlika (9 kmetij). Gospodarje kmetij smo obiskali, v prvi polovici decembra 2009, osebno, po predhodnem telefonskem dogovoru. Anketo z 29 vprašanji so izpolnili zavzeto,



vzorno in samostojno, predlogov, pojasnil in pomoči k odgovorom s strani izvajalke ankete niso bili deležni.

Dobljene odgovore smo grupirali s pomočjo opisne statistike, predstavili s slikami in preglednicami ter razložili.

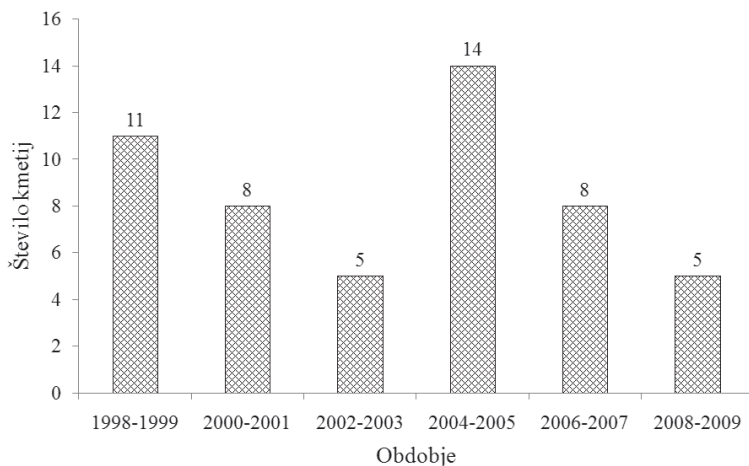


Slika 1: Karta Bele krajine z označenimi anketiranimi ekološkimi kmetijami; december 2009

### 3 Rezultati z diskusijo

#### 3.1 SPLOŠNO O EKOLOŠKIH KMETIJAH V BELI KRAJINI

S slike 2 je razvidno, da je trend širjenja ekološkega kmetijstva zajel tudi Belo krajino. Na prvih kmetijah so odločilen korak k preusmeritvi naredili že na začetku organizirane oblike ekološkega kmetovanja, in sicer leta 1998 (5 anketirancev).



Slika 2: Anketirani ekološki kmetje v Beli krajini glede na začetek pristopa k ekološkemu kmetijstvu v obdobju 1998 do 2009

V obdobju 2004-2005 je kmete najbolj spodbudila država z nekoliko višjimi neposrednimi plačili. Zdrava hrana, čisto okolje, neposredna plačila in manj ugodne naravne razmere so bile pri večini anketirancev temeljni razlog za pristop h kontroliranemu ekokmetijstvu. V zadnjih štirih letih je opazno zmanjševanje na novo registriranih ekokmetij. V času pridobivanja statusa ekološka kmetija tretjina anketirancev (31 %) ni imela nobenih težav z izpolnjevanjem ekostandardov, saj so že v preteklosti kmetovali podobno. Drugi kmetje so imeli težave predvsem s pomanjkljivo vodenimi zapisi (29 %), neurejenim izpustom domačih živali (18 %), zastarelim in neurejenim gnojiščem in hlevom (14 %), preostali pa z dokupom konvencionalno pridelane krme in neustreznim kolobarjem poljščin in vrtnin.

### 3.2 EKOLOŠKA RASTLINSKA PRIDELAVA

Bela krajina zaradi naravnih razmer in razdrobljenosti spada v območje z omejenimi dejavniki (OMD). Glede na geografske in rastne razmere je 19 anketiranih kmetij uvrščenih med kraške kmetije, 14 med ravninske, 11 med hribovske kmetije, 4 so gorsko-višinske in 3 gričevnato-hribovske. Izračunali smo, da anketiranci v razmeroma težkih naravnih razmerah obdelujejo skupaj 789 ha kmetijskih zemljišč, kar je v povprečju 15,8 ha na posamezno kmetijo. Prevladujejo travniki in pašniki (580 ha), poljedelstvo pa je zaradi kraškega terena slabše razvito in omejeno na komaj 185 ha njiv. V ekološki kontroli je tudi 17 ha zvečine travniških sadovnjakov, 4,5 ha vinogradov in 2 ha vrtov. Skupaj imajo v lasti še 399 ha gozda (preglednica 1).

*Preglednica 4: Vrsta rabe kmetijskih zemljišč na anketiranih ekoloških kmetijah v Beli krajini; december 2009*

| Vrsta rabe                 | Površina<br>(ha) | Povprečna površina<br>na kmetijo (ha) |
|----------------------------|------------------|---------------------------------------|
| Zemljišča skupaj           | 1188             | 23,8                                  |
| Gozd                       | 399              | 8                                     |
| Kmetijska zemljišča skupaj | 789              | 15,8                                  |
| Travniki in pašniki        | 580              | 11,6                                  |
| Njive                      | 185              | 3,7                                   |
| Sadovnjaki                 | 17               | 0,3                                   |
| Vinogradi                  | 4,5              | 0,1                                   |
| Vrtovi                     | 2                | 0,04                                  |

Na 185 ha njiv je najbolj razširjen štiriletni kolobar, v katerem so najpogostejše poljščine: koruza (na 27 kmetijah), ječmen (na 25 kmetijah), oves (na 15 kmetijah) in pšenica (na 14 kmetijah). Iz odgovorov je razvidno, da je v kolobarju premalo metuljnic, zlasti večletnih voluminoznih stročnic in TDM, s katerimi bi lahko pridelali nekoliko večjo količino kakovostne krme za čez zimo. Kmete bi bilo treba spodbuditi k setvi enoletnih in večletnih krmnih poljščin lucerne, črne detelje, inkarnatke, perzijske in aleksandrijske detelje, mnogocvetne ljuljke in mešanih dosevkov (ovsiga, ječmiga, grašljinka), ki so jih sejali na tem območju že v preteklosti (Spanring, 1951; Sadar, 1961; Kocjan Ačko in sod., 2005). Opozoriti bi jih bilo treba na pomen metuljnic za izboljšanje strukture in rodovitnosti tal ter za preskrbo z beljakovinsko krmo iz domačih njiv.

Pridelava avtohtonega lanu poteka na treh kmetijah v okolici Adlešičev na približno 30 arih in ima izrazito etnološki in turistični pomen. Iz stebel na tradicionalen način pridobivajo vlakna

za tkanine, vsakič pa pridelajo še seme za setev, za prehrano (belokranjska pogača posuta z lanenimi semeni, laneno olje) in zdravila (Gregorič, 2010).

Ajdo, ki jo pridelajo nekaj deset ton (povprečen pridelek 0,8 t/ha) uporabijo kot kašo in moko za pripravo tradicionalnih jedi, na primer ajdova povitica in ajdovi žganci z orehi. Pridelavo ajde bi kazalo razširiti, ne le zaradi neposredne uporabe v prehrani ljudi, ampak zaradi njene medovitosti in pomena, ki ga lahko ima za ekološko čebelarjenje. Primerna je namreč za jesensko pašo čebel, zdravo prezimitev čebel in za točenje ajdovega medu (ajdovca), toda le, če je dovolj ajdovih polj (Kreft, 1995).

Za celotno območje so značilni travniški sadovnjaki, ki so svojevrstna kulturna in naravna dediščina (Gačnik, 2010). Tudi ekološki kmetje spodbujajo stara drevesa k redni in večji rodnosti s tako imenovano oživitveno rezjo. Iz krošnje odstranijo suhe veje in razredčijo zlasti njen srednji del, to pomeni, da odrežejo veje, ki senčijo veje pod seboj (razmik med venci ogrodnih vej naj bo v odvisnosti od sorte 1 do 1,5 m). Sonce, ki ga spustijo v notranjost krošnje, povzroči spremembe, ki so komaj pričakovane. Za rezanje je najprimernejše zimsko-spomladansko obdobje, čeprav je čas za oživitveno rez lahko vse leto. Če režejo v cvetju, najlaže odstranijo nerodne ali slabo rodne veje z malo ali nič cvetovi. Z obnavljanjem, vzdrževanjem in pomlajevanjem travniškega sadovnjaka se ljudje naučijo življenja z drevesi, ta pa jim dajo pridelek in zaslužek. Predelava sadja v jabolčni sok, kis, žganje, mošt in suho sadje prispeva tudi k ekoponudbi in je zlasti pomembna za preživetje kmetov na obdelovalno težjih in od večjih mest odmaknjenih območjih.

Za gnojenje njiv, vrtov in travnikov kmetje najpogosteje uporabljajo hlevski gnoj (94 %), manj gnojnico in gnojevko (32 %) ter kompostirane odpadke (10 %). Le redki kupujejo dovoljena gnojila in pripravke za varstvo pred pleveli, povzročitelji bolezni in škodljivci, ki so navedena v publikaciji Smernice in sredstva za ekološko kmetijstvo (Bavec in sod., 2009), saj pravijo, da so zanje prevelik strošek.

### 3.3 EKOLOŠKA REJA DOMAČIH ŽIVALI

Iz preglednice 2 je razvidno, da se kmetje zaradi težje dostopnosti, razdrobljenosti in kraškega terena raje odločajo za živinorejo, kjer prevladuje ovčereja, ki je bila značilna za Belo krajino že v preteklosti (Erjavec, 1996). V zadnjih letih ponovno obnavljajo črede s slovensko avtohtono pasmo ovac "belokranjsko pramenko", ki je zelo dobro prilagojena na okoljske razmere. Pramenko redijo kar na 13-ih anketiranih ekoloških kmetijah.

*Preglednica 2: Število domačih živali, preračunano na GVŽ na anketiranih ekoloških kmetijah v Beli krajini; december 2009*

| Vrsta živali | Skupno število živali | Število GVŽ |
|--------------|-----------------------|-------------|
| Govedo       | 347                   | 289,4       |
| Drobnica     | 1523                  | 224,5       |
| Konji        | 59                    | 45          |
| Prašiči      | 53                    | 13,6        |
| Osli         | 22                    | 11          |
| Perutnina    | 1304                  | 4           |

Kmetje se ukvarjajo tudi z govedorejo, kozjerejo, konjerejo, perutninarstvom in prašičerejo. V preglednici 2 je predstavljeno število živali, ki so jih konec leta 2009 imeli na vseh 51 anketiranih ekoloških kmetijah v Beli krajini. Povprečna obremenitev je bila 1,34 GVŽ/ha, vendar v razmerah skromne paše, pustih travnikov in pašnikov tipa *Mezobrometum* in

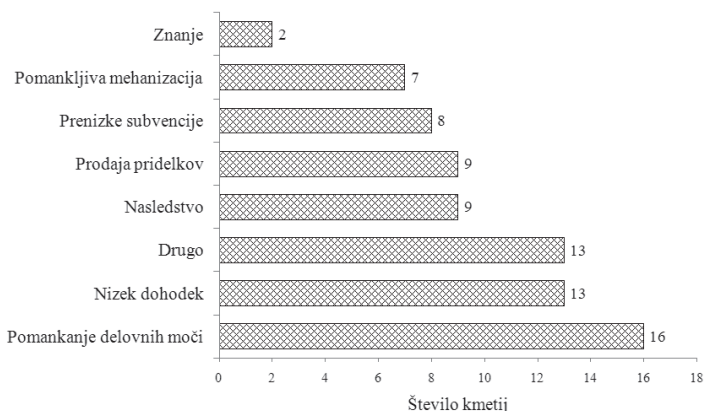
*Xerobrometum* večja obremenitev ni mogoča, saj ne pridelajo dovolj kakovostne krme za čez zimo.

Belokranjska pramenka je avtohtona pasma, ki so jo v preteklosti redili na obeh bregovih reke Kolpe in po celi Beli krajini (Kompan, 2010). Pramenke so se prilagodile skromnim rastnim razmeram kraškega sveta in zimskemu mrazu, ki se zaostreje z nadmorsko višino. Ovce pasem pramenka so razmeroma lahke, tehtajo po 50 kilogramov, ovni pa dosežejo 65 do 70 kilogramov. Ovčerejci ugotavljajo, da morajo biti dobri poznavalci lastnosti pasme, če želijo zadovoljiti kupce s kakovostno jagnjetino. V program ohranjanja pasme v Sloveniji od leta 1996 so vključeni stari in novi rejci, število živali pa se povečuje. Težave, ki jih povzroča parjenje v sorodstvu so rejci zmanjšali z nakupom plemenjakov na Hrvaškem in v Bosni, kar pa je vzrok za opazne razlike med tropi belokranjskih pramenk. Odlična odpornost na bolezni in prilagodljivost težkim in skromnim razmeram reje sta vzroka, da je belokranjska pramenka primerna za ekstenzivno in ekološko rejo. Ovce imajo velik pomen pri ohranjanju obdelovalnih zemljišč, travnikov in pašnikov. Kot pašne živali preživijo večji del leta na prostem, vhlavljanje in krmljenje sta vezana le na zimski čas, nekateri rejci pa uvajajo celoletno rejo na prostem. Poleg sena ovcam krmijo tudi ostanke iz pridelave in predelave kmetijskih rastlin.

Tudi sociologi (Angerer, 2005), ki raziskujejo podeželje, ugotavljajo, da se je s ponovno ovčerejo ohranila poseljenost podeželja, zlasti hribovitih območij. Dobra odpornost in nezahtevnost reje omogočata povezovanje ovčereje s turizmom, na primer s pohodništvom in drugimi vrstami sprostitve v naravi.

### 3.4 NASLEDSTVO IN TRŽENJE

Ekološki kmetje v Beli krajini imajo težave zlasti s pomanjkanjem delovne sile, vprašanjem nasledstva in z nizkim dohodkom. Nasledstvo lahko predstavlja problem v prihodnje, saj je skoraj polovica gospodarjev (45 %) starejših od 50 let, mladi pa odhajajo na študij in se vse manj vračajo nazaj, ker ni ustreznih delovnih mest.



Slika 3: Vrste težav pri ekološkem kmetovanju v obdobju 1998-2009 na anketiranih kmetijah v Beli krajini; december 2009

Na zunaj optimističnim belokranjskim ekološkim kmetom povzroča največ skrbi trenutno stanje v kmetijstvu in nizke odkupne cene, ter vse večja brezposelnost in s tem tudi manjša kupna moč. Kmetje menijo, da je zelo težko prodati ekološke pridelke in izdelke po višji ceni, še posebej v času recesije, ki je Belo krajino prizadela bolj kot druge že v preteklosti boljše

razvite dele države. Prodaje pridelkov in izdelkov velikim trgovskim centrom skoraj ni, saj so kmetje vsak zase količinsko premajhni ponudniki, povezovanje med njimi pa je šibko. Ljubljana z veliko koncentracijo potrošnikov je le občasen cilj trženja; večina jih navaja prevelike stroške, ki nastanejo zaradi prevoza in izgube delovnega časa zaradi oddaljenosti.

Poleg osnovne dejavnosti – kmetijstva, so se na 19 anketiranih kmetijah odločili za dodaten vir zaslužka s strojnimi storitvami drugim kmetom in za turizem na kmetiji, s pomočjo katerega nekoliko lažje prodajo ekološko pridelano hrano. Regijski kmetijski svetovalci se vse bolj zavedajo pomena ohranjanja podeželja, zato jih usmerjajo v samozaposlovanje mladih na kmetijah in v turističnih dejavnostih (Erjavec, 1996; Kocjan Ačko in sod., 2005).

Kljub težavam večina belokranjskih ekokmetov gleda optimistično na prihodnost ekološkega kmetijstva. Velik pomen pripisujejo ekološkemu ozaveščanju mladih, saj je vse več belokranjskih osnovnih šol vključenih v projekt "Ekošola kot način življenja" (Ekošola kot ..., 2010). Nekateri kmetje razmišljajo, da bi morali ustanoviti samostojno ekološko združenje v Beli krajini, ker bi potem nekoliko lažje tržili svojo ekološko pridelano hrano in širili ekološko ozaveščenost med sokrajani, slovenskimi potrošniki in turisti, ki vse bolj zahajajo v Belo krajino zaradi športnih dejavnosti na Kolpi, obiskov naravnih znamenitosti in zgodovinskih spomenikov.

#### 4 Sklepi

Ankete so bile vzorno izpolnjene, izvajalka ankete pa je doživela na obiskih vseh 51-ih ekoloških kmetij topel sprejem, zato ocenjujemo osebni pristop k anketirancem za koristnega in ustreznega.

Skoraj polovica gospodarjev je starejših od 50 let. Največ težav pri ekološki certifikaciji jim povzročajo pomanjkljivo vodeni zapisi.

Največji delež kmetijskih zemljišč predstavljajo travniki in pašniki, kar kaže na možnost večjega razvoja ekološke živinoreje in predelave živil živalskega izvora. Za predelavo (klavnica) in trženje ekološkega mesa bi bilo treba razširiti ali na novo postaviti lokalne predelovalne zmogljivosti.

Več pozornosti bi morali nameniti tudi tradicionalni predelavi volne in mešanju volne pramenke z volno drugih pasem, na primer solčavske ovce, ki jo tudi redijo belokranjski ekološki kmetje. Na ovčerejskih območjih južne Francije, Španije in Italije si volneni izdelki uspešno utirajo pot med najbolj privlačne in uporabne izdelke iz turistične ponudbe.

S poljedelstvom se anketirani kmetje ukvarjajo v manjšem obsegu, najpogostejši poljščini pa sta koruza in ječmen. V kolobarju primanjkuje zlasti metuljnic, s katerimi bi lahko povečali rodovitnost tal in zagotovili beljakovinski obrok, še posebej v zimskem obdobju. Na ta način ne bi le povečali pridelek zaradi bakterij, ki vežejo dušik iz zraka, ampak tudi zagotovili večjo kakovost mesa.

Menimo, da bi bilo potrebno kmetovalcem pomagati pri oblikovanju ekotehnologij in tržnih poti, s pomočjo katerih bi dosegli bodisi višje cene ekološko pridelane hrane bodisi prodajo trgovskim centrom in potrošnikom večjih mest, zlasti v Ljubljani.

K prehranski ekološki ozaveščenosti lahko belokranjski ekološki kmetje prispevajo še ekološko kulturo oblačenja. Ekološki lan pridelan brez kemičnih sintetičnih sredstev je osnova za tkanine, ki so kot naša druga koža, ne škodujejo zdravju in pri razgradnji ne onesnažujejo okolja. Trženje tradicionalnih izdelkov je eden od načinov premagovanja krize v kmetijstvu, ki je v Beli krajini močno prisotna.

Za uresničitev novih izzivov treba razvijati predelovalne obrate in razvijati strokovno znanje iz ekološke predelave in trženja. Menimo, da je med kmeti vse manj praktičnega sodelovanja

in neposrednega prenosa znanja, brez finalizacije pridelkov v izdelke pa bo z ekološkim kmetijstvom težko preživeti. Žal malodušje in razmišljanje "nič se ne izplača", "preveč je dela" ali "plačilo je premajhno" hromijo napredek in razvoj.

Tudi drugi deli države, zlasti prebivalci mest in glavnega mesta bi se morali bolj zavedati pomena združevanja okoljevarstvenega, kmečkega in turistično zanimivega dela v Beli krajini, ki ima ne le ekonomski pomen za tamkajšnje ekološke kmete, ampak tudi širši družbeni pomen.

## 5 Literatura

- Angerer, T. 2002. Od ovce do preje, preproge, odeje... Mohorjeva družba, Celovec: 52 s.
- Bavec, M., Robačar, M., Repič, P., Štabuc Starčevič, D. 2009. Sredstva in smernice za ekološko kmetijstvo. Maribor, UM FKBV, Inštitut za ekološko kmetijstvo: 149 s.
- Dražumerič, M., Dular, A., Golob, T., Granda, S., Hočevnar, M., Ravbar, M. 1995. Dolenjska, Bela krajina A-Ž. Murska Sobota, Pomurska založba: 347 s.
- Erjavec, E. 1996. Stanje in možnosti razvoja drobnice. V: Reja drobnice. ČZD Kmečki glas, Ljubljana: 11-28
- Ekošola kot način življenja. Dostopno na: <http://www.ekosola.si/> (15. januar 2010)
- Gačnik, J. 2010. Visokodebelni travniški sadovnjaki. Dostopno na: [www.travniski-sadovnjaki.si/predstavitev-projekta/](http://www.travniski-sadovnjaki.si/predstavitev-projekta/) (8. oktober 2010)
- Gerkič, M. 2004. Gospodarski razvoj Bele krajine. Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, diplomsko delo: 38 s.
- Gregorič, R. 2010. Ustreznost tal za pridelavo lanu (*Linum ussitisimum* L.) v Beli krajini. Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana: 43 s.
- Judnič, T. 2010. Ekološke kmetije v Beli krajini. Diplomsko delo, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana: 42 s.
- Kocjan Ačko, D. 2000. Alternativne oblike kmetovanja. V: Novi izzivi v poljedelstvu 2000, Slovensko agronomsko društvo: zbornik simpozija, Ljubljana: 244-251
- Kocjan Ačko, D., Medved, A., Komat, A., Aleksič, V. 2005. Osnove ekološkega kmetovanja. V: Promocija ekološkega kmetijstva in okoljskih standardov v kmetijstvu-vzpodbujanje slovenskih lokalnih oblasti k podpori in razvoju ekološkega kmetijstva in z njim povezanih dejavnosti. Ljubljana, Zveza združenja ekoloških kmetov Slovenije: 3-7
- Kocjan Ačko, D., Tolar, Š., Šantavec, I. 2005. Stročnice v kolobarju slovenskih ekoloških kmetij. Acta agriculturae slovenica, 85, 1: 125-134.
- Kompan, D. 2010. Portal Drobnica@ (ovce in koze). Dostopno na: [www.drobnica.si/](http://www.drobnica.si/) (8. oktober 2010)
- Kreft, I. 1995. Ajda. ČZD Kmečki glas, Ljubljana: 74-75
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Dostopno na: <http://www.mkgp.gov.si/> (8. oktober 2010)
- Sadar, V. 1961. Poljski kolobar in kolobarjenje. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za agronomijo, gozdarstvo in veterinarstvo: 104 s.
- Spanring, J. 1959. Pregled poljščin in predlog nekaterih kolobarjev za Slovenijo. Kmetijski inštitut Slovenije: 24 s.
- Statistični urad Republike Slovenije – Ekološko kmetijstvo 2009, 30. julij 2010. Dostopno na: [www.stat.si/](http://www.stat.si/) (8. oktober 2010)
- Statistični urad Republike Slovenije – Prebivalstvo, 1. april 2010. Dostopno na: [www.stat.si/](http://www.stat.si/) (8. oktober 2010)

## Izotopska sestava dušika v ekološko in konvencionalno pridelani zelenjavi na slovenskem trgu

Martina ŠTURM<sup>87</sup>, Sonja LOJEN<sup>2</sup>

### Izvleček

Namen opravljene raziskave je bil pridobiti podatke o izotopski sestavi dušika ( $\delta^{15}\text{N}$ ) v ekološko ter konvencionalno pridelani zelenjavi v prodaji na slovenskem trgu ter ugotoviti ali obstajajo sistematične razlike v  $\delta^{15}\text{N}$  vrednostih, ki bi lahko služile kot orodje za ugotavljanje nepravilnega označevanja ekoloških pridelkov. V ta namen je bilo analiziranih štirinajst različnih vrst ekološko in konvencionalno pridelane zelenjave. Poleg tega je bila določena tudi izotopska sestava dušika v sedmih sintetičnih in štirih organskih gnojilih. Rezultati analiziranih vzorcev zelenjave kažejo jasne razlike v srednjih  $\delta^{15}\text{N}$  vrednostih med ekološko in konvencionalno pridelano zelenjavo (do 6,3 ‰). Kljub razlikam v srednjih  $\delta^{15}\text{N}$  vrednostih pa kar pri osmih (cvetača, paradižnik, česen, čebula, rumena koleraba, peteršilj, paprika in korenček) od štirinajstih analiziranih vrst zelenjave zaradi prekrivanja podatkov na podlagi  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti ni bilo mogoče ločiti med ekološko oziroma konvencionalno pridelavo. Pri šestih vrstah zelenjave (endivija, rukola, radič v tipih "Palla rosa" in "Pan di zucchero", por in krompir) pa se je  $\delta^{15}\text{N}$  zapis v zelenjavi izkazal kot hitro in poceni orodje za kontrolo ekološke pridelave. Rezultati kažejo, da se  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti lahko uporabljajo le kot dodatno, ne pa tudi kot edino orodje za nadzor ekološke pridelave zelenjave.

**Ključne besede:** ekološka pridelava, dušik, stabilni izotopi,  $^{15}\text{N}$

## Isotopic composition of nitrogen in organically and conventionally grown vegetables available on the Slovenian market

### Abstract

The aim of the study was to obtain data on the isotopic composition of nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ) in organically and conventionally grown vegetables available on the Slovenian market to determine whether there are any systematic differences in  $\delta^{15}\text{N}$  values, which could serve as a screening tool to differentiate between organically and conventionally grown produce. In order to do so, fourteen different varieties of organically and conventionally grown vegetables from Slovenian market were analyzed. In addition, the isotopic composition of nitrogen in seven synthetic and four organic fertilizers was also determined. Results show clear differences in mean  $\delta^{15}\text{N}$  values between organic and conventionally grown vegetables (up to 6.3 ‰). However, due to overlapping results, despite the differences in mean  $\delta^{15}\text{N}$  values, it was not possible to differentiate between organically and conventionally grown counterparts in eight (cauliflower, tomato, garlic, onion, kohlrabi, parsley, sweet pepper and carrot) out of fourteen vegetable varieties. Nevertheless, in six vegetable varieties (endive, rocket, chicory in type "Palla rosa" and "Pan di zucchero", leek, and potato)  $\delta^{15}\text{N}$  values proved to be a fast and relatively cheap screening tool to differentiate between organically and conventionally grown produce. Results obtained suggest that  $\delta^{15}\text{N}$  could be used as a marker of organic production but only as supporting, additional marker and not as the unequivocal marker of organic vegetable production.

**Key words:** organic production, nitrogen, stable isotopes,  $^{15}\text{N}$

<sup>87</sup> Univ. dipl. inž. geol., Institut "Jožef Stefan", Odsek za znanosti o okolju, Jamova cesta 39, SI-1000 Ljubljana, e-pošta: [martina.sturm@ijs.si](mailto:martina.sturm@ijs.si)

<sup>2</sup> Doc. dr., Institut "Jožef Stefan", Odsek za znanosti o okolju, Jamova cesta 39, SI-1000 Ljubljana, e-pošta: [sonja.lojen@ij.si](mailto:sonja.lojen@ij.si)

## 1 Uvod

Ekološko kmetijstvo je v zadnjih letih doživelo precejšen porast. Leta 2000 je bilo v Sloveniji registriranih 115 kmetijskih gospodarstev z ekološkim kmetovanjem, leta 2009 pa že 1.853 (SURS, 2010). Ker ekološko pridelana zelenjava na trgu dosega višje cene v primerjavi s tisto, pridelano na konvencionalen način (Bateman in sod., 2007), obstaja nevarnost goljufij oziroma nepravilnega označevanja konvencionalno pridelane zelenjave z oznako "ekološki", zato se pojavlja potreba po metodah za preverjanje avtentičnosti ekološke pridelave. Uporaba stabilnih izotopov ogljika, vodika in kisika kot indikatorjev avtentičnosti hrane je znana in uveljavljena praksa (Krueger in Reesman, 1982; Rossmann, 2001; Jamin in Wietzerbin, 2003; Rogers, 2008). Nekoliko manj znana in raziskana pa je uporaba stabilnih izotopov dušika pri kontroli uporabe sintetičnih gnojil v ekološki pridelavi. Možnost uporabe izotopov dušika temelji na predpostavki, da imajo konvencionalno pridelane rastline nižjo izotopsko sestavo (nižje  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti oz.  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  razmerje, t.j. razmerje težjega proti lažjemu stabilnemu izotopu dušika) v primerjavi z istimi rastlinami, gnojenimi z organskim gnojilom, saj imajo zaradi različnih procesov izdelave gnojil sintetična gnojila nižje  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti od organskih (Bateman in Kelly, 2007).

Sintetična gnojila se izdelujejo iz zračnega dušika z  $\delta^{15}\text{N}$  vrednostjo 0 ‰. Ker med procesom izdelave ne prihaja do večje frakcionacije, je njihova  $\delta^{15}\text{N}$  vrednost blizu 0 ‰. Živali se prehranjujejo z rastlinami, katerih  $\delta^{15}\text{N}$  odraža  $\delta^{15}\text{N}$  v tleh, na katerih so uspevale (izjema so N-fiksatorske rastline, ki imajo zaradi vezave zračnega dušika  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti podobne zračnemu dušiku). Živali pri izločanju z urinom prednostno izločijo lažji izotop dušika ( $^{14}\text{N}$ ), trdni živalski izločki zato vsebujejo več težjega izotopa ( $^{15}\text{N}$ ), poleg tega pa so zaradi izhlapevanja amonija, denitrifikacije in bakterijskega delovanja podvrženi še dodatni obogatitvi s težjim dušikovim izotopom (Kendall, 1998; Rogers, 2008), saj se pri vseh procesih lažji izotop prednostno porablja, preostali trdni izločki pa posledično postanejo obogateni s težjim izotopom. Po podatkih iz literature (Kreitler, 1979; Kendall, 1998; Bateman in sod., 2007) lahko nitrat, nastal iz trdnih živalskih izločkov z  $\delta^{15}\text{N}$  vrednostjo +5 ‰, zaradi omenjenih procesov doseže  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti med +10 in +30 ‰.

Večina raziskav, pri katerih so proučevali možnost uporabe izotopske sestave dušika pri kontroli ekološke pridelave, je temeljila na nadzorovanih laboratorijskih poskusih (Choi in sod., 2002; Nakano in sod., 2003; Bateman in sod., 2005; Yun in sod., 2006; del Amor in Navarro, 2008; Šturm in sod., 2010), manj pa na komercialno dostopni ekološko in konvencionalno gojeni zelenjavi (Bateman in sod., 2007; Rogers, 2008; IEH Lab., 2010). Najboljšo oceno primernosti uporabe  $\delta^{15}\text{N}$  kot orodja za ločevanje med ekološko in konvencionalno pridelano zelenjavo pa lahko dobimo prav z analizo avtentičnih komercialno dostopnih pridelkov, zajetih iz širokega geografskega območja, s širokim razponom okoljskih razmer in kmetijskih praks (Bateman and Kelly, 2007). Na ta način, za razliko od nadzorovanih laboratorijskih poskusov, upoštevamo tudi veliko drugih dejavnikov, ki lahko vplivajo na  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti pridelka, kot npr. razlike v talnih tipih, razlike v količini zračno odloženega N in razlike v lokalnih kmetijskih praksah.

Namen opravljene raziskave je bil pridobiti podatke o izotopski sestavi dušika v ekološko ter konvencionalno pridelani zelenjavi v prodaji na slovenskem trgu ter ugotoviti ali obstajajo sistematične razlike v  $\delta^{15}\text{N}$  vrednostih, ki bi lahko služile kot orodje za ugotavljanje nepravilnega označevanja ekoloških pridelkov.



## 2 Material in metode dela

Za potrebe raziskave smo izbrali štirinajst različnih vrst ekološko in konvencionalno pridelane zelenjave v ponudbi na slovenskem trgu ter jim določili izotopsko sestavo dušika. Pri izbiri ekološko pridelane zelenjave iz različnih geografskih območij so imeli prednost certificirani vzorci (oznaka »ekološki«). Vzorci konvencionalno pridelane zelenjave so bili kupljeni v maloprodaji pri različnih trgovskih ponudnikih. Za vsako posamezno vrsto zelenjave ter način pridelave smo analizirali 3–6 vzorcev. Dodatno smo analizirali tudi vzorce organskih gnojil (hlevski gnoj in kompost ter komercialni gnojili za ekološko pridelavo Biogrena in Valentin naravno organsko gnojilo) ter vzorce različnih sintetičnih (anorganskih) dušikovih gnojil ( $\text{N:P:K}$ , KAN,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  ter  $\text{MgNO}_3$ ), ki se v Sloveniji pogosto uporabljajo.

Vzorke zelenjave smo oprali z ultra čisto destilirano vodo (Mili-Q), narezali na manjše dele ter jih posušili v sušilniku pri 60 °C do konstantne mase. Posušene vzorce smo homogenizirali med mletjem v droben prah v terilnici. Za analizo izotopske sestave smo v kositrne kapsule natehtali 8–11 mg posameznega uprašenega vzorca, kapsule zaprli in oblikovali v kroglico. Organska gnojila (hlevski gnoj, kompost) smo zračno posušili. Vzorce organskih in sintetičnih gnojil smo homogenizirali med mletjem v terilnici, potrebno količino posameznega gnojila smo natehtali in zaprli v kositrne kapsule.

Izotopsko sestavo dušika ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) smo izmerili na masnem spektrometru Europa 20–20 (PDZ Europa Scientific) s preparativnim modulom za trdne in tekoče vzorce (ANCA–SL). Rezultati so podani v obliki  $\delta$  vrednosti in so izraženi v promilih (‰) kot relativne vrednosti glede na mednarodno dogovorjeni standard – zračni dušik, kot prikazuje spodnja enačba:

$$\delta^{15}\text{N}_{\text{vzorec}} (\text{‰}) = \left( \frac{R_{\text{vzorec}}}{R_{\text{standard}}} - 1 \right) \times 1000$$

kjer R predstavlja razmerje  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ , standard predstavlja zračni dušik z  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  razmerjem 0,00368 in  $\delta^{15}\text{N}$  vrednostjo 0 ‰. Vsi vzorci so bili analizirani v dveh ponovitvah. Natančnost meritev (ponovljivost, obnovljivost) smo določili na podlagi meritev certificiranih referenčnih materialov USGS34 (–1,8‰), IAEA–N2 (+20,3‰) in laboratorijskih referenčnih materialov europa–N (+2,5‰) ter Lucerna (–0,6‰), in sicer na  $\pm 0,2$  ‰. Točnost meritev  $\delta^{15}\text{N}$  je bila potrjena z uspešnim sodelovanjem v mednarodnih medlaboratorijskih primerjavah (WEPAL Interlaboratory Plant–Analytical Exchange Programme, IPE2009.2, IPE2010.2).

## 3 Rezultati z diskusijo

### 3.1 IZOTOPSKA SESTAVA DUŠIKA V GNOJILIH

Organska gnojila, ki so dovoljena v ekološki pridelavi, imajo zaradi zelo različnega izvora (kompost, hlevski gnoj, rogovi, parklji, kostna moka, ostanki rib, morska trava, kri, tropine) večji razpon  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti od sintetičnih (Bateman in sod., 2007). Povprečna izotopska sestava ter razpon sintetičnih in organskih gnojil, analiziranih v okviru prikazane raziskave, sta podana v preglednici 1, skupaj s podatki iz literature. Organska gnojila, analizirana v okviru naše raziskave, imajo višje  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti v primerjavi z analiziranimi sintetičnimi gnojili. Pridobljeni rezultati so primerljivi s podatki iz literature (preglednica 1).

$\delta^{15}\text{N}$  vrednosti celotnega dušika v tleh se gibljejo med +2 in +5 ‰ (Kendall, 1998), z mediano +5 ‰ (Amundson in Baisden, 2000; Rogers, 2008).  $\delta^{15}\text{N}$  vrednost talnega dušika je odvisna od rastlin, ki na njih uspevajo, od okoljskih razmer (npr. klima) (Amundson in Baisden, 2000; Rogers, 2008) ter od vrste uporabljenih gnojil. Uporaba sintetičnih gnojil zaradi mešanja med dušikom iz gnojila in dušikom iz tal povzroči znižanje  $\delta^{15}\text{N}$  celotnega dušika v tleh, medtem

ko uporaba organskih gnojil povzroči dvig  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti celotnega dušika v tleh (Rogers, 2008), kar se odraža tudi v rastlinah, ki na teh tleh uspevajo.

### 3.2 IZOTOPSKA SESTAVA DUŠIKA V ZELENJAVI

Izotopska sestava dušika v analiziranih vzorcih zelenjave je prikazana na sliki 1. Ekološko pridelana zelenjava je imela med 0,8 in 6,3 ‰ višje srednje  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti v primerjavi s konvencionalno pridelano zelenjavo iste vrste. Izjema je korenček, kjer so se  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti ekološko in konvencionalno pridelanih vzorcev skoraj popolnoma prekrivale, srednja vrednost ekološko pridelanega korenčka (razpon  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti med 2,1 in 5,8 ‰) je bila celo za 0,2 ‰ nižja od srednje vrednosti konvencionalno pridelanega korenčka (razpon med 3,0 in 7,7 ‰). Ti rezultati so v skladu z ugotovitvami Bateman in sod. (2007), ki so določili razpon  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti pri ekološko pridelanem korenčku med 0,7 in 11,2 ‰ in med 1,0 in 9,1 ‰ pri konvencionalno pridelanem korenčku. Kot verjetna vzroka za tako prekrivanje  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti omenjeni avtorji navajajo nizko potrebo korenčka po dušiku ter običajno prakso, da se v ekološki pridelavi sejanje korenčka ne izvaja takoj po gnojenju s hlevskim gnojem, saj to povečuje verjetnost nepravilnega razvoja koreninskega sistema (Bateman in sod., 2007).

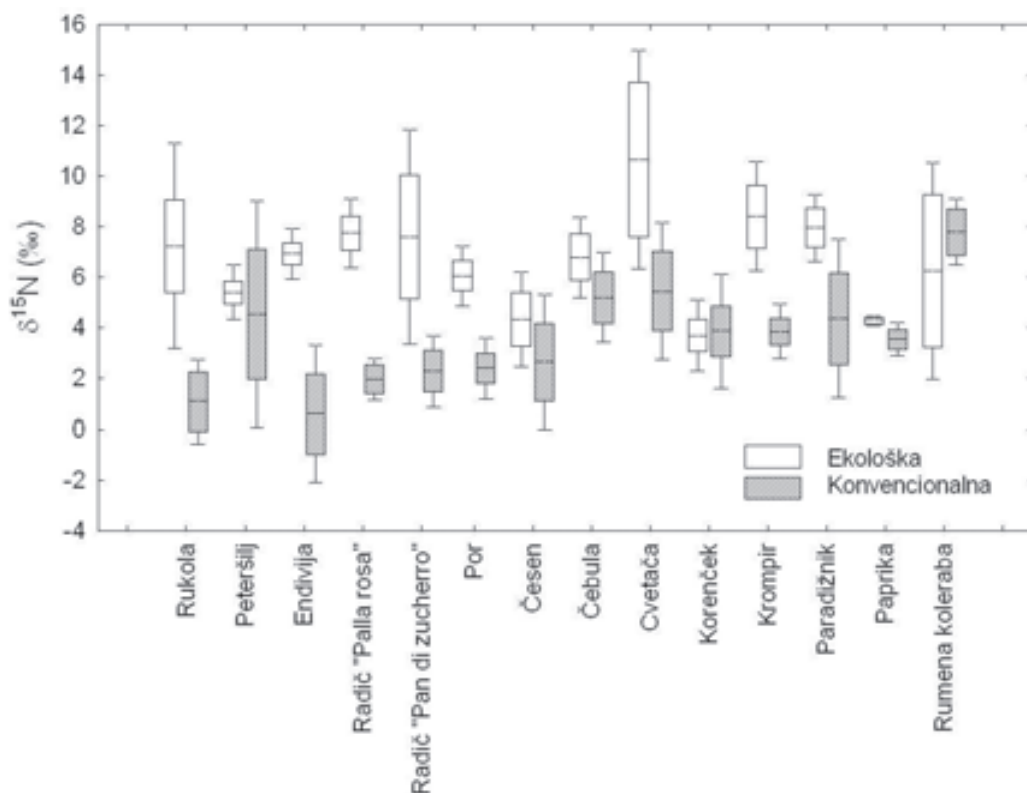
Preglednica 5: Izotopska sestava dušika ( $\delta^{15}\text{N}$  v ‰) v različnih vrstah gnojil

| Vrsta gnojila | Srednja vrednost | Min. | Maks. | Število vzorcev | Reference                    |
|---------------|------------------|------|-------|-----------------|------------------------------|
| Sintetično    | +3,0             | -0,9 | +5,8  | 7               | Šturm in Lojen, 2010         |
|               | -0,2             | -5,9 | +6,6  | 29              | Bateman in Kelly, 2007       |
|               | +0,4             | -5,9 | +2,8  | 44              | IEH Lab. <sup>1</sup> , 2010 |
|               | -1,6             | -1,2 | -1,7  | 12              | Rogers, 2008                 |
|               | 0,2              | -1,7 | +3,9  | 22              | Vitoria in sod., 2004        |
|               | /                | -4,0 | +4,0  | /               | Kendall, 1998                |
| Organsko      | 9,5              | 6,2  | +14,8 | 4               | Šturm in Lojen, 2010         |
|               | /                | +2,0 | +30,0 | /               | Kendall, 1998                |
|               | +8,1             | +3,5 | +16,2 | 11              | Bateman in Kelly, 2007       |
|               | +8,3             | +4,4 | +26,7 | 9               | IEH Lab., 2010               |
|               | +6,3             | +2,7 | +11,3 | 12              | Rogers, 2008                 |

Na podlagi izmerjenih  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti je bilo mogoče ločiti med ekološko in konvencionalno pridelano envidijo (razlika v srednjih  $\delta^{15}\text{N}$  vrednostih med ekološko in konvencionalno pridelanimi vzorci:  $\Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{ekol.-konv.}} = 6,3$  ‰), rukolo ( $\Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{ekol.-konv.}} = 6,1$  ‰), radičem v tipu "Palla rosa" ( $\Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{ekol.-konv.}} = 5,7$  ‰), porom ( $\Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{ekol.-konv.}} = 5,4$  ‰), krompirjem ( $\Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{ekol.-konv.}} = 4,6$  ‰) ter radičem v tipu "Pan di zucherro" ( $\Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{ekol.-konv.}} = 3,0$  ‰). Pri osmih od štirinajstih analiziranih vrst zelenjave, t.j. pri cvetači ( $\Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{ekol.-konv.}} = 5,2$  ‰), paradižniku ( $\Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{ekol.-konv.}} = 3,6$  ‰), česnu ( $\Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{ekol.-konv.}} = 1,7$  ‰), čebuli ( $\Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{ekol.-konv.}} = 1,6$  ‰), rumeni kolerabi ( $\Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{ekol.-konv.}} = 1,6$  ‰), peteršilju ( $\Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{ekol.-konv.}} = 0,9$  ‰), papriki ( $\Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{ekol.-konv.}} = 0,8$  ‰) ter korenčku ( $\Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{ekol.-konv.}} = 0,2$ ), pa kljub razlikam v srednjih  $\delta^{15}\text{N}_{\text{ekol.-konv.}}$  vrednostih ni bilo mogoče zanesljivo ločiti med ekološko in konvencionalno pridelanimi vzorci, saj se njihove  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti delno prekrivajo (slika 1). O podobnem prekrivanju podatkov pri določenih vrstah zelenjave poroča tudi študija, ki so jo opravili v IEH Laboratories and Consulting Groups (2010), ki so analizirali ekološko in konvencionalno pridelano zelenjavo, dostopno na trgu v Kanadi in Britanski Kolumbiji. Rogers (2008), ki je proučeval razlike v  $\delta^{15}\text{N}$  vrednostih med ekološko in konvencionalno pridelano zelenjavo na trgu v Novi Zelandiji, pa na drugi strani poroča o jasnih razlikah v srednjih  $\delta^{15}\text{N}$  vrednostih

med vsemi analiziranimi ekološkimi in konvencionalnimi pridelki (krompir, čebula, bučke, paradižnik, koruza, jajčevac, idr.), z izjemo graha, ki spada med N–fiksatorske rastline. Pomankljivost njihove raziskave pa je v tem, da so podane samo srednje  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti, ne pa tudi celoten razpon vrednosti, zato neposredna primerjava podatkov ni ustrezna.

Prekrivanje  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti pri ekološko in konvencionalno gojenih pridelkih pa ne pomeni nujno napačnega označevanja pridelkov. Nizke  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti pri pridelkih, ki naj bi bili pridelani ekološko, niso nujno odraz uporabe sintetičnih N gnojil, ampak so lahko tudi posledica vključevanja N–fiksatorskih rastlin (npr. fižola) v kolobar. Za N–fiksatorske rastline je značilno, da preko mikorize v tla vežejo zračni dušik ( $\delta^{15}\text{N}_{\text{zrak}} = 0 \text{ ‰}$ ), kar povzroči znižanje  $\delta^{15}\text{N}$  celotnega dušika v tleh in posledično v rastlinah, ki bodo na teh tleh uspevale. Podoben vpliv lahko pričakujemo tudi zaradi gnojenja z rastlinskimi ostanki N–fiksatorskih rastlin, vendar ti vplivi še niso dobro raziskani. Na drugi strani pa lahko konvencionalni pridelovalec poleg sintetičnih N gnojil uporablja katero koli organsko gnojilo. V tem primeru lahko tudi pri konvencionalno gojeni zelenjavi določimo  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti, značilne za ekološke pridelke (Bateman in sod., 2005).



Legenda: Črta – srednja vrednost; (□) srednja vrednost ± standardna napaka; (I) srednja vrednost ± standardni odklon.

Slika 1: Izotopska sestava dušika ( $\delta^{15}\text{N}$  v ‰) v konvencionalno in ekološko pridelani zelenjavi v ponudbi na slovenskem trgu.

## 4 Sklepi

Z uporabo izotopske masne spektrometrije stabilnih izotopov smo zaradi razlik v  $\delta^{15}\text{N}$  vrednostih med sintetičnimi in organskimi gnojili lahko pri šestih (endivija, rukola, radič v tipih "Palla rosa" in "Pan di zucherro", por in krompir) od štirinajstih analiziranih vrst zelenjave ločili med ekološko in konvencionalno pridelano zelenjavo, pri osmih vrstah zelenjave (cvetača, paradižnik, česen, čebula, rumena koleraba, peteršilj, paprika in korenček) pa so se  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti ekološko in konvencionalno pridelanih vzorcev med seboj prekrivale. Ekološko pridelana zelenjava je, z izjemo korenčka, imela višje srednje  $\delta^{15}\text{N}$  vrednosti v primerjavi s konvencionalno pridelano zelenjavo iste vrste. Na omejenem številu analiziranih vzorcev se je  $\delta^{15}\text{N}$  zapis tako pri določenih vrstah rastlin izkazal kot hiter in relativno poceni indikator gnojenja s sintetičnim dušikovim gnojilom. Pri tem pa je potrebno poudariti, da z uporabljenim metodo lahko nadzorujemo samo vrsto uporabljenega gnojila, ne pa tudi izpolnjevanja ostalih pogojev, ki jih zahteva ekološka pridelava (prepoved uporabe pesticidov, gensko spremenjenih organizmov, itd.). Pri interpretaciji rezultatov je treba upoštevati še nekatere dodatne omejitve uporabe  $\delta^{15}\text{N}$  zapisa v zelenjavi pri kontroli ekološke pridelave, kot na primer vpliv vključevanja N-fiksatorskih rastlin v kolobar ter gnojenje z rastlinskimi ostanki N-fiksatorskih rastlin. Poleg tega so predhodne študije pokazale, da predstavljena metoda ni primerna za ločevanje ekološko in konvencionalno gojenih N-fiksatorskih rastlin (Rogers, 2008) ter je premalo občutljiva za zanesljivo ugotavljanje kombinirane uporabe organskih in sintetičnih gnojil (Šturm in sod., 2010). Na podlagi naštetega lahko zaključimo, da se  $\delta^{15}\text{N}$  zapis lahko uporablja le kot dodatno, ne pa kot edino orodje za kontrolo ekološke pridelave zelenjave.

## 5 Zahvala

Raziskavo je finančno podprla Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS), št. pogodbe 1000-06-310015. Hvala vsem, ki so pomagali pri zbiranju vzorcev.

## 6 Literatura

- Amundson, R., Baisden, W.T. 2000. Stable isotope tracers in soil organic matter studies. V: Sala, O.E.; Jackson, R.B., Mooney, H.A., Howarth, R. (Eds) *Methods in Ecosystem Sciences*. Springer Verlag, New York: 117–137
- Bateman, A.S., Kelly, S.D., Jickells, T.D. 2005. Nitrogen Isotope Relationships between Crops and Fertilizer: Implications for Using Nitrogen Isotope Analysis as an Indicator of Agricultural Regime. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 5760–5765
- Bateman, A.S., Kelly, S.D. 2007. Fertilizer nitrogen isotope signatures. *Isotopes In Environmental And Health Studies*, 43: 237–247
- Bateman, A.S., Kelly, S.D., Woolfe, M. 2007. Nitrogen Isotope Composition of Organically and Conventionally Grown Crops. *Journal of Agricultural and Food Science*, 55: 2664–2670
- Choi, W.J., Lee, S.M., Ro, H.M., Kim, K.C., Yoo, S.H. 2002. Natural  $^{15}\text{N}$  abundances of maize and soil amended with urea and composted pig manure. *Plant and Soil*, 245: 223–232
- del Amor, F.M., Navarro, J. 2008. Isotopic Discrimination as a Tool for Organic Farming Certification in Sweet Pepper. *Journal of Environmental Quality*, 37: 182–185
- IEH Laboratories and Consulting Group. 2010. Nitrogen Stable Isotope Signature and C:N Content in Authentification of Organic Food and Fertilizers. <http://www.iehinc.com/isostudy.html> (dostopano: maj, 2010)
- Jamin, E., Wietzerbin, K. 2003. Multielement, multicomponent, and multisite isotopic profiling for food and beverage authentication. *American Laboratory*, January: 24–25

- Kendall, C. 1998. Tracing Nitrogen Sources and Cycling in Catchments. V: Kendall, C. in McDonnell, J. (Eds) Isotope tracers in catchment hydrology. Amsterdam, Elsevier: 517–569
- Kreitler, C.W. 1979. Nitrogen–isotope ratio studies of soils and groundwater nitrate from alluvial fan aquifers in Texas. *Journal of Hydrology*, 42: 147–170
- Krueger, H.W., Reesman, R.H. 1982. Carbon isotope analyses in food technology. *Mass Spectrometry Reviews*, 1: 205–236
- Nakano, A., Uehara, Y., Yamauchi, A. 2003. Effect of organic and inorganic fertigation on yields,  $\delta^{15}\text{N}$  values,  $\delta^{13}\text{C}$  values of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Saturn). *Plant and Soil*, 255: 343–349
- Rogers, M.K. 2008. Nitrogen Isotopes as a Screening Tool To Determine the Growing Regimen of Some Organic and Nonorganic Supermarket Produce from New Zealand. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 4078–4083
- Rossmann, A. 2001. Determination of stable isotope ratios in food analysis. *Food Reviews International*, 17: 347–381
- Siderer, Y., Maquet, A., Anklam, E. 2005. Need for research to support consumer confidence in the growing organic food market, Review. *Trends in Food Science and Technology*, 16(8): 332–343
- Statistični urad Republike Slovenije (SURS). Ekološko kmetijstvo, Slovenija, 2009 – končni podatki. Vir: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Dostopno na: [http://www.stat.si/novica\\_prikazi.aspx?id=3291](http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=3291) (dostopano: avgust, 2010)
- Šturm, M., Kacjan–Maršič, N., Lojen, S. 2010. Can  $\delta^{15}\text{N}$  in lettuce tissues reveal the use of synthetic nitrogen fertilizer in organic production? *Journal of the Science of Food and Agriculture* (n/a. doi: 10.1002/jsfa.4179)
- Vitoria, L., Cristal, D.D., Dipo, M. 2004. Fertilizer Characterization: Isotopic Data (N, S, O, C, and Sr). *Environmental Science & Technology*, 38: 3254–3262
- Yun, S.I., Ro, H.M., Choi, W.J., Chang, S.X. 2006. Interactive effects of N fertilizer source and timing of fertilization leave specific N isotopic signatures in Chinese cabbage and soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 1682–1689

## Računalniško orodje FOOT-FS: upoštevanje dejavnikov okolja pri uporabi fitofarmacevtskih sredstev na ravni kmetije

Marjetka SUHADOLC<sup>88</sup>, Franc LOBNIK<sup>89</sup>

### Izvleček

Računalniško orodje FOOT-FS je namenjeno kmetijskim svetovalcem, kmetovalcem, agronomom in drugim, ki želijo na ravni posestva (kmetije) ocenjevati tveganja prenosov fitofarmacevtskih sredstev v površinske vode in podtalnico. Orodje je tako v pomoč pri razvoju okolju prijaznih strategij uporabe fitofarmacevtskih sredstev na kmetiji, saj identificira ravnanja in poti prenosa, ki najbolj prispevajo k onesnaženju vodnih virov. Poleg tega uporabniku poda krajevno specifična priporočila za dobro kmetijsko prakso in možne omilitvene ukrepe, ki zmanjšujejo prenose fitofarmacevtskih sredstev v sosednje ekosisteme.

**Ključne besede:** fitofarmacevtska sredstva (FFS), okolje, tla, podtalnica, površinske vode, ocena tveganja

## The FOOT-FS software tool: considering environmental conditions for pesticide usage at farm scale

### Abstract

FOOT-FS software tool is intended for use by extension advisers, farmers, agronomists and others interested in evaluating the risks, at the field scale, of pesticides polluting surface and ground waters. It aims to assist in the development of environmentally sound pesticide strategies for the farm by identifying the activities and pathways that most contribute to the contamination of water resources. It also provides site-specific recommendations for best practice and mitigation options to limit transfers of pesticides in the neighbour ecosystems.

**Key words:** pesticides, environment, soil, groundwater, surface waters, risk assessment

## 1 Uvod

Onesnaženost vodnih virov s fitofarmacevtskimi sredstvi (FFS) je eden večjih okoljskih problemov v svetovnem merilu. Kljub povečevanju zahtev do FFS v registracijskih postopkih, se ostanki posameznih FFS še vedno pojavljajo v površinskih vodah in podtalnici, tako v EU kot v Sloveniji. Ker se v okolju zaznavajo povečane vsebnosti tudi nekaterih aktivnih snovi, ki po svojih osnovnih lastnostih ne bi smela biti okoljsko problematična, je toliko bolj nujno iskati nove pristope in več pozornosti nameniti obvladovanju oz. nadzoru njihove rabe s stališča možnih usod teh sredstev v konkretnih kmetijsko-okoljskih situacijah. Usoda FFS v okolju namreč ni odvisna le od lastnosti aktivne snovi oz. pripravka, pač pa jo pomembno določajo naravne danosti prostora (tla, hidrologija, pokrajinske značilnosti), podnebne razmere in kmetijske tehnologije.

Z dobro kmetijsko prakso, ki upošteva naravne danosti, lahko namreč občutno zmanjšamo nezaželene izgube FFS v okolju, kot sta izpiranje in površinski odtok FFS, ne da bi se značilno zmanjšala velikost ter kakovost pridelkov. Pridelavo rastlin si namreč brez uporabe FFS težko predstavljamo zaradi doseganja ekonomskih ciljev in nenazadnje vedno večjih potreb po hrani.

<sup>88</sup> Doc. dr., Biotehniška fakulteta, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: metka.suhadolc@bf.uni-lj.si

<sup>89</sup> Prof. dr., prav tam, e-pošta: franc.lobnik@bf.uni-lj.si

Klasični pristopi z uporabo determinističnih simulacijskih modelov (PELMO, PEARL, MACRO, PRZM, GLEAMS, PESTLA...) se zaradi podatkovne, časovne in finančne zahtevnosti v splošnem v praksi ne uporabljajo za rutinske izdelave ocen tveganja rabe FFS za posamezna območja, razen, kadar se odločimo za modeliranje omejenega števila fiksnih ali najslabših možnih scenarijev (worst-case). Poleg tega je uporaba omenjenih modelov omejena na ozek krog strokovnjakov, ker zahteva zelo specifična znanja in izkušnje.

Različne raziskovalne skupine v svetu zato razvijajo programe, ki bi končnemu uporabniku, v splošnem neveščem modeliranju, omogočala hitro in enostavno oceno tveganja rabe izbranega FFS glede na dejavnike okolja. Potencialne negativne vplive bi tako lahko sami predvideli v naprej in danemu okolju prilagodili rabo FFS. Razvoj računalniških orodij zato poteka v smeri poenostavljanja in zagotavljanja večje splošne uporabnosti, s čim manjšimi napakami rezultata. Razvijajo se t.i. »meta-modeli«, ki skozi statistično ocenjevanje izločajo nepotrebne, podrobne podatke ter analizirajo približke izhodnih rezultatov. Eden od zadnjih pristopov, ki temelji na meta-modeliranju ogromne količine okoljskih kombinacij, so računalniška orodja projektna skupine FOOTPRINT.

## 2 Material in metode dela

Računalniška orodja FOOTPRINT so bila razvita v istoimenskem (akronim) evropskem raziskovalnem projektu v okviru 6. okvirnega programa »Functional tools for pesticide risk assessment and management« ([www.eu-footprint.org](http://www.eu-footprint.org)). Rezultat projekta je set treh orodij za ugotavljanje tveganja in upravljanje s fitofarmaceutskimi sredstvi v okolju, ki so namenjena trem različnim končnim skupinam uporabnikov: kmetom in svetovalni službi na ravni kmetije (FOOT-FS), upravitelcem voda na ravni povodij (vodozbirnih območij) (FOOT-CRS) in ustvarjalcem politik na državni in/ali EU ravni (FOOT-NES). Orodja omogočajo identifikacijo glavnih poti in virov onesnaženja s FFS v pokrajini; ocenjevanje vsebnosti FFS v podtalnici in površinskih vodah, ter ocenjevanje učinkovitosti potencialnih omilitvenih ukrepov za zmanjševanje onesnaženja s FFS v okolju.

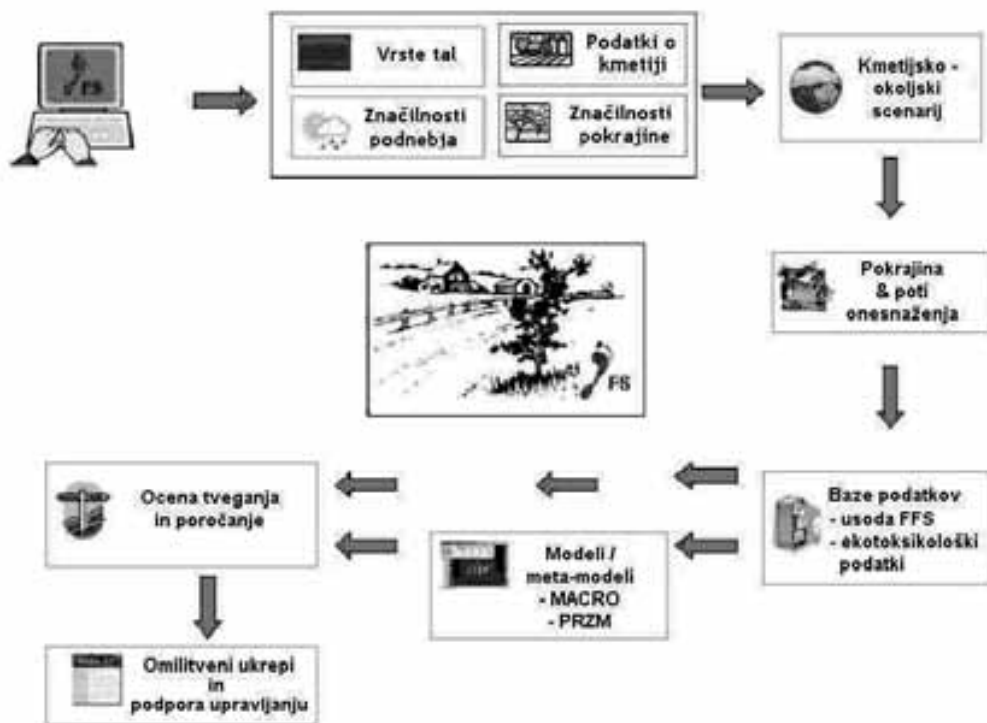
FOOTPRINTova računalniška orodja za ocenjevanje izpiranja FFS v podtalnico uporabljajo najnovejšo verzijo modela MACRO, ki upošteva tudi preferenčni tok vode skozi makropore, ki ga je razvil Jarvis (2007). Za ocenjevanje površinskega odtoka in erozije se znotraj FOOTPRINTA uporablja model PRZM, ki ga je razvila USEPA.

Pomembna inovativnost FOOTPRINTovega pristopa je upoštevanje širokega spektra možnih kombinacij (kmetijsko-okoljskih scenarijev) in izračunavanje (modeliranje) v naprej, ki na ta način omogoča končnemu uporabniku hitro pot do rezultata (v nekaj minutah, namesto v nekaj urah ali dneh). Rezultat številnih simulacij z izbranim modelom je velika baza podatkov (»look-up« tabela), ki se uporablja za iskanje v naprej izračunanih rezultatov modela na podlagi različnih vhodnih podatkov. Torej, v principu podatkovna mreža, vgrajena v uporabniku prijazno orodje (program), nadomešča direktno delo s simulacijskim modelom za določanje prenosov FFS v okolju.

## 3 Orodje FOOT-FS

Od treh FOOTPRINTovih orodij je uporabniku najbolj prijazno in enostavno orodje FOOT-FS, ki je napisano v programu Microsoft Visual Basic. Razvoj programa je potekal pod vodstvom Univerze Hertfordshire, pri čemer so bila uporabljena vsa spoznanja raziskovalne skupine FOOTPRINT; na primer izdelava kmetijsko-okoljskih scenarijev, izdelava baze podatkov FFS (PPDB, 2010), meta-modeliranje, izdelava ocen tveganja s predlogi omilitvenih

ukrepov (Dubus s sod., 2009). FOOT-FS tako sestoji iz več podprogramov in modulov (Slika 1), ki delujejo tudi kot povsem samostojne enote.



Slika 1: Shema orodja FOOT-FS

### 3.1 KMETIJSKO-OKOLJSKI SCENARIJI IN ZAHTEVNOST MODELIRANJA V NAPREJ

Za zmanjševanje potencialnih tveganj uporabe FFS je pomembno upoštevanje dejanskih okoljskih razmer. Prav številčnost različnih kmetijskih okoljskih scenarijev je eden večjih dosežkov projekta FOOTPRINT, ki v svojih orodjih tla Evrope grupira v 373 različnih vrst tal in podnebja v 16 pasov, predvsem glede vpliva, ki ga imajo talne lastnosti in podnebne razmere na obnašanje FFS v okolju (Centofanti s sod., 2008; Hollis s sod., 2008;). To pomeni 5.968 različnih okoljskih scenarijev. Za primerjavo naj omenimo, da v sedanjih registracijskih postopkih EU lahko izbiramo le med devetimi, tako imenovanimi FOCUS scenariji, ki so izdelani za naslednje lokacije: Châteaudun, Hamburg, Jokioinen, Kremsmünster, Okehampton, Piacenza, Porto, Sevilla, Thiva, med katerimi pa ni slovenskega scenarija.

Če ob različnih kombinacijah tal in podnebja upoštevamo še rastlinske vrste (ožji izbor 42 vrst), fitofarmacevtske pripravke (100 kombinacij DT50 in Koc), ter čas aplikacij (12 mesecev), dobimo kar okoli 300 milijonov tekov modelov MACRO in PRZM. Dejstvo je, da to predstavlja velik zalogaj za modeliranje. Kljub temu, da je EU projekt FOOTPRINT končan, se zaradi izvedbene zahtevnosti meta-modeliranja, le to še ni končalo in se dejansko še izvaja. Slovenija je med prvimi državami v EU, ki poleg Švice (Rohr catchment, 2.1 km<sup>2</sup>) in Nemčije (Seltz catchment, 389 km<sup>2</sup>), že ima rezultate modeliranja za testiranje beta verzij FOOTPRINTovih orodij na modelnem območju Apaške doline (53 km<sup>2</sup>). Testiranje so v teku.



### 3.2 DELO Z ORODJEM FOOT-FS

FOOT-FS je prilagojen kmetovalcem in kmetijskim svetovalcem, ki potrebujejo hitro oceno tveganja rabe FFS v konkretnem okolju, to je za posamezno obdelovalno zemljišče (njivo, trajni nasad) ali celotno posestvo (kmetijo). Zato je zelo pomemben prvi korak, to je določitev kmetijsko-okoljskega scenarija z orodjem »moji podatki«. Uporabnik na podlagi izbiranja določi lastnosti okolja:

- podnebne značilnosti (s klikom na karto podnebnih con),
- talni tip (diagram vprašanj),
- značilnosti obdelovalnega zemljišča (velikost, žive meje, vodni jarki...).

Med slednjimi je zagotovo najzahtevnejša opredelitev vrste tal, ki pa jo močno olajša modul »selektor tal«. Na Centru za pedologijo in varstvo okolja smo pripravili slovensko verzijo programa FOOT-FS, ter slovenskim posebnostim prilagodili tudi razvrščanje tal v Footprintove talne tipe. Razvrščanje poteka na podlagi vprašanj, ki vodijo k odgovoru, ali imajo tla potencial za hiter prenos vode s površja zemljišč v mrežo površinskih voda z različnimi hitrimi ali srednje hitrimi odzivnimi mehanizmi na padavine. Če ga nimajo, predvidevamo, da FFS ostajajo v tleh. Vprašanja, vezana na teksturo tal in razlike v stopnji in razporeditvenemu vzorcu organske snovi v talnem profilu, pa vodijo do odgovora, kolikšen je potencial tal za vezavo FFS na talne delce. FFS, ki se nahajajo v talni raztopini, so podvržena izpiranju skozi talni profil ter hkrati dosegljiva razgradnim procesom. Kljub veliki kompleksnosti tal in medsebojni prepletenosti procesov v tleh, ki določajo usodo FFS, in jih model MACRO v izračunih dejansko upošteva, pa se uporabnik z njimi ne sreča. Vprašanja so namreč zastavljena enostavno, tako da nanje lahko odgovarja tudi nekdo, ki ni strokovnjak za tla.

Uporabnik nadalje izbere želeno rastlinsko vrsto (seznam s slikami), izdelava program FFS (pripravek, aktivna snov, odmerek, predviden datum nanosa) in izbere opremo (škropilnik in šobe).

Sledi delo z orodjem »presoje«, kjer program za izbrani kmetijsko-okoljski scenarij poišče v bazi rezultatov modeliranja, oceno tveganja rabe FFS. Izdelava ocene je izredno hitra (nekaj sekund). Rezultat pokaže, koliko FFS se izgubi po različnih poteh: z izpiranjem skozi talni profil v podtalnico, s površinskim odtokom in erozijo, prek zanašanja ob nanosu FFS (*drift*) ter drenažo. Tveganja rabe so prikazana grafično z različnimi barvami glede na stopnjo tveganja. Hkrati so prikazani omilitveni ukrepi, to je možni ukrepi, ki tveganje potencialno zmanjšujejo. Ali bi bili ti ukrepi v izbranem primeru vhodnih podatkov res učinkoviti, lahko takoj preverimo s ponovnim zagonom presoje.

### 4 Sklepi

FOOT-FS se kaže kot obetavno orodje, s katerim lahko tveganja rabe FFS hitro in enostavno ocenjujemo na ravni kmetije in tako zmanjšujemo morebitne negativne vplive, ki jih imajo FFS na okolje. Predhodna informacija o potencialnem tveganju rabe FFS, ki ga v danem trenutku želimo uporabiti na določenem območju s specifičnimi okoljskimi razmerami (tla, podnebje), je namreč predpogoj, da v primeru velikih tveganj ukrepamo drugače kot smo sprva načrtovali: zmanjšamo odmerek FFS, izberemo alternativno sredstvo, povečamo razdaljo od tretiranega zemljišča do vodnega vira, in podobno.

## 5 Zahvala

Razvoj računalniških orodij je potekal v okviru EU projekta FOOTPRINT (št. pogodbe 022704), njihov prenos v slovenski prostor pa poteka s pomočjo nacionalnega projekta CRP (V3-0548). Avtorja se zahvaljujeta partnerjem v obeh omenjenih projektih in financerjem.

## 6 Literatura

- Centofanti, T., Hollis J.M., Blenkinsop S., Fowler H.J., Truckell I., Dubus I.G., Reichenberger S. 2008. Development of agro-environmental scenarios to support pesticide risk assessment in Europe. *Science of The Total Environment*, 407, 1: 574-588
- Dubus, I., Azimonti, G., Bach, M., Barriuso, E., Bidoglio, G., Bouraoui, F., Centofanti, T., Coquet, Y., Faisel, B., Fialkiewicz, W., Fower, H., Galimberti, F., Grizzetti, B., Hojberg, A., Hollis, J., Jarvis, N., Kajewski, I., Kjaer, J., Krasnicki, S., Lewis, K., Lobnik, F., Lolos, P., Moeys, J., Nolan, T., RASMUSSEN, P., Real, B., Reichenberger, S., Šinkovec, M., Stenemo, F., Suhadolc, M., Surdyk, N., Tzilivakis, J., Vandour, E., Vavoulidou-Theodorou, E., Windhorst, D. 2009. The FOOTPRINT software tools: pesticide risk assessment and management in the EU at different spatial scales. *Proceedings of the 2nd International conference on Environmental management, engineering, planning and economics (CEMEPE 2009) and SECOTOX Conference : Mykonos, June 21-26, 2009. Thessaloniki: CEMEPE: 319-325*
- Hollis, J., Jarvis, N., Reichenberger, S., Suhadolc, M., Dubus, I. 2008. Categorizing European soils according to the ability to retain or transmit diffuse source pollutants. V: Blum, W. E. H. (ur.), Gerzabek, M. H. (ur.), Vodrazka, M. (ur.). *Eurosoil 2008, Vienna, Austria, August 2008-08-04 : book of abstracts: 106*
- Jarvis, N.J. 2007. A review of non-equilibrium water flow and solute transport in soil macropores: principles, controlling factors and consequences for water quality. *European Journal of Soil Science*, 58: 523-546
- PPDB, 2010. Dostopno na: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/index2.htm>.

## Ustreznost domačih ras entomopatogenih ogorčic (*Rhabditida*) za zatiranje rdečega žitnega strgača (*Oulema melanopus* L.)

Žiga LAZNIK<sup>90</sup>, Stanislav TRDAN<sup>91</sup>

### Izvleček

V laboratorijskem poskusu smo preizkušali učinkovitost treh slovenskih ras entomopatogenih ogorčic (*Steinernema feltiae*, *S. carpocapsae*, *Heterorhabditis bacteriophora*) in komercialnega pripravka Entonem (aktivna snov *S. feltiae*) za zatiranje odraslih osebkov rdečega žitnega strgača (*Oulema melanopus*). Aktivnost omenjenih biotičnih agensov smo preizkušali pri štirih različnih koncentracijah (250, 500, 1000 in 2000 infektivnih ličink/osebke) in treh temperaturah (15, 20 in 25 °C). Smrtnost hroščev smo preverjali 2., 4. in 6. dan po aplikaciji ogorčic. Rasa *S. carpocapsae* C101 je bila najbolj učinkovita, saj je že drugi dan vplivala na 100 % smrtnost hroščev. V našem poskusu je imela temperatura največji vpliv na delovanje entomopatogenih ogorčic (EPO); obe rasi vrste *S. feltiae* sta bolje delovali pri nižji temperaturi, rasa *H. bacteriophora* D54 pa se je izkazala za najučinkovitejšo pri najvišji temperaturi. Rasi vrst *S. feltiae* in *S. carpocapsae* sta bili učinkoviti pri najnižji koncentraciji suspenzije ogorčic, kar predstavlja prednost s stališča gospodarnosti zatiranja rdečega žitnega strgača v prihodnje.

**Ključne besede:** entomopatogene ogorčice, *Oulema melanopus*, biotično varstvo, laboratorijski poskus

## Suitability of domestic strains of entomopathogenic nematodes (*Rhabditida*) for controlling cereal leaf beetle (*Oulema melanopus* L.)

### Abstract

Three Slovenian strains of entomopathogenic nematodes (*Steinernema feltiae*, *S. carpocapsae* and *Heterorhabditis bacteriophora*) were tested in a laboratory bioassay with the aim of studying their activity in controlling adults of the cereal leaf beetle (CLB), *Oulema melanopus* (Coleoptera: Chrysomelidae). Activity of the biological agents studied was determined at four different concentrations (250, 500, 1000, and 2000 infective juveniles/adult) and three temperatures (15, 20, and 25 °C). Mortality of the CLB was determined 2, 4, and 6 days after treatment. *Steinernema carpocapsae* strain C101 was the most effective, second day it caused 100 % mortality of CLB adults. Temperature in our bioassay had the biggest influence on the efficacy of the entomopathogenic nematode strains; both *S. feltiae* treatments proved to work better at lowest temperature, however strain *H. bacteriophora* D54 performed its best at highest observed temperature in the experiment. Species *S. feltiae* and *S. carpocapsae* have been efficient at lower concentrations of suspension, which enable their economical usage against CLB in integrated agriculture practice in future.

**Key words:** entomopathogenic nematodes, *Oulema melanopus*, biological control, laboratory experiment

### 1 Uvod

Znanih je okoli 100 vrst iz rodu *Oulema*, ki so razširjene zlasti v zmerno tropskih območjih. Vrsta *Oulema melanopus* L. ima širok areal razširjenosti v svetu. V Evropi se pojavlja na vseh žitorodnih območjih, najbolj razširjena je na Balkanu in sosednjih pokrajinah, zlasti na območjih s kontinentalno in zmerno kontinentalno klimo (Olfert in sod., 2004). Hroščki in

<sup>90</sup> Asist. univ. dipl. inž. agr., mladi raziskovalec, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za fitomedicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, pašništvo in travništvo, Jamnikarjeva 101, SI-1111 Ljubljana; e-pošta: ziga.laznik@bf.uni-lj.si

<sup>91</sup> Izr. prof. dr., ibid., prav tam, e-pošta: stanislav.trdan@bf.uni-lj.si

ličinke se navadno hranijo na istih gostiteljih. Prvi se hranijo z listi trav, ki jih objedajo med žilami. Izjema je koruza, kjer ne morejo pregristi spodnje povrhnjice. Glavno škodo povzročajo ličinke, ki se hranijo z medžilnim tkivom, na zgornji strani listov. Tam strgajo zgornjo povrhnjico in mezenhim kot podolžne proge, široke do 1 mm in dolge tudi do nekaj cm. Pustijo le povrhnjico na spodnji strani lista. Tako za njimi ostanejo le bele ozke proge. Ob močnem napadu je lahko večji del listov poškodovan in bel. Ti se nemalokrat povsem posušijo, močno poškodovane rastline pa lahko celo propadejo. Ena ličinka v povprečju uniči 2,5 cm<sup>2</sup> lista, kar znaša 10% listne površine vrhnjega lista. To lahko povzroči zmanjšanje pridelka za 9,5%. Če je uničene od 12 do 25% listne površine pšenice, se pridelek zmanjša za 14%. Pri popolnem uničenju vrhnjega lista, ki je najpogostejše napaden organ strnih žit (gostota škodljivca se zmanjšuje po rastlini navzdol), se lahko pridelek zmanjša do 60% (Casagrande in sod., 1977).

Znano je, da imajo EPO, ki jih uvrščamo v družini Steinernematidae in Heterorhabditidae, zelo velik potencial v biotičnem varstvu rastlin (Laznik in sod., 2010a,b). Njihovo delovanje na številne škodljive žuželke je že dobro preučeno (Kaya in Gaugler, 1993). EPO so talni organizmi, ki živijo z bakterijami v simbiotsko-mutualističnem odnosu. Njihov pomen v biotičnem varstvu rastlin pred škodljivimi organizmi je bil prvič odkrit v ZDA v tridesetih letih prejšnjega stoletja (Kaya in Gaugler, 1993).

Cilj naše raziskave je bil preuči učinkovitost EPO (*Steinernema feltiae*, *S. carpocapsae*, *Heterorhabditis bacteriophora*) za zatiranje odraslih osebkov rdečega žitnega strgača pri različnih temperaturah in koncentracijah v laboratorijskem poskusu. Najboljšo raso želimo v prihodnje uporabiti tudi v poljskem poskusu in tako prispevati k iskanju okoljsko sprejemljivejšega načina zatiranja škodljivcev žit v prihodnje.

## 2 Material in metode dela

### 2.1 ENTOMOPATOGENE OGORČICE IN RDEČI ŽITNI STRGAČ

Poskus je potekal spomladi 2009 na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete ter v Entomološkem laboratoriju Katedre za fitomedicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, pašništvo in travništvo, na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Za namen raziskave smo uporabili tri slovenske rase EPO, *Steinernema feltiae* B30, *S. carpocapsae* C101 in *Heterorhabditis bacteriophora* D54 (Laznik in sod., 2009). Dve domači rasi (*S. carpocapsae* C101 in *H. bacteriophora* D54) sta bili prvič uporabljeni v poskusu, medtem ko se je rasa *Steinernema feltiae* B30 izkazala za zelo učinkovito že v poljskem poskusu zatiranja koloradskega hrošča (Laznik in sod., 2010a) in v laboratorijskem poskusu proti riževemu žužku (Laznik in sod., 2010b). Vse rase smo namnožili s pomočjo ličink voščene večje *Galleria mellonella* [L.] (Bedding in Akhurst, 1975). Uporabili smo le infektivne ličinke (IL), mlajše od dveh tednov. Med poskusom so bile IL shranjene v vodni suspenziji v hladilniku pri 4 °C (Trdan in sod., 2009). V poskusu smo uporabili tudi komercialni pripravek Entonem, ki smo ga za namen raziskave naročili pri podjetju Koppert Biological Systems na Nizozemskem. Kot aktivna snov je bila v tem pripravku EPO *Steinernema feltiae* (Filipjev).

Nabiranje odraslih osebkov rdečega žitnega strgača je potekalo na ozimni pšenici, sorta 'Rosario', na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani. Osebe smo naložili v metuljnico v dopoldanskem času, in sicer kmalu zatem, ko se je posušila rosa. Nalovljene žuželke smo shranili plastične posode in jih prenesli v Entomološki laboratorij (Trdan in sod., 2008).

## 2.2 POTEK RAZISKAVE

V vsako stekleno petrijevko s premerom 9 cm smo položili filtrni papir, na katerega smo nanесли izbrano koncentracijo suspenzije IL. Učinkovitost EPO smo preučevali v štirih koncentracijah: 250, 500, 1000 in 2000 infektivnih ličink/osebek (IL/osebek) oziroma 2500, 5000, 10000 in 20000 IL v 1 ml destilirane vode. S pipeto smo v vsako petrijevko vbrizgali 1 ml tako pripravljene raztopine. Vsako tretiranje v poskusu smo ponovili petkrat. Peto obravnavanje je bila kontrola. Pri tej smo v petrijevke vbrizgali le 1 ml destilirane vode, brez infektivnih ličink. V petrijevko smo dodali še 10 odraslih osebkov rdečega žitnega strgača in svež list ozimne pšenice, ki je med poskusom služil kot hrana žuželkam. Petrijevke smo pokrili z nekoliko širšo petrijevko, obe pa smo oblepili s parafilmom, da obravnavane žuželke ne bi pobegnile iz njih. Petrijevke smo položili v gojitveno komoro tipa RK-900 CH (proizvajalec: Kambič laboratorijska oprema d.o.o., Semič) z delovno kapaciteto 0,868 m<sup>3</sup> (širina x višina x globina = 1000 x 1400 x 620 mm). Učinkovitost ogorčic smo preverjali v temi pri temperaturah 15, 20 in 25 °C in pri 70 % relativni zračni vlagi. Smrtnost rdečega žitnega strgača smo preverjali 2., 4. in 6. dan po nanosu ogorčic. Strgače smo secirali in s pomočjo stereolupe (Nikon SMZ645) ugotovili zastopanost IL v njih. Tako smo potrdili, da je bil vzrok smrti prisotnost EPO.

## 2.3 STATISTIČNA ANALIZA

Pridobljene rezultate poskusa smo statistično obdelali (analiza variance, primerjava rezultatov povprečij s Duncanovim preizkusom mnogoterih primerjav pri  $P < 0,05$ ) s programom Statgraphics Plus for Windows 4.0, grafično pa smo jih predstavili s programom MS Office Excel 2003. Odstotek smrtnosti odraslih osebkov rdečega žitnega strgača smo korigirali z uporabo Abbottove formule (Abbott, 1925).

## 3 Rezultati

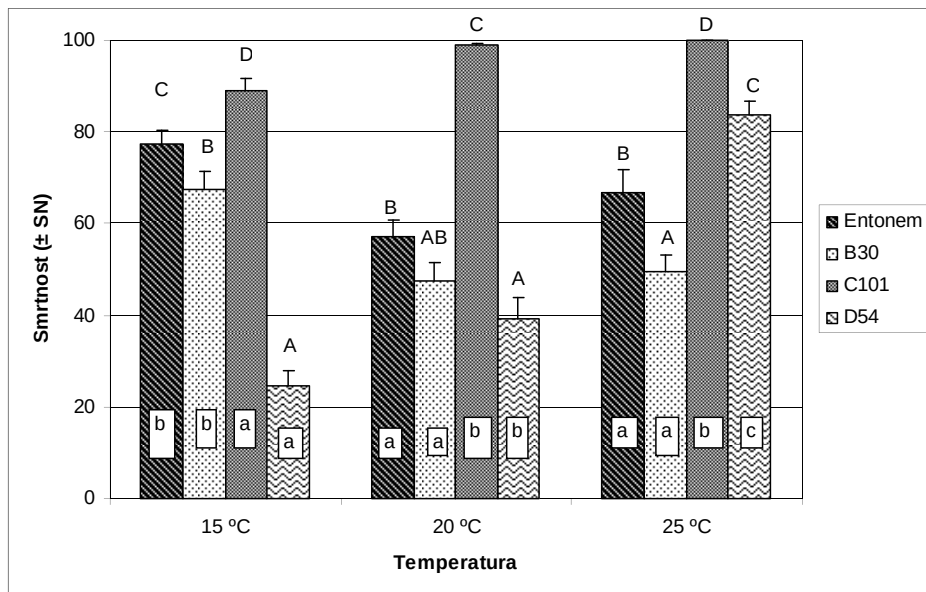
Skupinska statistična analiza je predstavljena v preglednici 1. Med različnimi temperaturami in rasami ogorčic smo ugotovili statistično značilne razlike v vplivu na smrtnost rdečega žitnega strgača. Rasa *S. carpocapsae* C101 se je izkazala za najbolj učinkovito (več kot 86 %) pri vseh treh temperaturah. Pri rasi *H. bacteriophora* D54 in najnižji temperaturi (15 °C) je bila smrtnost odraslih osebkov rdečega žitnega strgača statistično značilno manjša (26 %), ravno tako tudi pri 20 °C (39 %). Komercialni pripravek Entonem in domača rasa *S. feltiae* B30 sta najvišjo stopnjo smrtnosti dosegli pri najnižji temperaturi (78%; 68 %), medtem ko je bilo njuno delovanje pri višjih temperaturah slabše (slika 1).

Učinkovitost rase *S. carpocapsae* C101 se statistično značilno razlikuje od ostalih ras. Statistično značilno najvišjo učinkovitost (100 %) omenjene rase smo zabeležili pri vseh koncentracijah suspenzije. Med rasami Entonem, *S. feltiae* B30 in *H. bacteriophora* D54 pri koncentraciji 250 IL/osebek nismo dokazali statistično značilnih razlik, ravno tako ne pri koncentracijah suspenzije pri rasah *S. feltiae* B30 in *H. bacteriophora* D54. Statistično značilno razliko smo ugotovili med rasama Entomen in *S. feltiae* B30 pri koncentraciji 1000 IL/osebek (slika 2).

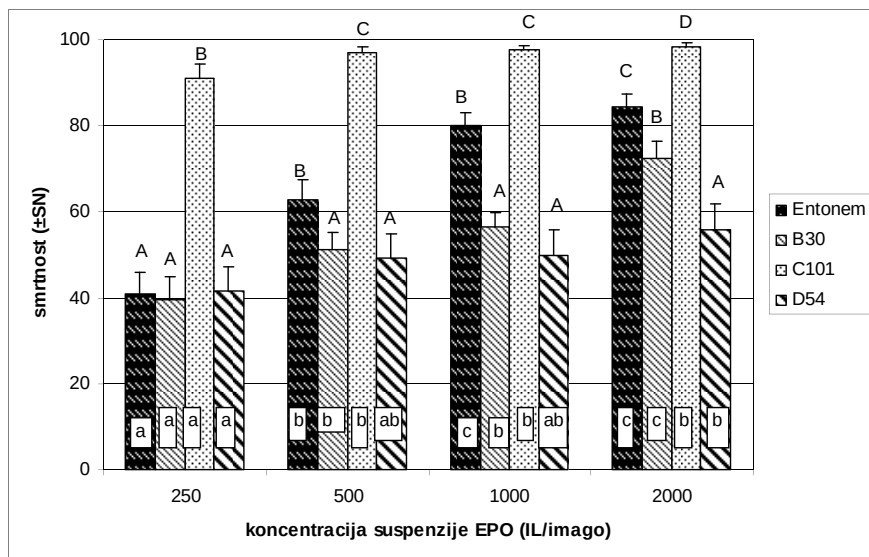
Med dnevi po tretiranju z ogorčicami smo potrdili statistično značilne razlike v smrtnosti rdečega žitnega strgača. Najnižjo smrtnost smo ugotovili pri rasi *H. bacteriophora* D54 drugi (20 %) in četrti dan po tretiranju (51 %), ta pa se signifikantno razlikuje od rase *S. carpocapsae* C101 (86 %) drugi dan ter četrti in šesti dan (100 %). Rasi vrste *S. feltiae*, Entonem in B30, se signifikantno razlikujeta v učinkovitosti na odrasle osebe v vseh dnevih.

Preglednica 1: Rezultati ANOVA za korigirano smrtnost odraslih osebkov rdečega žitnega strgača (*Oulema melanopus*)

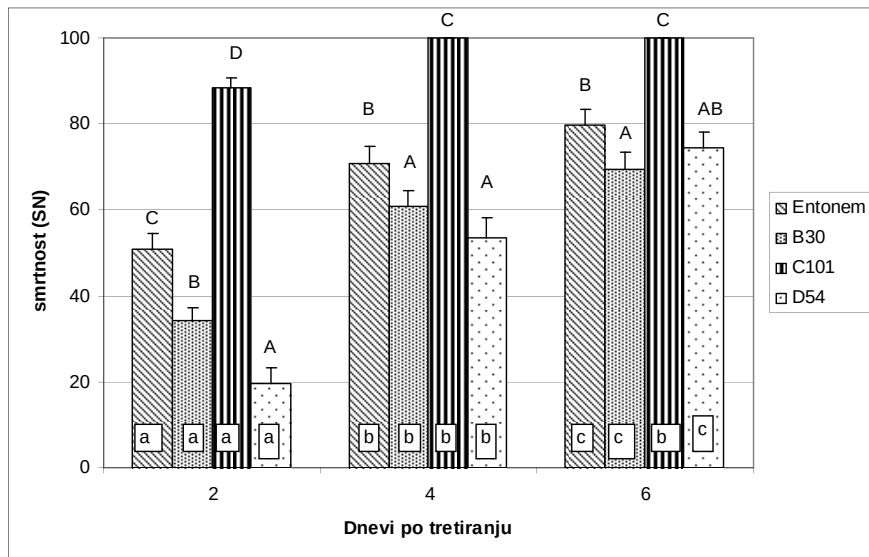
| Vir                                     | Odrasli osebki |    |          |
|-----------------------------------------|----------------|----|----------|
|                                         | F              | df | P        |
| Dnevi po tretiranju (DT)                | 1204.29        | 2  | <0.0001* |
| Koncentracija suspenzije ogorčic (kEPO) | 346.56         | 3  | <0.0001* |
| Rasa entomopatogenih ogorčic (rEPO)     | 1398.56        | 3  | <0.0001* |
| temperatura                             | 233.60         | 2  | <0.0001* |
| Ponovitev v času                        | 2.17           | 9  | 0.0703   |
| Ponovitev v prostoru                    | 0.28           | 2  | 0.7590   |
| DT × kEPO                               | 5.96           | 6  | 0.0051   |
| DT × rEPO                               | 86.05          | 6  | <0.0001* |
| DT × temperatura                        | 72.62          | 4  | <0.0001* |
| kEPO × rEPO                             | 50.56          | 9  | <0.0001* |
| kEPO × temperatura                      | 58.57          | 6  | <0.0001* |
| rEPO × temperatura                      | 352.40         | 6  | <0.0001* |
| DT × kEPO × rEPO                        | 8.22           | 18 | <0.0001* |
| DT × kEPO × temperatura                 | 8.53           | 12 | <0.0001* |
| DT × rEPO × temperatura                 | 25.94          | 12 | <0.0001* |
| kEPO × rEPO × temperatura               | 54.37          | 18 | <0.0001* |
| DT × kEPO × rEPO × temperatura          | 5.0            | 36 | <0.0001* |

\* statistično značilne razlike pri  $\alpha=0.05$ 

Slika 1: Smrtnost odraslih osebkov rdečega žitnega strgača (*Oulema melanopus*) pri treh različnih temperaturah in štirih preučevanih rasah entomopatogenih ogorčic. Črke v in nad stolpci pomenijo statistično značilne razlike ( $P<0,05$ , Duncanov preizkus mnogoterih primerjav). SN pomeni standardno napako. Prikazani rezultati so korigirani z Abbottovo formulo in izraženi v odstotkih. B30- *S. feltiae* rasa B30, C101 – *S. carpocapsae* rasa C101, D54 – *H. bacteriophora* rasa D54.



Slika 2: Smrtnost odraslih osebkov rdečega žitnega strgača (*Oulema melanopus*) pri štirih različnih koncentracijah suspenzije ogorčic in štirih preučevanih rasah entomopatogenih ogorčic. Črke v in nad stolpci pomenijo statistično značilne razlike ( $P < 0,05$ , Duncanov preizkus mnogoterih primerjav). SN pomeni standardno napako. Prikazani rezultati so korigirani z Abbottovo formulo in izraženi v odstotkih. B30- *S. feltiae* rasa B30, C101 – *S. carpocapsae* rasa C101, D54 – *H. bacteriophora* rasa D54.



Slika 3: Smrtnost odraslih osebkov rdečega žitnega strgača (*Oulema melanopus*) v odvisnosti od časa po tretiranju in štirih preučevanih rasah entomopatogenih ogorčic. Črke v in nad stolpci pomenijo statistično značilne razlike ( $P < 0,05$ , Duncanov preizkus mnogoterih primerjav). SN pomeni standardno napako. Prikazani rezultati so korigirani z Abbottovo formulo in izraženi v odstotkih. B30- *S. feltiae* rasa B30, C101 – *S. carpocapsae* rasa C101, D54 – *H. bacteriophora* rasa D54.

Statistično značilno najvišjo smrtnost (100 %) smo ugotovili že četrti dan po tretiranju rdečega žitnega strgača z raso C101 (slika 3).

#### 4 Sklepi

Rezultati naše raziskave kažejo, da je smrtnost odraslih osebkov rdečega žitnega strgača najbolj odvisna od temperature, vendar v povezavi s koncentracijo suspenzije ogorčic, rase ogorčic in dneva po tretiranju. Vse štiri preučevane rase so povzročile najvišjo povprečno smrtnost osebkov (81 %) šest dni po tretiranju in pri najvišji koncentraciji suspenzije ogorčic (78 %). Od preučevanih ras je bila najbolj učinkovita rasa *S. carpocapsae* C101, ki je povzročila 96 % smrtnost hroščev. Po drugi strani pa je rasa *H. bacteriophora* D54 povzročila le 49 % smrtnost preučevanih žuželk.

Primerjava med rasama vrste *S. feltiae* kaže, da je komercialni pripravek Entonem učinkovitejši od slovenske rase B30 (67 % in 54 %). Pri 15 in 20 °C je bila zabeležena nižja smrtnost hroščev, kot pri temperaturi 25 °C, kar je v skladu z dosedanjimi slovenskimi raziskavami (Trdan in sod., 2008, 2009), medtem ko je rasa *H. bacteriophora* D54 povzročila najvišjo smrtnost pri višji temperaturi, kar pa se tudi ujema z rezultati sorodnih raziskav (Trdan in sod., 2008). Rasa *S. carpocapsae* C101 je bila najbolj učinkovita pri vseh treh temperaturah.

Zatiranje škodljivcev s foliarno aplikacijo EPO je vse bolj razširjeno (Broadbent in Olthof, 1995). Za prezimni stadij rdečega žitnega strgača je priporočljiva aplikacija suspenzije ogorčic *S. feltiae* in *S. carpocapsae*, saj naš poskus kaže, da dosežeta ti vrsti najvišjo učinkovitost pri 15 °C. Prvi odrasli osebki se v srednji in južni Evropi pojavljajo v prvi polovici aprila, ko so noči še relativno sveže (Stamenković, 2004; Carlevaris, 2007). V poskusu se je visoka koncentracija suspenzije izkazala za najučinkovitejšo, vendar pa je bila relativno zadovoljiva tudi učinkovitost pri nižji koncentraciji (od 53 do 65 %).

Na podlagi rezultatov naše raziskave lahko zaključimo, da je učinkovitost EPO v večji meri odvisna od temperature kot od koncentracije suspenzije, ampak kot kaže je vpliv koncentracije vrstno specifičen (Arthurs in sod., 2004). Iz podatkov je razvidno, da so nekatere vrste ogorčic enako dobro delovale tako pri nižji kot pri višji koncentraciji. To je z vidika gospodarnosti uporabe biotičnega zatiranja škodljivcev še posebno pomembno. Vseeno pa ne smemo pozabiti na pomembno dejstvo, da laboratorijski rezultati niso vedno primerljivi s poljskimi poskusi (Cantelo in Nickle, 1992), saj je učinkovitost EPO na prostem odvisna še od mnogih drugih dejavnikov. V podobnem poskusu je bila vrsta *S. carpocapsae* 100 % učinkovita pri zatiranju ličink, bub in odraslih osebkov koloradskega hrošča, le 31 % učinkovitost pa je dosegla, ko so njeno delovanje preizkušali na prostem (Stewart in sod., 1998).

Nekaj predhodnih raziskav učinkovitosti ogorčic na hrošče (Trdan in sod., 2009) kaže, da bi lahko bila uporaba EPO v precejšnji meri alternativa dosednji uporabi insekticidov. Ob ustrezni aplikaciji EPO je namreč lahko stopnja umrljivosti ciljnih organizmov (škodljivcev) večja kot pri uporabi kemičnih sredstev (Schroer in sod., 2005). Pričakujemo, da bodo imeli avtohtoni biotični agensi v prihodnosti tudi v Sloveniji precejšen pomen v biotičnem varstvu rastlin pred gospodarsko škodljivimi hrošči.

#### 5 Zahvala

Delo je bilo opravljeno v okviru projekta CRP V4-0524, ki sta ga financirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in



prehrano RS. Del raziskave je nastal v okviru strokovnih nalog s področja zdravstvenega varstva rastlin, ki jih financira MKGP – Fitosanitarna uprava republike Slovenije. Za pomoč pri laboratorijskem delu se zahvaljujema tehničnemu sodelavcu Jaki Rupniku in diplomantki Meliti Štrukelj.

## 6 Literatura

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.*, 18: 265-267
- Arthurs, S., Heinz, K.M., Prasifka, J.R. 2004. An analysis of using entomopathogenic nematodes against above-ground pests. *Bull. Entomol. Res.*, 94: 297-306
- Bedding, R.A., Akhurst, R.J. 1975. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica*, 21: 109-110
- Broadbent, A.B., Olthof, T.H.A. 1995. Foliar application of *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) to control *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) larvae in chrysanthemums. *Environ. Entomol.*, 24: 431-435
- Cantelo, W.W., Nickle, W.R. 1992. Susceptibility of prepupae of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) to entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae). *J. Entomol. Sci.*, 27: 37-43
- Carlevaris, B. 2007. Razvojni krog in škodljivost žitnega strgača (*Oulema* spp., Coleoptera, Chrysomelidae) na različnih sortah ozimne pšenice na Goriškem. Diplomsko delo, UL, Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo: 36 s.
- Casagrande, R.A., Ruesink, W.G., Haynes, D.L. 1977. The behaviour and survival of adult cereal leaf beetles. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 70: 19-30
- Kaya, H.K., Gaugler, R. 1993. Entomopathogenic nematodes. *Annal. Entomol.*, 38: 181-206
- Laznik, Ž., Tóth, T., Lakatos, T., Vidrih, M., Trdan, S. 2009. First record of *Steinernema feltiae* (Filipjev) (Rhabditida: Steinernematidae) in Slovenia. *Helminthologia*, 46, 2: 135-138
- Laznik, Ž., Tóth, T., Lakatos, T., Vidrih, M., Trdan, S. 2010a. Control of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* [Say]) on potato under field conditions: a comparison of the efficacy of foliar application of two strains of *Steinernema feltiae* (Filipjev) and spraying with thiametoxam. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 117, 3: 129-135
- Laznik, Ž., Tóth, T., Lakatos, T., Vidrih, M., Trdan, S. 2010b. The activity of three new strains of *Steinernema feltiae* against adults of *Sitophilus oryzae* under laboratory conditions. *J. Food. Agric. Environ.*, 8: 132-136
- Olfert, O., Weiss, R.M., Woods, S., Philip, H., Dosdall, L. 2004. Potential distribution and relative abundance of an invasive cereal crop pest, *Oulema melanopus* L. (Coleoptera: Chrysomelidae), in Canada. *Can. Entomol.*, 136: 277-287
- Schroer, S., Sulistyanto, D., Ehlers, R.U. 2005. Control of *Plutella xylostella* using polymer-formulated *Steinernema carpocapsae* and *Bacillus thuringiensis* in cabbage fields. *J. Appl. Nematol.*, 129, 4: 198-204
- Stamenković, S. 2004. Occurrence and damage of cereal leaf beetle (*Oulema melanopus* L.). *Biljni lekar*, 32: 124-127
- Stewart, J.G., Boiteau, G., Kimpinski, J. 1998. Management of late-season adults of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) with entomopathogenic nematodes. *Can. Entomol.*, 130: 509-514
- Trdan, S., Vidrih, M., Valič, N., Laznik, Ž. 2008. The impact of entomopathogenic nematodes on adults of *Phyllotreta* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) under laboratory conditions. *Acta Agricult. Scand. B – Soil Plant Sci.*, 58: 169-175
- Trdan, S., Vidrih, M., Andjus, L., Laznik, Ž. 2009. The activity of four entomopathogenic nematode species against different developmental stages of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera, Chrysomelidae). *Helminthologia*, 46: 14-20

## **Populacijska dinamika listnih uši (Hemiptera; Aphididae) in njihovih naravnih sovražnikov v poljskem poskusu na dveh njivah ozimne pšenice (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.) v letu 2010**

Katarina KOS<sup>92</sup>, Helena ROJHT<sup>93</sup>, Stanislav TRDAN<sup>94</sup>

### **Izvešček**

Na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani smo v letu 2010 spremljali populacijsko dinamiko listnih uši in njihovih naravnih sovražnikov na dveh njivah ozimne pšenice (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.). Na obeh njivah smo označili manjše parcele in na njih opazovali ter beležili število listnih uši in njihovih plenilcev ter parazitoidov v določenih časovnih intervalih od konca marca do sredine julija. Na obeh parcelah skupaj smo pregledovali okoli 3800 rastlin. Popisovali smo različne razvojne stopnje (odrasle uši, stopnje ličinke od L1 do L4) in morfološke oblike uši (krilate, nekrilate) ter njihove naravne sovražnike (polonice [Coccinellidae], parazitoidi [Aphidiinae], patogene, muhe trepetavke [Syrphidae], tenčičarice [Chrysopidae], plenilske hrčice [Cecidomyiidae] in ostale plenilce) ne glede na stopnjo razvoja. Na podlagi opazovanj smo ugotovili, da je na številčnost populacije listnih uši in naravnih sovražnikov na ozimni pšenici vplival le termin vzorčenja, ne pa tudi različna obravnavanja oz. lega parcele na njivi.

**Glavne besede:** populacijska dinamika, Aphididae, naravni sovražniki, *Triticum aestivum*

## **Population dynamics of cereal aphids (Hemiptera; Aphididae) and their natural enemies in field experiments on two winter wheat fields (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.) in 2010**

### **Abstract**

In 2010 the population dynamics of cereal aphids and their natural enemies was observed on two parcels of winter wheat (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.) of Laboratory field of Biotechnical Faculty in Ljubljana. On both places smaller parcels were marked where we collected data on number of cereal aphids and their predators and parasitoids in certain time intervals from the end of March to the middle of July. About 3800 plants were observed and listed at that time. We collected data of different life stages (adults and nymphal instars L1-L4) and morphs of aphids (alatae and apterae) and their natural enemies in all life stages (Aphidiinae, pathogens, Coccinellidae, Syrphidae, Chrysopidae, Cecidomyiidae and other predators). The results of observation showed that abundance of cereal aphid population and the population of their natural enemies is time dependent, different treatments with entomopathogenic nematodes and position on the field did not effect the populations.

**Key words:** population dynamics, Aphididae, natural enemies, *Triticum aestivum*

### **1 Uvod**

Listne uši, ki napadajo žita, so izredno neugodni škodljivci in omejujoči dejavniki v pridelavi žita po vsem svetu. Vrstna sestava, sezonska dinamika in status škodljivosti listnih uši na žitih so odvisni od regije, nanje pa močno vplivajo različni dejavniki, kot so podnebje, biotip, sezona, življenjski krog, agrotehnični ukrepi in naravni sovražniki (Vickerman in Wratten, 1979; Blackman in Eastop, 2000). Poleg hranjenja z rastlinskimi sokovi in izločanja medene rose, so izredno škodljive tudi zaradi posredne škode s prenašanjem rastlinskih virusov. Med

<sup>92</sup> Asistentka, univ. dipl. inž. agr., Jamnikarjeva 101, SI-1111 Ljubljana, e-pošta: katarina.kos@bf.uni-lj.si

<sup>93</sup> Mlada raziskovalka, mag., prav tam, e-pošta: helena.rojht@bf.uni-lj.si

<sup>94</sup> Izr. prof., dr., prav tam, e-pošta: stanislav.trdan@bf.uni-lj.si

najpomembnejše viruse, ki jih lahko prenašajo listne uši na žitih, sodi rumena pritlikavost ječmena (BYDV – barley yellow dwarf virus). Ta virus je razširjen po vsem svetu in povzroča veliko gospodarsko škodo na žitih (Fomitcheva in sod., 2005). V Sloveniji lahko na žitih najpogostejše najdemo veliko žitno uš (*Sitobion avenae* [Fabricius]), ki lahko napada vse vrste žit in številne krmne ter samonikle trave. Ob zastopanosti 40 uši na klas ali več, lahko povzroči zmanjšanje pridelka tudi za več kot 20 %. Je holociklična vrsta (ima razvojni stadij jajčeca) in ena redkih gospodarsko pomembnih vrst pri nas, ki je enodomna (Vrabl, 1992).

Poznamo veliko naravnih sovražnikov listnih uši iz različnih redov. Med najbolj znane plenilce listnih uši uvrščamo polonice (Coccinellidae), navadno tenčičarico (Chrysopidae) in plenilsko hrčico (Cecidomyiidae), med parazitoidnimi osicami pa so za listne uši na žitih bolj ali manj specializirane vrste *Aphidius avenae* Haliday, *A. uzbekistanicus* Luzhetski in *A. rhopalosiphi* De Stefani Perez (Minks in Harrewijn, 1987; Stary, 1972, 1981). Vedno bolj se kot biotični agensi številnih vrst žuželk in pršic preučujejo tudi entomopatogene glive, ki so lahko zelo specifične, lahko pa imajo tudi izredno širok spekter gostiteljev. Entomopatogene glive lahko v gostitelja prodirajo skozi kutikulo in tako ni potrebno, da gostitelj patogena zaužije ali, da mora le-ta prodreti skozi naravne odprtine. Večinoma morajo entomopatogene glive svojega gostitelja ubiti, da lahko tvorijo nove infektivne spore, ki se lahko prenesejo na novega gostitelja (Hayek in Leger, 1994; Roy in sod., 2010). Entomopatogene glive so navzoče tako v kmetijskih, naravnih kot pol-naravnih ekosistemi in igrajo vlogo pri populacijski dinamiki žuželk (Roy in sod., 2010).

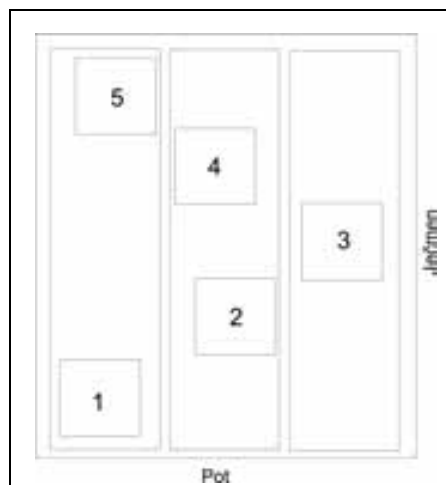
V raziskavi smo želeli ugotoviti, kakšna je populacijska dinamika listnih uši na žitih in kako z njihovo številčnostjo sovpada zastopanost njihovih naravnih sovražnikov. Vrabl (1992) je zapisal, da vrsta *S. avenae* prezimi v stadiju jajčec na travah in žitih in da se uši temeljnice že precej zgodaj izležejo, tako da se v prvi dekadi aprila že pojavijo krilate uši, ki se selijo na druga žita in trave. Vrhunec razmnoževanja se navadno ujema s koncem mlečne zrelosti, nato pa število uši upada zaradi pojava naravnih sovražnikov oz. ker se krilate oblike dvodomnih uši preselijo na zimske gostitelje.

## 2 Material in metode dela

V letu 2010 smo spremljali sezonsko dinamiko populacij listnih uši in njihovih naravnih sovražnikov na žitih. Spremljanje populacij in vzorčenje je potekalo na dveh njivah ozimne pšenice na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani v določenih časovnih intervalih (večinoma 7 dni, odvisno tudi od vremenskih razmer) od konca marca do sredine julija. Na obeh parcelah skupaj smo pregledovali okoli 3800 rastlin. Na parceli (ob Jamnikarjevi), kjer je potekal poskus z entomopatogenimi ogorčicami (v nadaljevanju EO) (6 obravnavanj: pripravek Nemasys C (*Steinernema carpocapsae*) pri nizki koncentraciji ( $N = 125.000$  IJ/m<sup>2</sup>); in visoki koncentraciji ( $V = 250.000$  IJ/m<sup>2</sup>); domača rasa *S. carpocapsae* C101 pri nizki (N); in visoki (V) koncentraciji; pripravek Actara 25 WG kot pozitivna kontrola (tretirano 7.6.2010); in negativna kontrola), smo označili 12 manjših parcel (slika 1), na drugi parceli (nasproti Biološkega središča) pa 5 manjših parcel s po približno 150-250 rastlinami (slika 2). Tako smo vedno pregledovali iste rastline in ne naključno izbrane. Popisovali smo različne razvojne stopnje (odrasle uši, stopnje ličinke od L1 do L4) in morfološke oblike uši (krilate, nekrilate) ter njihove naravne sovražnike (polonice [Coccinellidae], parazitoidne [Aphidiinae], patogene, muhe trepetavke [Syrphidae], tenčičarice [Chrysopidae], plenilske hrčice [Cecidomyiidae] in ostale plenilce ne glede na stopnjo razvoja ter z entomopatogenimi glivami okužene uši).



Slika 1: Načrt poskusa s tretiranjem z EO (6 obravnavanj) z označenimi parcelami (1-12), kjer smo spremljali listne uši in njihove naravne sovražnike na posevku ozimne pšenice.



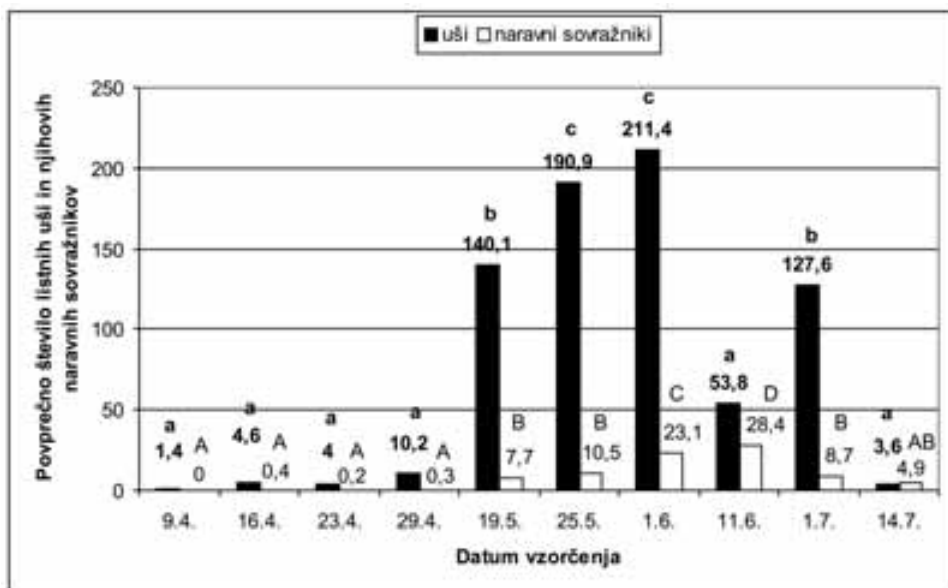
Slika 2: Načrt poskusa na njivi Laboratorijskega polja z označenimi parcelami (1-5), kjer smo spremljali listne uši in njihove naravne sovražnike.

Med popisom populacije listnih uši in njihovih naravnih sovražnikov smo nabrali tudi nekaj vzorcev mumij uši, izletele parazitoide pa smo pozneje identificirali.

Vse statistične analize smo naredili s programom Statgraphics Plus for Windows 4.0 in grafično predstavili s programom Microsoft Office Excel. Razlike med številčnostjo listnih uši in njihovih naravnih sovražnikov glede na čas in obravnavanje (njiva s tretiranjem z EO) smo testirali z analizo variance (one-way ANOVA). Za določanje razlik med povprečnimi vrednostmi različnih obravnavanj in datumov pregleda rastlin smo uporabili Student-Newman-Keulsov preizkus mnogoterih primerjav ( $P \leq 0,05$ ).

### 3 Rezultati z diskusijo

Z generalno statistično analizo smo ugotovili, da je na številčnost populacije listnih uši in njihovih naravnih sovražnikov na ozimni pšenici vplival le termin vzorčenja (slika 3), ne pa tudi različna obravnavanja (tretiranje z EO) oz. lega parcele na njivi.

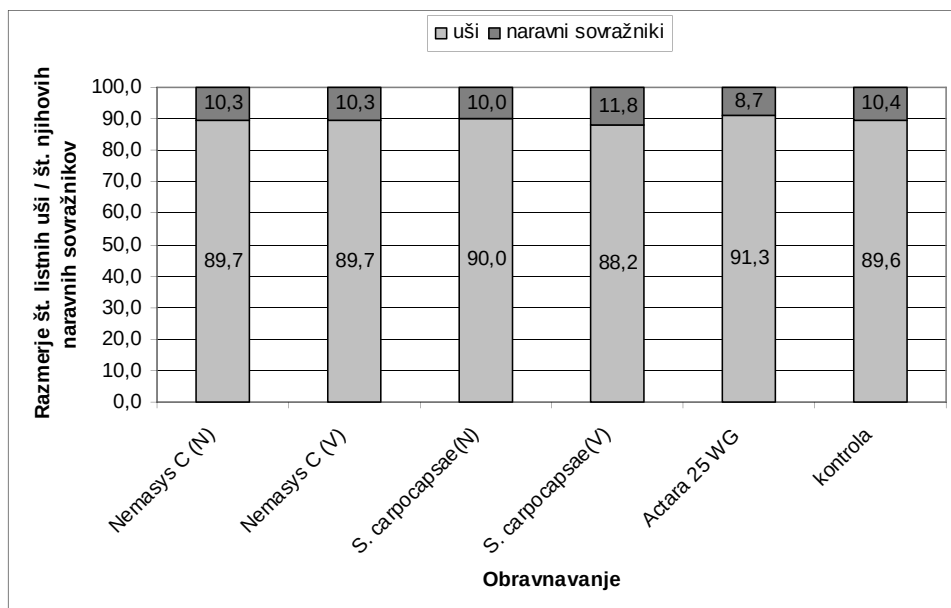


Slika 3: Prikaz povprečnega števila listnih uši in njihovih naravnih sovražnikov na ozimni pšenici v odvisnosti od termina vzorčenja na njivi z EO tretiranjem (male črke nad stolpci opisujejo statistično značilne razlike)

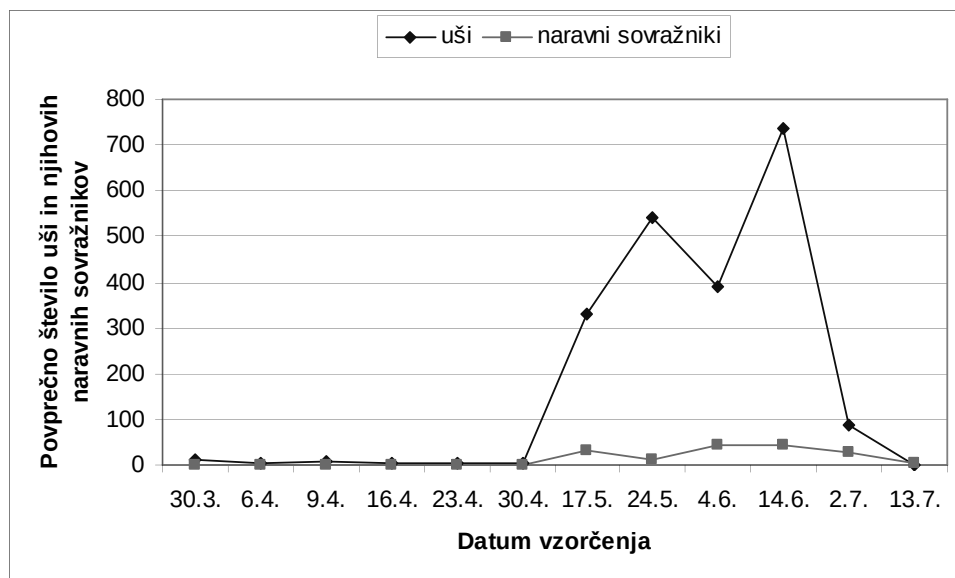
Na njivi, kjer so rdečega žitnega strgača zatirali z entomopatogenimi ogorčicami, smo opazili, da med obravnavanji ni bilo pomembnih razlik (slika 4). Le-te so se pokazale pri terminih vzorčenja (slika 3), in sicer se v obdobju med 19.5. in 1.7. pojavi v povprečju značilno več listnih uši in naravnih sovražnikov kot v obdobju pred tem in po njem. Največ listnih uši smo opazili 1.6., in sicer skupno 2537 listnih uši na vseh obravnavanjih skupaj, medtem ko smo največ naravnih sovražnikov ugotovili v naslednjem terminu, 11.6., in sicer skupaj 341. Od tega je bilo 159 listnih uši okuženih z entomopatogenimi glivami. Do začetka junija so listne uši, prevladovala je velika žitna uš (*Sitobion avenae*), zadrževale predvsem na zgornjih listih pšenice, nato pa so začele naseljevati tudi klas. Drugi vrh listnih uši v začetku julija gre pripisati predvsem pojavi kolonij čremsove uši (*Rhopalosiphum padi* L.) na listih pšenice.

Slika 4 prikazuje razmerje števila listnih uši in njihovih naravnih sovražnikov po obravnavanjih. Statistično značilnih razlik med obravnavanji ni, razmerje med številom listnih uši in naravnih sovražnikov ostaja pri vseh obravnavanjih približno 9:1. Iz tega lahko sklepamo, da pripravek Actara WG 25 kot sistemski insekticid na osnovi tiametoksama ne vpliva na zmanjšanje populacije listnih uši na žitih, prav tako pa tudi ne na populacijo naravnih sovražnikov v primerjavi s kontrolo in komercialnim pripravkom z entomopatogeno ogorčico *S. carpocapsae* in njeno domačo raso v različnih koncentracijah.

Slika 5 prikazuje populacijsko dinamiko listnih uši in njihovih naravnih sovražnikov na ozimni pšenici na Laboratorijskem polju. Prvič so se obsežnejše kolonije listnih uši pojavile 24.5., ko smo skupno našli 543 listnih uši, najbolj številčne kolonije pa smo našli na pšenici 14.6., in sicer 738 listnih uši. Število naravnih sovražnikov je ostalo kljub večji razpoložljivosti plena dokaj nizko, okrog 43 naravnih sovražnikov v mesecu juniju.



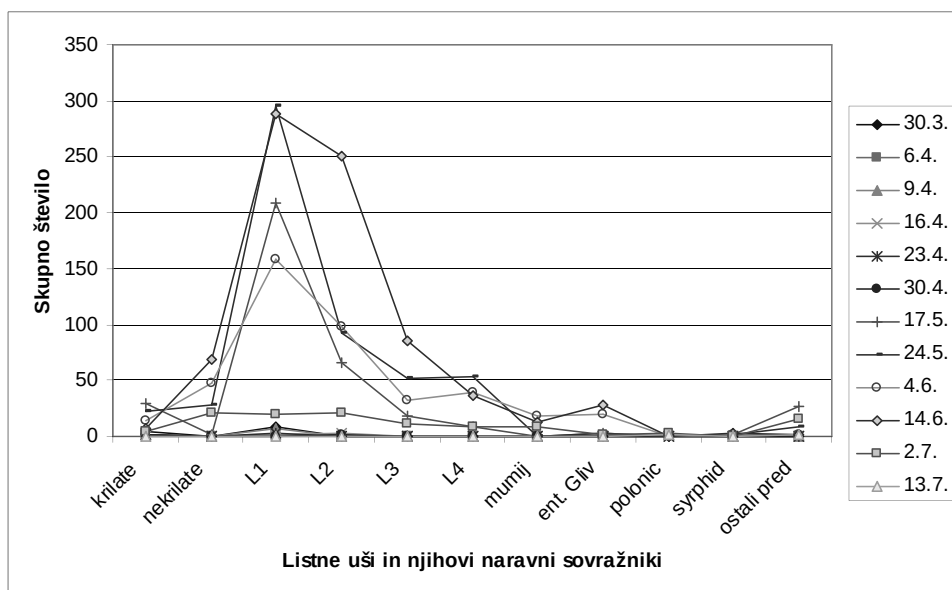
Slika 4: Razmerje skupnega pojava listnih uši in njihovih naravnih sovražnikov glede na obravnavanje (EO tretiranje) v letu 2010



Slika 5: Sezonska dinamika listnih uši in njihovih naravnih sovražnikov na ozimni pšenici na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani v letu 2010

Slika 6 prikazuje številčnost populacije listnih uši in njihovih naravnih sovražnikov na ozimni pšenici na parceli pri Biološkem središču. Konec marca smo najprej opazili krilate oblike uši,

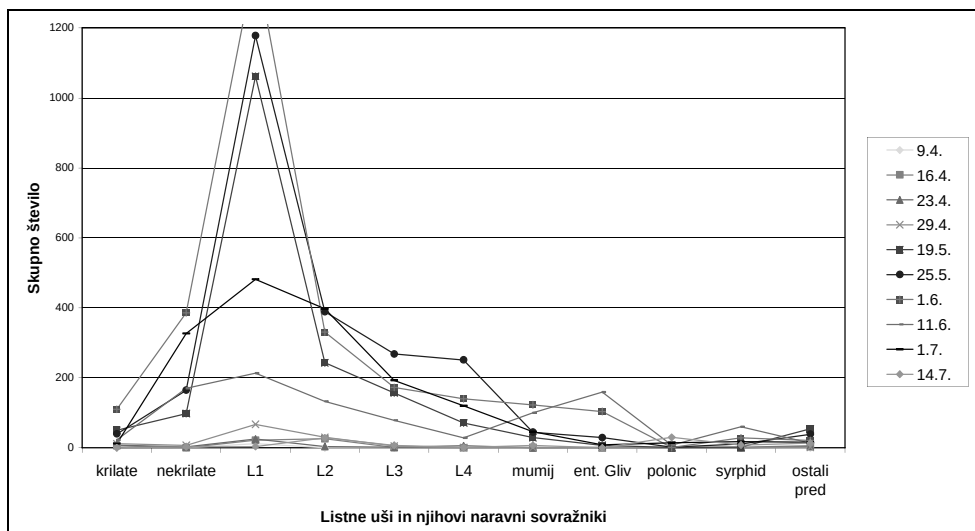
ki živorodno ležejo ličinke 1. stopnje (L1). Ker imajo uši izredne razmnoževalne sposobnosti (ena odrasla uš lahko izleže 5-10 uši na dan), se kolonije uši naglo večajo. Največ ličink L1 smo našli v obdobju od sredine maja do sredine junija. Nekrilate oblike uši so se začele pojavljati šele sredi maja. Iz slike je razvidno, da je L1 stopnja najštevilčnejša, število osebkov poznejših razvojnih stopenj pa naglo upada, čeprav številčnost glede na obdobje sovпада z vrhom L1 stopnje. Zmanjšano število uši L2 do L4 razvojne stopnje lahko pojasnimo tudi z občutljivostjo najmlajše (L1) stopnje uši na naravne sovražnike in abiotične dejavnike (močan dež). Naravni sovražniki se posamično pojavljajo skozi celotno sezono ob populacijah uši, vendar pa jih je bilo največ v začetku junija, nekoliko za vrhom populacije njihovih gostiteljev/plena. Pšenica na tej parceli je bila tudi enkrat škropljena proti listnim ušem in rdečemu žitnemu strgaču, kar je verjetno vplivalo na številčnost populacije v primerjavi z drugo parcelo.



Slika 6: Prikaz številčnosti populacije listnih uši in njihovih naravnih sovražnikov na parceli na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani v letu 2010

Slika 7 prikazuje rezultate številčnosti populacije listnih uši in njihovih naravnih sovražnikov na ozimni pšenici na parceli pri Jamnikarjevi, kjer se je odvijal poskus zatiranja rdečega žitnega strgača z EO. Tam smo na 12 parcelah popisovali skupaj 2659 rastlin. Največ listnih uši smo našli v obdobju od sredine maja do konca junija. Nekrilate oblike uši so se začele pojavljati sredi maja, v začetku junija pa smo jih na parceli našli skoraj 400. Veliko število nekrilatih oblik odraslih uši je veliko pripomoglo k produkciji L1 stadija, ki je 19. maja dosegel 1062 ličink L1, 1. junija pa kar 1397 ličink L1. Tudi na tem grafu število osebkov poznejših razvojnih stopenj naglo upada, čeprav številčnost glede na obdobje sovпада z vrhom L1 stopnje. Naravni sovražniki so se tudi tukaj posamično pojavljali skozi celotno sezono naselitve listnih uši na pšenici, vendar pa jih je bilo zopet največ v začetku junija. Na tej parceli smo našli veliko mumij parazitoidov listnih uši, še več pa je bilo okužb z entomopatogenimi glivami (1.6. je bilo najdenih 159 okuženih listnih uši), kar lahko

pripišemo visoki vlagi zaradi lege (ob živi meji) in škropljenju, ki je dodatno pripomoglo k večji vlagi v posevku in tako večji dovzetnosti listnih uši za okužbo.



Slika 7: Prikaz številčnosti populacije listnih uši in njihovih naravnih sovražnikov na parceli pri Jamnikarjevi v letu 2010.

#### 4 Sklepi

Na podlagi opazovanj in spremljanja števila listnih uši in njihovih naravnih sovražnikov na ozimni pšenici lahko ugotovimo, da je na številčnost populacije listnih uši in naravnih sovražnikov na pšenici vplival le termin vzorčenja, ne pa tudi različna obravnavanja (tretiranje z EO) oz. lega parcele na njivi. Populacija listnih uši na pšenici je najbolj številčna od sredine maja do konca junija in ima večinoma dva vrhova. Verjetno se pojavi tudi tretji vrh neke konec julija, vendar na drugih gostiteljskih travah. Zmanjšanje števila listnih uši v poletnem času lahko pripišemo spremenljivim vremenskim razmeram in delovanju naravnih sovražnikov. Skozi celotno rastno sezono pšenice smo lahko opazili predvsem eno vrsto listnih uši na žitu, in sicer *S. avenae*, medtem ko se je vrsta *R. padi* pojavila le na listih in ob bazi klasa šele konec junija in v začetku julija, kar sta na posevkih pšenice v letu 1995 ugotovila tudi Trdan in Milevoj (1996).

Med obravnavanji pri poskusu s tretiranjem z EO ni bilo statistično značilnih razlik, zato lahko sklepamo, da trgovska pripravka Actara WG 25 in Nemasy C ne vplivata na zmanjšanje populacije listnih uši in naravnih sovražnikov na žitih, prav tako pa nanje ne vpliva niti domača rasa entomopatogene ogorčice *S. carpocapsae*.

Med naravnimi sovražniki smo našli največ mrtvih uši zaradi delovanja entomopatogenih gliv, med plenilci pa smo na začetku spremljanja populacije uši našli največ polonic in stenic iz družine Nabidae, kasneje pa predvsem muhe trepetavke in parazitoide listnih uši. Podoben nabor naravnih sovražnikov listnih uši na žitih je v letih 1995-1998 ugotovila tudi Milevoj (1998). Največ mumij uši smo našli v mesecu juniju, ko je bilo tudi največ razpoložljivih gostiteljev, kar je primerljivo s podatki o parazitiranosti in dinamiki listnih uši v Srbiji (Tomanović in sod., 2008). Med popisovanjem mumij uši na terenu smo ugotovili zastopanost



rodu *Praon*, vendar ga med vzorci parazitoidov, ki so izleteli iz pobranih mumij nismo zabeležili. Iz nabranih vzorcev sta iz mumij izleteli pričakovani vrsti primarnih parazitoidov listnih uši na žitih, *A. rhopalosiph* in *A. uzbekisticus* ter sekundarni parazitoidi *Alloxysta brevis*, *A. victrix*, *Asaphes vulgaris*, *A. suspensus* in *Syrphophagus aphidivorus*.

## 6 Zahvala

Delo je bilo opravljeno v okviru projekta CRP V4-0524, ki sta ga financirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS. Del raziskave je nastal v okviru strokovnih nalog s področja zdravstvenega varstva rastlin, ki jih financira MKGP – Fitosanitarna uprava republike Slovenije.

## 7 Literatura

- Blackman, R. L., V. E. Eastop. 2000. Aphids on the world's crops. An identification guide, 2nd ed. John Wiley and Sons Ltd., Chichester, United Kingdom: 476 s.
- Fomitcheva, V.W., Schubert, J., Rabenstein, F., Habekuß A. 2005. Immunodetection of the replicative complex of Barley yellow dwarf virus-PAV in vivo. European Journal of Plant Pathology, 112: 259-266
- Hayek, A. E., Leger, R. J. 1994. Interactions between fungal pathogens and insect hosts. Annu. Rev. Entomol., 39: 293-322
- Milevoj, L. 1998. Odnosi med nekaterimi žitnimi škodljivci in njihovimi naravnimi sovražniki. V: Tajnšek, A. (ur.), Šantavec, I. (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu '98: zbornik simpozija, [Dobrna, 3. in 4. december 1998]. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo: 214-218
- Minks, A.K., Harrewijn, P. 1987. Aphids, their biology, natural enemies and control. World Crop Pests 2A., Amsterdam, Elsevier: 450 s.
- Roy, H. E., Vega, F. E., Chandler, D., Goettel, M. S., Pell, J. K., Wajnberg, E. 2010. The Ecology of Fungal Entomopathogens. BioControl, 55, 1: 280 s.
- Starý, P. 1972. *Aphidius uzbekisticus* Luzhetzki (Hym., Aphidiidae) a parasite of graminicolous pest aphids. Annot. Zool. Botan., 85: 1-7
- Starý, P. 1981. Biosystematic synopsis of parasitoids on cereal aphids in the western Palaearctic (Hymenoptera, Aphidiidae; Homoptera, Aphidoidea). Acta entomologica bohemoslovaca, 78: 382-396
- Tomanović, Ž., Kavallieratos, N., Starý, P., Petrović-Obradović, O., Athanassiou, C. G., Stanisavljević, L. Ž. 2008. Cereal aphids (Hemiptera: Aphidoidea) in Serbia: Seasonal dynamics and natural enemies. Eur. J. Entomol., 105: 495-501
- Trdan, S., Milevoj, L. 1996. Velika žitna uš (*Sitobion avenae* F.) v posevkih pšenice v letu 1995 = The cereal aphid (*Sitobion avenae* F.) in wheat crops in 1995. V: Šesek, P. (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu '96: zbornik simpozija, [Radenci, 9. in 10. decembra 1996], Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 287-291
- Vickerman, G.P., Wratten, S.D. 1979. The biology and pest status of cereal aphids (Hemiptera: Aphididae) in Europe; a review. Bull. Entomol. Res., 69: 1-32
- Vrabl, S. 1992. Škodljivci poljščin. ČZP Kmečki glas, Ljubljana: 142 s.

## Uporaba treh privabilnih posevkov z namenom odvrčanja kapusovih stenic (*Eurydema* spp.) in kapusovih bolhačev (*Phyllotreta* spp.) od belega zelja

Tanja BOHINC<sup>95</sup>, Stanislav TRDAN<sup>96</sup>

### Izvleček

V letu 2009 je bil izveden poljski poskus, kjer smo preučili uporabo treh privabilnih posevkov (oljna redkev, krmna ogrščica, bela gorjušica) kot metodo varstva zelja pred kapusovimi stenicami (*Eurydema* spp.) in kapusovimi bolhači (*Phyllotreta* spp.). V bločnem poskusu v Zgornji Lipnici smo privabilne posevke posejali v dveh pasovih, na obeh daljših robovih njive z zeljem. Poškodbe škodljivcev na zeljnih hibridih Hinova in Tucana ter na privabilnih rastlinah smo ocenjevali v 10-dnevnih intervalih. S statistično analizo smo ugotovili, da je krmna ogrščica najučinkovitejši privabilni posevek za kapusove stenice, medtem ko kapusovi bolhači niso pokazali večje preference do katere od preučevanih privabilnih rastlinskih vrst. Na zelju so bili kapusovi bolhači škodljivejši v začetku raste dobe, kapusove stenice pa so večji obseg poškodb na vehah povzročale od začetka avgusta dalje. Višji pridelek glav smo ugotovili pri poznejšem hibridu Hinova.

**Ključne besede:** privabilni posevki, oljna redkev, bela gorjušica, krmna ogrščica, kapusove stenice, kapusovi bolhači, poljski poskus, poškodbe, pridelek

## Use of three different trap crops with the aim of prevent the attack of stink bugs (*Eurydema* spp.) and flea beetles (*Phyllotreta* spp.) on white cabbage

### Abstract

In 2009, a field experiment at the Gorenjska area was carried out to determine the effect of three trap crops (oil radish, oil rape, and white mustard) as a plant protection method against stink bugs (*Eurydema* spp.) and flea beetles (*Phyllotreta* spp.) attack on cabbage. Experiment in Zgornja Lipnica was designed as randomized complete block with four treatments, each replicated 4 times. The damage of stink bugs and flea beetles were estimated in 10-day intervals, considering main cash crop and trapcrops. Based on statistical analysis we can conclude, that oil rape was the most effective trap crop considering stink bugs, meanwhile flea beetles did not show specific preference to any of trap crops tested. Damage caused by flea beetles were more extensive in main crop in the beginning of growing season. On the other hand, the damage caused by stink bugs started to increase in the beginning of August. Hybrid Hinova was estimated as more productive, mainly due to longer growing season.

**Key words:** trapcropping, oil radish, white mustard, oil rape, stink bugs, flea beetles, field experiment, damage, yield

### 1 Uvod

Mnoge fitofagne vrste, ki so škodljive na gojenih rastlinah, postajajo gospodarsko vse bolj pomembne. Težave nastanejo takrat, ko se nekatere vrste preveč namnožijo in jih je potrebno zatirati. Pri nekaterih ukrepih varstva rastlin (medsetve, privabilni posevki, varovalni posevki in nekateri drugi načini) lahko izkoristimo lastnosti gostiteljskih rastlin (Cook in sod., 2006; Trdan in sod., 2005).

Metoda privabilnih posevkov je pogosto uporabljena v primerih, ko za zatiranje škodljivega organizma ni registriranega fitofarmacevtskega sredstva ali pa je pripravek predrag oziroma

<sup>95</sup> Univ. dipl. inž. agr., Zgornja Lipnica 9a, SI-4246 Kamna Gorica; e-mail: tanja.bohinc@gmail.com

<sup>96</sup> Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo, Jamnikarjeva 101, SI-1111 Ljubljana, e-pošta: stanislav.trdan@bf.uni-lj.si

ko glavni posevek ni odporen na napad ali okužbo škodljivih organizmov. Pri metodi privabilnih posevkov izkoriščamo lastnosti za škodljivce dovzetnih rastlin. Privabilne posevke posadimo oziroma posejemo med rastline glavnega posevka ali v njegovo bližino, z namenom, da bi na dovzetne rastline privabili škodljivce in obenem zmanjšali njihovo številčnost na glavnem posevku (Gray in Koch, 2002). Za zatiranje kapusovih bolhačev je registriran pripravek Fastac 100 EC, medtem ko za zatiranje kapusovih stenic ni registriranega fitofarmacevtskega sredstva (Seznam registriranih..., 2010).

V naši raziskavi želimo predstaviti možnost izkoriščanja krmne ogrščice, bele gorjušice in oljne redkve kot privabilnih posevkov, z namenom varstva glavnega posevka – zelja. Z metodo uporabe privabilnih posevkov smo želeli preučiti delovanje le-teh na gospodarsko vedno bolj pomembne škodljivce na zelju. Preučevali smo uspešnost metode pri privabljanju kapusovih stenic (*Eurydema* spp.) in kapusovih bolhačev (*Phyllotreta* spp.).

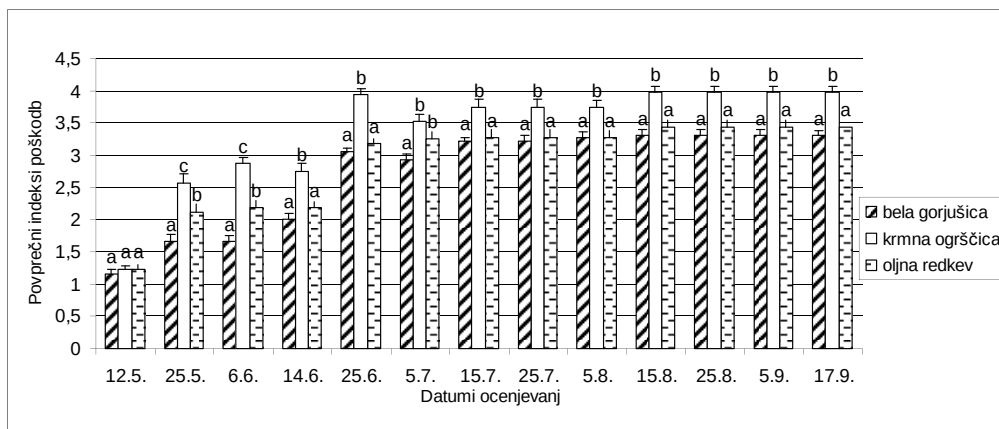
## 2 Material in metode dela

Poljski poskus na njivi v Zgornji Lipnici na Gorenjskem, ki je potekal leta 2009, je del dveletnega poskusa. V bližini omenjene lokacije leto poprej ni bilo nobene večje njive, ki bi bila namenjena pridelavi križnic. Na njivi v velikosti 11 x 52 m smo poskus razdelili v štiri bloke. Znotraj blokov smo privabilne posevke posejali v štirih ponovitvah. Četrta ponovitev je bila kontrola, kjer privabilni posevek ni bil posejan. Ponovitve so bile znotraj blokov naključno razporejene. Posejali smo oljno redkev sorte 'Apoll', krmno ogrščico sorte 'Daniella' in belo gorjušico sorte 'Zlata'. Privabilne posevke smo posejali v dveh pasovih; znotraj teh dveh pasov pa sta bila posajena dva različna hibrida zelja, Tucana in Hinova. Rastna doba hibrida Hinova je 120-140 dni; medtem ko Tucana F1 dozori 60-65 dni po presajanju. Zelje smo sadili na sadilno razdaljo 30 x 40 cm. Poškodbe škodljivcev na zelju in privabilnih posevkih smo ocenjevali v približno 10-dnevni intervalih. Vzorčenje je potekalo od sredine maja do sredine septembra, in sicer enkrat v dekad. Za ocenjevanje poškodb kapusovih stenic smo uporabili 6-stopenjsko lestvico (Stoner in Shelton, 1988), za ocenjevanje poškodb kapusovih bolhačev pa smo uporabili 5-stopenjsko EPPO lestvico (OEPP/EPPO, 2002). Poškodbe preučevanih škodljivcev in na koncu rastne dobe tudi pridelek zelja smo ocenjevali glede na posamezne razdalje privabilnih posevkov od zelja. Ocenjevanje po 5-stopenjski EPPO lestvici pomeni, da smo z oceno 1 ocenili nepoškodovan list, list, kjer je bilo poškodovane manj kot 2 % listne površine smo ocenili z oceno 2. Kadar je bilo poškodovane med 3 in 10 % listne površine smo ovrednotili z oceno 3. Če je bilo poškodovane od 11 do 25 % listne površine, smo ovrednotili poškodbe z oceno 4. Najvišja jakost poškodbe je bila ocenjena z oceno 5, in sicer tedaj, ko je bilo poškodovane več kot 25 % listne površine. V našem poskusu najvišje stopnje poškodbe nismo zabeležili. Poškodbe stenic smo ovrednotili po 6-stopenjski lestvici, kjer ocena 1 ovrednoti nepoškodovan list, ocena 2 pomeni, da je poškodovane manj kot 1 % listne površine. List, kjer je od 2 do 10 % poškodovane listne površine, smo ovrednotili z oceno 3, od 26 do 50 % poškodovane listne površine pa smo ovrednotili z oceno 5. Ocena 6 je predstavljala več kot 50 % poškodovane listne površine. Rezultate smo statistično ovrednotili z analizo variance in Student-Newman-Keulsovim preizkusom mnogoterih primerjav ( $P < 0,05$ ) s programom Statgraphics Plus for Windows 4.0.

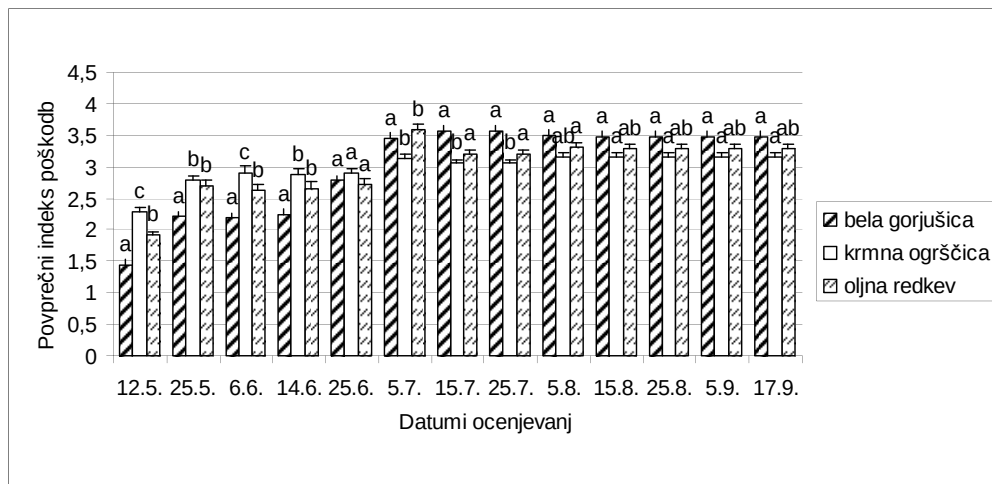
### 3 Rezultati z diskusijo

#### 3.1. OCENJEVANJE POŠKODB NA PRIVABILNIH POSEVKIH

Na sliki 1 je razvidno, da obstajajo razlike v dovzetnosti za kapusove stenice med posameznimi privabilnimi posevki ter da se intenzivnost poškodb spreminja skozi rastno dobo. Pri prvem vzorčenju teh razlik še ne opazimo, pozneje postanejo bolj opazne. To pripisujemo bionomiji preučevanih škodljivcev, spoštovanju načel dobre kmetijske prakse (kolobar,...) in dejstvu, da leto prej v bližini njive ni bilo večje njive s križnicami.



Slika 3: Povprečni indeks poškodb kapusovih stenic (*Eurydema* spp.) na treh vrstah privabilnih posevkov v letu 2009



Slika 4: Povprečni indeks poškodb kapusovih bolhačev (*Phyllotreta* spp.) na treh vrstah privabilnih posevkov v letu 2009

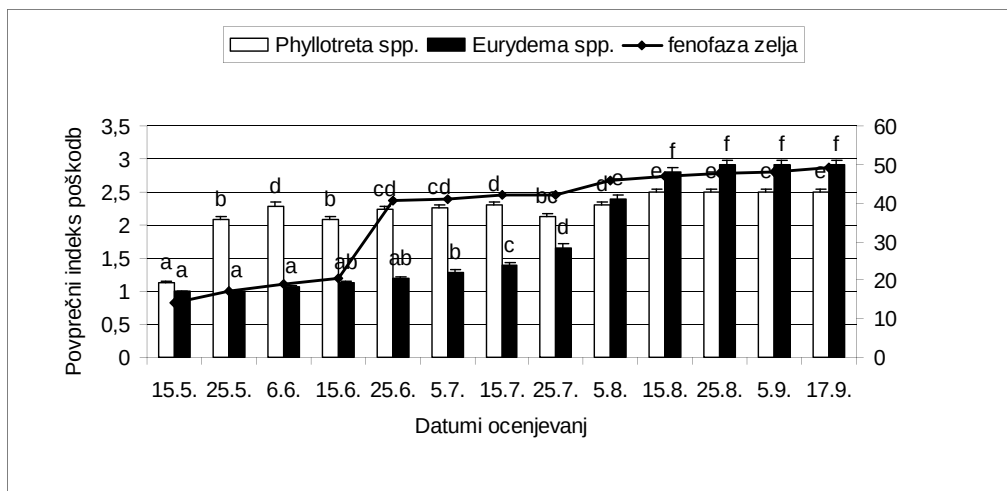
Povprečni indeks poškodb je bil skozi rastno dobo najnižji pri beli gorjušici, najvišji pa pri krmni ogrščici. Bela gorjušica je bila od vseh posevkov najhitrejša v razvoju in je dosegla

senescenco že v sredini avgusta, medtem je imela krmna ogrščica še v začetku septembra precej zelene listne gmote.

Med posameznimi privabilnimi posevki nismo ugotovili večjih razlik v dovzetnosti za poškodbe kapusovih bolhačev (slika 2). Obstajajo pa razlike v intenzivnosti poškodb med posameznimi termini vzorčenja med rastno sezono. V začetku julija je povprečni indeks poškodb narasel pri vseh treh privabilnih posevkih. Takrat se najpogosteje prične pojavljati drugi rod hroščev (Vrabl, 1992). Ugotovili smo, da razvojni stadij privabilnih posevkov na intenzivnost poškodb kapusovih bolhačev ni imel signifikantnega vpliva.

### 3.2. OCENJEVANJE POŠKODB NA ZELJU

Povprečni indeks poškodb kapusovih bolhačev in kapusovih stenic na zelju, hibrid. Hinova, je različno intenzivno naraščal skozi rastno dobo (slika 3). Intenzivnost poškodb kapusovih bolhačev je bila najnižja v prvem terminu vzorčenja, že v naslednjem intervalu vzorčenja pa je močno narasla. To pripisujemo dejstvu, da so se je v drugi polovici maja začeli intenzivno pojavljati prvi hrošči.

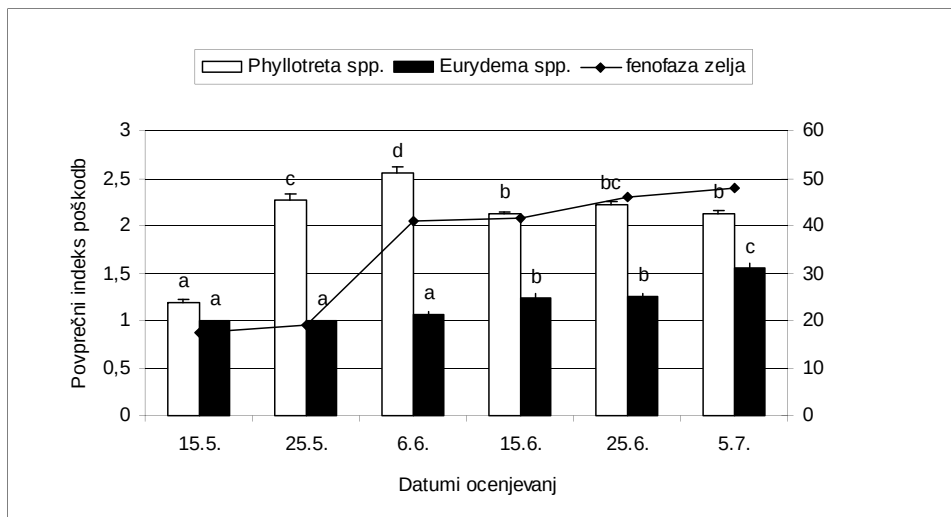


Slika 5: Povprečni indeks poškodb kapusovih bolhačev (*Phyllotreta* spp.) in kapusovih stenic (*Eurydema* spp.) na zelju, hibrid Hinova, v letu 2009

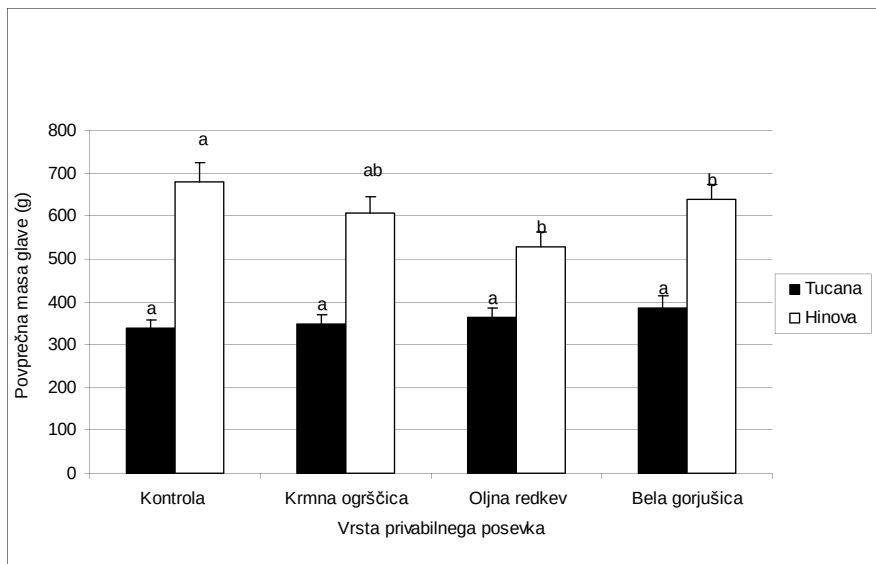
Povprečni indeks poškodb v zadnji dekadli julija je rahlo padel, v prvi dekadli avgusta pa je začel ponovno naraščati, kar si lahko razlagamo s tem, da so se pojavili hrošči novega rodu. Izbrani hibrid zelja je bil v začetnih razvojnih stadijih veliko bolj dovzeten za napad kapusovih bolhačev kot za napad vrst iz rodu *Eurydema*. Intenzivnost poškodb kapusovih stenic se je sorazmerno povečevala z razvojem zelja. Poškodbe stenic smo v prvih treh intervalih ocenjevanja vrednotili z oceno 1, kar pomeni, da kapusovih stenic na izbranem hibridu nismo zasledili. Jakost poškodb kapusovih stenic začne naraščati v začetku julija, ob koncu rastne dobe pa je dosegel povprečni indeks poškodb najvišjo vrednost. Med zadnjimi tremi intervali vzorčenja nismo ugotovili razlik v povprečnem indeksu poškodb kapusovih stenic.

Tudi z ocenjevanjem poškodb na hibridu Tucana smo začeli v drugi dekadli maja (slika 4). Med povprečnim indeksom poškodb zaradi vrst *Phyllotreta* spp. in vrst *Eurydema* spp. nismo ugotovili razlik v prvem terminu ocenjevanja. Povprečni indeksi poškodb kapusovih bolhačev

so dosegli najvišjo vrednost v prvi dekadi junija. Takrat je bilo zelje še razmeroma majhno in zato veliko bolj dovzetno za napad kapusovih bolhačev. Med zadnjimi tremi intervali ocenjevanja nismo zabeležili razlik v intenzivnosti poškodb. Le-te so bile po posameznih terminih vzorčenja veliko bolj izrazite od poškodb kapusovih stenic. Poškodbe slednjih so naraščale proti koncu rastne dobe in niso presegle ocene 2.



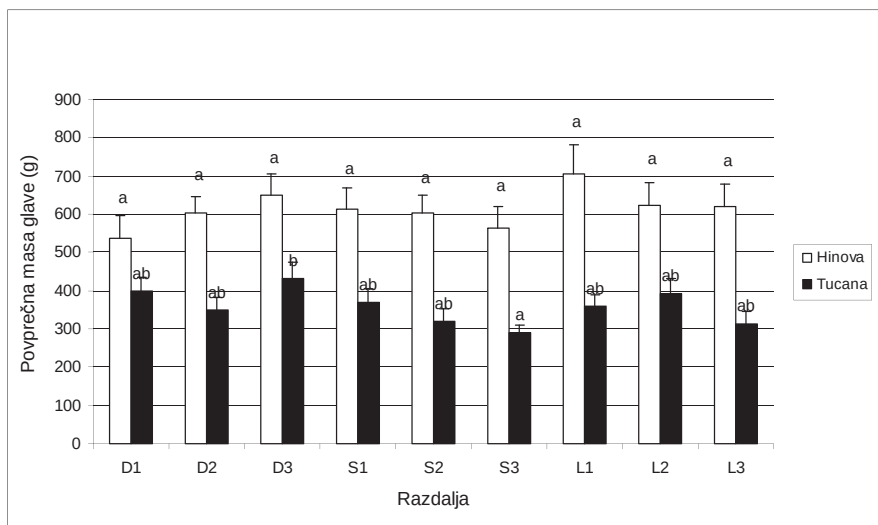
Slika 6: Povprečni indeks poškodb kapusovih bolhačev (*Phyllotreta* spp.) in kapusovih stenic (*Eurydema* spp.) na zelju, hibrid Tucana, v letu 2009



Slika 7: Povprečna masa glav dveh hibridov belega zelja glede na vrsto privabilnega posevka v letu 2009

### 3.3. OCENJEVANJE PRIDELKA

Iz slike 5 je razvidno, da ne obstajajo razlike v povprečni masi glav hibrida Tucana glede na vrsto privabilnega posevka. Takšne rezultate lahko pripišemo kratki rastni dobi kultivarja in specifičnim vremenskim razmeram. Ugotovili pa smo razlike v povprečni masi glav hibrida Hinova. Povprečna masa glav je bila tako najvišja pri kontroli, kjer ni bilo posejanega posevka; najnižja pa pri oljni redkvi kot privabilnem posevku. Glede na daljšo rastno dobo hibrida, botanične lastnosti privabilnih posevkov in vremenske razmere v danem časovnem obdobju so rezultati pričakovani. Slika 6 prikazuje, da ne obstajajo signifikatne razlike v povprečni masi med posameznimi razdaljami pri hibridu Hinova. Pri hibridu Tucana smo ugotovili manjši upad pridelka pri razdalji S3, vendar glede na preostale razdalje razlika ni občutna.



Slika 8: Povprečna masa glav dveh hibridov belega zelja glede na oddaljenost od privabilnih posevkov v letu 2009

## 4 Sklepi

Varstvo rastlin pred nekaterimi škodljivci je lahko neuspešno zaradi pojava odpornosti škodljivcev na insekticide, nepoznavanja bionomije škodljivcev in številnih drugih dejavnikov. Ob večji skrbi za okolje je naš cilj čim bolj v integriran način pridelave usmerjeno varstvo rastlin. Ob upoštevanju dejstva, da za zatiranje kapusovih stenic v Sloveniji ni registriranega insekticida, za varstvo zelja pred kapusovimi bolhači pa je registriran le en pripravek, lahko rečemo, da se je metoda, ki smo jo preučili v naši raziskavi izkazala za učinkovito. Upoštevajoč višje vrednosti povprečnih indeksov poškodb na privabilnih posevkih v primerjavi z obema hibridoma zelja lahko sklepamo, da so bili le-ti pomembna mesta ovipozicije in hranjenja škodljivcev iz obeh rodov. Z uporabo te metode varstva rastlin skrbimo tudi za večjo biotsko pestrost okolja, saj predstavljajo privabilni posevki tudi mesta hranjenja koristnih organizmov, ki so nam lahko v precejšnjo pomoč pri omejevanju številčnosti in posledične škodljivosti gospodarsko pomembnih vrst škodljivih žuželk. V nadaljevanju naših raziskav želimo preučiti še pomen glukozinolatov v zelju in vseh

privabilnih rastlinskih vrstah (Moyes ind sod., 2000), z namenom natančnejše razjasnitve interakcij med preučevanimi škodljivci, zeljem in privabilnimi rastlinami.

## 5 Zahvala

Raziskava, predstavljena v tem prispevku, je nastala s finančno pomočjo Javne agencije za raziskovalno dejavnost RS, v okviru programa Hortikultura P4-0013. Za vzgojo sadik se zahvaljujemo doc. dr. Draganu Žnidarčiču.

## 6 Literatura

- Cook, S. M., Smart, L. E., Martin, J. L., Murray, D. A., Watts, N. P., Williams, I.H. 2006. Exploitation of host plant preferences in pest management strategies for oilseed rape (*Brassica napus*). Entomol. Exp. Appl. 119: 221-229
- Gray F. A., Koch D. W. 2002. Trap crops. In: Encyclopedia of Pest Management. Pimental D. (ur.). Wyoming, Lacraime, University of Wyoming: 852-864
- Moyes, C.L., Collin, H.A., Britton, G., Raybould, A.F. 2000. Glucosinolates and differential herbivory in wild populations of *Brassica oleracea*. Journal of Chemical Ecology, 26: 2625-2641
- OEPP/EPPO, 2002. Guidelines for the efficacy evaluation of insecticides. *Phyllotreta* spp. on rape. Bull. OEPP/EPPO Bull. 32, 361-365
- Seznam registriranih fitofarmaceutskih sredstev na dan 10.9.2010. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Fitosanitarna uprava RS.  
<http://spletni2.furs.gov.si/FFS/REGSR/index.htm> (10.9.2010)
- Stoner, K.A., Shelton, A.M. 1988. Effects of planting date and timing of growth stage on damage to cabbage by onion thrip (*Thrips tabaci*). Journal of economic entomology, 91:329-333.
- Trdan S., Valič N., Žnidarčič D., Vidrih M., Bergant K., Zlatič E., Milevoj L. 2005. The role of Chinese Cabbage as a trap crop for flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in production of white cabbage. Sci. Hortic. 106: 12-24
- Vrabl S. 1992. Škodljivci poljščin. Ljubljana, Kmečki glas: 142 str.



## Uspešnost alternativnih načinov razkuževanja pšenice (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.)

Igor ŠANTAVEC<sup>97</sup>, Maja KRIŽNAR<sup>98</sup>, Darja KOCJAN AČKO<sup>99</sup>

### Izvleček

Jeseni leta 2009 je bil na laboratorijskem polju (srednje globoka meljasto glinasta, psevdoglejena tla) Biotehniške fakultete v Ljubljani zasnovan poljski bločni poskus s pšenico (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.). Certificirano dodelano seme ozimne pšenice sorte Ficko je bilo razkuženo s klasičnima fungicidnima pripravkoma Vitavax 200-FF, ki ga je uporabil dodelovalec, in Maxim 050 FS, s katerim smo razkužili seme v laboratoriju, ter pripravkoma Agrostemin in Fitolife (seme razkuženo v laboratoriju), ki se sicer uporabljata v ekološkem kmetijstvu. Za primerjavo je bilo posejano nerazkuženo certificirano seme. Posevek je bil oskrbovan ekstenzivno, dognojen v fazi rezračanja (BBCH 21 do 23) s 60 kg N/ha, brez uporabe FFS v rastni dobi. Rezultati poskusa so potrdili, da je setev certificiranega in s strani dodelovalca razkuženega semena z ustreznim fungicidom še vedno najboljša rešitev za zagotavljanje optimalnega poljskega vznika in dobre prezimitve, pri ekstenzivnih tehnologijah pridelave pšenice pa povečuje tudi končni pridelek zrnja. Pozitivni učinki alternativnih načinov razkuževanja semena pšenice, uporabni v ekološkem kmetijstvu, niso bili potrjeni ( $p=0,05$ ). Za nadaljnjo presojo alternativnih postopkov razkuževanja semena pšenice bi bilo potrebno preizkušanje različno zdravega semena, zlasti iz ekološke pridelave, na zemljiščih, ki omogočajo boljši poljski vznik. V preizkušanje bi kazalo vključiti tudi druge pripravke, ki so dovoljeni za razkuževanje žitnega semena v ekološkem kmetijstvu v tujini.

**KLjučne besede:** ozimna pšenica, razkuževanje semena, ekološko kmetijstvo, poljski vznik, prezimitev, pridelek zrnja

## The effectiveness of alternative seed treatment of wheat (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.)

### Abstract

In the autumn 2009 the field experiment including wheat (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.) in three repetitions was set up at a trial field (medium-deep silty clay, pseudogley soil) at Biotechnical Faculty in Ljubljana. The certified and processed seeds of winter wheat cultivar Ficko were treated by two conventional fungicide and two preparations used in organic agriculture. As a conventional seed dressing fungicide Vitavax 200-FF had been applied by Seed Company, while Maxim 050 FS was applied in laboratory (before sowing). For seed treatment according to organic agriculture Agrostemin and Fitolife was used and applied in laboratory. For a comparison (control) an untreated processed seed was sown. The crop was supplied in a way of extensive husbandry, 60 kg N/ha was added at BBCH 21-23, through growing period plant protection means was not applied. The results of the experiment confirmed that sowing certified processed seed with appropriate seed dressing fungicide recommended by Seed Company is the best solution for providing optimal field emergence and good winter hardiness, moreover, the final grain yield also increases at the extensive wheat production technologies. Positive effects of alternative seed treatments of wheat seed, which can be applied in organic agriculture, were not confirmed ( $p=0.05$ ). For further consideration of alternative procedures of seed treatments of wheat seed the testing of different rate of seeds health should be observed. This is recommended especially for seed for organic agriculture on a field area, which enable better field emergence. There would also be

<sup>97</sup> Asist., dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1111 Ljubljana, e-pošta: igor.santavec@bf.uni-lj.si

<sup>98</sup> Absolventka univerzitetnega študija agronomije, Hafnerjeva 2, 4000 Kranj, e-pošta: maja.kriznar@gmail.com

<sup>99</sup> Doc. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1111 Ljubljana, e-pošta: darja.kocjan@bf.uni-lj.si

appropriate to include in investigation preparations, which are allowed for process of seed treatment in organic agriculture abroad.

**Key words:** winter wheat, seed treatment, organic agriculture, field emergence, winter hardiness, grain yield

## 1 Uvod

S slabo očiščenim, nerazkuženim ali nedosledno razkuženim semenom pri pšenici prenašamo številne bolezni pšenice. Te lahko popolnoma onemogočijo vznik, zmanjšajo prezimitev rastlin ali pa sistemsko okužijo rastline, ki so novo žarišče za širjenje bolezni v okolju. S semenom pšenice se prenašajo: pšenična trda ali smrdljiva snet (*Tilletia tritici* (Bjerk.) Wolff), pšenična pritlikava snet (*Tilletia controversa* Kühn), listna pegavost pšenice (*Septoria tritici* Roberge ex Desmaz), rjavenje pšeničnih plev (*Phaeosphaeria nodorum* (E. Müller) Hedjaroude), prašnata pšenična snet (*Ustilago nuda* (Jensen) Rostr. f. sp. *tritici* Schaffnit) (Maček, 1987). Tudi glive iz rodu *Fusarium* pogosto okužijo seme pšenice. Seme je pri tem opazno nagubano in zgrbančeno, blede do roza vijolično. Okužena semena je zelo težko odstraniti od drugih zdravih semen. Čiščenje je dovolj uspešno le na t.i. gravitacijskih mizah, ki pa jih imajo za čiščenje le semenarska podjetja. Okuženo seme ni kalivo. Podobne znake na semenu, vendar brez roza vijolične obarvanosti, lahko povzroči tudi gliva povzročiteljica snežne plesni (*Monographella nivalis* (Schaffnit) E. Mueller), ali pa je okuženo zrnje na pogled popolnoma zdravo. Poleg semena ista gliva okužuje tudi vse druge dele žit in v določenih letih močno razredči posevek ali pa ga v celoti uniči. S setvijo okuženega semena se močno zmanjša poljski vznik. Za razliko od fuzarioz gliva povzročiteljica snežne plesni ne tvori mikotoksinov (Maček, 1987).

V Sloveniji se povečuje trend setve nerazkuženega semena žit, predvsem iz dveh razlogov. Prvi je prepoved razkuževanja semena na obratih in s tem posledični umik sredstev za razkuževanje semen iz maloprodaje (Pravilnik o spremembah ..., 2009). Drugi razlog pa je ekološko kmetijstvo, v katerem ne smemo uporabljati sintetičnih kemičnih snovi za razkuževanje semena. Po zadnjih smernicah za ekološko kmetijstvo pri nas ni dovoljeno nobeno sredstvo, ki bi bilo namenjeno izključno razkuževanju semena z namenom zmanjševanja nevarnosti okužb s povzročitelji glivičnih bolezni, ki se prenašajo s semenom (Bavec in sod., 2009). Razkuževanje certificiranega semena žit je zakonsko obvezno le, ko so presežene predpisane vrednosti za posamezne povzročitelje bolezni (Pravilnik o trženju ..., 2005).

Zemljič in sod. (2008b) v slovenskih rastnih razmerah niso potrdili pozitivnega vpliva razkuževanja semena pšenice na zmanjšanje vsebnosti DON-a (deoksivalenol), ki ga tvorijo in izločajo glive iz rodu *Fusarium*, v pridelku pšenice. Po nemških navedbah (Killermann in sod., 2007) so pri ekološki pridelavi pšenice vse bolj problematične sneti (*Tilletia* sp.), predvsem pšenična trda ali smrdljiva snet (*Tilletia tritici* (Bjerk.) Wolff). Okužbe se iz leta v leto povečujejo, kar nakazujejo tudi podatki o deležu okuženih vzorcev semenskega materiala s sporami gliv iz rodu *Tilletia*. V Nemčiji v ekološkem kmetijstvu priporočajo za razkuževanje pšenice pripravek Tillectur, ki je izdelan iz izvlečkov hrena in gorčice in je patentno zaščiteno (Wilbois in sod., 2007). Uporabljajo ga proti pšenični trdi sneti, snežni plesni in glivam iz rodu *Fusarium*. Za druge povzročitelje bolezni, ki se prenašajo s semenom priporočajo toplo in vročevodno razkuževanje, elektronsko terapijo in drugo (Wilbois in sod., 2007; Jahn, 2002). Za zmanjševanje pšenične trde sneti je uporabno tudi krtačenje semena, ki ga izvedejo s posebnimi napravami (Wilbois in sod., 2007).

Cilj raziskave je bil preučiti vpliv različnih načinov razkuževanja na vznik, prezimitev in gostoto posevka ob spravi pšenice. Zanimal nas je tudi vpliv razkuževanja na pridelek zrnja in na nekatere dejavnike pridelka.

## 2 Material in metode dela

Jeseni leta 2009 smo na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete postavili bločni poskus v treh ponovitvah s štirimi različnimi načini razkuževanja semena pšenice, za primerjavo pa smo posejali nerazkuženo seme. Uporabili smo ozimno pšenico sorte Ficko, ki je požlahtnjena na Hrvaškem in je bila v Sloveniji registrirana leta 2007. Sorta je po navedbah iz Opisne sortne liste za pšenico (Zemjič in sod., 2008a) srednje visoka bela golica, dobro odporna na poleganje. V rastnih razmerah osrednje Slovenije dosega običajno B kakovostni razred in je po pridelku nadpovprečna. Absolutna masa zrnja je 43 g, hektolirska masa pa 80 kg/hl, po podatkih iz opisne sortne liste pa je dobro odporna na vse gospodarsko pomembne bolezni pšenice. V poskusu smo preučili naslednja obravnavanja:

- K** - nerazkuženo, certificirano dodelano seme,
- A** - certificirano dodelano seme, ki smo ga naknadno razkužili s preparatom Agrostemin (koncentrat) v odmerku 30 g/ha,
- F** - certificirano dodelano seme, ki smo ga naknadno razkužili s preparatom Fitolife v odmerku 300 g/100 kg semena,
- M** - certificirano dodelano seme, ki smo ga naknadno razkužili s fungicidom Maxim 050 FS (difenokonazol 2,5 % + fludioksonil 2,5 %) v odmerku 1,5 l/t,
- V** - certificirano dodelano seme, razkuženo s strani dodelovalca s fungicidom Vitavax 200-FF (karboksini 20 % + tiram 20 %).

Obravnavanji A in F sta možnosti razkuževanja, ki se lahko uporabljata v ekološkem kmetijstvu. Oba pripravka sta namreč dovoljena za uporabo v ekološkem kmetijstvu (Bavec in sod., 2009), vendar sta se do zdaj uporabljala predvsem za škropljenje rastlin in ne za razkuževanje semena. Agrostemin je spodbujevalec rasti pridobljen iz kokalja (*Agrostemma githago* L.). Fitolife je naravno mineralno sredstvo, v katerem prevladuje kalcijev karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) (88 %). Vsebuje še 4 % magnezijevega karbonata ( $\text{MgCO}_3$ ) in 0,3 % železa. Z obravnavanjem M smo se približali načinu razkuževanja semena na kmetijah.

Tla na laboratorijskem polju BF so srednje globoka in po teksturi meljasto glinasta, psevdoglejna in meliorirana, vendar kljub temu ob močnejših padavinah na površini občasno poplavljen. Do globine ornice vsebujejo 4,5 % organske snovi in so dobro založena s fosforjem in kalijem. Predposevek je bila semenska kornjača.

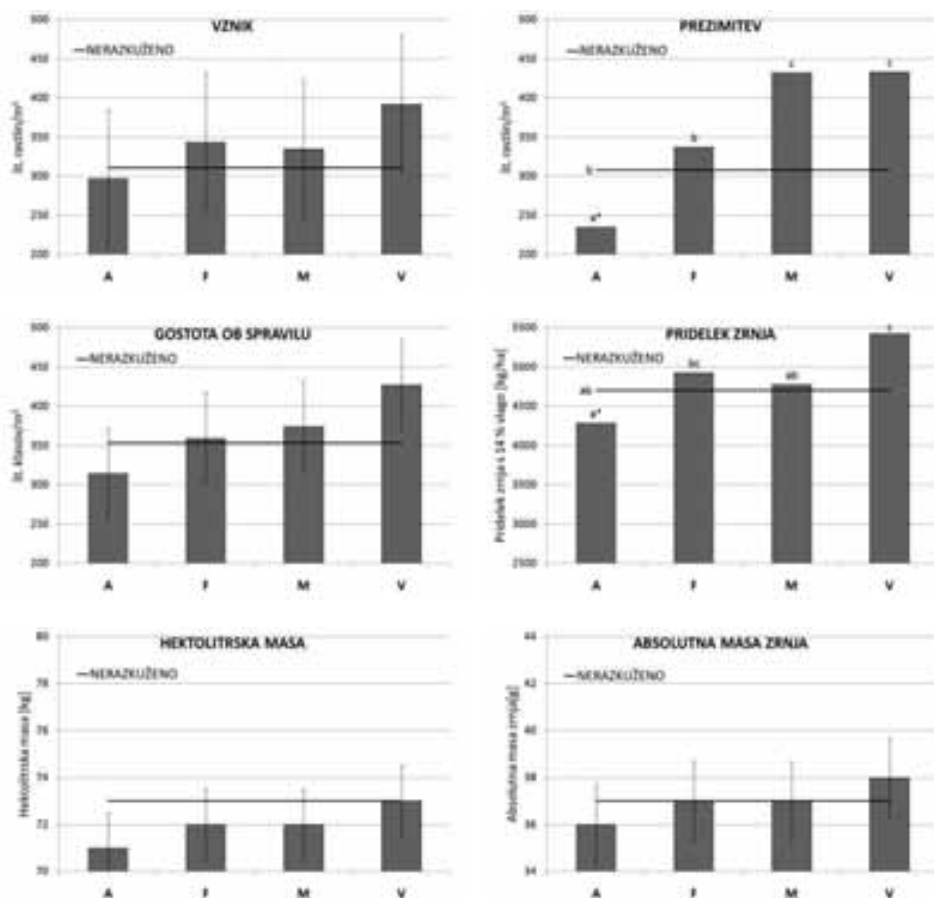
Seme smo posejali 19. oktobra s parcelno sejalnico na medvrstno razdaljo 12,5 cm, gostota setve pa je bila 700 zrn/m<sup>2</sup>. Osnovna parcelica je bila velika 5,6 m<sup>2</sup>. Seme je imelo absolutno maso 44 g. Poskus smo dognojili s KAN-om (60 kg N/ha) v času razraščanja (BBCH 21-23). Posevka nismo škropili s fungicidi zaradi opazovanja pričakovanega vpliva razkuževanja semena na pojav glivičnih bolezni.

Mesec dni po setvi smo prešteli poljski vznik, saj je bil vznik, ki je trajal 21 dni, zaradi deževnega in hladnega vremena počasen in neenakomeren. Gostoto po prezimitvi smo določili 25. marca 2010. Pred spravilom (2. julij 2010) smo prešteli število klasov/m<sup>2</sup>. Vsa štetja smo izvedli s pomočjo žičnega okvirja velikosti 50×50 cm, dvakrat na posamezni parcelici. Poskus smo poželi s parcelnim kombajnom 21. julija. Pridelek zrnja smo stehali, izmerili vlažnost in izračunali pridelek na hektar pri 14-odstotni vlažnosti. Na pridelku smo ugotovili še

hektolitrsko maso in absolutno maso. Podatke smo obdelali z analizo variance za bločni poskus. Razlike med obravnavanji smo vrednotili s pomočjo Duncanovega testa ( $p \leq 0,05$ ).

### 3 Rezultati z diskusijo

Število vzniklih rastlin pšenice mesec dni po setvi je v povprečju znašalo 335 rastlin/m<sup>2</sup>, kar predstavlja 48 % od posejanega števila semen. Polovičen poljski vznik lahko pripišemo teksturno težkim tlem, ki se pred setvijo niso dala obdelati do primerne drobnogrudičaste strukture. Tudi literatura navaja, da se lahko pričakuje poljski vznik pšenice pod 60 %, zlasti v glinastih tleh z velikimi strukturnimi agregati (Haumann in Dietzsch, 2000). Kljub velikim razlikam med povprečji posameznih načinov razkuževanja je bil pozitiven vpliv razkuževanja na vznik premajhen, da bi bil lahko statistično značilen (slika 1).



Slika 1: Vpliv različnih načinov razkuževanja semena pšenice (A = Agrostemin, F = Fitolife, M = Maxim 050 FS, V = Vitavax 200-FF) na vznik, prezimitev, gostoto ob spravilu, pridelek zrnja, hektolitrsko maso in absolutno maso zrnja (Ljubljana, laboratorijsko polje, 2009-2010). Različne črke v posameznem grafu označujejo statistično značilno razliko med obravnavanjema (Duncan,  $p \leq 0,05$ ).

Zaradi velikih razlik med osnovnimi parcelicami lahko sklepamo, da so za uspešno kalitev odločilne talne in vremenske razmere v času kalitve in vznika posevka.

Po prezimitvi smo prešteli število rastlin na površinsko enoto in sicer smo kot rastlino smatrali vse poganjke z razvitimi tremi listi. Ugotovili smo, da je razkuževanje s fungicidi pozitivno vplivalo na prezimitev pšenice (slika 1), gostota je bila za 40 % večja kot pri nerazkuženem semenu. Podobne rezultate so dobili v nekaterih letih z desetletnimi poskusi tudi drugi avtorji v Sloveniji (Urbančič Zemljič in Žerjav, 2009). Razkuževanje z Agrosteminom (A) je v primerjavi s setvijo nerazkuženega semena (K) negativno vplivalo na prezimitev pšenice. Gostota je bila manjša za 24 %.

Kljub večjim razlikam med povprečnimi gostotami posevka pred žetvijo pri posameznih načinih razkuževanja semena pšenice statistično značilne razlike niso potrjene (slika 1). To kaže na veliko kompenzacijsko sposobnost pšenice in hkrati tudi na to, da je končno število klasov bolj odvisno od drugih okoljskih dejavnikov, kot so prehranjenost posevka, razpoložljiva vlaga, gostota setve in drugi.

Dodelano in s strani dodelovalca razkuženo seme s fungicidom (obravnavanje V, slika 1) je dalo za 15 % večji pridelek zrnja kot nerazkuženo seme. Ostali trije načini razkuževanja so dali statistično enak pridelek kot nerazkuženo seme. Tudi rezultati vpliva razkuževanja semena raziskovalk Urbančič Zemljič in Žerjav (2009) so v enem letu preučevanega obdobja primerljivi z našimi, za druga leta pa ugotavljata, da razkuževanje semena pšenice s fungicidi ni imelo statistično pozitivnega učinka na pridelek.

Razkuževanje pšenice ni vplivalo na hektolitrsko maso in absolutno maso zrnja pšenice (slika 1). Vrednosti obeh so zelo nizke, kar lahko pripišemo skromnemu gnojenju pšenice z mineralnim dušikom, prisilnemu julijskemu dozorevanju in tudi slabšemu zdravstvenemu stanju rastlin. Klasi so bili močno okuženi z povzročitelji boleznih klasa. Kot je bilo navedeno v materialih in metodah, posevka nismo tretirali s fungicidi med rastno dobo, zato da ne bi zmanjšali vpliva razkuževanja semena na okuženost s povzročitelji glivičnih bolezni.

#### 4 Sklepi

Na podlagi rezultatov poskusa lahko potrdimo, da je setev certificiranega in s strani dodelovalca ustrezno razkuženega semena s primernimi fungicidi še vedno najboljša odločitev za zagotavljanje optimalnega poljskega vznika in dobre prezimitve. Menimo, da je ustrezno razkuževanje, zlasti pri ekstenzivnih tehnologijah pridelave pšenice, možnost za večji pridelek zrnja. Pozitivnega učinka alternativnih načinov razkuževanja semena pšenice, ki bi bili uporabni v ekološkem kmetijstvu, za zdaj ne moremo potrditi. Nakazano je bilo, da razkuževanje semena z Agrosteminom negativno vpliva na vznik, na prezimitev in pridelek ozimne pšenice. Razkuževanje s pripravkom Fitolife obeta pozitivni učinek na zasnovi posevka, njegovo prezimitev in končni pridelek. Treba bi ga bilo preizkusiti v drugačnih rastnih razmerah, predvsem na zemljiščih z boljšim poljskim vznikom. Za nadaljnjo presojo alternativnih postopkov razkuževanja semena pšenice bi bilo v prihodnje potrebno preizkušanje tudi na ekoloških kmetijah, z različno zdravim semenom, predvsem s semenom, pridelanim na ekoloških kmetijah. V prihodnje bi kazalo v preizkušanje vključiti tudi druge pripravke, ki so dovoljeni za razkuževanje žitnega semena v ekološkem kmetijstvu v tujini.

#### 5 Zahvala

Avtorji članka se zahvaljujemo Centru za razvoj kmetijstva in podeželja Jable za donacijo semena pšenice sorte Ficko in Dejenu Rengeu za priprava Fitolife in Agrostemin.

## 6 Literatura

- Bavec, M., Robačar, M., Repič, P., Štabuc Starčevič, D. 2009. Sredstva in smernice za ekološko kmetijstvo. Maribor, Univerza v Mariboru Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Inštitut za ekološko kmetijstvo: 149 str.
- Heumann, G., Dietzsch, H. 2000. Winter- und Sommerweizen. V: Lehrbuch des Pflanzenbaues Band 2: Kulturpflanzen. Lütke Entrup N., Oemichen, J. (ur.). Gelsenkirchen, Verlag Th. Mann: 258-323
- Jahn, M. 2002. Saatgutbehandlung im ökologischen Landbau. Forschungsreport, 2002, 1: 12-15 <http://www.bmelv-forschung.de/fileadmin/sites/FR-Texte/2002/fr-2002-1-06-Saatgutbehandlung.pdf> (17. sep. 2010)
- Killermann, B., Voit, B., Büttner, P. 2007. Brandkrankheiten bei Weizen - Erfahrungen und Ergebnisse aus der Saatgutuntersuchung und Stand der derzeitigen Diskussion. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (avgust 2010), <http://www.lfl.bayern.de/ipz/saatgutenerkennung/23473/steinbrand.pdf> (17. sep. 2010)
- Maček, J. 1987. Posebna fitopatologija Patologija poljščin. 2. Izdaja. Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, VTOZD za agronomijo: 286 str.
- Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o dolžnostih uporabnikov fitofarmacevtskih sredstev. Ur.l. RS št. 30-1323/09
- Pravilnik o trženju semena žit. Ur. L. RS št. 8-210/05
- Wilbois, K.-P., Vogt-Kaute, W., Spieß, H., Jahn, M., Koch, E. 2007. Leitfaden Saatgutgesundheit im Ökologischen Landbau Ackerkulturen. Frankfurt am Main, FiBL Deutschland e. V: 39 str. [http://orgprints.org/11674/1/Leitfaden\\_Saatgutgesundheit\\_Ackerkult.pdf](http://orgprints.org/11674/1/Leitfaden_Saatgutgesundheit_Ackerkult.pdf) (17. sep. 2010)
- Urbančič Zemljič, M., Žerjav, M. 2009. Pregled desetletnih poljskih poskusov z razkuževanjem semena žit. V: Zbornik predavanj in referatov 9. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Nova Gorica, 4.-5. marec 2009. Maček, J. (ur.). Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 191-195
- Zemljič, A., Povše, V. 2008. Opisna sortna lista za pšenico 2008. Grižon, P., Pečnik, M., Rakovec, H. (ur.). Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Fitosanitarna uprava Republike Slovenije (Opisna sortna lista Republike Slovenije, 2, 1): 28 str. [http://www.furs.si/Publications/Seme/OSL\\_zita\\_2008\\_internet.pdf](http://www.furs.si/Publications/Seme/OSL_zita_2008_internet.pdf) (17. sep. 2010)
- Zemljič, A., Rutar, R., Žerjav, M., Verbič, J. 2008. Vpliv sorte, gnojenja z dušikom in razkuževanja semena na okuženost zrnja pšenice s *Fusarium* sp. in okuženost z mikotoksini. V: Novi izzivi v poljedelstvu 2008.: zbornik simpozija. Novi izzivi v poljedelstvu 2008, Rogaška Slatina, 4. in 5. dec. 2008. Tajnšek, A. (ur.). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo – SAD: 257-262

## Pomen varnostnih konstrukcij na traktorjih za varnost traktoristov

Tomaž POJE<sup>100</sup>

### Izvleček

V Sloveniji je najmanj 10 % vseh traktorjev brez kakršne koli varnostne konstrukcije – kabine ali varnostnega loka. Taki traktorji so potencialno zelo nevarni za uporabnika v primeru prevračanja. Varnostna konstrukcija mora zadostiti zahteve glede trdnostnega preizkusa, ki je definiran v tehnični specifikaciji 416. Prikazani so rezultati preizkušanja varnostnih konstrukcij in njihov pomen za varnost traktoristov.

**Ključne besede:** traktor, varnostna konstrukcija, kabina, varnostni lok, trdnostni preizkus, varnost

## The importance of protective structure for the safety of tractor drivers

### Abstract

In Slovenia, at least 10 % of all tractors lack any kind of protective construction – cabin or safety frame. Such tractors are potentially very dangerous for the user in case of overturning. Protective construction ought to meet the requirements regarding the crushing test defined in the technical specification 416. The results of protective construction testing and their importance for the safety of tractor drivers are presented.

**Key words:** tractor, protective construction, cabin, safety frame, crushing test, safety

### 1 Uvod

Traktorji morajo biti že nekaj desetletij opremljeni z varnostno konstrukcijo – kabino ali varnostnim lokom (Zakon o varnosti cestnega prometa, 1982). Kljub temu na slovenskih kmetijah zasledimo še precej traktorjev, ki niso ustrezno opremljeni. Po anketi Kmetijskega Inštituta Slovenije je 10 % vseh traktorjev brez kakršne koli tovrstne zaščite. Po Popisu kmetijstva iz leta 2000 je bilo v Sloveniji nekaj več kot 108000 traktorjev (Popis kmetijskih gospodarstev, Slovenija, 2002), nekateri strokovnjaki ocenjujejo, da jih je celo več kot 120000. Konec leta 2009 pa je bilo registriranih samo 87108 traktorjev. Razlika med registriranimi in vsemi traktorji gre lahko tudi na račun neopremljenosti z varnostno konstrukcijo. S tem, ko pa traktorji ne opravijo tehničnega pregleda, so tudi (običajno) manj vzdrževani in posledično bolj nevarni za uporabnika. Analiza Sveta za preventivo in vzgojo v cestnem prometu kaže, da je v letih od 1981 do 2009 s traktorjem umrlo 858 ljudi (Žlender, 2010). Nad 75 % nesreč pa se je zgodilo zaradi prevrnitve traktorja.

### 2 Material in metode dela

Statični trdnostni preizkus varnostnih konstrukcij je bil izveden na napravi za trdnostno preizkušanje varnostnih struktur traktorjev. Varnostno konstrukcijo traktorja smo preizkusili s statično obremenitvijo s silo (točkovno delovanje sile s kontinuiranim višanjem sile). Meritve so bile izvedene po zahtevah Tehnične specifikacije TSV – 416 o varnostni konstrukciji pri prevrnitvi kmetijskih ali gozdarskih traktorjev (statični preizkus) oziroma zahtevah Code 4 - OECD standard code for the official testing of protective structures on agricultural and

<sup>100</sup> Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, SI – 1000 Ljubljana, e-pošta: tomaz.poje@kis.si

forestry tractors (OECD, 1988). Vpetje varnostne konstrukcije v napravo za trdnostni preizkus je bilo enako kot bi bilo na traktorju.

Merilna veriga je bila sestavljena iz dinamometra za merjenje sile nazivne vrednosti 15 t, inkrementalnega dajalnika za merjenje pomika, mostičnega računalniško krmiljenega ojačevalnik SPIDER 8 Hottinger Baldwin in osebnega računalnika z merilnim programom. Frekvenca vzorčenja merjenega signala je bila 10 Hz, dolžina posamezne meritve pa odvisna od trajanje statičnega preizkusa varnostne konstrukcije.

Preizkusili smo varnostne konstrukcije – kabine proizvajalca BORI KMO (slika 4) in Mehanika Orašje (slika 1) ter varnostni lok proizvajalca Mušič Janez s.p.



Slika 1: Trdnostni preizkus kabine Mehanika Orašje

### 3 Rezultati z diskusijo

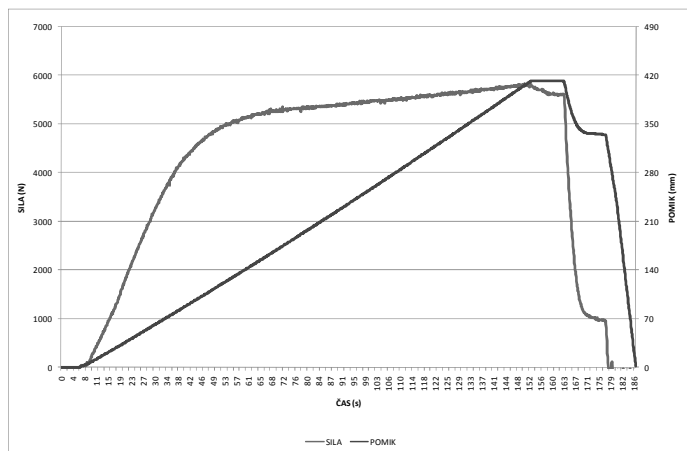
Rezultati meritev statičnega preizkusa varnostne konstrukcije (kabine in varnostnih lokov) so podani v preglednici 1 in preglednici 2 ter na slikah 2 in 3. Obremenitev varnostne konstrukcije je bila izvedena iz bočne in iz prednje strani. Obremenitev s hidravličnim cilindrom opremljenim z dinamometrom sile in merilnikom pomika je bila opravljena vodoravno, pod kotom 90° gledano na navpično sredinsko ravnino varnostne konstrukcije.

*Preglednica 1: Zahtevana energija, sila ob zahtevani energiji, pomik ob zahtevani energiji in maksimalno absorbirana energija pri trdnostnem preizkusu varnostne konstrukcije Mušič Janez s.p.*

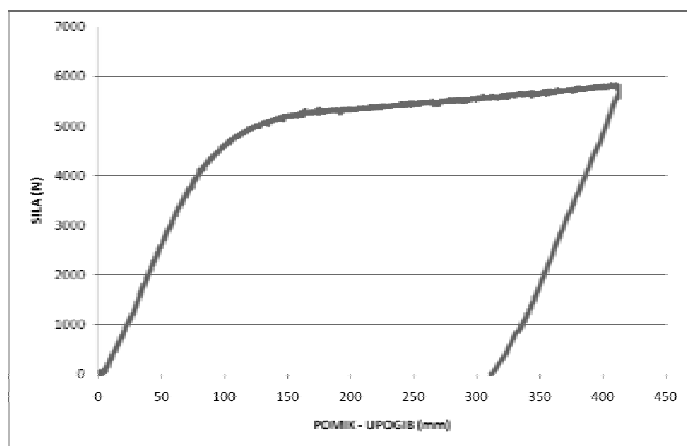
|                             | Zahtevana energija (J) | Sila ob zahtevani energiji (N) | Pomik ob zahtevani energiji (mm) | Maksimalna absorbirana energija (J) |
|-----------------------------|------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Obremenitev iz bočne strani | 1925                   | 10680                          | 225                              | 2061                                |
| Obremenitev iz čelne strani | 1540                   | 5637                           | 342                              | 1938                                |

Pomik in deformacijska energija sta v preglednici 2 podani v trenutku dosega maksimalne sile. Sama deformacijska energija pa kasneje doseže maksimalno vrednost in znaša pri kabini proizvajalca Mehanika Orašje 6178 J, pri Bori kabini pa 21157 J.





Slika 2: Sila in pomik glede na časovni potek ob čelnem trdnostnem preizkusu varnostne konstrukcije Mušič Janez s.p.



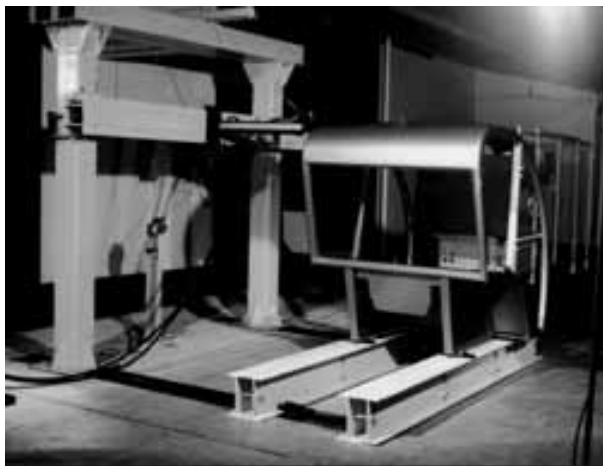
Slika 3: Sila glede na pomik ob čelnem trdnostnem preizkusu varnostne konstrukcije Mušič Janez s.p.

Preglednica 2: Maksimalna sila in pomik varnostne konstrukcije kabine Bori in Mehanika Orašje

| Kabina          | Maksimalna sila<br>(N) | Maksimalna sila<br>(t) | Pomik (mm) | Deformacijska<br>energija (J) |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------|-------------------------------|
| Mehanika Orašje | 12380,5                | 1,260                  | 205,0      | 1903,8                        |
| BORI            | 58639,5                | 5,971                  | 446,1      | 19035,5                       |

Namen teh preskusov je simulirati obremenitve, ki delujejo na varnostno konstrukcijo, v primeru prevrnitve traktorja. Med vsakim preskusom je treba pregledati varnostno konstrukcijo, da se ugotovi, ali je katerikoli njen del prodr v varen prostor okoli vozniškega sedeža. Varnostne konstrukcije, ki pozitivno prestanejo preizkus, zagotavljajo varnost uporabniku – traktoristu. Vendar je za večjo varnost traktorista potrebna tudi uporaba varnostnih pasov, ki so v traktorju trebušne izvedbe. Varnostni pasovi so po trenutni

zakonodaji obvezni za traktorje z oznako T5 – traktorje, ki dosegajo največjo vozno hitrost večjo kot 40 km/h. Tudi v traktorje, ki dosegajo največjo hitrost do 40 km/h že vrsta proizvajalcev traktorjev vgrajuje varnostne pasove. Priznati pa je treba, da uporaba varnostnih pasov med traktoristi še ni najbolj uveljavljena. Uporaba pasu traktorista med prevračanjem s traktorjem namreč obdrži v varnem prostoru okoli sedeža, ki mu ga sicer nudi varnostna konstrukcija. Če med prevračanjem traktorist ni pripet, potem kljub ustrezni kabini lahko pride do hujših ali celo smrtnih poškodb, če traktorist udari v stebriček kabine ali kam drugam.



*Slika 4: Kabina Bori na napravi za trdnostni preizkus varnostnih konstrukcij traktorja*

Sedaj je v Državnem zboru RS v obravnavi nov zakon o motornih vozilih, ki bo prinesel kar nekaj sprememb tudi na področju traktorjev. Policija, kmetijski, delovni in prometni inšpektorji bodo lahko preverjali traktorje tudi izven cestišča, neposredno na njivah, travnikih, vinogradih itd. Lahko bodo spremljali ali so traktorji ustrezno tehnično opremljeni (tudi opremljenost z varnostno konstrukcijo), registrirani itd. V kolikor bo na traktorju vgrajen varnostni pas, ga mora traktorist tudi uporabljati.

Kmetijski inštitut Slovenije razpolaga z merilno opremo in napravo za trdnostni preizkus varnostnih konstrukcij, kar je omogočalo domačim proizvajalcem traktorjev ali varnostnih konstrukcij tudi testiranje njihovih izdelkov, če ustrezajo predpisom. V primeru BORI-ja je ta po uspešnem domačem testiranju bistveno hitreje izpolnil homologacijske zahteve v akreditiranem laboratoriju v tujini.

#### **4 Sklepi**

Danes je sestavni del traktorja tudi njegova varnostna konstrukcija – kabina ali varnostni lok. Že vrsto let morajo biti novi traktorji opremljeni z homologirano varnostno konstrukcijo. Taka kabina ali lok traktoristu omogoča da je tudi v primeru prevrnitve traktorja v varnem prostoru, ki ga zagotavlja varnostna konstrukcija. Ob tem pa bi zelo prav prišla tudi uporaba varnostnega pasu, ki je zakonsko sicer obvezen za traktorje, ki imajo dosegajo največjo vozno hitrost večjo od 40 km/h. V Sloveniji pa je najmanj 10 % traktorjev brez kakršne koli varnostne konstrukcije. Uporaba takih traktorjev pa je potencialno zelo nevarna.

## 5 Literatura

- OECD standard codes for the official testing of agricultural tractors. 1988 Dostopno na: [http://www.oecd.org/document/35/0,3343,en\\_2649\\_33905\\_39577123\\_1\\_1\\_1\\_37401,00.html](http://www.oecd.org/document/35/0,3343,en_2649_33905_39577123_1_1_1_37401,00.html)
- Poje, T., Jejčič, V., Cunder, T. 2006. Tehnično stanje traktorjev na slovenskih kmetijah. *Acta agriculturae Slovenica*, 87(2): 343-354
- Poje, T. 2004. Poročilo o rezultatih statičnega preizkušanja zaščitnih konstrukcij : naročnik: BORI KMO, Kmetijska mehanizacija in oprema d.o.o., (KIS - Študije po naročilu, 440). Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije: 9 s.
- Popis kmetijskih gospodarstev, Slovenija, 2000 št. 777, Ljubljana, 2002 Dostopno na: <http://www.stat.si/doc/pub/rr777-2002/notranjost-preglednice.pdf>
- Zakon o varnosti cestnega prometa. Uradni list SRS z dne 12.2.1982, 243 - 265
- Žlender, B. 2010. Analiza nesreč s kmetijsko mehanizacijo. Predavanje v okviru usposabljanja za predavatelje varnega dela s traktorjem in traktorskimi priključki za biotehnično in gozdarsko srednjo šolo, Novo mesto, 12. in 13. mar. 2010

## Slovenska zakonodaja – gonilo in ovira za razvoj kmetijskih bioplinskih naprav

Tomaž POJE<sup>101</sup>

### Izvleček

V Sloveniji že obratuje ali pa se gradi večje število kmetijskih bioplinskih naprav. Število narašča predvsem zaradi relativno ugodnega sistema za odkup električne energije proizvedene iz bioplina. V letu 2009 je stopila v veljavo nova uredba za podpore električni energiji proizvedeni iz obnovljivih virov energije (OVE). Bioplinske naprave se sedaj delijo po nazivni električni moči kogeneratorskih motorjev in po vrsti vhodnih substratov. Podpora električni energije proizvedeni v bioplinskih napravah je v obliki zagotovljenega odkupa električne energije ali pa finančne pomoči za tekoče poslovanje. Bioplinske naprave morajo tudi pridobiti ustrezno okoljsko dovoljenje in odobritev Veterinarske uprave RS, predelan substrat iz bioplinske naprave pa mora ustrezati zahtevam glede vsebnosti težkih kovin, da se ga lahko uporablja kot organsko gnojilo na kmetijskih površinah.

**Ključne besede:** bioplin, zakonodaja, podpora za odkup električne energije, okoljska dovoljenja, težke kovine, Slovenija

## Slovenian legislation – driving power and obstacle to the development of agricultural biogas plants

### Abstract

In Slovenia there are already working or under construction a greater number of agricultural biogas plants. The number increases mainly due to a relatively favourable system of selling electricity generated from biogas. In 2009 a new decree for the financial support of electricity generated from RES came into force. Biogas plants are currently classified according to nominal electric power of cogenerator engines and according to the type of input substrates. The financial support to electricity generated in biogas plants is divided in the assured selling of electricity or in the financial support for current operations. Biogas plants have to take out a proper environmental licence and approval of Veterinary Direction of the Republic of Slovenia while the substrate processed in biogas plant has to meet the requirements concerning the content of heavy metals so that it may be use as organic fertiliser on agricultural surface.

**Key words:** biogas, legislation, financial support to selling of electricity, environmental licences, heavy metals, Slovenia

### 1 Uvod

Gradnja kmetijskih bioplinskih naprav v Sloveniji se je povečala po letu 2002, ko je vlada Republike Slovenije določila ugodnejše odkupne cene in premije za kvalificirane proizvajalce električne energije, kamor spada tudi proizvodnja elektrike iz bioplina. Oktobra 2010 je bila skupaj instalirana električna moč na kogeneracijskih napravah (kmetijskih) bioplinskih naprav 15,8 MW (slika 1). Toplota se povečini uporablja za ogrevanje same bioplinske naprave in bližnjih objektov. Bioplinska naprava Gjerkeš v Dobrovniku oddaja toploto v bližnje rastlinjake, kjer pridelujejo orhideje. V Sloveniji je bilo leta 2008 ustanovljeno "Združenje proizvajalcev bioplina" in letos GIZ Bioplin. Poleg kmetijskih bioplinskih naprav imamo v Sloveniji tudi proizvodnjo bioplina na centralnih čistilnih napravah za čiščenje odpadnih voda in na odlagališčih komunalnih odpadkov.

<sup>101</sup> Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, SI – 1000 Ljubljana, e-pošta: tomaz.poje@kis.si



biomase in biološko razgradljivih odpadkov. Uredba o podporah električni energiji proizvedeni iz obnovljivih virov energije določa tudi pogoje delovanja za bioplinske naprave. Glede na novo uredbo je sedaj zelo pomembna vrsta vhodnih substratov za bioplinsko napravo, kajti od le teh je odvisna tudi višina odkupne cene električne energije. Uredba definira naslednje vhodne substrate za bioplinske naprave:

B 1 Energetske rastline: Energetske rastline so lesni ali nelesni pridelek gojen posebej v energetske namene.

B 2 Biorazgradljive frakcije izdelkov, ostankov in odpadkov: Ta kategorija zajema biorazgradljive frakcije izdelkov, ostankov in odpadkov iz kmetijstva, vključno s snovmi rastlinskega in živalskega izvora.

C 1, C 2 Biološko razgradljivi komunalni in industrijski odpadki: Biološko razgradljivi komunalni in industrijski odpadki so biološko razgradljiva frakcija industrijskih in komunalnih odpadkov, katerih energetsko uporabo dovoljujejo predpisi o ravnanju z odpadki.

Podpore električni energiji proizvedeni v bioplinskih napravah so:

- zagotovljeni odkup električne energije. Na podlagi te podpore center za podpore ne glede na ceno električne energije na trgu odkupi vso prevzeto neto proizvedeno električno energijo, za katero je proizvodna naprava OVE prejela potrdila o izvoru, po zagotovljenih cenah električne energije, določenih s to uredbo;

ali

- finančna pomoč za tekoče poslovanje (obratovalna podpora). Ta podpora se dodeli neto proizvedeni električni energiji, za katero je prejeto potrdilo o izvoru in ki jo proizvajalci električne energije iz OVE prodajo sami na trgu ali jo porabijo kot lastni odjem.

Proizvajalec ima eno ali drugo vrsto podpore, ne more pa prejemati obeh hkrati. Odkupna cena za proizvedeno (prodano) električno energijo pa se bo oblikovala glede na referenčne stroške (preglednici 2 in 3).

*Preglednica 2: Referenčni stroški proizvodnih naprav na bioplin, proizveden iz biomase<sup>1</sup> (velja za biomaso z več kot 75 odstotnim prostorninskim deležem virov B1 in B2)*

| Velikostni razred<br>proizvodne naprave | Nespremenljivi del<br>referenčnih stroškov<br>(EUR/MWh <sub>el</sub> ) | Spremenljivi del<br>referenčnih stroškov <sup>2,3</sup><br>(EUR/MWh <sub>el</sub> ) | Skupaj<br>(EUR/MWh <sub>el</sub> ) |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Mikro (do 50 kW)                        | 118,72                                                                 | 41,33                                                                               | 160,05                             |
| Mala (do 1 MW)                          | 111,75                                                                 | 44,00                                                                               | 155,76                             |
| Srednja (do 10 MW)                      | 96,18                                                                  | 44,59                                                                               | 140,77                             |

<sup>1</sup>Referenčni stroški v proizvodnih napravah na bioplin z uporabo enega ali več vrst substratov.

<sup>2</sup>Spremenljivi del referenčnih stroškov se letno ali tudi pogosteje usklajuje na podlagi napovedi o referenčnih tržnih cenah substrata koruzne silaže.

<sup>3</sup>Stanje spremenljivih stroškov za leto 2009.

Spremenljivi del referenčnih stroškov se letno ali tudi pogosteje usklajuje na podlagi napovedi Agencije za energijo o referenčnih cenah energije na trgu. Spremenljivi del referenčnih stroškov se na podlagi posebne metodologije uskladi s spremembami cen substrata koruzne silaže iz napovedi o referenčnih tržnih cenah energije.

Cene zagotovljenega odkupa so glede na uporabljeni vhodne substrate in velikostni razred bioplinske naprave enake referenčnim stroškom, in so sestavljene iz dveh delov:

1. nespremenljivi del cene zagotovljenega odkupa je enak nespremenljivemu delu referenčnih stroškov in se ne spreminja ves čas trajanja pogodbe o zagotovljenem odkupu;

2. spremenljivi del cene zagotovljenega odkupa je enak spremenljivemu delu referenčnih stroškov, če je ta določen, in se letno ali tudi pogosteje usklajuje po objavi referenčnih cen goriva.

*Preglednica 3: Referenčni stroški proizvodnih naprav na bioplin, proizveden iz biološko razgradljivih odpadkov (z več kot 25 odstotnim prostorninskim deležem virov C 1 in C 2)*

| Velikostni razred proizvodne naprave | Nespremenljivi del referenčnih stroškov (EUR/MWh <sub>el</sub> ) | Spremenljivi del referenčnih stroškov <sup>1</sup> (EUR/MWh <sub>el</sub> ) | Skupaj (EUR/MWh <sub>el</sub> ) |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Mikro (do 50 kW)                     | 139,23                                                           | /                                                                           | 139,23                          |
| Mala (do 1 MW)                       |                                                                  | /                                                                           |                                 |
| Srednja (do 10 MW)                   | 129,15                                                           | /                                                                           | 129,15                          |

<sup>1</sup>Spremenljivi del referenčnih stroškov, ki je odvisen od količine proizvedene električne energije, se za namene te uredbe zanemari.

Obratovalne podpore (preglednici 4 in 5) se določijo tako, da se od skupnih referenčnih stroškov za bioplinsko napravo in glede na njen velikostni razred, ki se letno ali pogosteje usklajujejo glede na referenčne stroške energentov, odšteje cena, ki jo lahko električna energija iz bioplinске naprave doseže na trgu z električno energijo

*Preglednica 4: Obratovalne podpore za električno energijo v proizvodnih naprav za bioplin, proizveden iz kmetijske biomase (B 1 in B 2)*

| Velikostni razred proizvodne naprave | Obratovalna podpora (EUR/MWh <sub>el</sub> ) |
|--------------------------------------|----------------------------------------------|
| Mikro (do 50 kW)                     | 102,85                                       |
| Mala (do 1 MW)                       | 96,61                                        |
| Srednja (do 10 MW)                   | 80,79                                        |

*Tabela 5: Obratovalne podpore za električno energijo iz proizvodnih naprav za bioplin, proizveden iz biološko razgradljivih komunalnih in industrijskih odpadkov (C 1 in C 2)*

| Velikostni razred proizvodne naprave | Obratovalna podpora (EUR/MWh <sub>el</sub> ) |
|--------------------------------------|----------------------------------------------|
| Mikro (do 50 kW)                     | /                                            |
| Mala (do 1 MW)                       | 80,08                                        |
| Srednja (do 10 MW)                   | 69,35                                        |

Nova Uredba uvaja tudi bonuse – dodatke, ki jih dosedanja zakonodaja ni imela. Ti bonusi so:

- Če se letno koristno izrabi toplota v obsegu več kot 15 % vhodne energije bioplina, je bioplinška naprava upravičena do izplačila dodatka v višini 10 % obratovalne podpore. Toplota iz bioplinarne, ki se porabi za pridobivanje bioplina, se ne šteje za koristno toploto.
- Če gnoj in gnojevka letno pomenita prostorninsko več kot 30 % substrata za pridobivanje bioplina, je bioplinška naprava upravičena do izplačila dodatka v višini 10 % obratovalne podpore.
- Če gnoj in gnojevka letno pomenita prostorninsko več kot 70 % substrata za pridobivanje bioplina, je bioplinška naprava z nazivno električno močjo do 200 kW upravičena do izplačila dodatka v višini 20 % obratovalne podpore.

Na področju okoljevarstvenih dovoljenj Zakon o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 41/2004 z dne 22. 4. 2004) poleg drugega nalaga povzročitelju onesnaževanja obveznost izvajanja

ukrepov za preprečevanje in zmanjšanje onesnaževanja, tako da emisije v okolje ne presegajo predpisanih mejnih vrednosti. Naprava, v kateri poteka dejavnost, ki lahko onesnažuje okolje z emisijami, mora imeti strokovno oceno ali okoljevarstveno dovoljenje ali IPPC dovoljenje (IPPC – Integrated Pollution Prevention and Control - dovoljenje po Uredbi o vrsti dejavnosti in naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega). Pri tem je potrebno upoštevati Uredbo o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja, Uredbo o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih plinskih turbin z vhodno toplotno močjo manj kot 50 MW in nepremičnih motorjev z notranjim zgorevanjem in Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu emisije snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja ter o pogojih za njegovo izvajanje.

Bioplinska naprava spada med naprave, ki lahko povzročajo onesnaževanje zraka. Viri onesnaženja zraka so lahko: skladišča vhodnih substratov, mešalna jama, digestorji, digestorji s plinohramom, končni zalogovnik, separacija, kogeneracijska enota – izpust, bakla. Uvrstitev bioplinske naprave v določeno skupino naprav glede vrste dovoljenja je odvisna od vrste vhodnega substrata in količine vhodnega substrata. Do sedaj so bile možne tri vrste dovoljenj: strokovna ocena, okoljevarstveno dovoljenje, IPPC dovoljenje.

Strokovna ocena vplivov emisije snovi v zrak je potrebna za bioplinske naprave, kjer je do 10 ton rastlinskega materiala na dan kot vhodnega materiala. Strokovno oceno izdelata pooblaščen izvajalec obratovalnega monitoringa, vsebina je predpisana, investitor jo potrebuje za pridobitev gradbenega dovoljenja. Okoljevarstveno dovoljenje je potrebno za bioplinske naprave, kjer je proizvodna zmogljivost več kot 10 ton rastlinskega materiala na dan. Pri okoljevarstvenem dovoljenju je potrebno preveriti ali je le to potrebno tudi za odpadke, vodo, hrup. Izda pa se le eno skupno dovoljenje. Prav tako je okoljevarstveno dovoljenje potrebno za bioplinske naprave, kjer je količina vhodnih živalskih substratov do 10 t/dan ne glede na količino vhodnih rastlinskih substratov. IPPC dovoljenje pa je potrebno za bioplinske naprave, kjer se uporabi več kot 10 ton gnoja/gnojevke na dan oziroma kjer se uporablja več kot 10 t živalskih stranskih produktov na dan.

Tudi za izpuste iz kogeneratorskih enot so določene mejne vrednosti, ki so prikazane v preglednici 6.

*Preglednica 6: Mejne vrednosti emisije snovi v zrak pri kogeneratorskih enotah*

| Moč naprave   | Celotni prah<br>(mg/m <sup>3</sup> ) | CO<br>(mg/m <sup>3</sup> ) | NO <sub>2</sub><br>(mg/m <sup>3</sup> ) | CH <sub>2</sub> O<br>(mg/m <sup>3</sup> ) | H <sub>2</sub> S<br>(mg/m <sup>3</sup> ) | NH <sub>3</sub><br>(mg/m <sup>3</sup> ) | SO <sub>2</sub><br>(mg/m <sup>3</sup> ) |
|---------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 3 MW in več   | 20                                   | 650                        | 500                                     | 60                                        | 3                                        | 15                                      | 350                                     |
| manj kot 3 MW | 20                                   | 1000                       | 1000                                    | 60                                        | 3                                        | 15                                      | 350                                     |

Uredba o živalskih stranskih proizvodih narekuje, da bioplinska naprava, ki uporablja kot surovino živalske stranske proizvode (ŽSP) mora v odvisnosti od vrste vhodnih substratov pridobiti odobritev (dovoljenje) Veterinarske uprave RS. Ta dejavnost VURS-a temelji na evropski in slovenski zakonodaji (Uredba Evropskega Parlamenta in Sveta št. 1774/2002, z vsemi dopolnili, izvedbenimi predpisi in ustreznimi slovenskimi zakoni.) Uredba (ES) 1774/2002 določa zdravstvena pravila za zbiranje, prevoz, skladiščenje, ravnanje z njimi, predelavo in uporabo ali odstranitev, da ŽSP ne predstavljajo tveganja za zdravje ljudi in živali; dajanje na trg, uvoz in izvoz. Loči se tri kategorije živalskih stranskih produktov. Snovi kategorija 1 se ne smejo uporabljati za običajno proizvodnjo bioplina, razen s postopkom visokotlačne hidrolize v bioplin. Ta postopek je namenjen predelavi snovi, ki pridejo iz



običajnih kafilerij z metodo 1 (220°C, 20 min., 25 bar), nato pa sledi anaerobna predelava v bioplin. Nastali bioplin se hitro sežge v istem obratu pri 900°C. Celoten postopek poteka na istem mestu, v zaprtem sistemu. Take proizvodnje bioplina v Sloveniji še ni.

Snovi kategorija 2 so: gnoj in vsebina prebavnega trakta sesalcev, ostanki s čistilnih naprav za odpadne vode iz obratov za predelavo snovi kategorije 2 in 3 ter klavnic, itd.

Snovi kategorija 3 so: vsi deli zaklanih živali, primernih za prehrano ljudi (opravljen pregled pred in po zakolu), kri nesesalcev, koža in krzno, črevo in roževina, svinjske ščetine in perje zaklanih živali, pri katerih je bil opravljen pregled pred zakolom, jajčne lupine, stranski proizvodi valilnic, počena jajca živali, ki ne kažejo kliničnih znakov bolezni, ki se prenašajo na človeka ali živali; surovo mleko zdravih živali, živila, ki so namenjena za prehrano živali iz komercialnih razlogov ali napak, ki ne predstavljajo tveganja za zdravje ljudi ali živali, odpadki iz gostinskih dejavnosti, vključno z jedilnim oljem itd.

Glede na snovi kategorije 2 ali 3 so za uporabo v bioplinskih napravah v veljavi standardi predelave, kjer so zahteve glede velikosti delcev, minimalne temperature in minimalnega časa obdelave. Za snovi kategorije 2: po toplotni obdelavi v kafileriji (133°C/3 bari/20 min). Za snovi kategorije 3 (pasterizacijska enota) mora biti največja velikost delcev: 12 mm, minimalna temperatura v reaktorju pa 70°C, minimalni čas obdelave celotne snovi 60 min. Tako predobdelan substrat pa gre lahko v bioplinsko napravo v proces nastanka bioplina.

Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Uradni list RS, št. 62/2008 z dne 20. 6. 2008) predpisuje tudi mejne vrednosti za baker in cink v kompostu (kamor spada tudi predelan substrat iz bioplinske naprave). Predelan substrat iz bioplinske naprave, ki vsebuje živinska gnojila iz intenzivne reje živali (predvsem v prašičji gnojevki in perutninskem gnoju) je lahko problematičen iz stališča vsebnosti bakra in cinka. V primeru preseganja dokaj rigoroznih mejnih vrednosti se tak predelan substrat ne sme uporabljati kot gnojilo na kmetijskih površinah.

### 3 Sklepi

Slovenija je tako kot druge članice Evropske skupnosti zavezana, da poveča delež obnovljivih virov energije. Med nje sodi tudi proizvodnja bioplina in posledično tudi elektrike ter toplote. Vlada RS je pospešila razvoj bioplinskih naprav že leta 2002 s sprejemom ugodnejših odkupnih cen za elektriko iz bioplinskih naprav. Nova uredba sprejeta leta 2009 je dokaj ugodna za lastnike bioplinskih naprav, saj bolje stimulira kmetijske bioplinske naprave, lastnikom pa daje tudi dolgoročno varovanje za njihove investicije. Po drugi strani pa lahko zlasti zakonodaja iz področja varstva okolja, ki je sicer nujno potrebna, zmanjšuje interes za bioplinske naprave.

### 4 Literatura

- Kotesko, I. 2009. Bioplinarne in emisije snovi v zrak. Predavanje na seminarju Bioplin (Od ideje do realizacije bioplinske naprave) v okviru projekta Biogas Regions, Ljubljana, 26. nov. 2009
- Poje, T. 2009. Legal situation concerning the energy policy in the south-eastern Europe. Regulation of the purchase of electricity generated from renewable energy sources in Slovenia. Predavanje na konferenci Biomasse in Südosteuropa, Berlin, 29. okt. 2009
- Poje, T. 2009. Utilization of biomass in the south-eastern Europe - current situation and perspectives. Situation and perspectives in the utilization of biodiesel, plant oil and biogas in Slovenia. Predavanje na konferenci Biomasse in Südosteuropa, Berlin, 29. okt. 2009
- Poje, T., Jejčič, V. 2009. The situation and perspective in the field of agricultural biogas plant in Slovenia. In proceedings of the 37. International Symposium on Agricultural Engineering, Opatija,

Croatia, 10.-13. February 2009. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizacijo poljoprivrede: 241-246

Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov. Uradni list RS, št. 62/2008 z dne 20. 6. 2008.

Dostopno na: <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200862&stevilka=2628>

Uredba o vrsti dejavnosti in naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega. Uradni list RS, št. 97/2004 z dne 3. 9. 2004.

Dostopna na: <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200497&stevilka=4267>

Uredba o podporah električni energiji, proizvedeni iz obnovljivih virov energije. Uradni list RS, št. 37/2009 z dne 18. 5. 2009.

Dostopna na: <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200937&stevilka=1780>

Zakon o varstvu okolja (ZVO-1) Uradni list RS, št. 41/2004 z dne 22. 4. 2004 Dostopno na:

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200441&stevilka=1694>

Živalski stranski proizvodi. Veterinarska uprava RS. Dostopno na:

[http://www.vurs.gov.si/si/zakonodaja\\_in\\_dokumenti/veljavni\\_predpisi/zivalski\\_stranski\\_proizvodi/#c17042](http://www.vurs.gov.si/si/zakonodaja_in_dokumenti/veljavni_predpisi/zivalski_stranski_proizvodi/#c17042)

## Ocena vodnih perspektiv na območju Slovenije in možnost rabe vode v kmetijski pridelavi

Rozalija CVEJIC<sup>102</sup>, Matjaž TRATNIK<sup>103</sup>, Aleš BIZJAK<sup>104</sup>, Jana MELJO<sup>105</sup>, Franci STEINMAN<sup>106</sup>, Karin KOZELJ<sup>107</sup>, Tanja PREŠEREN<sup>108</sup>, Janko URBANC<sup>109</sup>, Kim MEZGA<sup>110</sup>, Marina PINTAR<sup>111</sup>

### Izvleček

Ocenjene so vodne perspektive na območju Slovenije in možnosti rabe vode v kmetijski pridelavi za posamezne vodne vire (vodotok, akumulacija, podzemna voda in prečiščena odpadna voda iz komunalnih čistilnih naprav). Na območju Slovenije je bilo definiranih 194.740 ha kmetijskih zemljišč (KZ) primernih za namakanje. Z vodo, ki je na voljo iz vodotokov prvega reda ter iz akumulacij na Savi in Dravi, bi lahko namakali 52.330 ha KZ. Iz obravnavanih akumulacij (brez akumulacij primarno namenjenih hidroelektrarnam) lahko namakamo 6.770 ha KZ. Količine podzemne vode za rabo so sicer velike in bi lahko oskrbele 117.950 ha KZ, težava je njihova prostorska razpoložljivost. Prečiščena odpadna voda (POV) iz komunalnih čistilnih naprav (ČN) ni primeren vir vode za namakanje, razen na območjih, kjer ni površinskih vodotokov. Razpoložljivost vode za potrebe namakanja KZ je časovno in prostorsko spremenljiva, dodatno pa na njo vplivajo ekonomski, institucionalni in sociološki dejavniki, katerim bo v prihodnosti potrebno posvetiti posebno pozornost, če bomo hoteli izboljšati razpoložljivost vode za namakanje v kmetijski pridelavi.

**Ključne besede:** namakanje, vodni viri, vodne perspektive, razpoložljivost vode

## The water perspectives for Slovenia and possibilities for using water in agriculture

### Abstract

The water perspectives for Slovenia and possibilities for using water in agriculture were assessed for surface water streams, existing reservoirs, groundwater and waste water for municipal waste water plants. There are 194.740 ha of agricultural land identified as suitable for irrigation. Estimated water reserves from surface water streams and hydropower accumulation lakes could provide enough water to irrigate 52.330 ha of agricultural land. Water reserves from reservoirs could provide enough water to irrigate 6.770 ha. Groundwater reserves could provide water for 117.950 ha of agricultural land, however its spatial availability varies. Waste water from municipal waste water plants is not a suitable water resource for irrigation, except on the areas of Slovenia where surface water streams are nonexistent due to the Karst landscape features. The availability of water for irrigation greatly varies spatially and temporally. Additionally it is affected by, economic, institutional and social factors. These will require close attention in the future, if the availability of water for agriculture is to be improved.

**Key words:** irrigation, water resources, water perspectives, water availability

<sup>102</sup> Mag., univ. dipl. inž. agr., IZVO d.o.o., Pot za Brdom 102, 1000 Ljubljana, e-pošta: rcvejic.bf@gmail.com

<sup>103</sup> Univ. dipl. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: matjaz.tratnik@bf.uni-lj.si

<sup>104</sup> Dr., univ. dipl. inž. kraj. arh, Inštitut za vode RS, Hajdrihova 28c, 1000 Ljubljana, e-pošta: ales.bizjak@izvrs.si

<sup>105</sup> Univ. dipl. inž. grad., prav tam, e-pošta: jana.meljo@izvrs.si

<sup>106</sup> Univ. dipl. inž. grad., Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, UL, Hajdrihova 28, 1000 Ljubljana, e-pošta: franci.steinman@fgg.uni-lj.si

<sup>107</sup> Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: karin.kozelj@fgg.uni-lj.si

<sup>108</sup> Univ. dipl. inž. grad., prav tam, e-pošta: tanja.preseren@fgg.uni-lj.si

<sup>109</sup> Dr., univ. dipl. inž. geol., Geološki zavod RS, Dimičeva ulica 14, 1000 LJ, e-pošta: janko.urbanc@geo-zs.si

<sup>110</sup> Univ. dipl. inž. geol., prav tam, e-pošta: kim.mezga@geo-zs.si

<sup>111</sup> Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

## 1 Uvod

V Sloveniji se pojavlja kmetijska suša. Po eni strani država neučinkovito razporeja denarna sredstva za preprečevanje posledic suše, po drugi strani pa investira v odpravo posledic suše (Računsko sodišče RS, 2007), ki se v Sloveniji, kljub temu, da je hidrološko bogata z vodo (ARSO, 2003), pojavlja v rednih intervalih. V zadnjih 40 letih se je v Sloveniji pojavila 11 krat (Sušnik in Kurnik, 2005; Pintar, 2004). V letu 2007 je povzročila 16,5 mio. EUR škode na 27.875 ha KZ, v 56 od 210 občin (Vlada RS, 2007). V letu 2008 je Vlada RS odobrila finančno pomoč v višini četrtnine celotnega zneska škode (Sušnik in Matajc, 2008) in investirala 4,5 mio. EUR, da bi omilila posledice škode iz leta 2007. V istem letu so državna sredstva za uvedbo ali obnovo velikih namakalnih sistemov ostala popolnoma neporabljena. Na razpoložljivost vodnih količin (RVK) vplivajo tako hidrološki, ekonomski, sociološki kot institucionalni dejavniki. V ciljnem raziskovalnem programu (CRP), ki ga je financiralo Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano RS (MKGP) (Pintar in sod., 2010), so bile skozi hidrološko razpoložljivost in ekonomsko upravičenost rabe, količinsko in prostorsko definirane količine vode, ki so na voljo za rabo oz. za namakanje KZ iz različnih vodnih virov (vodotok, akumulacija, podzemna voda, prečiščena odpadna voda (POV) iz komunalnih čistilnih naprav (ČN)). Rezultate CRP bo potrebno identificirati in odpraviti še sociološke in institucionalne dejavnike, ki negativno vplivajo na RVK za potrebe namakanja KZ.

## 2 Metode dela

CRP je bil izveden v osmih delovnih nalogah (DN). Za potrebe prvih sedmih DN so bile opravljene samostojne analize in raziskave. Vključevale so različne vire in metode pridobivanja ter obdelave podatkov: primerjave, preglede, analize in sinteze baz podatkov, arhivskega materiala, statističnih podatkov in strokovne literature. Analizirana je bila veljavna zakonodaja in pravilniki s posameznega obravnavanega področja. Opravljeni so bili terenski ogledi in intervjuji. DN obravnavajo različna področja (povezanost namakanih sistemov na obstoječe vodne vire, KZ primerna za namakanje, razpoložljive vodne količine po posameznih vodnih virih, ranljivost kmetijske pridelave na sušo), zato je bila metodologija oblikovana za vsako DN posebej. Osmo DN predstavlja sintezo, ki kartografsko prikazuje oceno vodnih perspektiv na območju Slovenije in možnosti rabe vode v kmetijski pridelavi. V nadaljevanju so prikazani rezultati CRP.

## 3 Rezultati in diskusija

### 3.1 POVEZANOST NAMAKALNIH SISTEMOV NA OBSTOJEČE VODNE VIRE

Da bi pridobili podatke o vodnih virih in količinah vode porabljenih na obstoječih namakalnih sistemih (NS), so bile uporabljene evidenca podeljenih vodnih pravic Agencije RS za okolje in prostor (ARSO), evidenca VOD-N Statističnega urada RS (SURS) in podatki baze Katastra melioracijskih sistemov in naprav (KatMeSiNa), ki jo vodi Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS (MKGP). Sicer dobro zastavljene evidence, so med seboj nezdružljive. Potrebno jih je dopolniti in izboljšati povezljivost podatkov. Smiselno bi bilo, da bi evidence MKGP in MOP povezali na način, da bi MKGP dobilo povratno informacijo MOP-a o podeljenih vodnih pravicah, kar bi se lahko naknadno vneslo v bazo KatMeSiNa in s tem zagotovilo celovitost podatkov o letni količini dovoljene porabe vode ( $m^3$ ) in vodnem viru.

Vzpostavitev sistema merjenja in poročanja o porabljenih količinah vode za namakanje ter vnos teh podatkov v bazo KatMeSiNa, bi podali pregled nad povezanostjo namakalnih sistemov na obstoječe vodne vire in rabo vode.

### 3.2 DEFINIRANJE POTENCIALNIH NAMAKALNIH POVRŠIN

Na podlagi podatkov evidence dejanske rabe KZ (MKGP, 2010) so določena KZ potencialno primerna za namakanje. Upoštewane so kategorije KZ, ki jih v Sloveniji že namakamo, jih namakamo poskusno oz. bi jih v določenih primerih lahko namakali: njiva oziroma vrt (1100), hmeljišče (1160), trajne rastline na njivskih površinah (1180), rastlinjak (1190), matičnjak (1212), intenzivni sadovnjak (1221), oljčnik (1230), ostali trajni nasadi (1240), plantaža gozdnega drevja (1420), neobdelano kmetijsko zemljišče (1600). Po podatkih evidence dejanske rabe imamo v Sloveniji 194.740 ha KZ, ki so potencialno primerna za namakanje.

### 3.3 PERSPEKTIVE RABE TEKOČIH POVRŠINSKIH VODA

Določitev razpoložljivih vodnih količin za rabo iz samostojnih vodnih telesa površinskih voda, temelji na izračunu razlike med merodajno količino vode in vodo, ki mora ostati v vodotoku kot ekološko sprejemljiv pretok ( $Q_{es}$ ). Merodajni pretok ( $Q_{mer}$ ) predstavlja velikostni razred pretoka  $Q_{95}$ , ki pomeni pogostost pojava srednjega mesečnega pretoka v 95 % primerov. Razpoložljive vodne količine (RVK) za rabo iz vodotokov so bile določene na vodno telo natančno. V nadaljnjo obravnavo so bili vključeni vodotoki, za katere se predvideva, da je neposreden odvzem vode v času april-september mogoč. KZ, ki so oddaljena največ 3 km horizontalno od vodotoka, ležijo na do 100 m višinske razlike od najbližje točke vodotoka in ležijo znotraj prispevne površine vodnega telesa, so bila obravnavana kot najprimernejša za namakanje iz vodotokov. Da smo v obravnavo vključili več površin primernih za namakanje, smo v nekaj primerih zgornje omejitve prekoračili (npr. Sorško polje, Krško polje) in obravnavali površine oddaljene do 5 km od vodotoka. Skupno je na teh območjih 62.909 ha KZ primernih za namakanje. V nadaljevanju je bilo privzeto, da se lahko vse RVK, porabijo za namakanje KZ na definiranem območju. S pomočjo hidromodula, ki izraža potrebne vodne količine v l/s/ha, je bil izračunan obseg KZ primernih za namakanje (ha, %), ki bi jih lahko oskrbeli z RVK. Od 70 obravnavanih območij, kjer je neposreden odvzem vode mogoč, je 14 območij, kjer z RVK ne moremo namakati vseh KZ primernih za namakanje. Skupno lahko na območjih namakamo 52.330 ha. To še ne pomeni, da je z vodo mogoče namakati vsa primerna KZ hkrati. Pri tem je potrebno upoštevati načelo delitve vode. RVK, ki jo porabimo na območju gorvodno, je potrebno odšteti od RVK, ki je na voljo dolvodno. Iz tega razloga so bili oblikovani scenariji vpliva rabe RVK. Učinki vpliva rabe RVK v izračunih niso upoštevani, saj bi to pomenilo delitev vode. Ta proces je del medprostorskega in medsektorskega dogovarjanja za RVK, ki ga bo v prihodnosti v Slovenskem prostoru potrebno šele institucionalizirati.

### 3.4 PERSPEKTIVE RABE VODNIH ZADRŽEVALNIKOV

Vodni zadrževalniki izboljšujejo časovno razpoložljivost vode za potrebe namakanja KZ in so, poleg RVK iz vodotokov, pomemben vir vode za namakanje KZ. Obravnavanih je bilo 32 obstoječih zadrževalnikov, od katerih je osem primarno namenjenih hidroenergetski rabi (na Savi in Dravi). Raziskava na terenu je pokazala, da se vodo za namakanje KZ uporablja le iz štirih od desetih zadrževalnikov, ki imajo namakanje opredeljeno kot eno od mogočih rab (Pernica, Vanganel, Žovneško jezero in Vogršček).

Določen je bil okviren potencial zadrževalnikov z vidika rabe vode za namakanje KZ. Če ni bilo drugače določeno, smo privzeli, da bi lahko za namakanje KZ porabili 30 % volumna

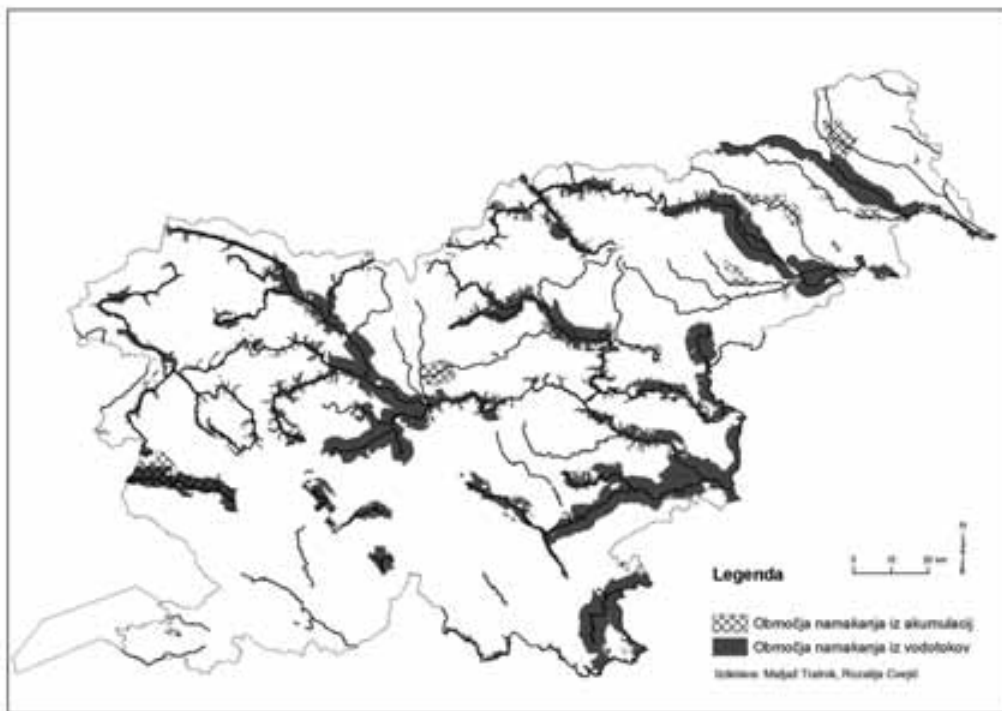
zadrževalnika. Izbrana vrednost je pod povprečjem volumna, ki se ga lahko za namakanje KZ uporablja iz ostalih večnamenskih zadrževalnikov (namakanje, poplavna varnost, ribištvo). Iz obravnavanih akumulacij (brez akumulacij za hidroenergetsko rabo) bi lahko, ob upoštevanju norme namakanja  $2500 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$ , z vodo oskrbovali 6770 ha površin primernih za namakanje. Poudariti je potrebno, da se nekatere od teh površin prekrivajo s površinami definiranimi za namakanje iz vodotokov. V nadaljevanju so navedeni obravnavani zadrževalniki in površine KZ, ki bi jih z RVK iz zadrževalnikov lahko namakali: akumulacije Pernica, Komarnik, Pristava, Radehova in Gradišče (767 ha); akumulacije Savci (54 ha), Požeg (192 ha), Dežno (32 ha), Medvedci (320 ha); akumulacija Vanganel (52 ha); akumulacije Bukovnica (20 ha), Hodoš (59 ha), Negova (29 ha), Blaguš (47 ha); Gajševsko jezero (306 ha), Ledavsko jezero (966 ha); Žovneško jezero (480 ha); Šmartinsko jezero (172 ha); Slivniško jezero (294 ha); akumulacije Vogršček (2720 ha), Kozlink (20 ha); Drtjščica (240 ha); akumulaciji Mola in Klivnik (v okviru trenutnega obratovanja nimata RVK za namakanje KZ). Koncesijske pogodbe za hidroenergetsko rabo vodotokov, s katerimi so določene količine vode za rabo, veljajo na določenih odsekih vodotokov (gorvodno in dolvodno od hidroelektrarn) in ne samo na ožjem območju obravnavanih akumulacij za hidroelektrarne. Zato so bile količine vode na voljo za namakanje in površine primerne za namakanje iz teh odsekov vodotokov upoštevane pri obravnavi vodotokov. Pregled stanja in obratovanja zadrževalnikov je pokazal na neobstoj medsektorskega iskanja potencialov rabe in upravljanja zadrževalnikov, posledica česar je slabša izkoriščenost in nepoznavanje potencialov zadrževalnikov. V prihodnosti bo potrebno oblikovati upravljalško strukturo, ki bo nosila vlogo koordiniranja večnamenske rabe zadrževalnikov.

### 3.5 PERSPEKTIVE RABE PODZEMNE VODE

Če za namakanje KZ ni mogoče uporabiti vode iz površinskih voda, imamo na voljo tudi podtalnico. Čeprav to v Sloveniji varujemo kot pitno vodo, je bilo na podlagi analize sedanje rabe podzemne vode ugotovljeno, kolikšen del razpoložljivih virov podzemne vode bi bilo možno uporabiti za namakanje KZ, ter na katerih območjih se te proste kapacitete nahajajo. Podeljena vodna pravica izraža rezervacijo vode in ne pomeni dejanskega odvzema podzemne vode. Čeprav je z vodnimi pravicami podeljenih bistveno več RVK podzemne vode (tudi do 100 % RVK), pa je analiza porabljenih RVK pokazala, da iz posameznih teles podzemne vode porabimo relativno majhen delež RVK (do 35 %). Pregled stanja kaže na to, da obstajajo RVK, ki bi jih lahko pod določenimi pogoji uporabili za namakanje KZ. Predlagana je uvedba pogojnih soglasij za rabo podzemne vode za namakanje KZ. Soglasje bi dovoljevalo odvzem neporabljenih, vendar rezerviranih RVK podzemne vode v normalnih hidroloških pogojih. Ob ekstremnih sušah, ki bi poslabšale količinske razmere v vodonosniku, odvzem teh RVK ne bi bil več dovoljen.

Ugotovljeno je bilo, da so na 12 od 21 vodnih teles podzemne vode, RVK, ki z vidika primernih površin KZ za namakanje pokrijejo 100 % potrebe po vodi (Karavanke, Vzhodne Alpe, spodnji del Savinje do Sotle, Posavsko hribovje do osrednje Sotle, Kamniško-Savinjske Alpe, Cerkljansko, Škofjeloško in Polhograjsko hribovje, Obala in Kras z Brkini, Julijske Alpe v porečju Save, Kraška Ljubljana, Julijske Alpe v porečju Soče, Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota, Dolenjski kras). Preostalih devet ima ta odstotek RVK manjši: Savska kotlina in Ljubljansko Barje (94 %), Haloze in Dravinjske Gorice (76 %), Zahodne Slovenske gorice (54 %), Savinjska kotlina (64 %), Goričko (34 %), Krška kotlina (38 %), Dravska kotlina (30 %), Vzhodne Slovenske gorice (29 %) in Murska kotlina (17 %). Skupna namakana površina z RVK podzemne vode bi tako lahko obsegala 117.950 ha, toda upoštevati je potrebno prostorsko dostopnost podzemne vode, ki ni povsod enaka. Definirana so bila

območja, kjer je podzemna voda lahko, srednje in težko dostopna, kar nam lahko pomaga pri odločanju za rabo katerega vodnega vira se bomo na območju odločili.



Slika 9: Ocena vodnih perspektiv na območju Slovenije in možnosti rabe vode v kmetijski pridelavi.

Opomba: Površine, primerne za namakanje na ostalih območjih, se potencialno lahko namakajo s podtalnico, vendar je potrebno upoštevati dejstvo, da je podtalnica mestoma nedostopna.

### 3.6 PERSPEKTIVE RABE PREČIŠČENE ODPADNE VODE IZ ČISTILNIH NAPRAV

Perspektive rabe prečiščene odpadne vode (POV) iz komunalnih čistilnih naprav (ČN) za namakanje KZ, z vidika količin, kakovosti in zakonskih omejitev, je pokazala, da POV predstavlja potencial predvsem na območjih brez površinskih tekočih voda (Divača, Kastelec, Sežana, Rakek, priobalni pas na Primorskem). Na preostalih območjih je potencial rabe POV zelo majhen iz različnih razlogov (POV je upoštevana v bilanci RVK iz tekočih površinskih voda; vprašanja kakovosti in skladiščenja POV za namakanje KZ; vprašanja varnosti uporabe).

Analiza podatkov monitoringa odpadne POV na ČN (MOP, 2009) je pokazala, da je večina POV iz ČN primerna ali pogojno primerna za namakanje KZ (245 od 245 ČN). To pomeni, da razpoložljivi merjeni parametri POV (temperatura, povprečni pH, povprečna vsebnost skupnega dušika na iztoku, povprečna vsebnost fosforja na iztoku in povprečna vsebnost nitratnega dušika na iztoku) ustrezajo parametrom, ki jih mora imeti voda, s katero namakamo. Težava je mikrobiološka neoporečnost POV. Na podlagi presoje tehničnih zmogljivosti posameznih ČN (ARSO, 2007), je bilo ugotovljeno, da je le 19 od 223 obravnavanih ČN takšnih, ki lahko ob normalnem delovanju zagotavljajo tudi mikrobiološko ustrezno POV za namakanje KZ. Količina vode iz omenjenih čistilnih naprav je 9,1 mio m<sup>3</sup>

vode/leto, kar predstavlja 8,2 % vse prečiščene vode iz obravnavanih čistilnih naprav. Količine POV so zajete v količinski monitoring površinskih voda, saj se POV iz ČN v večini primerov odvaja v površinske vodotoke, zato količin ne moremo ločevati. POV je obogatena s hranili (dušik, fosfor). To, iz vidika fertigacije ugodno lastnost, je potrebno upoštevati v bilanci gnojenja. Namakanje s POV zahteva od uporabnikov veliko več znanja, saj je potencialnih nevarnosti ob namakanju KZ s POV veliko, tako za uporabnika vode, kot za potencialnega uživalca rastlinskih pridelkov namakanih s POV.

#### 4 Sklepi

Kljub temu, da je Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS (MKGP), v obdobju med letoma 2003 in 2008, izdalo več priporočil za preprečevanje posledic suše v rastlinski pridelavi (Pintar in sod., 2003; Edelbaher, 2003; Pintar, 2003; Milevoj, 2003; Knapič, 2003; Pintar, 2006; Kodrič, 2006; Štampar, 2006; Rode in sod., 2006; Ugrinovič in sod., 2008), se soočamo z velikim neznanjem pridelovalcev o potrebah rastlin po vodi. Nad porabo vode v rastlinski pridelavi imamo slab pregled, kljub nekaterim dobro zastavljenim orodjem za spremljanje le-te (nekompatibilnost med vodno knjigo, KatMeSiNa in raziskavo VOD-N), z vodno infrastrukturo pa upravljamo izrazito sektorsko (zadrževalniki). Vsi vodni viri so del hidrološkega kroga (vodnega kroga) in so kot taki med seboj bolj ali manj povezani. Sinteza študije je karta Slovenije v merilu 1:250.000, na kateri so prikazane površine primerne za namakanje glede na obravnavan vodni vir. Za pričujoči prispevek je pripravljen poenostavljen prikaz (Slika1). Raziskava je pokazala, da je v Sloveniji vode za rabo veliko, težava je, da je prostorska spremenljivost razpoložljivosti vode za potrebe kmetijske pridelave relativno slaba. Rezultate te naloge je potrebno podkrepiti z učinkovito strategijo namakanja, ki bo navedene dejavnike prepoznavala in usmerjala. Še posebej na območjih, kjer je razpoložljivost vode manjša, kot so potrebe kmetijske pridelave, bo potrebno trud vložiti v medsektorsko in medprostorsko dogovarjanje za vodo.

#### 5 Literatura

- ARSO. 2003. Ranljivost Slovenskega kmetijstva in gozdarstva na podnebno spremenljivost in ocena predvidenega vpliva. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje: 147 s.
- ARSO. 2007. Podatki monitoringa komunalnih čistilnih naprav.
- Edelbaher, M. 2003. Osnove trženja proizvodov pridelave z namakanjem. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS: 33 s.
- Kodrič, I. 2006. Zaščita pred spomladansko pozebo. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS: 35 s.
- Milevoj, L. 2003. Vpliv namakanja na bolezni in škodljivce vrtnin. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS: 35 s.
- MKGP. 1994. Nacionalni program namakanja Republike Slovenije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. Urednik: Matičič, B.: 118 s.
- MKGP. 2010. Evidenca dejanske rabe tal. Dostopno na: <http://rkg.gov.si/GERK/> (marec, 2010)
- MOP. 2009. Podatki obratovalnega monitoringa odpadnih voda na komunalnih čistilnih napravah (osebni stik)
- Čuden Osredkar, M. in Pintar, M., 2003. Postopek pridobitve dovoljenj in soglasij za namakalni sistem. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS: 31 s.
- Pintar, M., Tratnik, M., Cvejič, R., Bizjak, A., Meljo, J., Kregar, M., Zakrajšek, J., Kolman, G., Bremec, U., Drev, D., Mohorko, T., Steinman, F., Kozelj, K., Prešeren, T., Kozelj, D., Urbanc, J., Mezga, K. 2010. Ocena vodnih perspektiv na območju Slovenije in možnosti rabe vode v kmetijski



- pridelavi. Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS: 156 s.
- Pintar, M. 2003. Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v severovzhodni Sloveniji. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS: 49 s.
- Pintar, M. 2004. Koliko vode potrebuje kmetijstvo. Zbornik referatov posvetovanja: Vodni zadrževalniki - razvojna nuja ali nedopustni posegi v naravo. Slovenski komite za velike pregrade. Ljubljana, 2004: 131 s.
- Pintar, M. 2006. Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v zahodni, osrednji in južni Sloveniji. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS: 55 s.
- Računsko sodišče RS. 2007. Revizijsko poročilo o smotrnosti ravnanja Republike Slovenije pri preprečevanju in odpravi posledice suše v kmetijstvu: 85 s.
- Rode, J., Knapič, M. 2006. Namakanje zelišč. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS: 39 s.
- Sušnik, A., Kurnik B. 2005. Agricultural Drought Management: Status and Trends in Slovenia. ICID 21<sup>st</sup> European Regional Conference 2005. Frankfurt (Oder) and Slubice – Germany and Poland.
- Sušnik, A., Matajč A. 2008. Kmetijska suša v Sloveniji leta 2007. Ujma, številka 22, 2008
- Štampar, F. 2006. Namakanje v sadjarstvu. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS
- Ugrinovič, K., Čergan, Z., Dolničar, P., Knapič, M., Poje, T., Sušin, J., Škerlavaj, V., Verbič, J., Verbič, J., Zemljič, A., Kapun, S. 2008. Tehnološka priporočila za zmanjšanje občutljivosti kmetijske pridelave na sušo – poljedelstvo, travništvo, zelenjadarstvo in hmeljarstvo. Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 43 s.
- Vlada RS. 2007. Delni program odprave posledic škode v kmetijstvu po naravnih nesrečah v letu 2007, Sklep Vlade RS na 164. redni seji dne 3.4.200.

## Spremljanje suše v Sloveniji in jugovzhodni Evropi

Barbara MEDVED-CVIKL<sup>112</sup>, Andrej CEGLAR<sup>113</sup>, Lučka KAJFEŽ-BOGATAJ<sup>114</sup>

### Izvleček

Podnebne spremembe z dvigovanjem temperature ozračja in tal vplivajo na razporeditev in intenzivnost padavin tudi v slovenskem prostoru - suša postaja vse bolj pogost pojav. Evropski predpisi izhajajo iz določila, da je suša normalen in ponavljajoči se pojav podnebja, zato jo je potrebno obravnavati kot pomemben vpliv na proces pridelave kmetijskih pridelkov, kakovost življenja in gospodarstvo. Razumevanje suše zahteva aktiven pristop na podlagi preučevanja in kombiniranja mnogoštevilnih podnebnih in hidroloških parametrov. Stalno spremljanje suš in blažitev njihovih posledic zahteva razumevanje razmerja med podnebnimi in hidrološkimi parametri, ocenjevanje izrednih sušnih dogodkov ter napovedovanje suš. S pregledom konceptov preučevanja suše v Sloveniji in rezultatov evropskih (EuroGEOSS) in transnacionalnih projektov (DMCSEE) na slovenski ravni so predstavljeni uporabni rezultati za kmetijsko stroko.

**Ključne besede:** suša, koncepti suš, EuroGEOSS, DMCSEE

## Monitoring drought in Slovenia and south-eastern Europe

### Abstract

The most probable climate development in Slovenia in the future is directed towards warm and slightly drier summers, warm winters with a rather unchanged average amount of rainfall and an increased frequency of extreme weather events, especially droughts. European regulations are arising from the provisions of drought being a normal and recurring phenomenon of climate change, and it should be seen as a major influence on the process of agricultural production, the quality of life and economy. The purpose of the paper is to document the current status of different drought products available for Slovenia. There is a need to promote studies and applications of drought services and products to cope with improved understanding of drought vulnerability. Current advances in the application of new technologies such as Drought management centre for Southeastern Europe (DMCSEE), European drought observatory (EDO) and there interoperability constitute new sources of data for many drought users. The application of drought and drought forecast information to improve the response activities is essential. Therefore dissemination of information and training of decision-makers, managers, state officers and public in general should be promoted.

**Keywords:** drought, drought concepts, EuroGEOSS, DMCSEE

## 1 Uvod

Suše so definirane kot naravne nesreče in so zaradi tega predmet raziskovanja različnih strok (npr. hidrologov, meteorologov in agronomov). Meteorologi v zadnjih desetletjih ugotavljajo, da je suša normalni, ponavljajoči se pojav podnebja. Pojavlja se praktično v vseh podnebnih tipih, njene značilnosti pa se razlikujejo od regije do regije (Redmond, 2002). V preteklosti so se suše v Sloveniji pojavljale redkeje kot v zadnjem obdobju, ko smo imeli hude suše kar v osmih letih: 1992, 1993, 1994, 2000, 2001, 2003, 2006 in 2007. Očitno je, da se je frekvenca pojavljanja suš v Sloveniji povečala. S tem se je tudi povečala škoda nastala zaradi posledic suše v okolju, še posebej kmetijstvu. Analiza podatkov posledic naravnih nesreč v okolju je

<sup>112</sup> Univ. dipl. geog., Biotehniška fakulteta, p.p.95, 1000 Ljubljana, e-pošta: barbara.medved-cvikel@bf.uni-lj.si

<sup>113</sup> Univ. dipl. meteo., Biotehniška fakulteta, p.p.95, 1000 Ljubljana, e-pošta: andrej.ceglar@bf.uni-lj.si

<sup>114</sup> Prof. dr., Biotehniška fakulteta, p.p.95, 1000 Ljubljana, e-pošta: lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

pokazala, da je v časovnem obdobju 1994-2008 več kot 50 % vse evidentirane škode v Pomurski, Obalno-kraški in jugo-vzhodni Sloveniji nastalo zaradi suš (slika 1).

Suše morajo postati bolj pomemben element načrtovanja in upravljanja prostora in kmetijstva. Cilj te študije je pregledati obstoječe koncepte in metodologije na področju analiziranja suš v Sloveniji s poudarkom na trenutnem razvoju sušnega monitoringa v Sloveniji. Predstavili bomo prevladujoče koncepte preučevanja suš in orodij za monitoring suše v Sloveniji ter rezultate evropskega projekta EuroGEOSS.



Slika 1: Delež škode nastale zaradi suš po statističnih regijah v obdobju 1994-2008 (vir: Statistični urad RS, 2010)

## 2 Razprava

### 2.1 VPLIV PODNEBNIH SPREMEMB NA SUŠE

V zadnjih 30 letih se je temperatura na zemeljskem površju močno dvignila, kar intenzivira globalni hidrološki cikel (Milly in sod., 2002). Dvig povprečne temperature na zemeljskem površju vpliva na spremembe povprečnih vrednosti količine padavin, evapotranspiracije in površinskega odtoka. Pomembna posledica globalnega ogrevanja je višja frekvenca izrednih dogodkov (na regionalni ravni), med katere spada tudi suša. Med izrednimi meteorološkimi dogodki je suša pojav, ki se razvije najpočasneje in traja najdlje. Trenutno je suše še težko napovedati.

Bergant in sod. (2004) so povprečja za obdobje 1961-1990 o količini padavin ter temperature zraka v poletnem obdobju (junij, julij, avgust) uporabili za oceno sedanjih območij z možnim primanjkljajem vode v tleh. Temperaturne podatke za 108 krajev so uporabili za izračun evapotranspiracije po Thornthwaitovi metodi. Na podlagi podatkov o količini padavin za 366 krajev in izračunanih vrednosti za potencialno evapotranspiracijo so s pomočjo GIS-a izdelali karte primanjkljaja vode v tleh. Ugotovili so, da kar 15 % celotne površine Slovenije (SV in JZ del Slovenije), spada med potencialna sušna območja. Ob upoštevanju dviga temperature za 2 stopinji in zmanjšanju padavin za 10 %, se delež teh površin poveča na 40 %. Zmanjšanje količine padavin v daljšem časovnem obdobju (leto ali rastna doba) v kombinaciji s časovno razporeditvijo padavin v rastni dobi, njihovo intenziteto in trajanjem, visokimi temperaturami, močnimi vetrom ter nizko relativno vlažnostjo, odigrajo ključno vlogo pri pojavljanju suš

(Mishra in sod., 2010). Tuje študije (Andreadis in Lettenmaier, 2006; Mishra in Singh, 2009), ki so preučevale odnos med pogostostjo pojavljanja suš, njihovim trajanjem in prostorskem obsegu ter podnebnimi spremembami so potrdile, da se suše bolj pogosto in z večjim obsegom pojavljajo v bolj suhih in toplih območjih.

## 2.2 KONCEPTI PREUČEVANJA SUŠE V SLOVENIJI

Ameriško meteorološko združenje (American Meteorological Society) (2004) deli definicije suše v naslednje skupine: meteorološka, kmetijska, hidrološka in socio-ekonomska suša. Meteorološka suša je odraz zmanjšanje količine padavin v opazovanem obdobju glede na dolgoletno povprečje. Kmetijska suša se pojavi, ko v tleh ni dovolj razpoložljive vlage za rast kmetijskih rastlin. Kmetijska suša se pojavi po nastopu meteorološke suše, zato je kmetijstvo prvi gospodarski sektor, ki ga suša prizadene. Hidrološka suša se navezuje na zmanjšanje površinskih in podtalnih zalog vode zaradi zmanjšane količine padavin v daljšem časovnem obdobju. Součinkovanje naštetih vrst suše vpliva na nastanek socio-ekonomske suše. Ta vrsta suše se pojavi, ko pomanjkanje vode prizadene širšo družbo.

Pojav socio-ekonomske suše je v Sloveniji še neraziskan, predvsem zaradi dejstva, da je naša država bogata z vodnimi viri in le najbolj intenzivne suše, kot tiste iz leta 2000, 2003 in 2006 vplivajo na oskrbo z vodo in širšo družbo. Povprečna letna količina padavin (1567 mm) v dolgoletnem povprečju (Kolbezen in Pristov, 1998) povsod presega izhlapevanje (650 mm). Primerjava povprečne letne količine padavin v EU (734 mm) in izhlapevanja (415 mm) pove, da je naš odtok (917 mm) kar trikrat večji od povprečja EU (319 mm). S preučevanjem hidroloških suš kot rezultata meteoroloških in hidroloških procesov, ki se med seboj prepletajo, sta se ukvarjala Srebrnič in Mikoš (2005). Iz standardnih hidroloških in meteoroloških podatkov, pridobljenih iz mreže opazovalnih postaj, je bila raziskana sezonskost kot značilnost procesa hidroloških suš. Analizirala sta minimalni srednji mesečni pretok in minimalne srednje mesečne padavine. Iz analize je razvidno, da se v celotni Sloveniji, razen v alpskem delu, suša pojavlja v dveh obdobjih: pozimi in poleti. Pozimi imamo po večini države meteorološko sušo z zelo malo padavinami. Hidrološka suša nastopi po večini države v poletnem času (avgustu), ko so srednji mesečni pretoki najnižji.

## 2.3 KMETIJSKA SUŠA

Suša se v Sloveniji raziskuje predvsem na ravni kmetijstva. Vendar Računsko sodišče Slovenije ocenjuje, da je sistem v delu, ki se nanaša na zagotavljanje preventivnih ukrepov za preprečitev oziroma ublažitev škode nastale zaradi suše, neučinkovit. Slovenija porabi za odpravo posledic suše v kmetijstvu 26,2-krat več proračunskih sredstev kot za preventivne ukrepe pri preprečevanju posledic suše. Pogosto se dogaja, da pri izplačevanju plačil zaradi posledic škode, nastale zaradi suše, prihaja tudi do nepravilnosti (Revizijsko poročilo RS, 2006).

Iz evidenc Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano smo pridobili podatke o ocenjeni škodi in številu prijav po občinah v zadnjem desetletju. Iz pridobljenih podatkov smo s pomočjo SQL jezika in odprto kodnega GIS programa za prostorsko analizo podatkov Quantum GIS izločili območja, kjer se je suša pojavljala v vseh treh letih. Kot je razvidno iz karte na sliki 2, so se suše samo v zadnjem desetletju pojavljale praktično v vseh občinah Slovenije, kar še dodatno povečuje pomen preučevanja suš. Čeprav se vzorci pojavljanja suš spreminjajo, se izločajo zaokrožena območja v Sloveniji, kjer je suša relativno konstanten pojav. Hkrati so to območja, ki so kmetijsko bolj intenzivna, kar še dodatno povečuje ekonomsko ranljivost teh območji na sušo.



Slika 2: Prostorska razporeditev pojavljanja suš 2003, 2006 in 2007 (vir: MKGP, 2010)

V zadnjem času je bil dosežen izjemen napredek pri razvoju različnih aplikacij namenjenih spremljanju meteoroloških in hidroloških spremenljivk in ugotavljanju stanja vlage v tleh. Na Agenciji Republike Slovenije za okolje in prostor (ARSO) se v okviru Slovenskega agrometeorološkega GIS (SAGMGIS) uporablja model IRRFIB za računanje vodne bilance. Model temelji na fizičnih povezavah med tlemi, pridelkom in vremenom. Model dnevno računa bilanco vode v tleh po lokacijah v posameh regijah in predstavlja osrednje orodje za podporo pri odločanju v primeru suš v Sloveniji. V SAGMGIS-u so integrirani meteorološki podatki, podatki o tleh, kmetijskih kulturah in agrotehnični podatki. Meteorološki podatki se posodablajo na dnevni časovni ravni na osnovi meritev nacionalne meteorološke mreže. Za izračun referenčne evapotranspiracije se uporabljajo podatki o temperaturi zraka, hitrosti vetra, zračni vlagi in sončnem obsevanju. Za izračun referenčne evapotranspiracije se uporablja Penman-Monteithova metoda, ki se je izkazala kot najbolj primerna za Slovenijo (Kurnik in Kajfež-Bogataj, 2002). Sistem ponuja uporabniku podatke za različne kmetijske kulture.

#### 2.4 ORODJA ZA SLEDENJE SUŠE

Zaradi kompleksnosti pojava suše in neenotnosti definicije raziskovalnega pojma obstajajo različni indikatorji za določanje intenzitete in obsega suše. Različni sušni indikatorji so funkcije meteoroloških in hidroloških spremenljivk, s katerimi prikazujemo stanje suše v določenem časovnem obdobju. Najširše sprejet indikator je standardizirani padavinski indeks (SPI). Padavinski indeks, kot ga imenujemo tudi krajše, je enostavno orodje za izračun katerega potrebujemo le padavinske podatke za daljše časovno obdobje (vsaj 30 let). Z izračunom padavinskega indeksa ugotavljamo, koliko v izbranem obdobju količina padavin odstopa od dolgoletnega povprečja oziroma od "normalnih razmer". Vrednosti SPI nad 0 kažejo bolj mokra obdobja od pričakovanega dolgoletnega povprečja, medtem ko vrednosti pod nič bolj suha obdobja od povprečja. Splošno sprejet dogovor je, da se suša pojavi, ko je vrednost SPI-ja -1 in traja toliko časa, dokler se vrednost indeksa ne dvigne nad 0. Prednost SPI je njegova standardizirana narava in možnost izračuna na različnih časovnih skalah. Ceglar in Kajfež-Bogataj (2008) sta na podlagi meritev meteoroloških postaj ugotovila, da se SPI najbolje ujema s PDSI (Palmerjev indeks sušnosti), ki vsebuje tudi informacijo o količini vode v tleh, na devet- in dvanajst-mesečni časovni skali. Na pobudo Svetovne meteorološke

organizacije je standardizirani padavinski indeks predpisan za spremljanje meteorološke suše kot univerzalni kazalec.

## 2.5 DMCSEE PORTAL

DMCSEE portal oziroma Center za upravljanje s sušo za jugovzhodno Evropo je regionalna organizacija (s sedežem na ARS-u) s težnjo stalnega regionalnega spremljanja suš v regiji. Organizacija ima na spletu dosegljive izračune standardiziranega padavinskega indeksa. Kot podatkovni vir v tem primeru niso bili uporabljeni merjeni podatki iz meteoroloških postaj, temveč že izdelane analize padavin Globalnega centra za klimatologijo padavin (GPCC). GPCC izdeluje mesečne analize padavin v pravilni mreži točk, kar je za nadaljno obdelavo zelo prikladno. Rezultat uporabljenega podatkovnega niza ponuja uporabniku prve informacije o obsegu suše v prostoru. Nadgradnjo uporabljenega modela predstavlja uporaba merjenih lokalnih podatkov za izračun SPI, s čimer bi zagotovili boljše rezultate zaradi večje gostote točk in njihove boljše reprezentativnosti.

Možna alternativa zbiranju in obdelavi merjenih podatkov (npr. padavin) je tudi uporaba prognoističnih modelov za napovedovanje vremena (npr. ALADIN, NMM). Uporaba numeričnega modela se za potrebe sledenja suše razlikuje od uporabe za napoved vremena. Najpomembnejša razlika je v času simulacije – dekadne analize vodnobilančnega stanja pripravljamo za preteklo obdobje, zato kot osnove za izračune ni potrebno uporabiti napovedi vremena, temveč analize preteklega vremena. Na ta način dobimo dokaj zanesljive analize stanja z zadovoljivo prostorsko ločljivostjo. Uporaba prognoističnih modelov je ena od bolj perspektivnih možnosti za razvoj orodij za spremljanje suše. Za analizo dolgoletnih povprečnih vrednosti za računalniške simulacije potrebujemo ustrezen arhiv globalnih računskih analiz vremena. Tovrstne analize so na voljo v Evropskem centru za srednjeročne napovedi vremena (ECMWF), prilagoditi jih je treba še na gostejšo mrežo točk za izbrano omejeno območje. Prilagoditev za obdobje 1989-2009 za območje celotne JV Evrope je ena od že uspešno izvedenih nalog DMCSEE.

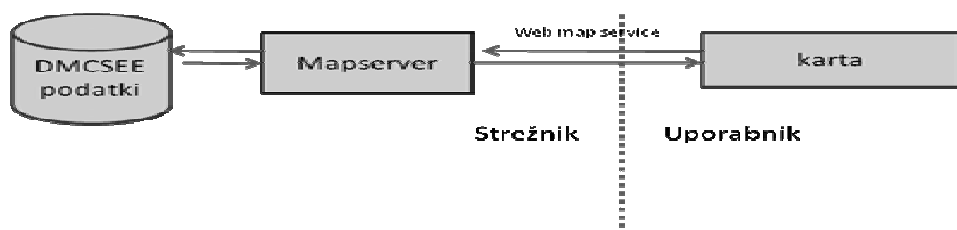
## 2.6 EUROGEOS IN DMCSEE

Pomembna nadgradnja orodij DMCSEE je vključitev produktov na portal European Drought Observatory – EDO, kjer so izračuni SPI in odstopanj vodne bilance od dolgoletnega povprečja (WBA - water balance anomaly). Vrednosti tega indeksa so podane kot odstopanje vodne bilance (v mm) od dolgoletnega povprečja na podlagi enakomerno razporejenih razredov. WBA indeks je bil izračunan na podlagi uporabe prognoističnih modelov za napovedovanje vremena (NMM). Za robne pogoje so bili uporabljeni podatki ECMWF reanaliz (ERA-Interim).

Eurogeos projekt je usmerjen k demokratizaciji znanosti v oziroma dosegljivosti orodij in podatkov, ki se oblikujejo in uporabljajo na področju treh družbeno pomembnih področjih (»societal benefits areas«): gozdarstvo, biodiverziteta in suše. Biotehniška fakulteta sodeluje na projektu v okviru suš, kjer se zagotavlja medpovezljivost med sušnimi podatki na nacionalni ravni - Slovenija ter regionalni ravni – jugovzhodna Evropa. S tem procesom se uporabnikom zagotavlja informacija o suši v Sloveniji in širše v regiji na različnih prostorskih ravneh.

Medpovezljivost med sistemom DMCSEE in EDO je zagotovljena z uporabo OGC standardov, konkretno z uporabo protokola WMS (Web mapping service) in strežniške aplikacije Mapserver (slika 3). Na DMCSEE strežniku se odlagajo karte v tiff formatu, ki se nato skozi WMS protokol na osnovi povpraševanja prikažejo na straneh EDO portala.

Uporabnikom so zaenkrat na voljo karte SPI ter WBA. Te karte lahko uporabnik regionalno poveča in se prepriča o stanju in intenziteti suše v omejeni regiji (npr. posamezne države).



Slika 3: Shematski prikaz arhitekture, ki zagotavlja medpovezljivost med DMCSEE in EDO portalom

## 2.7 UPORABNOST SUŠNIH ORODIJ V KMETIJSTVU

Ocena sušnosti je osnova upravljanja in načrtovanja kmetijstva ter porabe vode. Zahteva razumevanje preteklih sušnih dogodkov kot tudi posledic suš v regiji. Razumevanje različnih konceptov suše je uporabno za razvoj novih modelov, ki bodo bolj natančno napovedovali sušo. Ker je kmetijstvo zelo ranljivo na spremembe podnebja, je najbolj pomembna strategija prilagajanja tega sektorja (Mizina in sod., 1999; Reilly in Schimmelpfennig, 1999). Študije so pokazale, da so podnebne spremembe brez prilagajanja velik problem za kmetijstvo; s prilagajanjem se v veliki meri zmanjšajo stroški in ranljivost kmetijstva na izredne vremenske dogodke, kot so suše (Rosenzweig in Parry 1994; Wheaton in McIver, 1999). Prilagajanje je mnogokrat predvideno kot naloga države na področju kmetijstva, vendar je uspeh odvisen od prizadevanja svetovalnih služb in kmetov samih (Smit, 1994; Benioff in sod., 1996).

Prvi korak k prilagajanju na suše kot normalnemu delu podnebja so dostopne in razumljive informacije o stanju sušnih parametrov. Začetni koraki so v Sloveniji že narejeni, saj imamo poleg SAgMGIS- a podatke za območje Slovenije integrirane tudi v EDO. Omenimo tudi razvoj multidisciplinarnega orodja za oceno in napovedovanje suše v Sloveniji razvitega v okviru Ciljnega raziskovalnega programa 2006-2010 v skupnem sodelovanju Katedre za agrometeorologijo, Kmetijskega inštituta Slovenije ter podjetja CGS. Orodje vključuje podatke o tleh, agrometeorološke podatke in podatke o potrebah rastlin po vodi. Podatki so vneseni v matematični model, ki izračuna evapotranspiracijo in vodno bilanco na dnevni ravni. Model je vsebinsko zelo inovativen, njegova operativnost pa bo v slovenski prostor prinesla občuten napredek pri napovedovanju in ocenjevanju suš.

Našteta orodja so uporabna za razumevanje razvoja suše nad določenim območjem, še posebej za razumevanje dinamike vlage v tleh. Na podlagi teh znanj je možno v bodoče prilagajati datume setve, izbor hibridov, gostoto setve, obdelavo zemlje in kolobar. Le s stalnim spremljanjem podnebnih sprememb in s tem povezanih vplivov na tla je možno zagotoviti varnejšo prihodnost slovenskih kmetov, saj je slovensko kmetijstvo v povprečju zmerno ekstenzivno. Kmetijske površine v Sloveniji obsegajo 499.260 ha; kar 57 % predstavljajo travniki in pašniki, 37 % polja in 6 % trajni nasadi (Statistični urad RS, 2010). Osrednja panoga je živinoreja, ki je v veliki meri zelo odvisna od podnebne variabilnosti, poleg tega se 22 % vseh kmetijskih gospodarstev ukvarja z rastlinsko pridelavo.

Tudi analiza podatkov MKGP, zbranih za namene odpravljanja posledic po suši, je pokazala, da so v največjem obsegu prizadete krmne kmetijske kulture kot so koruza za zrnje, koruza za silažo, pšenica, ječmen in travinje (slika 5). To so sicer tradicionalne kmetijske kulture v Sloveniji, na pridelavo katerih je ob predpostavki, da imamo informacije, kje se suša pojavlja in kje so sušno ranljiva območja, možno vplivati z izborom hibridov, načini gnojenja in tehnikami pridelave.



Slika 5: Odstotek poškodovanosti v suši 2003 (vir:MKGP)

### 3 Zaključek

Direktive evropske komisije zahtevajo od nas, da se suša obravnava kot normalen in ponavljajoči se del podnebja. Takšna definicija zahteva stalno spremljanje (sušni monitoring) in prilagajanje. Na ravni stalnega spremljanja suš je v slovenskem in evropskem prostoru že veliko narejenega. Različni sušni indikatorji so dosegljivi na spletu (DMCSEE, SAgMGIS in EDO). Našeta orodja dobijo pravo vrednost ob uporabniku, ki pridobljeno informacijo razume in jo zna primerno uporabiti. Dosegljivost spletnih aplikacij je le korak naprej k uspešnemu prilagajanju sušnim razmeram in zagotavljanju varnosti slovenskih kmetov. Uspeh bo zagotovljen, če se bodo aplikacije spremljale in uporabljale na svetovalnih službah in terenu.

### 4 Literatura

- Andreadas, K.M., Lettermaier, D.P. 2006. Trends in 20th century drought over the continental United States. *Journal of Geophysics. Res. Lett.* 33, L10403, doi:10.1029/2006GL025711
- American Meteorological Society (AMS). 2004. Statement on meteorological drought. *Bull. Am. Meteorol.*, 23: 1100-1109
- Benioff, B., Guill, S., Lee, J. 1996. *Vulnerability and Adaptation Assessments: An international handbook*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: STRANI?
- Bergant, K., Kajfež-Bogataj, L., Sušnik, A., Cegnar, T., Črepinšek, Z., Kurnik, B., Dolinar, M., Gregorič, G., Rogelj, D., Žust, A., Matajc, I., Zupančič, B., Pečenko, A. 2004. Spremembe podnebja in kmetijstvo v Sloveniji. Agencija Republike Slovenije za okolje: 40 s.
- Ceglar, A., Kajfež-Bogataj, L. 2008. Obravnava meteorološke suše z različnimi indikatorji. *Acta agriculturae Slovenica*, 91, 2, september 2008: 407–425
- DMCSEE (Drought meteorological centre for Southeastern Europe). Dostopno na: <http://www.dmcsee.org/> (7.10.2010)
- EuroGEOSS. Dostopno na: <http://www.eurogeoss.eu/default.aspx> (7.10.2010)
- European Drought portal (EDO). Dostopno na: <http://edo.jrc.ec.europa.eu/php/index.php?action=view&id=201> (7.10.2010)
- Kolbezen, M., Pristov, J. 1998. Surface strams and water balance in Slovenia. Hydrometeorological Institute for Slovenia, Ljubljana, Slovenia: 98 s.



- Kurnik, B., Kajfež-Bogataj, L. 2002. Primerjava različnih metod za izračun referenčne evapotranspiracije v Sloveniji. Fakulteta za matematikoin fiziko, Univerza v Ljubljani, diplomsko delo: 66 s.
- Milly, P.C.D., Wetherald, R.T., Dunne, K.A., Delworth, T.L. 2002. Increasing risk of great floods in a changing climate. *Nature* 415: 514-517
- Mishra, A.K., Singh, V.P. 2009. Analysis of drought severity-area-frequency curves using a general circulation models and scenario uncertainty. *Journal of Geophysics Res.*, 114, D06120, Dostopno na: doi:10.1029/2008/D010986
- Mishra, A.K., Singh, V.P. 2010. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology* (2010), Dostopno na: doi:10.1016/j.jhydrol.2010.07.012
- Mizina, S.V., J.B. Smith, E. Gossen, K.F. Spiecker, S.L., Witkowski, 1999. An Evaluation of Adaptation Options for Climate Change Impacts on Agriculture in Kazakhstan. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4: 25-41
- Občine v Sloveniji 2003, 2006, 2007. Dostopno na: <http://www.stat.si/katalogrds/podstrani/karta1.html> (oktober 2010)
- Redmond, K.T. 2002. The depiction of drought: commentary. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 83: 1143-1147
- Regije v Sloveniji 2003, 2006, 2007. Dostopno na: <http://www.stat.si/katalogrds/podstrani/karta2.html> (oktober 2010)
- Reilly, J., Schimmelpennig, D. 1999. Agricultural Impact Assessment, Vulnerability, and the Scope for Adaptation. *Climatic Change*, 43: 745-788
- Revizijsko poročilo o smoternosti ravnanja Republike Slovenije pri prečevanju in odpravi posledic suše v kmetijstvu. 2006. Računsko sodišče. Ljubljana: 75
- Rosenzweig, C., Parry, M.L. 1994. Potential Impact of Climate Change on World Food Supply'. *Nature*, 367: 133-138
- Smit, B. 1994. 'Climate, Compensation and Adaptation'. V: J. McCulloch in D. Etkin (Ur.), *Proceedings of a Workshop on Improving Responses to Atmospheric Extremes: The role of insurance and compensation*, Toronto, Environment Canada/The Climate Institute: 229-237
- Srebrenič, T., Mikoš, M. 2005. Analiza sezonskosti padavin in pretokov v Sloveniji. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2005 / 11. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, 19. januar 2006. - Ljubljana : Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2006: 53-73
- Statistični urad RS. Dostopno na: [http://www.stat.si/novica\\_prikazi.aspx?id=3448](http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=3448) (7.10.2010)
- Vzpostavitev sistema multidisciplinarnih informacij prostora za ocenjevanje in napovedovanje škod v kmetijstvu. 2009. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije. Dostopno na: [http://www.sos112.si/slo/tdocs/naloga\\_94.pdf](http://www.sos112.si/slo/tdocs/naloga_94.pdf) (7.10.2010)
- Wheaton, E.E., McIver, D.C. 1999. A Framework and Key Questions for Adapting to Climate Variability and Change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4: 215-225

## Modeliranje vodne bilance travinja kot orodje pri analizi suše v obdobju 1973-2009

Andreja SUŠNIK<sup>115</sup>, Tjaša POGAČAR<sup>116</sup>

### Izvleček

Kmetijska suša povzroča veliko gospodarsko škodo, ki se v zadnjem desetletju povečuje. Vplivi suše na kmetijske rastline so različni, njeni učinki pa se med prvimi pojavijo na travinju. Pri analizi kmetijske suše je težje kot pri ostalih naravnih nesrečah določiti njene lastnosti, kot so intenzivnost in trajanje. V članku so predstavljeni nekateri kazalci, kot so število stresnih dni, primanjkljaj vode in podobno, ki smo jih uporabili pri analizi suše na travinju na šestih lokacijah v Sloveniji (Bilje, Celje, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto) v obdobju 1973-2009. Rezultati kažejo, da so izbrani kazalci uporabno orodje pri sledenju kmetijske suše in planiranju na sušo odpornejše kmetijske pridelave. Analiza je pokazala, da na izbranih lokacijah v obravnavanem obdobju beležimo po devetdesetih daljša obdobja, ko je travinje v sušnem stresu, in tudi primanjkljaji vode za travinje so v tem obdobju največji. Rezultati primerjave kazalcev in poročil o suši kažejo, da je bila na vseh lokacijah najintenzivnejša in najdaljša suša na travinju leta 2003, sledijo leta 2000, 1992 in 1993.

**Glavne besede:** travinje, vodna bilanca, sušni stres, IRRFIB

## Grassland water balance modelling as a tool of drought analysis in the period 1973-2009

### Abstract

Agricultural drought causes considerable loss in agricultural production, which has become greater in recent decade. Drought impacts on agricultural crops are diverse, its consequences at first appear on grassland. By agricultural drought analysis is very difficult to define its characteristics like intensity and duration. In the article some indicators like number of drought stress days, water deficit and others were introduced in drought analysis on grassland for six locations (Bilje, Celje, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto) for the period 1973-2009. Results show that used indicators are useful tool for agricultural drought monitoring and agricultural production planning. The analysis indicates that in the selected period at all locations prolonged periods with drought stress and as well the biggest grassland water deficit was recorded. The comparison of results with drought reports shows the longest and the most severe drought on grassland in 2003, followed by years 2000, 1992 and 1993.

**Key words:** grassland, water balance, drought stress, IRRFIB

### 1 Uvod

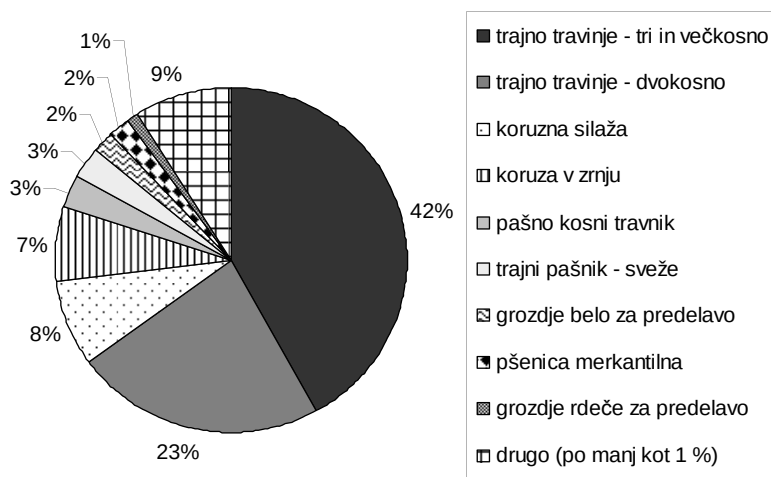
Po definiciji Statističnega urada Republike Slovenije je suša daljše obdobje, v katerem ne pade dovolj padavin za normalni razvoj in dozorevanje kmetijskih rastlin, kar negativno vpliva na velikost in kakovost pridelka, ki je bistveno manjši od triletnega povprečja (SURS, 2010). Ocenjena letna škoda po suši v obdobju 1994-2008 kaže, da smo v zadnjem desetletju beležili kar pet suš, ki so povzročile večjo gospodarsko škodo v kmetijstvu (SURS, 2010). Izstopa leto 2003, ko je bila ocenjena škoda 128 milijonov evrov, sledijo leta 2000, 2006, 2001 in 2007. Kmetijske rastline različno reagirajo na sušo, njeni učinki se večinoma najprej odražajo na travinju. V Sloveniji imamo velik delež trajnega travinja, ki je med pomembnejšimi viri voluminozne krme za govedorejo. Po letu 2003 površine travinja precej

<sup>115</sup> Mag., univ. dipl. ing. agron., Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, e-pošta: andreja.susnik@gov.si

<sup>116</sup> Univ. dipl. meteorol., prav tam, e-pošta: tjasa.pogacar@gov.si

nihajo, pri čemer so v letih, ko podatki temeljijo na vzorčnem popisu kmetijskih gospodarstev (2005, 2007), površine večje kot v letih, ko teh popisov ni. V sušnem letu 2003 je bilo skupno pod travniki in pašniki 308.348 ha, leta 2006 pa 285.000 ha (KIS, 2009).

Če pogledamo škodo po suši v letu 2006 (Slika 10) in seštejemo deleže površin, ki pripadajo trajnemu travinju (eno-, dvo-, tri- in večkosnemu travniku) in pašnikom, predstavljajo ti kar 74 % celotne oškodovane površine (URSZR, 2010). Tudi v letu 2003 je delež trajnih travnikov in pašnikov predstavljal blizu 60 % po suši prizadetih površin (Sušnik, 2007). Razloge za večjo ranljivost travinja lahko iščemo v plitvem koreninskem sistemu, pogosto je vzrok tudi v neprimerno obdelanih tleh, nepreudarnem gospodarjenju z organsko snovjo, dušikom in ogljikom, vodni oskrbi, vezani izključno na dež.

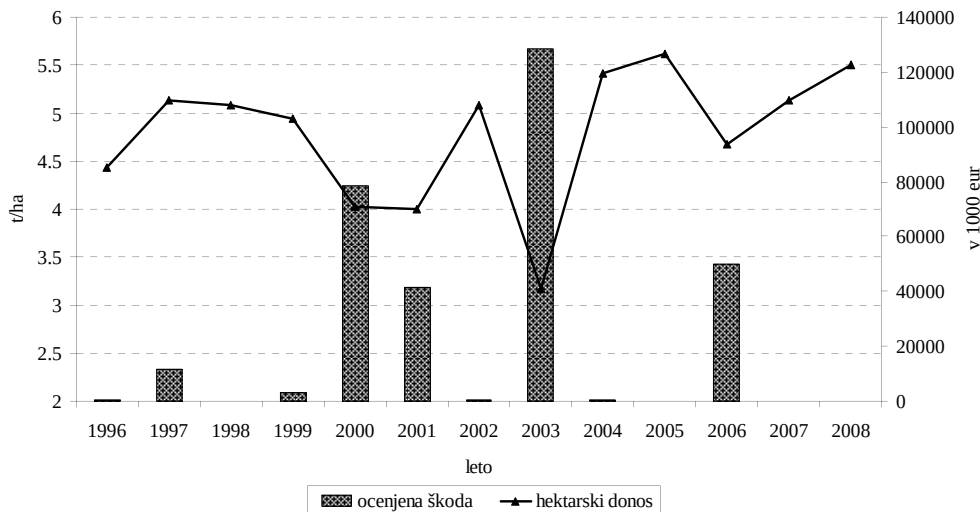


Slika 10: Delež površin po kmetijskih kulturah, ki so doživele škodo po suši leta 2006: polja v odtenkih sivine brez vzorcev se nanašajo na travinje (vir: Komisija za odpravo posledic škode v kmetijstvu cit. po Sušnik, 2006)

Pridelek krme je bil v zadnjih letih zaradi suše večkrat manjši od pričakovanega (Slika 11), saj ga pomembno določata količina padavin v času od aprila do septembra in količina dostopne vode v tleh (SURS, 2010; ARSO, 2010). Očitno je zmanjšanje hektarskega donosa travinja v sušnih letih; leta 2003 je bil le 3,17 t/ha. Zavedati se moramo, da se tveganje s časom spreminja, saj se povečuje število sušnih obdobj in hkrati število intenzivnih padavinskih dogodkov. Te trende meteoroloških spremenljivk povezujemo z vse izrazitejšimi podnebnimi spremembami. Če se bodo uresničili podnebni scenariji, ki predvidevajo ob dvigu temperature zraka v poletnem času tudi zmanjšanje padavin, gre pričakovati, da se bosta število sušnih dni, kot tudi obseg območij s pomanjkanjem vode v Sloveniji, povečala (Kajfež-Bogataj, 2005).

Ranljivost travinja na pomanjkanje vode v tleh je zadosten razlog, da na ARSO pripisujemo velik pomen spremljanju vodne bilance travinja kot osnove za spremljanje vodne bilance ostalih kmetijskih kultur. Prav tako izračun izhlapevanja po metodi Penman–Monteith velja za 12 cm visoko travo, nato pa sledijo preračuni za ostale rastline, tudi za travinje v času njihove rasti, ko se njihove lastnosti spreminjajo. Tako je za izračune in modeliranje vodne bilance pomembno tudi spremljanje fenološkega razvoja rastlin in upoštevanje le tega. Vendar pa, ne le da se fenološki razvoj razlikuje iz leta v leto, značilno se na primer kaže tudi trend zgodnejšega nastopa klasenja kot odziv na povečevanje povprečne temperature zraka, kar

pomeni hitrejše doseganje potrebnih temperaturnih vsot. Dodatno medletno variabilnost pa vnaša tudi variabilnost vode v tleh. Njen vpliv na fenološki razvoj je izrazit, a učinki niso enaki v vseh razvojnih fazah (JRC, 2008). Pri mnogih vrstah travinja se na primer lahko kaže pomembno zaostajanje cvetenja zaradi težav s sušnim stresom (Donatelli in sod., 1992).



Slika 11: Hektarski donos travinja in skupna ocenjena škoda po suši v obdobju 1996-2008 (KIS, 2009; SURS, 2010)

V prispevku uporabljamo dejanske podatke o fenološki fazi klasenja travinja na 6 različnih lokacijah po Sloveniji. Pripravili smo modelske izračune vodne bilance travinja z uporabo vodnobilančnega modela IRRFIB, razvitega in v operativni rabi na ARSO. Pri tem se lahko za planiranje oskrbe z vodo opremo na različne izračunane kazalce, kot so število stresnih dni, primanjkljaj vode in podobno.

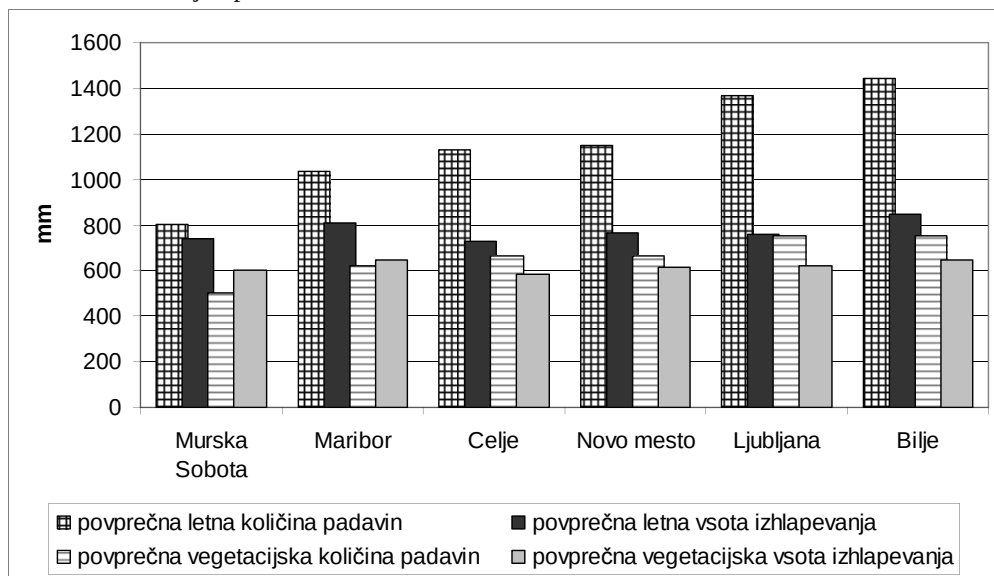
## 2 Material in metode dela

### 2.1 OPIS LOKACIJ Z METEOROLOŠKIMI PODATKI

Za izračune in modeliranje potrebujemo več meteoroloških podatkov: maksimalno in minimalno dnevno temperaturo zraka, povprečno dnevno hitrost vetra, relativno vlažnost zraka, trajanje sončnega obsevanja, količino padavin. Dnevni meteorološki podatki za celotno obdobje 1973-2009 so bili pridobljeni iz arhiva ARSO, kjer se zbirajo in preverjajo v okviru nacionalne meteorološke mreže. Za študijo smo izbrali šest lokacij, pretežno enakomerno (kolikor je to mogoče zaradi dostopnosti podatkov in razširjenosti meteorološke mreže) razporejenih po celotni Sloveniji: Bilje, Celje, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota in Novo mesto.

Dolgoletna povprečja za količino padavin v vegetacijskem obdobju (od začetka aprila do konca septembra) se med izbranimi lokacijami nekoliko manj razlikujejo kot celoletne količine (Slika 12). Pri izhlapevanju ni tako velikih razlik, saj je izhlapevanje v hladnejših mesecih izven vegetacijske sezone zelo nizko. Vegetacijski vodni primanjkljaj (izhlapi več vode, kot je dežja) se v povprečju kaže v Murski Soboti in Mariboru. Na stanje rastlin pomembno vplivajo tudi visoke temperature zraka.

Na vseh lokacijah je letno povprečje vročih dni (najvišja dnevna temperatura zraka nad 30 °C) od 10 do 13, v Biljah pa kar 26,5.



Slika 12: Prikaz dolgoletnih povprečij (1971-2000) letne (mrežasto) in vegetacijske (črtasto) količine padavin in izhlapevanja (črno in sivo) na izbranih lokacijah

## 2.2 PODATKI O RASTLINI IN TLEH

Za modeliranje potrebujemo fenološke podatke o rastlini, ki jih zbiramo v arhivu ARSO. Za obdobje 1973-2009 smo za vsako lokacijo posebej uporabili podatke o nastopu fenološke faze klasenja pasje trave (*Dactylis glomerata* L.). Ostalih fenoloških faz žal opazovalci ne beležijo, zato smo datume določili na podlagi povprečnih razmikov med fazami iz literature, prav tako smo podatke iz literature uporabili za koeficiente rastlin (interpolirani med 0,65; 0,8 in 0,7) in globino korenin (30 cm) (MKGP, 1998). Izhajali smo iz predpostavke, da je košnja potekala trikrat. Ker je pasja trava vrsta dolgega dne, razvije generativne organe večinoma samo ob prvi košnji oziroma ob podaljševanju dneva. V naslednjih košnjah pa razvije večinoma samo vegetativne poganjke.

Lastnosti tal v modelu opišemo s poljsko kapaciteto (PK) in točko venenja (TV). Ker na večini lokacij lastnosti tal niso izmerjene, predstavljamo izračune za slabša tla s PK = 22,8 vol.% in TV = 13,3 vol.%. Na takih tleh se suša najhitreje odraža, tudi pri pasji travi, ki dobro prenaša sušna rastišča.

## 2.3 MODEL IRRFIB in DEFINIRANJE DNI S SUŠNIM STRESOM

Na ARSO je že več let v operativni rabi vodnobilančni model IRRFIB, ki je bil tam tudi razvit in že večkrat uporabljen v različnih študijah. Ker je bil v prispevkih že večkrat predstavljen (na primer Sušnik, 2006; Ceglar in sod., 2008), ga podrobno ne bomo opisovali. Simulira stanje vode v tleh in porabo vode za poljubno izbrane rastline z uporabo podatkov o količini padavin in izhlapevanju ter zgoraj predstavljenih parametrov rastline in tal. Temelji na glavnih procesih prenosa vode v sistemu tla-rastlina-zrak.

IRRFIB kot dneve s sušnim stresom obravnava tiste, ko rastlina izčrpa rezervoar vode v tleh do te mere, da lahko izhlapi le še polovična količina vrednosti dejanske evapotranspiracije (ta

je produkt koeficienta rastline in potencialne evapotranspiracije). Skupno število teh stresnih dni v vegetacijskem obdobju označujemo z DSS. Določamo tudi najdaljši neprekinjen interval v stanju s sušnim stresom in datum nastopa le-tega. Vsoto polovičnih vrednosti dejanske evapotranspiracije v dneh, ko je rastlina v stresu, označujemo kot primanjkljaj vode (PV).

## 2.4 POROČILA O VPLIVIH SUŠNOSTI

Vplivi suše na rastline so opisani v Agrometeoroloških mesečnih in dekadnih biltenih (ARSO, 2010). Večinoma so zbrane informacije o prostorskih in časovnih razsežnostih suš ter povzročeni škodi (Preglednica 1). Vendar pa niso vsi zapisi enako natančni, zato se količina informacij iz leta v leto razlikuje, nudi pa referenco, s katero lahko primerjamo naše izračune.

*Preglednica 1: Prikaz zapisov opažanj večjih vplivov suše na travinje v Agrometeoroloških biltenih v obdobju 1973-2009 (ARSO, 2010)*

| Leto | Lokacija   | Opis                                                                                                |
|------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1973 | SV, JZ     | Huda suša na JZ v juniju, avgusta tudi na SV                                                        |
| 1976 | Splošno    | Zaradi vročine in suše imajo travniki porjavel, požgan izgled; pridelek sena zmanjšan vsaj za 50 %  |
| 1977 | Splošno    | Ruša zaradi suše in vročine močno prizadeta, po košnji ne more odgnati in rjavi                     |
| 1979 | Splošno    | Po košnji sena travniki povsem porjaveli, tudi kasneje izgleda ruša kot požgana                     |
| 1982 | JZ         | Po košnji ruša porjavela od vročine in suše                                                         |
| 1983 | Splošno    | Suša onemogoča, da bi po košnji trava odgnala; poletna suša dosegla 50-letni rekord                 |
| 1985 | JV         | Močna suša                                                                                          |
| 1992 | Splošno    | Travniki sušo zelo občutijo, na SV skoraj ne obetajo pridelka otave                                 |
| 1993 | Splošno    | Pridelek otave zaradi suše prepolovljen                                                             |
| 2000 | SV, JV, JZ | Pomanjkanje ruši dostopne talne vode                                                                |
| 2001 | Splošno    | Veliko škode zaradi vročine, travniki na peščenih tleh rjavijo, na ekstremno poroznih tleh izčrpani |
| 2003 | Splošno    | Suša povzročila katastrofalno škodo na travinju – travniki rjavi, suhi, mestoma ogoleli             |
| 2006 | JZ         | Skromen pridelek zaradi suše                                                                        |
| 2007 | SV, JZ     | Zaloga vode v tleh dosegla minimum, do globine 30 cm rastline vode niso mogle črpati                |
| 2009 | JZ         | Celo vegetacijsko obdobje že primanjkuje vode                                                       |

## 3 Rezultati z diskusijo

Po podatkih Statističnega urada RS (SURS, 2010) o povprečnem pridelku sena s trajnih travinj od leta 1991 do 2009 je bil le-ta najnižji po vrsti v letih 1993, 1992, 2003, skupaj sledijo leta 1991, 2000 in 2001. Agrometeorološki mesečni in dekadni bilteni Agencije RS za okolje (ARSO, 2010) z opisi stanja tal in rastlin po letu 1991 potrjujejo izrazito sušnost v letih 1992, 1993, 2000, 2001 in 2003. Pred tem obdobjem je bilo najhujše v letih 1973 in 1979, sledijo leta 1976, 1977, 1983 in 1985. Oboji podatki se dobro ujemajo z našo razporeditvijo let (Preglednica 2) po sušnosti glede na primanjkljaj vode (PV), kakor tudi z uvodoma navedenimi leti z največjimi škodami.

Po letu 1991 se vsa omenjena leta s slabšim pridelkom uvrščajo med najbolj sušnih 10 let (Preglednica 2). Na prvem mestu je povsod leto 2003, sledi leto 1992. Izračuni le leta 1979 (ARSO, 2010) na nobeni lokaciji niso potrdili kot leta z zelo velikim primanjkljajem vode. Na treh lokacijah pa je bil večji primanjkljaj vode izračunan še v letih 1988 in 1990.

*Preglednica 2: Prvih 10 najbolj sušnih let glede na primanjkljaj vode (PV) po lokacijah v obdobju 1973-2009: leta, ki se glede sušnosti ujemajo s podatki SURS in ARSO so označena krepko, le s podatki SURS ležeče in s podatki ARSO osenčeno.*

| Bilje       | Celje       | Ljubljana   | Maribor     | Murska Sobota | Novo mesto  |
|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| <b>2003</b> | <b>2003</b> | <b>2003</b> | <b>2003</b> | <b>2003</b>   | <b>2003</b> |
| 1986        | <b>1992</b> | <b>1992</b> | <b>1992</b> | <b>2000</b>   | <b>2000</b> |
| <b>2009</b> | <b>1993</b> | 1998        | <b>1993</b> | <b>1992</b>   | <b>2001</b> |
| 2006        | 2007        | 2007        | 1976        | 1983          | 1973        |
| 2007        | <b>2000</b> | 1990        | 1983        | 2007          | <b>1992</b> |
| 2005        | 1973        | 1988        | 1973        | <b>2001</b>   | 2007        |
| <b>1993</b> | 1976        | 2006        | 1977        | <b>1993</b>   | 1977        |
| 1985        | 1984        | 1991        | 1986        | 1984          | <b>1993</b> |
| 1990        | 1983        | <b>1993</b> | <b>2000</b> | 1988          | 1983        |
| 1995        | 2009        | 1973        | 1988        | 1973          | 1990        |

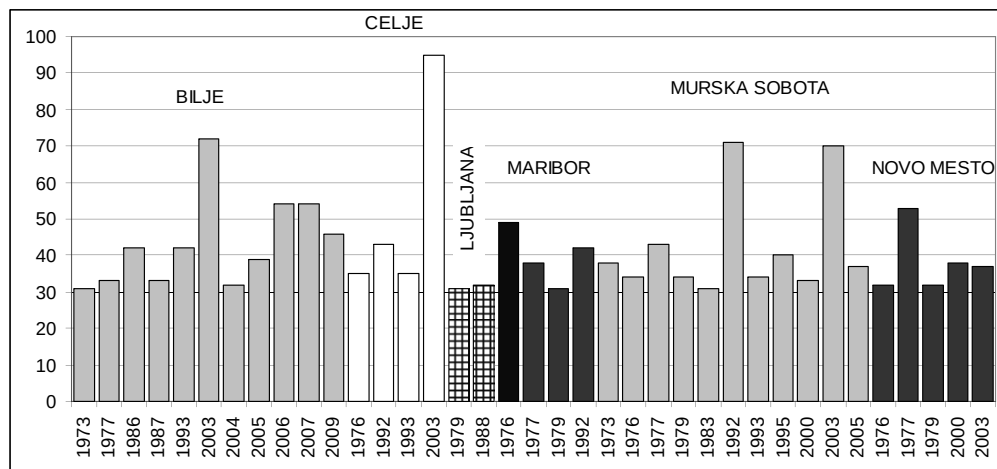
Razporeditev let v razrede glede na PV in DSS (Preglednica 3) prikazuje največjo zastopanost let v 'normalnem' razredu s primanjkljajem med 61 in 100 mm ter številom dni s sušnim stresom med 41 in 60. Sušnejših let, ki se po PV ali DSS uvrščajo v zadnja dva razreda, je največ v Murski Soboti (8) in v Biljah (5), najmanj pa v Ljubljani (1).

*Preglednica 3: Število let v razredih glede na primanjkljaj vode [mm] in število dni s sušnim stresom za vseh šest lokacij za obdobje 1973-2009*

|                              |               | primanjkljaj vode |        |         |         |            |
|------------------------------|---------------|-------------------|--------|---------|---------|------------|
| število dni s sušnim stresom | Celje         | 60 in manj        | 61-100 | 101-140 | 141-180 | 181 in več |
|                              | 40 in manj    | 10                | 2      |         |         |            |
|                              | 41-60         |                   | 19     | 1       |         |            |
|                              | 61-80         |                   | 1      | 2       |         |            |
|                              | 81-100        |                   |        |         | 1       |            |
|                              | 101 in več    |                   |        |         |         | 1          |
|                              |               |                   |        |         |         |            |
| število dni s sušnim stresom | Ljubljana     | 60 in manj        | 61-100 | 101-140 | 141-180 | 181 in več |
|                              | 40 in manj    | 3                 | 3      |         |         |            |
|                              | 41-60         |                   | 17     | 2       |         |            |
|                              | 61-80         |                   | 2      | 9       |         |            |
|                              | 81-100        |                   |        |         | 1       |            |
|                              | 101 in več    |                   |        |         |         |            |
|                              |               |                   |        |         |         |            |
| število dni s sušnim stresom | Bilje         | 60 in manj        | 61-100 | 101-140 | 141-180 | 181 in več |
|                              | 40 in manj    | 2                 | 1      |         |         |            |
|                              | 41-60         |                   | 12     | 1       |         |            |
|                              | 61-80         |                   | 2      | 14      | 1       |            |
|                              | 81-100        |                   |        |         | 3       |            |
|                              | 101 in več    |                   |        |         |         | 1          |
|                              |               |                   |        |         |         |            |
| število dni s sušnim stresom | Maribor       | 60 in manj        | 61-100 | 101-140 | 141-180 | 181 in več |
|                              | 40 in manj    | 2                 | 2      |         |         |            |
|                              | 41-60         |                   | 16     |         |         |            |
|                              | 61-80         |                   | 4      | 9       |         |            |
|                              | 81-100        |                   |        | 2       | 1       |            |
|                              | 101 in več    |                   |        |         | 1       |            |
|                              |               |                   |        |         |         |            |
| število dni s sušnim stresom | Novo mesto    | 60 in manj        | 61-100 | 101-140 | 141-180 | 181 in več |
|                              | 40 in manj    | 6                 |        |         |         |            |
|                              | 41-60         |                   | 17     |         |         |            |
|                              | 61-80         |                   | 2      | 8       |         |            |
|                              | 81-100        |                   |        | 1       | 2       |            |
|                              | 101 in več    |                   |        |         |         | 1          |
|                              |               |                   |        |         |         |            |
| število dni s sušnim stresom | Murska Sobota | 60 in manj        | 61-100 | 101-140 | 141-180 | 181 in več |
|                              | 40 in manj    | 2                 | 1      |         |         |            |
|                              | 41-60         |                   | 14     |         |         |            |
|                              | 61-80         |                   | 5      | 7       |         |            |
|                              | 81-100        |                   |        | 2       | 5       |            |
|                              | 101 in več    |                   |        |         |         | 1          |
|                              |               |                   |        |         |         |            |

Zanimalo nas je tudi, v katerih letih se je pojavilo najdaljše časovno obdobje, ko je travinje v stresu, ki je neprekinjeno trajalo več kot en mesec (30 dni). V Murski Soboti in Biljah je bilo takih let 11, v Novem mestu 5, v Celju in Mariboru 4 ter v Ljubljani 2 (Slika 13). To bi lahko povezali z dejstvom, da je v Murski Soboti že v dolgoletnem povprečju (1971-2000) v vegetacijskem obdobju izhlapevanje dosti večje od količine padavin, v Biljah pa imamo

veliko število vročih dni. Vidimo, da so se v Mariboru in Ljubljani taka obdobja pojavljala le pred letom 1993, v Biljah pa so od leta 2003 naprej zbrana vsa leta razen 2008. Sicer pa se na vsaj treh lokacijah dolga stresna obdobja pojavljajo v letih 1976, 1977, 1979, 1992, 1993 in 2003, kar je tudi primerljivo z ostalimi rezultati in opisi, potrdilo se je tudi sušno leto 1979 iz arhiva ARSO.



Slika 13: Prikaz dolžin najdaljših časovnih obdobj, ko je bilo travinje v sušnem stresu, vendar le za leta, ko le-te presegajo 30 dni. Lokacije se med seboj ločijo po različnem vzorcu

#### 4 Sklepi

Oskrba travinja z vodo ima velik vpliv na količino in kakovost travinja (Verbič, 2004 cit. po Kapun, 2008). Za strateške odločitve pa je potrebno pogledati tudi porabo vode pri travinju v daljšem časovnem obdobju na določeni lokaciji. Zato je sledenje vodne bilance nujno tudi za rastline, ki jim umetno ne dodajamo vode z namakanjem. Kazalci, kot so število stresnih dni, primanjkljaj vode in podobno so dobri pokazatelji trajanja in intenzitete suše na travinju.

Na osnovi rezultatov analize lahko tudi sklepamo, da na obravnavanih lokacijah v obdobju 1973-2009 predvsem po devetdesetih letih beležimo tudi obdobja, ko je rastlina v sušnem stresu od 40 do več kot 50 ali celo več kot 70 dni (Bilje, Celje, Murska Sobota 2003; Murska Sobota 1992). Dolgotrajna suša lahko povzroči, da se rastline prično pripravljati na stanje mirovanja, kar privede do translokacije hranljivih snovi iz listov v korenine ter posledično do slabše hranljivosti, ekstremne suše pa lahko hranilno vrednost krme zmanjšajo (Kapun, 2008). V zadnjem času se zaradi različnih vzrokov (suša, ozelenitev njiv, širitev kolobarja, majski hrošč, integrirana pridelava poljščin) trava in travno-deteljne mešanice pridelujejo tudi na njivah (okrog 15 %), ki pa zaradi pestrosti sestave zagotavljajo večjo stabilnost pridelka in večjo odpornost rastlin na stresne razmere (Beranič in Mohar, 2008).

#### 5 Literatura

- ARSO. 2010. Agrometeorološki mesečni in dekadni bilteni 1961-2009. Ljubljana.
- Beranič, J., Mohar, J. 2008. Travinje v njivskem kolobarju. Naše travinje, 4, 1, nov. 2008: 13-14
- Ceglar, A., Sušnik, A., Črepinšek, Z., Kajfež-Bogataj, L. 2008. Uporaba modela IRRFIB pri analizi vodne bilance breskev in travinja v Sloveniji v obdobju 1991-2006. V: Hudina, M. (ur.). Zbornik



- referatov 2. Slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Ljubljana: Strokovno sadjarsko društvo Slovenije: 109-117
- Donatelli, M., Hammer, G.L., Vanderlip, R.L. 1992. Genotype and water limitation effects on phenology, growth, and transpiration efficiency in grain sorghum. *Crop Science*, 32: 781-786
- JRC. 2008. Production and income variability of EU agriculture. EC report: Agricultural insurance schemes, pog. 4: 41-89
- KIS. 2009. Poročilo o stanju kmetijstva, živilstva in gozdarstva v letu 2008: Dostopno na: <http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/EKON/Porocilo2008/SpZP-2008-splosno.doc>
- Kajfež-Bogataj, L. 2005. Podnebne spremembe in ranljivost kmetijstva. *Acta agriculturae Slovenica*, 85-1: 25-40
- Kapun, S. 2008. Travinje v njivskem kolobarju. *Naše travinje*, 4, 1, nov. 2008: 15-17
- MKGP. 1998. Slovenia irrigation project, Feasibility Reports, annex: Crop and Irrigation Water Requirements.
- SURS. 2010. Ocenjena škoda po vzroku elementarne nesreče, Slovenija, letno. Dostopno na: [http://www.stat.si/pxweb/Database/Okolje/27\\_okolje/05\\_Nesrece/27089\\_ocenjena\\_skoda/27089\\_ocenjena\\_skoda.asp](http://www.stat.si/pxweb/Database/Okolje/27_okolje/05_Nesrece/27089_ocenjena_skoda/27089_ocenjena_skoda.asp)
- Sušnik, A. 2006. Vodni primanjkljaj v Sloveniji in možni vplivi podnebnih sprememb. Magistrsko delo. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana: 147 s.
- Sušnik, A. 2007. Vzroki in posledice kmetijske suše 2006. *Ujma*, št. 21: 73-79
- URSZR. 2010. Komisija za ocenjevanje škode. Zbirnik ocenjene škode po kulturah (izpis iz sistema AJDA).
- Verbič, 2004 cit. po Kapun, S. Travinje v njivskem kolobarju. *Naše travinje*, 4, 1, nov. 2008: 15-17

## Spremembe pri kmetovanju kot posledica upoštevanja Uredb o vodovarstvenih območjih

Draga ZADRAVEC<sup>117</sup>

### Izvleček

Omejitve pri kmetovanju na vodovarstvenih območjih prinašajo določene spremembe posebej za kmetije, ki imajo zemljišča na najožjih vodovarstvenih območjih, kjer so omejitve za pridelovanje poljščin in zelenjadnic največje. Večina sprememb ima posledice, ki so manj ugodne za kmetovanje in zmanjšujejo ekonomski položaj in konkurenčno sposobnost prizadetih kmetijskih gospodarstev. Med spremembami, ki prizadenejo kmetijska gospodarstva, so znižanje pridelkov najpomembnejših poljščin, zmanjšanje krmnih površin za prehrano živine v bližini kmetijskih gospodarstev in hlevov ter s tem povezanih transportnih stroškov za prevoz voluminozne krme in gnojevke ter gnojnice, zagotavljanje nadomestnih zemljišč, potrebnih za razvoz gnojevke, prilagajanje hlevov nazaj na trdi nastilj, zagotavljanje dodatnih potreb po slami, dodatne potreb po bolj specializirani mehanizaciji in drugo. Posledice sprememb v načinu kmetovanja se zelo hitro kažejo tudi v spremenjenem videzu krajine in zmanjšanju biotske pestrosti krajine. Spremembe v kolobarju, načinu kmetovanja in izgledu krajine so že opazne na njivah na najožjem vodovarsvenem območju Bohova, kjer je zelo velik delež njiv zatravljen. Zelo zaskrbljujoč podatek za stroko je ugotovitev s tega območja, da se s spremembo načina gnojenja pri ponovni izvedbi analiz hranil v tleh v zelo kratkem času ugotavlja zmanjševanje vsebnosti dostopnih osnovnih hranil, kot so fosfor in kalij v tleh, kljub povečanju vsebnosti organske snovi v tleh in drugih pozitivnih učinkih sprememb v kolobarju.

**Ključne besede:** kmetovanje, vodovarstvena območja, spremembe, gnojenje

## Changes in farming as a result of compliance with the decree of the protected water areas

### Abstract

Restrictions on farming in water protection areas bring some changes especially for farms that have land in the water protection areas, where restrictions on the cultivation of crops and vegetables are greatest. Most change has consequences that are less favourable to the farm and reduce the economic situation and the competitive ability of affected farms. These changes are; smaller yields the most important crops, reduce areas for livestock food near farms and stables and the related transportation costs for transporting animal feed and cow manure, to provide alternative land needed for the delivery of cow manure, providing additional demands on the straw, the additional demand for more specialized machinery. The consequences of changes in the way of farming are rapidly reflected in the revised look of the landscape and reduce the biodiversity of the landscape. Changes in the crop rotation, type of farming and appearance of the landscape are already visible on the field in the water protection areas Bohova, where is a very large share of the arable land. Very alarming information for the profession is information that in the areas with the change fertilization,  $P_2O_5$  and  $K_2O$  value falling very slowly, despite the increase in organic matter content in soil and other positive effects of changes in crop rotation.

**Key words:** farming, water protect area, changes, fertilizing

<sup>117</sup> Univ. dipl. inž. kmet., KGZS, KGZ Maribor, Vinarska 14, 2000 Maribor, e-pošta: draga.zadavec@kmetijski-zavod.si

## 1 Uvod

V Sloveniji zagotavljamo več kot 95 % pitne vode iz podzemnih virov. Velik del teh območij pa leži pod zemljišči, kjer na površini poteka intenzivna kmetijska raba. Omejitve pri kmetovanju so bile prej definirane v številnih občinskih odlokih, z letom 2002 s spremembo Zakona o vodah (Uradni list RS 67/2002, 41/2004, 57/2008) se je pristojnost varovanja vodovarstvenih območij prenesla iz lokalne ravni na državno raven. V letu 2004 je bil sprejet Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenih območij, v letih 2004-2008 pa 7 vladnih uredb za vodovarstvena območja (VVO) za vodno telo vodonosnikov Ljubljanskega polja, za vodno telo vodonosnika Selniške dobrove, za vodno telo vodonosnika Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrove in Dravskega polja, za vodno telo vodonosnika Dravsko-ptujskega polja, za vodno telo vodonosnika Apaškega polja, za vodno telo vodonosnikov Ljubljanskega barja in okolice Ljubljane ter za vodno telo vodonosnikov Rižane. Omejitve pri kmetovanju so bile določene že v Pravilniku o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja, povzemajo pa jih vse sprejete Uredbe o vodovarstvenih območjih za posamezna vodna telesa. Na kmetijskih zemljiščih so omejitve opredeljene z omejitvami in prepovedmi pri uporabi fitofarmaceutskimi sredstvi in gnojenja z mineralnimi in organskimi gnojili ter na območju gradenj za potrebe kmetijske dejavnosti. Omejitve gnojenja po zahtevah Pravilnika in sprejetih uredb so najbolj stroge na najožjem vodovarstvenem območju, ki pa za zelo občutljive vodonosnike na Ptujskem in Dravskem polju zavzemajo kar 652 ha, pretežno njiv in travnikov. Ker so pri sprejetju Uredb za vodovarstvena območja za posamezna vodna telesa vodonosnikov sprejeta različno dolga prehodna obdobja za posamezne zahteve se že na terenu, kjer so končana prehodna obdobja opažajo spremembe v pridelavi in gnojenju. V tleh tako po treh, petih, ponekod desetih letih že opažamo znižanje vsebnosti kalija in fosforja. To še posebej velja na travnikih, na katerih je bil glavni način gnojenja uporaba gnojnice in gnojevke. Zaradi ekonomičnosti pri pridelavi travinja ter poslabšanja ekonomičnosti pridelave v živinorejski panogi, se spremembe v založenosti tal najprej kažejo na travnikih, dolgoročno pa je podobne posledice pričakovati tudi na njivah. V prispevku so predstavljeni rezultati primerjave sprememb v kolobarju na njivah na območju vodnih teles, kjer še veljajo prehodna obdobja za prepoved uporabe fitofarmaceutskih sredstev v primerjavi s spremembami v kolobarju na območju vodnih teles, kjer so prehodna obdobja za fitofarmacevtska sredstva že potekla. Prehodno obdobje pri zahtevi prepoved gnojenja z mineralnimi gnojili ki vsebujejo dušik, velja za vsa vodovarstvena območja z sprejetimi Uredbami o vodovarstvenih območjih do 1.1.2012.

## 2 Material in metodika dela

Med letoma 2008 in 2010 se je na vzorčnih parcelah, na katerih so se izvajala vzorčenja na ostanke pesticidov in vsebnosti nitratov v tleh opravila tudi klasična AL-analiza tal v začetni fazi spremljanja sprememb v letu 2008 in ponovno v letu 2010. Ker gre za rezultate vzorčenja na istih njivah in zatravljenih površinah, je razen primerjave vsebnosti ostankov pesticidov in N-min vrednosti možna tudi primerjava parametrov vsebnosti kalija, fosforja, pH in organske snovi v omenjenem obdobju, odvisno od kolobarja.

V referatu predstavljamo nekoliko bolj detajlno analizo kmetovanja in sprememb, ter predstavljamo vizijo pričakovanih sprememb v kmetovanju po letu 2012 za območje veljavnosti Uredbe o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrove in Dravskega polja (Uradni list RS, 24/07) in Uredbe o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Selniške dobrove (Uradni list RS,

72/06). Uporabljeni podatki so pridobljeni iz anket, ki so bile izvedene v okviru Pilotnega programa ukrepov za zmanjšanje onesnaženja pitne vode s kemijskimi onesnaževali v Mariborski regiji oskrbe s pitno vodo za obdobje 2008-2010 in Pilotnega projekta Drava II.

### 3 Rezultati z razpravo

Na območjih veljavnosti navedenih uredb se nahaja 6 zajetji z 433 ha kmetijskih zemljišč na najožjih VVO z zelo strogimi omejitvami. Omenjena zemljišča so v obdelavi 135 kmetij, z večjim ali manjšim deležem kmetijskih zemljišč na najožjih VVO, za katera že veljajo ali bodo po letu 2012 veljale zelo stroge omejitve, ki so že ali bodo zahtevale spremembe v pridelavi poljščin in vplivale na gospodarski položaj kmetije.

*Preglednica 1: Velikost kmetijskih zemljišč na posameznih vodonosnikih in prizadete kmetije*

| Vodonosnik (zajetje) | Kmetijska zemljišča (ha) | Število kmetijskih gospodarstev na najožjih VVO |
|----------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|
| Dobrovce             | 175 ha                   | 62 kmetij                                       |
| Dravski dvor         | 109 ha                   | 37 kmetij                                       |
| Bohova               | 85 ha                    | 24 kmetij                                       |
| Vrbanski plato       | 38 ha                    | 7 kmetij                                        |
| Betnava              | 18 ha                    | 2 kmetiji                                       |
| Selniška dobrava     | 8 ha                     | 3 kmetije                                       |
| Skupaj               | 433 ha                   | 135 kmetij                                      |

#### 3.1 SPREMEMBE V KOLOBARJU

##### 3.1.1 Spremembe v kolobarju na območju vodnega zajetja (vodonosnika) Bohova

Večje spremembe v kolobarju, ki niso samo posledica prilagajanja kmetijske pridelave razmeram na kmetijskih trgih, so že vidne na njivah na območjih, kjer so že potekla prehodna obdobja za prilagajanje kmetijske pridelave glede uporabe FFS, rezen tistih, ki so dovoljena v ekološkem kmetovanju, kot je to razvidno iz Preglednice 2. Na območju veljavnosti omenjenih dveh Uredb so to območja vodonosnikov Bohova, Vrbanski plato, Betnava in Selniška dobrava, kjer je prehodno obdobje za prepoved uporabe FFS prenehalo veljati že s 1.1.2008. V letu 2008 še ni bilo opaziti večje spremembe v kolobarju tudi na teh območjih, kar je bilo na terenu opaziti z velikim deležem koruznih njiv v kolobarju, na katerih v času vegetacije ni bilo veliko problemov z enoletnimi plevli. Na terenu je veljala ocena, da pridelovalci v tem letu še niso popolnoma upoštevali prepovedi rabe fitofarmacevtskih sredstev. V letu 2009 in 2010 se je slika na terenu močno spremenila, posebej na njivah neposredno v bližini črpališča v Bohovi, saj so bile njive ob črpališču in plinarni, ki je v neposredni bližini črpališča v celoti zatravljene, na manjšem deležu njiv pa so se pridelovala žita. Njive, na katerih se je na tem delu prideluje koruza za silažo ali zrnje so v neposredni bližini črpališča izjema. Večji delež koruze v kolobarju na najožjem VVO Bohova še vedno opazamo na območju, ki je od črpališča bolj oddaljeno in ločeno ali z cesto ali železniško progo. Pridelovalci so seznanjeni s prepovedjo rabe FFS na tem območju, se pa posamezniki, kljub prepovedi odločajo za uporabo herbicidov, saj je v večini primerov pridelava koruze, pa tudi drugih okopavin ekonomsko neuspešna, zaradi prevelikih posledic zapleveljenosti in neizplačila odškodnin. V praksi se je kot manj problematična pokazala pridelava koruze na njivah z celoletnimi ozelenitvami in večkratno uporabo okopalnikov, kar pa v posameznih letih, zaradi vremenskih razmer ni izvedljivo. Izpadi pridelkov so na njivah koruze na tem

območju med 50-60 %, zato se pridelovalci večkrat odločijo za tveganje in opravijo škropljenje z nižjimi odmerki herbicidov. Za pridelavo koruze na najožjih VVO se odločajo predvsem živinorejci, zaradi večjih potreb po krmi, ki pa tudi niso vključeni v KOP ukrep integrirane pridelave poljščin. Nekateri od teh pridelovalcev so vključeni v KOP ukrep ozelenitev preko zime in KOP ukrep Kolobar.

*Preglednica 2: Spremembe v kolobarju na območju vodonosnika Bohova zaradi potrebnih sprememb v agrotehniki pridelave (prepoved uporabe FFS)*

| Kmetijska kultura                              | Zasejane<br>površine v letu<br>2008 (ha) | Zasejane<br>površine v letu<br>2008 (%) | Zasejane<br>površine v letu<br>2010 (ha) | Zasejane<br>površine v letu<br>2010 (%) |
|------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Trajno travinje                                | 18,72                                    |                                         | 18,72                                    |                                         |
| Deteljno travne in travno<br>deteljne mešanice | 7,81                                     | 18,19                                   | 12,80                                    | 29,83                                   |
| Ječmen                                         | 11,64                                    | 27,14                                   | 10,50                                    | 24,47                                   |
| Jagode                                         | 2,62                                     | 6,10                                    | 2,62 *                                   | 6,10                                    |
| Pšenica                                        | 6,10                                     | 14,21                                   | 3,50                                     | 8,15                                    |
| Silažna koruza                                 | 4,47                                     | 10,41                                   | 5,30                                     | 12,35                                   |
| Koruza za zrnje                                | 5,48                                     | 12,76                                   | -                                        | -                                       |
| Mnogocvetna ljuljka                            | 4,42                                     | 10,30                                   | 4,50                                     | 10,48                                   |
| Krmni sirek                                    | 0,38                                     | 0,89                                    | -                                        | -                                       |
| Rž in tritikala                                |                                          |                                         | 3,70                                     | 8,62                                    |
| Skupaj brez trajnega travinja                  | 42,92                                    | 100,00                                  | 42,92                                    | 100,00                                  |

\*dvoletni nasad

*Preglednica 3: Kolobar na območju vodonosnika Dobrovce po veljavnosti Uredbe o VVO (prehodno obdobje za prepoved uporabe FFS do 1.1.2012)*

| Kmetijska kultura                              | Zasejane<br>površine v letu<br>2008 (ha) | Zasejane<br>površine v letu<br>2008 v % | Zasejane<br>površine v letu<br>2010 (ha) | Zasejane<br>površine v letu<br>2010 (%) |
|------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Trajno travinje                                | 17,57                                    |                                         | 17,57                                    |                                         |
| Deteljno travne in travno<br>deteljne mešanice | 12,24                                    | 7,93                                    | 13,20                                    | 8,55                                    |
| Pšenica                                        | 36,40                                    | 23,59                                   | 29,10                                    | 18,86                                   |
| Silažna koruza                                 | 20,70                                    | 13,41                                   | 23,17                                    | 15,01                                   |
| Koruza za zrnje                                | 38,85                                    | 25,17                                   | 31,50                                    | 20,41                                   |
| Ječmen                                         | 13,17                                    | 8,53                                    | 19,90                                    | 12,89                                   |
| Tritikala                                      | 17,15                                    | 11,11                                   | 19,30                                    | 12,51                                   |
| Krompir                                        | 7,78                                     | 5,04                                    | 11,60                                    | 7,52                                    |
| Oljne buče                                     | 3,70                                     | 2,40                                    | 5,60                                     | 3,63                                    |
| Oves                                           | 0,95                                     | 0,62                                    | -                                        | -                                       |
| Rž                                             | 1,60                                     | 1,04                                    | -                                        | -                                       |
| Zelenjadnice                                   | 0,96                                     | 0,62                                    | 0,96                                     | 0,62                                    |
| Krmni grah                                     | 0,83                                     | 0,54                                    | -                                        | -                                       |
| Skupaj brez trajnega<br>travinja               | 154,33                                   | 100,00                                  | 154,33                                   | 100,00                                  |

### 3.1.2 Spremembe v kolobarju na območju vodnega zajetja (vodonosnika) Dobrovce

Ker na območju vodonosnika Dobrovce še ni preteklo prehodno obdobje za prepoved uporabe FFS, bistvenih sprememb v kolobarju na terenu še ni opaziti, saj pridelovalci še vedno izkoriščajo možnosti za uporabo fitofarmacevtskih sredstev (Preglednica 3). Manjše spremembe v kolobarju so posledica cenovnih gibanj ter ponudbe in povpraševanja na kmetijskih trgih in ne posledica sprememb zaradi prilagajanja zahtevam iz sprejetih, oziroma veljavnih uredb.

Spremembe v kolobarju na tem območju lahko pričakujemo ob nespremenjeni veljavnosti zahtev iz sedanje zakonodaje po letu 2012. Pričakujemo zmanjšanje njivskih površin z okopavinami in povečanje površin s travami in deteljno travnimi mešanicami ter spremembe pri setvi žit. Njive, ki so sedaj namenjene setvi pšenice in ječmena, bodo najbolj verjetno zasejane z manj zahtevnimi kulturami glede uporabe FFS, kot so tritikala, rž in pira.

### 3.1.3 Spremembe pri založenosti tal

S sprejetimi Uredbami o VVO v letu 2007 in z začetkom izvajanja zahtev pri gnojenju in uporabi FFS se je ponekod precej spremenil kolobar. Posledica sprememb v kolobarju so zmanjšani vnosi hranil v tla, saj je ekonomičnost rabe mineralnih gnojil pri travinju manjša v primerjavi z okopavinami. Ker je na terenu pričakovana večja kontrola pri upoštevanju prepovedi uporabe gnojevke in gnojnice in mineralnih gnojil, ekonomičnost pridelave pada, na njivskih površinah, ki so bile posejane z travo ali travno deteljnimi mešanicami in žiti (pšenica, rž, tritikala), pa se zmanjšuje tudi založenost tal s fosforjem in kalijem. Najmanj sprememb v založenosti tal s hranili je opaziti na površinah, kjer je v kolobarju pogostejše sejana koruza, kar pomeni, da so pri tej kulturi vlaganja v nakup mineralnih gnojil še vedno zanimiva. Preteklo izkušnje kažejo, da se zaradi ekonomičnosti pridelave trav in možnosti za uporabo gnojevke ta uporabljala kot glavni vir kalija in fosforja na travnikih in manj intenzivno gnojenih poljščinah. Po prepovedi rabe gnojevke in gnojnice se ta hranila pri manj intenzivnih poljščinah in sejanem travinju ter deteljno travnih mešanicah niso ustrezno nadomestila z nakupom in uporabo fosfornih in kalijevih mineralnih gnojil, zaradi česar založenost s kalijem in fosforjem pada. Ker se ekonomsko stanje kmetij tudi na teh območjih hitro poslabšuje, je pričakovati enake ali podobne trende na teh območjih tudi v prihodnje. Zelo zaskrbljujoče stanje ugotavljamo na njivah v neposredni bližini vodnjaka v Bohovi, ki so v zadnjih treh letih popolnoma zatravljene. Na teh površinah ugotavljamo trend hitrega znižanja vrednosti za fosfor in kalij, ki so kar v 4 od 5 analiz dosegle vrednost A, pred tremi leti pa še C ali B založenost. Zelo hitro znižanje vrednosti fosforja in kalija so posledica še dokaj visokih pridelkov trave in travno-deteljnih mešanic, saj je na tem območju uporaba dušika iz mineralnih gnojil še do leta 2012 dovoljena. Gnojenju z mineralnimi dušičnimi gnojili pa zaradi slabšega ekonomskega položaja v zadnjih letih ni sledilo gnojenje z mineralnimi fosfornimi in kalijevimi gnojili, ki bi nadomestila prejšnje zaloge kalija in fosforja, ki so jih kmetje dodajali z gnojevko in gnojnico, ki je na najožjih VVO že nekaj časa prepovedana, po sprejetju Uredb o VVO pa tudi nekoliko bolj kontrolirana na terenu. Iz analize stanja humusa v tleh ugotavljamo, da se ta povečuje skoraj na vseh analiziranih njivskih površinah, na katerih so pretekla prehodna obdobja, kot tudi na območjih na katerih prehodna obdobja še veljajo. Podobne probleme pri založenosti tal s fosforjem in kalijem ugotavljamo tudi na kmetijah, ki so se preusmerile v ekološko pridelavo, na katerih na nekaterih površinah zelo primanjkuje fosforja in kalija na njivah in na travnikih.

Spremembe pri analiznih podatkih so ocenjene kot zmanjšanje ali povečanje le v primeru, da je razlika med analizama pri vsebnosti humusa znašala več kot 0,5 %, pri pH-vrednosti več

kot 0,5 in pri fosforju in kaliju uvrstitev v nižji ali višji razred založenosti (npr. iz C-založenosti v B-založenost ali obratno).

*Preglednica 4: Število vzorcev s spremembami v preskrbljenosti tal na VVO z veljavnimi uredbami v letih 2008-2010 (podatki po Al-analizi)*

| Vodo-nosnik         | Št. vzor. | Humus |   |   | pH-vrednost |   |   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |   |   | K <sub>2</sub> O |   |      |
|---------------------|-----------|-------|---|---|-------------|---|---|-------------------------------|---|---|------------------|---|------|
|                     |           | A     | B | C | A           | B | C | A                             | B | C | A                | B | C    |
| Dobrovci            | 8         | 7     | - | 1 | 1           | 6 | 1 | 1                             | 4 | 3 | 1                | 5 | 2    |
| Bohova              | 5         | 4     | 1 | - | -           | 5 | - | 1                             | - | 4 | 1                | - | 4 A* |
| Ruška<br>dobrava    | 3         | 1     | - | 2 | -           | 3 | - | -                             | 2 | 1 | -                | 3 | -    |
| Dravski dvor        | 1         | -     | - | - | 1           | - | - | -                             | - | 1 | -                | 1 | -    |
| Betnava             | 1         | 1     | - | - | -           | 1 | - | -                             | 1 | - | -                | 1 | -    |
| Selniška<br>dobrava | 2         | -     | 1 | 1 | -           | 2 | - | -                             | 1 | 1 | -                | - | 2    |

Legenda: A-povečanje, B-brez sprememb, C-zmanjšanje, A\* - zatravljene površine

\*njive ki so bile v letu 2008 posejane s poljščinami, v letu 2009 in 2010 pa zatravljene

#### 4 Sklepi

Triletna analiza pridelave na njivah na terenu, kjer je že potrebno upoštevati Uredbe o VVO za vodno telo vodonosnikov Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobave in Dravskega polja ter Uredbe o VVO za vodno telo vodonosnika Selniška dobrava je na območju črpališča Bohova povzročila precejšnje spremembe v kolobarju na njivskih površinah. Spremembe pri gnojenju njivskih površin kot posledica sprememb v kolobarju imajo za posledico zmanjšanje vsebnosti hranil v tleh do globine 30 cm, ki je posledica sprememb v načinu gnojenja. Zmanjšanje vsebnosti hranil (fosforja in kalija) uvrščamo med negativne posledice upoštevanja zahtev iz veljavnih Uredb, ki jih je možno pričakovati tudi na drugih vodovarstvenih območjih s podobno kmetijsko pridelavo ter podobnimi talnimi in klimatskimi razmerami na katerih se upoštevajo omejitve pri gnojenju. Del zmanjšanja vsebnosti hranil lahko prištejemo zmanjšani rabi mineralnih gnojil, ki je vsekakor posledica poslabšanja ekonomskih razmer pri kmetijski pridelavi in padanja cen kmetijskih pridelkov v zadnjem obdobju. Zato je potrebno realno opredeliti pozitivne in negativne učinke izvajanja zahtev iz Uredb o vodovarstvenih območjih in najti najbolj ustrezne rešitve, ki bodo najmanj vplivale na vplive kmetovanja na podtalnico in še omogočale primerno kmetijsko pridelavo na teh območjih.

#### 4 Literatura

Fank, J. Horvat, U. Kopač, I. Lapajne, S. Zdravec, D. Žiberna, I. 2009. Priprava pilotnega programa ukrepov za zmanjšanje onesnaženja pitne vode s kemijskimi onesnaževali v mariborski regiji oskrbe s pitno vodo za obdobje 2007-2010, Poročilo za leto 2008

Fank, J., Horvat, U., Kopač, I., Lapajne, S., Zdravec, D., Žiberna, I. 2010. Pilotni projekt Drava II, Poročilo za leto 2009

Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS, št.64/04)

Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ruš, Vrbanskega platoja, limbuške dobave in dravskega polja (Uradni list RS, št. 24/07)

Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Selniške dobave (Uradni list RS, št.72/06)

## Prostorska analiza dejanske rabe tal na območjih z okoljevarstvenimi ukrepi v Sloveniji

Vesna MILIČIĆ<sup>118</sup>, Vesna ZUPANC<sup>119</sup>, Andrej UDOVČ<sup>120</sup>

### Izvleček

Z vključitvijo v Evropsko unijo leta 2004 je bila Slovenija obvezna določiti in vzdrževati ekološko pomembna območja. Z vpeljavo številnih ukrepov in neposrednih plačil naj bi se kmetijska dejavnost na zavarovanih območjih ohranila na obstoječi ravni. Navkljub temu so se v laični javnosti pojavili pomisleki, da lahko omejitve in ukrepi na zavarovanih območjih negativno vplivajo na kmetijsko dejavnost. V prispevku smo predstavili prostorsko analizo sprememb dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč v času od vpeljave varovanih območij za naravo. Le-te smo obravnavali za posebno varstveno območje Nature 2000. Ugotavljamo, da na državni ravni med obravnavanima letoma (2002 in 2009) ni prišlo do bistvenih sprememb.

**Ključne besede:** dejanska raba tal, prostorska analiza, GIS, okoljevarstveni ukrepi, podatkovne baze

## Spatial analysis of the actual land use in the areas of environmental protection measures in Slovenia

### Abstract

By integrating into the European Union in 2004, Slovenia was required to establish and maintain ecologically important areas. With the introduction of a number of measures and direct payments for the protected areas, the maintenance of appropriate agricultural activity was predicted. Despite this, general public had thought that implemented restrictions and measures are having a negative impact on agricultural activity. In this paper we present a spatial analysis of changes in the actual use of agricultural and forest land at the time of the introduction of nature protected areas. The land use analysis was focused on the Natura 2000 sites. We note that at the national level, there were no significant changes between the studied years 2002 and 2009.

**Key words:** actual land use, spatial analysis, GIS, environmental protection measures, database

### 1 Uvod

Na rabo tal vpliva več dejavnikov, ki so med seboj neposredno povezani. Primarni so naravni pogoji, kot sta topografija in klima (Meeus, 1995), zelo aktivno pa na rabo tal vplivajo administrativni ukrepi ter ekonomski dejavniki (Schneeberger in sod., 2007). Med administrativne ukrepe lahko prištevamo uvedbo varovanih območij narave, katera je bila Slovenija z vključitvijo v Evropsko unijo leta 2004 obvezna določiti in vzdrževati. Varovana območja narave vključujejo zavarovana območja narave (parki, naravni rezervati in naravni spomeniki), ekološko pomembna območja ali območja Natura 2000 in območja, ki izpolnjujejo pogoje za območja Natura 2000 (Program..., 2003). Varovana območja narave so do leta 2004 obsegala približno 12 % celotnega ozemlja, v letu 2009 pa so skupaj z območji Nature 2000 in območji, ki izpolnjujejo pogoje za območja Natura 2000 predstavljala že 39,7 % celotnega ozemlja Slovenije (ARSO, 2010a). V skladu z Uredbo o posebnih varstvenih območjih (UI RS, 49/04, 110/04, 59/07, 43/08) je bilo za Naturo 2000 opredeljenih

<sup>118</sup> Mag., univ. dipl. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, e-pošta: vesna.milicic@bf.uni-lj.si

<sup>119</sup> Dr., univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si

<sup>120</sup> Prof. dr., univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: andrej.udovc@bf.uni-lj.si



približno 7.200 km<sup>2</sup> ali 35,5 % ozemlja Slovenije, kar je nad povprečjem EU-27, ki znaša 13 %. Območja Natura 2000 so sestavni del ekološko pomembnih območij, ki pomembno prispevajo k ohranjanju biotske pestrosti, zato so na teh območjih predvideni varstveni ukrepi in ukrepi prilagojene rabe naravnih dobrin. Po podatkih ARSO okrog 70 % slovenskega omrežja Natura 2000 pokrivajo gozdovi in približno 20 % kmetijskih zemljišč v uporabi, med katerimi so najpomembnejši ekstenzivni travniki. Ti so v mnogih območjih še v ugodnem stanju ohranjenosti, pritiski na zmanjševanje ugodnega stanja pa so veliki, tako po naravni poti z zaraščanjem zaradi opuščanja kmetovanja kot zaradi intenzifikacije njihove rabe (ARSO, 2010b).

### 1.1 UKREPI KMETIJSKE POLITIKE NA ZAVAROVANIH OBMOČJIH SKOZI ČAS

Izvajanje ustrezne kmetijske dejavnosti na območjih Natura 2000 je pogoj za ohranjanje ali doseganje ugodnega stanja ohranjenosti nekaterih vrst in habitatov (Eler in Batič, 2004; Žerdin in sod., 2007) in zahteva skladno delovanje javne uprave, stroke (naravovarstvene, kmetijske, gozdarske in vodarske) ter kmetovalcev kot tudi širšega prebivalstva (Eler in Batič, 2004). Kot zoperstavitev opuščanju kmetijske dejavnosti na zavarovanih območjih so bili vpeljani raznovrstni ukrepi in izvedbe neposrednih kmetijsko-okoljskih plačil, saj le-ta večini kmetom predstavlja pomemben finančni vir in večina obdeluje svojo zemljo samo zato, da izpolnjujejo pogoje za izvajanje posameznega ukrepa (Gotovnik, 2007).

Skozi čas so se ukrepi kmetijske politike na varovanih območjih narave pod Naturo 2000 spreminjali. Prvi ukrep, ki je neposredno vezan na ekološko pomembna območja (območja Natura 2000), se je pričel izvajati leta 2004 (Ukrep III/3: Ohranjanje posebnih travniških habitatov) z namenom ohranitve ugodnega stanja ogroženih vrst in habitatnih tipov na ekološko pomembnih območjih (vključujoč območja Natura 2000), ki so v kmetijski rabi (Program..., 2003). Hkrati je bil istega leta ukinjen ukrep odpravljanja zaraščanja, ki je bil prav tako neposredno vezan na vzdrževanje travnatih površin na ekološko pomembnih območjih in se je izvajal od leta 2001 do 2003. Na osnovi tega ukrepa je bilo možno za očiščene površine, ki so jih kmetovalci kasneje vključili v ukrepe SKOP, prejeti finančno podporo. Po mnenju Evropske komisije stroški, ki jih ima kmetijsko gospodarstvo z odpravljanjem zaraščanja, ne morejo biti opravičljivi stroški (Senegačnik, 2007, cit. po Gotovnik, 2007). Posledično je danes preko 50.000 ha travniških površin na območjih Natura 2000, ki so še travniške ali so bile v bližnji preteklosti travniške, podvrženih zaraščanju. Večina teh površin leži na območjih, ki so hkrati območja z omejenimi dejavniki za kmetovanje (Žerdin in sod., 2007). Ukrepi po letu 2004, ki pomenijo podporo proti zaraščanju, so le tisti, kjer je za pridobitev podpore potrebna vsaj minimalna obdelava površin. Tak primer je npr. ukrep ohranjanje ekstenzivnega travinja, kjer gre za izvajanje sonaravnega načina kmetovanja, pri čemer se zemljišča lahko pasejo ali kosijo (Mržek, 2008). V letu 2007 so bili v okviru 2. osi Programa razvoja podeželja 2007-2013 dodatno vključeni nekateri podukrepi, vezani na ekološko pomembna območja, in sicer ohranjanje travniških habitatov metuljev in ohranjanje habitatov ptic vlažnih ekstenzivnih travnikov na območjih Natura 2000 (Program..., 2006), ter v letu 2010 podukrep ohranjanja kraških pašnikov (MKGP, 2010). Kljub temu pa so se v laični javnosti pojavljali pomisleki, da lahko omejitve na varovanih območjih narave negativno vplivajo na kmetijsko dejavnost. V prispevku predstavljamo prostorsko analizo sprememb dejanske rabe tal v času od vpeljave varovanih območij za naravo. Le-te smo obravnavali za posebno varstveno območje Nature 2000 za dve leti, in sicer 2002 in 2009.

## 2 Material in metode dela

Za določitev dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč v letih 2002 in 2009 po statističnih regijah v Sloveniji so bile uporabljene vektorske prostorske baze dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, prosto dostopne na spletni strani Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP, 2010) in administrativnih mej slovenskih občin, pridobljene na Geodetski upravi (Geodetska uprava RS, 2010). Zaradi odstopanja med administrativnimi mejami občin in administrativnimi mejami statističnih regij smo v ArcMap programskem okolju z združitvijo administrativnih mej občin, ki sestavljajo posamezno statistično regijo, ustvarili nov informacijski sloj (IS) administrativnih mej statističnih regij, ki se je popolnoma prekrival z administrativnimi mejami občin.

Obravnavali smo Kmetijska zemljišča v uporabi (KZU), Zemljišča v zaraščanju (ZZ), Gozd, Urbano ter Ostalo. V skupino KZU smo združili naslednje kategorije dejanske rabe (Pravilnik o katastru..., Ul RS, št.6/2005): njive in vrtovi, hmeljišča, trajne rastline na njivskih površinah, rastlinjaki, vinogradi, matičnjaki, intenzivni in ekstenzivni sadovnjaki, oljčni nasadi, ostali trajni nasadi, trajni travniki, barjanski travniki in kmetijske površine porasle z gozdnim drevjem. V skupino Ostalo so bile vštete naslednje kategorije: plantaže gozdnega drevja, drevesa in grmičevje, neobdelana kmetijska zemljišča, barje, trstičja, ostala zamočvirjena zemljišča, suha odprta zemljišča s posebnim rastlinskim pokrovom, odprta zemljišča brez ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom in vode. Za analizo dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč na varovanih območjih za naravo je bila dodatno uporabljena vektorska prostorska baza območij Nature 2000, prosto dostopna v okviru spletne objektivne storitve Web Feature Service (WFS) Agencije RS za okolje (ARSO, 2010c). Ugotovljeno je bilo, da se SPA (območja opredeljena na podlagi direktive o pticah) in pSCI (območja opredeljena na podlagi direktive o habitatih) območja ponekod deloma prekrivajo, zato je bilo potrebno izvoziti podatke obeh območij in ustvariti nov IS. Po združitvi IS SPA območij in pSCI območij smo na novo izračunali površino območij Natura 2000 in s tem izločili vsa podvojena zemljišča.

S prekrivanjem ustreznih IS in uporabo ustreznih prostorskih operacij smo pridobili nove informacijske sloje, ki so vsebovali informacijo o dejanski rabi po statističnih regijah in znotraj območij Natura 2000 po posameznih statističnih regijah. Atributne podatke posameznega IS smo statistično obdelali. Tako smo izračunali površino dejanske rabe izven območij Nature 2000 po posameznih statističnih regijah.

## 3 Rezultati z diskusijo

### 3.1 OBSEG VAROVANIH OBMOČIJ NARAVE POD NATURO 2000 V SLOVENIJI

Skupno območja Nature 2000 pokrivajo približno 7.200 km<sup>2</sup> ali 35,5 % ozemlja celotne Slovenije (ARSO 2010a), kar je pokazala tudi naša prostorska analiza. Statistična regija Jugovzhodna Slovenija je po površini največja in obsega 13 % vsega državnega ozemlja. Najmanjša po površini je Zasavska statistična regija v velikosti 26.375 ha in obsega 1,3 % države. Največji delež zavarovanega območja (54 %) se nahaja v Notranjsko-kraški statistični regiji, najmanjši pa v Savinjski statistični regiji kjer je zavarovanega le 15,3 % celotnega območja regije (preglednica 1).

*Preglednica 1: Površina statističnih regij in območij Nature 2000 (ha) ter delež (%) zavarovanih območij znotraj posamezne statistične regije*

| Statistična regija    | Število občin v regiji | Površina regije (m <sup>2</sup> ) | Površina Nature 2000 (m <sup>2</sup> ) | Pokritost z Naturo 2000 (%) |
|-----------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|
| Gorenjska             | 18                     | 213.660                           | 94.734                                 | 44,3                        |
| Goriška               | 13                     | 232.550                           | 109.516                                | 47,1                        |
| Jugovzhodna Slovenija | 20                     | 267.509                           | 129.418                                | 48,4                        |
| Koroška               | 12                     | 104.080                           | 23.240                                 | 22,3                        |
| Notranjsko-kraška     | 6                      | 145.634                           | 78.027                                 | 53,6                        |
| Obalno-kraška         | 7                      | 104.445                           | 50.344                                 | 48,2                        |
| Osrednjeslovenska     | 26                     | 255.496                           | 55.207                                 | 21,6                        |
| Podravska             | 41                     | 216.967                           | 59.594                                 | 27,5                        |
| Pomurska              | 27                     | 133.753                           | 58.122                                 | 43,5                        |
| Savinjska             | 31                     | 230.088                           | 35.115                                 | 15,3                        |
| Spodnjeposavska       | 6                      | 96.825                            | 20.894                                 | 21,6                        |
| Zasavska              | 3                      | 26.375                            | 5.758                                  | 21,8                        |
| Slovenija             | 210                    | 2.027.382                         | 719.969                                | 35,5                        |

### 3.2 DEJANSKA RABA TAL V SLOVENIJI NA IZBRANIH VAROVANIH OBMOČJIH NARAVE

Analiza dejanske rabe zemljišč je pokazala, da se je na območju Nature 2000 površina KZU med letoma 2002 in 2009 povečala za 1 %, zmanjšala površina ZZ za 1 %, povečala površina gozda za 1 %, povečala urbana površina (<1 %) ter za 1 % zmanjšala površina v kategoriji Ostalo (preglednica 2). Analiza na ravni posameznih statističnih regij je pokazala, da so se površine KZU najbolj povečale na območju Gorenjske in sicer za dobrih 4.000 ha, ZZ so se najbolj zmanjšala na območju Obalno-kraške (2.000 ha), Goriške (za 1.273 ha) in Notranjsko-kraške (za 634 ha) regije. Površina gozda se je po vseh statističnih regijah znotraj območij Nature 2000 minimalno enakomerno povečala, kar kaže na njihovo dobro vzdrževanje.

### 3.3 DEJANSKA RABA TAL V SLOVENIJI IZVEN IZBRANIH VAROVANIH OBMOČJIH NARAVE

Izven varovanih območij narave pod Naturo 2000 so spremembe v dejanski rabi na državni ravni manjše. Za 1 % se je zmanjšala površina KZU in povečala površina ZZ (<1 %) (preglednica 3). Na ravni posameznih statističnih regij so razlike večje. Površine KZU izven območij Nature 2000 se v sedmih letih niso bistveno spremenile. Največje zmanjšanje površine ZZ je zaslediti na območju Obalno-kraške regije (1.300 ha), česar pa še ne moremo pripisati podukrepu Ohranjanje ekstenzivnih kraških pašnikov, ki je stopil v veljavo v začetku 2010 (Ul RS, št. 14/2010), zagotovo pa se pozna vpliv ukrepa ohranjanja ekstenzivnega travinja iz obdobja pred letom 2004. Porast zaraščanja je opaziti na vzhodnem delu Slovenije, vključujoč Podravske (1.300 ha), Pomurske (790 ha) in Savinjske (500 ha) regije. Slednja regija ima najmanjši delež varovanih območij pod Naturo 2000 v Sloveniji. Podravska in Pomurska statistična regija imata porast zaraščenih območij (508 oz. 130 ha) tudi znotraj območja Nature 2000, medtem ko ima Savinjska regija nekoliko manj (50 ha).

Sprememba kmetijsko-okoljskih ukrepov v bistveni meri ni vplivala na dejansko rabo znotraj varovanih območij narave, saj prostorska analiza ni pokazala bistvenih sprememb v obravnavanem časovnem obdobju v primerjavi med letoma 2002 in 2009. Hkrati smo se pri prostorski analizi srečali s problemom zanesljivosti podatkov ter sprememb metodologije, ki je omogočila bolj natančen zajem v rabi po letu 2005, predvsem zaradi uvedbe GERKov.

Zaradi večje natančnosti so bila določena kmetijska zemljišča, ujeta v urbanem okolju, izvzeta iz urbanih površin, kar je pripomoglo k navideznemu zmanjšanju le-teh.

*Preglednica 2: Kategorije dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč v letih 2002 in 2009 znotraj varovanih območij narave pod Naturo 2000 po posameznih statističnih regijah v Sloveniji (ha)*

| Statistična regija | Leto 2002      |               |                |               |               |                |
|--------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                    | KZU            | ZZ            | Gozd           | Urbano        | Ostalo        | SKUPAJ         |
| Gorenjska          | 4.848          | 663           | 72.216         | 746           | 16.261        | 94.734         |
| Goriška            | 15.882         | 3.084         | 72.401         | 1.222         | 16.927        | 109.516        |
| JV Slovenija       | 13.089         | 2.082         | 111.381        | 1.248         | 1.618         | 129.418        |
| Koroška            | 2.352          | 323           | 19.035         | 508           | 1.021         | 23.240         |
| Notranjsko-kraška  | 11.469         | 1.214         | 62.124         | 437           | 2.783         | 78.027         |
| Obalno-kraška      | 14.848         | 4.075         | 29.093         | 1.103         | 1.225         | 50.344         |
| Osrednjeslovenska  | 15.022         | 238           | 35.882         | 998           | 3.066         | 55.207         |
| Podravska          | 18.926         | 647           | 35.605         | 2.118         | 2.282         | 59.579         |
| Pomurska           | 27.243         | 436           | 26.074         | 2.442         | 1.927         | 58.122         |
| Savinjska          | 5.986          | 234           | 25.891         | 704           | 2.300         | 35.115         |
| Spodnjeposavska    | 5.982          | 102           | 14.005         | 415           | 390           | 20.894         |
| Zasavska           | 1.032          | 14            | 4.553          | 115           | 44            | 5.758          |
| <b>Slovenija</b>   | <b>136.679</b> | <b>13.114</b> | <b>508.261</b> | <b>12.056</b> | <b>49.843</b> | <b>719.953</b> |
| Statistična regija | Leto 2009      |               |                |               |               |                |
|                    | KZU            | ZZ            | Gozd           | Urbano        | Ostalo        | SKUPAJ         |
| Gorenjska          | 8.717          | 586           | 71.346         | 700           | 13.385        | 94.734         |
| Goriška            | 17.650         | 1.811         | 75.493         | 1.264         | 13.299        | 109.516        |
| JV Slovenija       | 12.323         | 942           | 113.396        | 1.345         | 1.408         | 129.414        |
| Koroška            | 2.710          | 119           | 19.042         | 453           | 917           | 23.240         |
| Notranjsko-kraška  | 13.686         | 580           | 62.307         | 476           | 977           | 78.026         |
| Obalno-kraška      | 13.511         | 2.075         | 31.732         | 1.721         | 1.305         | 50.344         |
| Osrednjeslovenska  | 15.237         | 461           | 35.917         | 1.030         | 2.561         | 55.207         |
| Podravska          | 18.477         | 777           | 36.191         | 1.902         | 2.247         | 59.593         |
| Pomurska           | 25.979         | 944           | 27.120         | 2.258         | 1.821         | 58.122         |
| Savinjska          | 6.638          | 208           | 25.665         | 609           | 1.994         | 35.115         |
| Spodnjeposavska    | 5.878          | 182           | 13.975         | 422           | 435           | 20.893         |
| Zasavska           | 1.073          | 26            | 4.505          | 110           | 43            | 5.758          |
| <b>Slovenija</b>   | <b>141.878</b> | <b>8.712</b>  | <b>516.688</b> | <b>12.292</b> | <b>40.390</b> | <b>719.961</b> |

Preglednica 3: Kategorije dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč v letih 2002 in 2009 izven varovanih območij narave pod Naturo 2000 po posameznih statističnih regijah v Sloveniji (ha)

| Statistična regija | Leto 2002      |               |                |               |               | SKUPAJ           |
|--------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|------------------|
|                    | KZU            | ZZ            | Gozd           | Urbano        | Ostalo        |                  |
| Gorenjska          | 31.397         | 399           | 76.196         | 8.243         | 2.690         | 118.926          |
| Goriška            | 30.554         | 1.791         | 82.180         | 5.642         | 2.867         | 123.034          |
| JV Slovenija       | 54.015         | 1.766         | 72.652         | 8.002         | 1.655         | 138.090          |
| Koroška            | 19.338         | 880           | 55.692         | 4.195         | 735           | 80.840           |
| Notranjsko-kraška  | 20.817         | 1.105         | 41.026         | 3.064         | 1.594         | 67.606           |
| Obalno-kraška      | 18.449         | 2.923         | 27.552         | 4.116         | 1.060         | 54.100           |
| Osrednjeslovenska  | 60.419         | 1.068         | 117.200        | 18.487        | 3.116         | 200.289          |
| Podravska          | 84.737         | 779           | 52.936         | 15.824        | 3.095         | 157.372          |
| Pomurska           | 52.677         | 178           | 14.566         | 6.560         | 1.650         | 75.631           |
| Savinjska          | 69.752         | 571           | 106.982        | 14.666        | 3.002         | 194.973          |
| Spodnjeposavska    | 34.211         | 592           | 33.500         | 5.733         | 1.895         | 75.931           |
| Zasavska           | 5.583          | 75            | 12.838         | 1.713         | 408           | 20.617           |
| <b>Slovenija</b>   | <b>481.948</b> | <b>12.127</b> | <b>693.321</b> | <b>96.245</b> | <b>23.769</b> | <b>1.307.410</b> |
| Statistična regija | Leto 2009      |               |                |               |               | SKUPAJ           |
|                    | KZU            | ZZ            | Gozd           | Urbano        | Ostalo        |                  |
| Gorenjska          | 32.578         | 585           | 75.660         | 7.955         | 2.147         | 118.925          |
| Goriška            | 29.507         | 1.147         | 84.303         | 5.824         | 2.253         | 123.035          |
| JV Slovenija       | 50.911         | 1.664         | 74.995         | 8.543         | 1.977         | 138.089          |
| Koroška            | 20.089         | 332           | 56.148         | 3.649         | 622           | 80.840           |
| Notranjsko-kraška  | 20.697         | 816           | 41.993         | 3.051         | 1.050         | 67.606           |
| Obalno-kraška      | 15.952         | 1.630         | 30.161         | 5.019         | 1.338         | 54.100           |
| Osrednjeslovenska  | 60.203         | 1.388         | 117.289        | 18.460        | 2.950         | 200.289          |
| Podravska          | 83.239         | 2.058         | 53.726         | 15.373        | 2.977         | 157.373          |
| Pomurska           | 51.683         | 964           | 14.945         | 6.544         | 1.495         | 75.631           |
| Savinjska          | 71.724         | 1.126         | 105.899        | 13.239        | 2.983         | 194.971          |
| Spodnjeposavska    | 33.153         | 969           | 33.690         | 5.698         | 2.422         | 75.932           |
| Zasavska           | 5.865          | 113           | 12.652         | 1.611         | 377           | 20.617           |
| <b>Slovenija</b>   | <b>475.600</b> | <b>12.792</b> | <b>701.460</b> | <b>94.966</b> | <b>22.591</b> | <b>1.307.409</b> |

#### 4 Sklepi

Analiza dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč je pokazala, da na državni ravni med obravnavanima letoma ni prišlo do bistvenih sprememb. Razlike v površini med obravnavanima letoma niso presegle 1 %. Smiselna bi bila podrobna prostorska analiza rabe tal in spremljanje sprememb skozi daljše časovno obdobje. Na ravni posameznih statističnih regij so razlike večje; največje zmanjšanje površine ZZ je zaslediti na območju Obalno-kraške regije (1.300 ha). Porast zaraščanja je opaziti na vzhodnem delu Slovenije, vključujoč Podravske, Pomurske in Savinjske regije. Sprememba kmetijsko-okoljskih ukrepov na ravni države ni občutneje vplivala na dejansko rabo znotraj varovanih območij narave, saj prostorska analiza ni pokazala bistvenih sprememb v obravnavanem časovnem obdobju (med letoma 2002 in 2009). Omrežju varovanih območij Nature 2000 se pogosto pripisuje zaviralno vlogo razvoju, vendar rezultati kažejo drugačno sliko. Za nekatere sektorje, kot je kmetijstvo, lahko Naturo 2000 unovčimo kot podlago, pogosto celo prednostno, za črpanje sredstev iz

evropskih finančnih skladov (Krajčič in Nose-Marolt, 2008) in s tem pripomoremo k ohranitvi kmetijske dejavnosti na ranljivejših območjih. Hkrati je ustrezna kmetijska dejavnost nujno potrebna za vzdrževanje nekaterih habitatnih tipov, s čimer pripomore k ohranitvi ekološko bolj zahtevnih vrst in s tem ustrezne ravni biotske pestrosti.

## 5 Literatura

- ARSO. Agencija RS za okolje in prostor. 2010a. Kazalci okolja v Sloveniji. Varovana območja narave. Dostopno na: [http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind\\_id=204](http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=204) (05.09.2010)
- ARSO. Agencija RS za okolje in prostor. 2010b. Kazalci okolja v Sloveniji. Natura 2000. Dostopno na: [http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind\\_id=132](http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=132) (05.09.2010)
- ARSO. Agencija RS za okolje in prostor. 2010c. Geografski informacijski sistem-ARSO. Vstop v WFS ARSO. Dostopno na: <http://gis.arso.gov.si/> (05.07.2010)
- Eler, K., Batič, F. 2004. Natura 2000 in kmetijstvo. V: TAJNŠEK, Anton (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu 2004. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo: 108-114
- Geodetska uprava RS. 2010. Naročilo digitalnih prostorskih podatkov. Podatki pridobljeni po uradni poti v raziskovalne namene dne 05.06.2010
- Gotovnik, B. 2007. Vpliv izbranih kmetijsko-okoljskih plačil na kulturno krajino. Diplomsko delo, univerzitetni študij, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo: 72 s.
- Krajčič, D., Nose-Marolt, M. 2008. Ohranjena narava kot razvojna priložnost Krasa. V: ZELNIK, Damijana (ur.). Ohranitev kraške krajine kot razvojna priložnost Krasa: zbornik referatov in razprav. Ljubljana. Državni svet Republike Slovenije: 27-30
- Meeus, J. H. A. 1995. Pan-European landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 31(1-3): 57-79
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. 2010. Spletne aplikacije. Grafični podatki RABA za celo slovenijo. Dostopno na: <http://rkg.gov.si/GERK/> (05.07.2010).
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. 2010. Program razvoja podeželja 2007-2013. Os 2- Ohranjanje okolja in podeželja. Navodila za izvajanje podukrepa "Ohranjanje ekstenzivnih kraških pašnikov": 27s.
- Mržek, T. 2008. Upravljanje požarno ogroženih območij na Krasu. Diplomsko delo. Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju, Nova Gorica: 72 s.
- Program razvoja podeželja za Republiko Slovenijo 2004-2006. 2003. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 205 s.
- Program razvoja podeželja Republike Slovenije za obdobje 2007-2013. Osnutek 10.11.2006. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 207 s.
- Schneeberger, N., Bürgi, M., Hersperger, A.M., Ewald K.C. 2007. Driving forces and rates of landscape change as a promising combination for landscape change research—An application on the northern fringe of the Swiss Alps. *Land Use Policy*, 24 (2): 349-361
- Uradni list RS, št. 49/2004-2277. Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000)
- Uradni list RS, št. 110/2004-4595. Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000)
- Uradni list RS, št. 6/2005-142. Pravilnik o katastru dejanske rabe kmetijskih zemljišč
- Uradni list RS, št. 59/2007-3161. Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000)
- Uradni list RS, št. 43/2008-1893. Uredba o dopolnitvah Uredbe o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000)
- Uradni list RS, št. 14/2010-638. Uredba o plačilih za ukrepe osi 2. iz Programa razvoja podeželja Republike Slovenije za obdobje 2007-2013 v letih 2010-2013
- Žerdin, M., Kamenšek, N., Jerman, B., Šot-Pavlovič, L., Tome, D. 2007. Predhodno vrednotenje Programa razvoja podeželja Republike Slovenije za obdobje 2007-2013 OP. Dodatek za presojo sprejemljivosti vplivov izvedbe Programa na varovana območja. Ljubljana, AQUARIUS d.o.o.: 138 s.

## Kmetijske rastline na območjih namakalnih sistemov v Sloveniji v obdobju 2006-2009

Rozalija CVEJIĆ<sup>121</sup>, Vesna ZUPANC<sup>122</sup>, Matjaž TRATNIK<sup>123</sup> Marina PINTAR<sup>124</sup>

### Izvleček

Optimalna raba obstoječih namakalnih sistemov (NS) je enako pomembna kot investicije v nove NS. Uradno imamo v Sloveniji 52 delujočih velikih NS, o katerih ne vemo veliko, kako dobro jih uporabljamo. Prispevek predstavlja pregled skupin kmetijskih rastlin, ki se pojavljajo na obravnavanih NS. Rezultati raziskave, ki je bila opravljena za obdobje 2006-2009, nakazujejo, da NS uporabljamo pod njihovimi načrtovanimi potenciali. Skupine kultur, ki jih v Sloveniji navadno namakamo (hmelj, okrasne rastline, sadne trajni nasadi, vrtnine), v povprečju pokrivajo 27 % vseh obravnavanih NS. Skupine kultur, ki jih navadno ne namakamo (krmne rastline, žita, vinogradi) pa smo v obravnavanem obdobju sadili, sejali ali pridelovali na 73 % površin obravnavanih NS. V prispevku so identificirani možni vzroki za obstoječe stanje, vendar bo v prihodnosti potrebno opraviti raziskavo na terenu in ugotoviti natančne vzroke za opisano neugodno stanje ter poiskati možne rešitve, ki bi rabo obravnavanih NS v prihodnje izboljšali.

**Glavne besede:** namakanje, namakalni sistemi, optimalna raba, kulture

## Agricultural plants on irrigations systems in Slovenia for the period 2006-2009

### Abstract

Optimal use of existing irrigation systems (IS) is as important as investments in new IS. Officially there are 52 IS in Slovenia, that are actively used, however less is known about how well they are being used. The paper overviews the cultures being represented on examined IS. The research, carried out for the period 2006-2009 indicates, that the examined IS are being used below its expected potentials. On average, the groups of cultures that are normally irrigated in Slovenia (orchards, ornamental plants, vegetables) cover 27 % of the surface of IS, while the cultures that are normally not irrigated (forage crops, cereals, vineyards) cover 73 %. The paper identifies the possible reasons for this situation, however further field research needs to be undertaken in the future to identify the influencing factors unambiguously and find possible solutions that would result in IS being used efficiently.

**Key words:** irrigation, irrigation systems, optimal use, crops

### 1 Uvod

Namakalni sistemi (NS) so tehnološki ukrep, ki izboljša časovno in prostorsko razpoložljivost vode za potrebe rastlinske pridelave na lokalni ravni, izboljšajo sprejem hranil v rastline in zmanjšujejo občutljivost rastlinske pridelave na sušo. Učinkovitost namakanja je lahko opredeljena z vidika učinkovitosti metode namakanja, porabe vode (Jensen, 2007), z vidika delovanja celotnega namakalnega sistema (Mateos, 2008), z vidika pridelka glede na porabljeno vodo ter tudi od sodelovanja uporabnikov (Ambast in sod., 2002), Ekonomsko učinkovito rabo NS pa lahko opredelimo tudi s sestavo kmetijskih rastlin na namakanih

<sup>121</sup> Mag., univ. dipl. inž. agr., IZVO d.o.o., Pot za Brdom 102, 1000 Ljubljana, e-pošta: rcvejic.bf@gmail.com

<sup>122</sup> Dr., univ. dipl. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si

<sup>123</sup> Univ. dipl. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: matjaz.tratnik@bf.uni-lj.si

<sup>124</sup> Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si



površinah. Za optimalno rabo izgrajenih NS so pomembne investicije v vzdrževanje NS. Poleg tega je pozornost potrebno posvetiti tudi oblikovanju družbenega okolja, ki bo vzpodbujajo pridelovalce k rabi izgrajenih NS, tako da se bo ta v največji možni meri približala ekonomskim potencialom, za katere so bili NS prvotno načrtovani. V prispevku obravnavamo rabo izgrajenih NS ter zastopanost kmetijskih rastlin na območju obravnavanih 52 delujočih velikih NS v obdobju 2006-2009.

## 2 Materiali in metode dela

Baza delujočih velikih namakalnih sistemov (VNS) je bila v marcu 2010 izpeljana iz Katastra melioracijskih sistemov in naprav (KatMeSiNa) (MKGP, 2010) in zajema 52 VNS. Delujoči namakalni sistemi so tisti, za katere ima MKGP informacijo o delovanju, torej so vključeni v program odmere za letno vzdrževanje ali imajo informacijo o tem, da so bili izgrajeni. VNS so sistemi, ki so na strnjeni površini več kot 10 ha ali imajo vodno dovoljenje za črpanje vode, ki je večje od 100 l/s (Čuden Osredkar in Pintar, 2003). Na območjih namakalnih sistemov so bila s presekom definirana območja grafičnih enot rabe tal (GERK) (MKGP, 2010). Pri tem so bila uporabljene grafične podlage GERK 14.09.2006, 07.11.2007, 02.09.2008 in 24.04.2009. Te baze podatkov so bile povezane s podatki iz subvencijskih vlog (SBV) iz let 2006, 2007, 2008 in 2009 (ARSKTRP, 2010). Baza SBV vsebuje podatke o kmetijskih rastlinah za katere so bili uveljavljani posamezni ukrepi iz programa razvoja podeželja v danem letu. Skupni imenovalec baze GERK in baze SBV je številka GERK-PID, ki je neponovljiva identifikacijska številka GERK. Tako je bil pridobljen prostorski podatek o pojavnosti kultur na območju NS. Dodatno je bil oblikovan seznam kmetijskih rastlin, ki jih na območju Slovenije navadno namakamo in seznam tistih, ki jih navadno ne namakamo. Iz tega je bila izpeljana ocena, kolikšne površine delujočih obstoječih velikih namakalnih sistemov uporabljamo za kmetijske rastline, ki jih v Sloveniji navadno namakamo in kakšna je zastopanost kmetijskih rastlin na VNS.

Skupine v prispevku obravnavanih kmetijskih rastlin, ki se nahajajo na območjih NS in jih v praksi navadno namakamo, so: hmelj, okrasne rastline, sadne vrste (aktinidija, breskev, nektarina, citrusi, češnja, hruška, jablana, jagode, kaki, nektarina, oljka, sliva ali češplja in travniški sadovnjaki različnih sadnih vrst), trajni nasadi (drevesnice, matičnjaki, nasadi matičnih rastlin, trsnice), ukorenišče sadik hmelja in vrtnine (mešana raba – vrtnine, poljščine, dišavnice, zdravilna zelišča na prostem; njivska zelišča na prostem; njivska zelišča v zavarovanem prostoru in vrtnine v zavarovanem prostoru). Skupine v prispevku obravnavanih kmetijskih rastlin, ki se nahajajo na območjih NS in jih v praksi navadno ne namakamo, so: krmne metuljnice (detelja, lucerna), krmne rastline (deteljno travne mešanice, druge rastline za krmno na njivah, krmna ogrščica, krmna pesa, krmni sirek, krmno korenje, strniščna repa, trajno travinje, trave, travno deteljne mešanice), krompir, njiva v prahi, oljnice (oljna buča, oljna ogrščica, sončnice), stročnica (grah), trajni nasadi (vinska trta, trta za drugo rabo, ki ni vino), vrtnine (beluši) in žita (ajda, ječmen, koruza za zrnje, mešanica žit, pira, pšenica, rž, silažna koruza, sirek, tritikala).

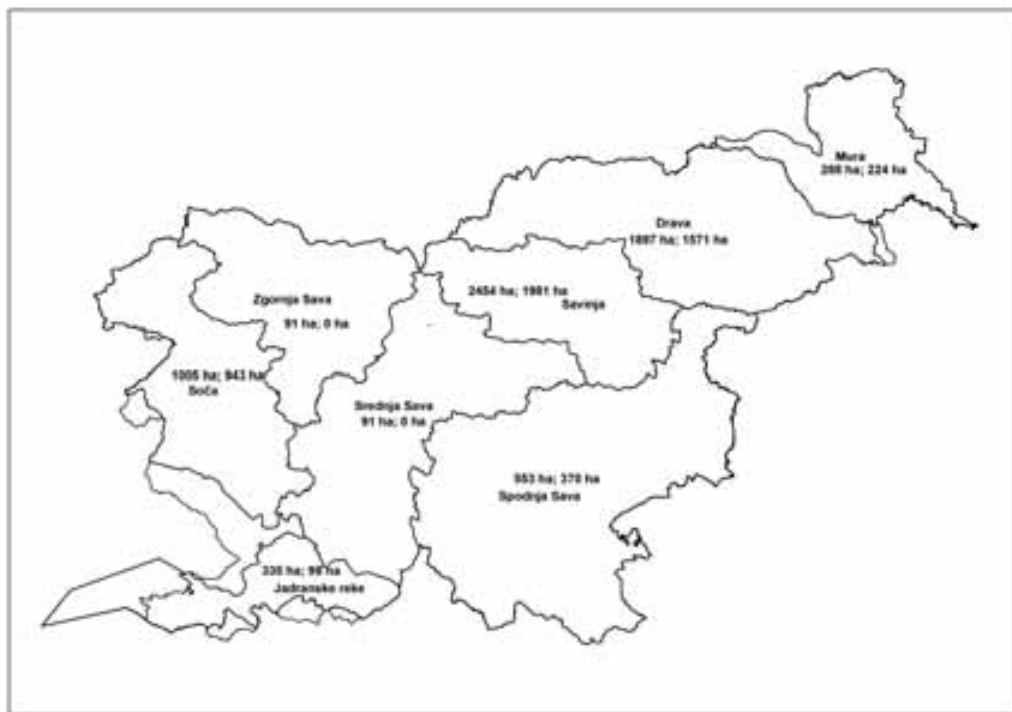
## 3 Rezultati in diskusija

### 3.1 EVIDENCE NAMAKALNIH SISTEMOV V SLOVENIJI

Po prostorskih podatkih KatMeSiNa imamo upoštevajoč male NS ter delno delujoče in delujoče in velike NS skupaj 304 NS. Če NS razporedimo po porečjih, pokrivajo naslednje površine, ki so bile obravnavane: na območju Drave 1571 ha NS od 1897 ha NS, na območju



Jadranskih rek 98 ha NS od 335 ha NS, na območju Mure 224 ha NS od 288 ha NS, na območju Savinje 1981 NS od 2454 ha NS, na območju Soče 943 ha NS od 1005 ha NS, na območju spodnje Save 370 ha NS od 553 ha, na območju srednje Save 0 ha od 91 ha in na območju zgornje Save 0 ha od 91 ha. Skupaj imamo 6714 ha bruto površin NS, od tega je bilo obravnavanih vseh 5187 ha delujočih velikih NS (slika 1).



Slika 14: Skupna površina namakalnih sistemov (ha) in površina obravnavanih delujočih velikih namakalnih sistemov (ha) po porečjih

Po podatkih raziskave VOD-N (SURIS, 2010) je bilo v Sloveniji v letu 2007 8804 ha bruto pripravljenih površin za namakanje in 4196 ha neto namakanih površin. Ti podatki o površinah NS niso primerljivi s podatki MKGP in poimenovanjem delujoči ali delno delujoči, ne podajo informacije na namakalni sistem natančno in obravnavajo omejen vzorec. Najnatančnejši podatek SURIS iz raziskave VOD-N, ki ga je mogoče pridobiti ob upoštevanju načela varovanja podatkov, je na hidrografske območje natančno. Splošen problem evidenc NS je nezdržljivost podatkov KatMeSiNa (MKGP) in VOD-N (SURIS).

### 3.2 KMETIJSKE RASTLINE NA OBMOČJU IZBRANIH NAMAKALNIH SISTEMOV

Da bi ugotovili, kakšen je trend rabe NS iz vidika njihove zasedenosti s posameznimi kmetijskimi rastlinami, je bilo pregledanih 52 NS oz. skupina delujočih VNS, ki skupaj pokrivajo 5189 ha. Vsakemu od NS je bila dodeljena zaporedna številka od 1 do 52. Velikost obravnavanih NS je različna. Od 52 NS je 24 NS takih, ki so manjši od 50 ha, 12 NS je večjih ali enakih 50 ha in manjših kot 100 ha, 7 NS je večjih ali enakih 100 ha in manjših kot 200 ha, 5 NS je večjih ali enakih 200 ha in manjših kot 300 ha, 4 NS pa so večji ali enaki 300 ha vendar manjši kot 400 ha. Iz tega sledi, da je definicija delujočih velikih namakalnih sistemov

široka in dejansko obsega sisteme, ki so manjši kot 100 ha, in se potemtakem najverjetneje oskrbujejo vsak z manj kot 100 l/s ali zgolj obstajajo. V povprečju so obravnavani NS veliki približno 100 ha, največji meri 399 ha, najmanjši pa 5 ha (preglednica 1).

*Preglednica 6: Obravnavani namakalni sistemi razporejeni po razredih velikosti (MKGP, 2010)*

| Velikostni razredi (ha) namakalnih sistemov | Število namakalnih sistemov |
|---------------------------------------------|-----------------------------|
| 50                                          | 24                          |
| 100                                         | 12                          |
| 200                                         | 7                           |
| 300                                         | 5                           |
| 400                                         | 4                           |
| Skupaj                                      | 52                          |

Uporabili smo predpostavko, da je določen NS bolje uporabljan ali optimalneje izkoriščen, če je razmerje med površino nenamakanih in namakanih kmetijskih rastlin v korist namakanim. Preglednica 2 prikazuje rabo NS iz vidika pojavnosti posameznih kmetijskih rastlin in obravnava omenjeno razmerje. Če primerjamo stolpca DA (ha) in NE (ha), ki predstavljata površine, ki so bile najverjetneje prekrte z eno od kmetijskih rastlin, ki se ali navadno namaka ali navadno ne namaka, ugotovimo, da smo v obravnavanem obdobju 2006-2009 v povprečju gojili kmetijske rastline, ki jih navadno namakamo, na 27 % površin posameznega obravnavanega NS. Na 73 % površin posameznega obravnavanega NS smo gojili take, ki jih navadno ne namakamo. Po predvidevanjih smo kmetijske rastline, ki jih navadno namakamo, v povprečju gojili na 1214 ha površin obravnavanih NS. Največ v letu 2008 (1252 ha) in najmanj v letu 2009 (1112 ha). Kmetijske rastline, ki jih navadno ne namakamo, smo na obravnavanih NS v največjem obsegu gojili v letu 2007 (3411 ha), najmanj pa v letu 2009 (3211 ha). Skupno smo, po združljivosti evidenc GERK in SBV, največ površin uveljavljali na območju obravnavanih NS v letu 2007 (4654 ha), najmanj površin pa v letu 2009 (4324 ha) (preglednica 2).

*Preglednica 7: Pregled razmerja med površinami, ki so jih pokrivala kulture, ki jih navadno namakamo in kulture, ki jih navadno ne namakamo (MKGP, 2010; ARSKTRP, 2010).*

| Leto      | DA (ha) | NE (ha) | Skupaj (ha) | DA (%) | NE (%) | Skupaj (%) |
|-----------|---------|---------|-------------|--------|--------|------------|
| 2006      | 1247    | 3185    | 4432        | 28     | 72     | 100        |
| 2007      | 1245    | 3411    | 4656        | 27     | 73     | 100        |
| 2008      | 1252    | 3313    | 4565        | 27     | 73     | 100        |
| 2009      | 1112    | 3211    | 4324        | 26     | 74     | 100        |
| Povprečje | 1214    | 3280    | 4494        | 27     | 73     | 100        |

Če pogledamo razmerje med stolpcema DA (%) in NE (%), ki predstavljata odstotek opisanih površin, ki so bile najverjetneje prekrte z eno od kmetijskih rastlin, ki se bodisi navadno namaka ali se navadno ne namaka, je to razmerje relativno stabilno in se po letih bistveno ne spreminja (preglednica 2). Površinsko razmerje je 1:2,7 in je v prid kmetijskim rastlinam, ki jih navadno ne namakamo. To pomeni, da na danem NS lahko poleg površinske enote kmetijske rastline, ki jo namakamo, pričakujemo tudi 2,7 površinske enote tiste, ki jo navadno ne namakamo.

Podatki so bili analizirani samo za obdobje 2006-2009, nekateri NS, predvidevamo, pa so bili izgrajeni že pred letom 1980. Zaključujemo, da je za obravnavano obdobje 2006-2009 in analizirane NS, razmerje 1:2,7 v povprečju konstantno, ni pa mogoče zaključiti, da so NS bili enako uporabljani pred obravnavanim obdobjem. Opisano razmerje je najverjetneje posledica vrtnarsko-poljedeljskega kolobarja na večini obravnavanih NS, na nekaterih pa se pojavlja samo poljedeljski kolobar. Zaključimo lahko, da obstoječe obravnavane NS uporabljamo pod njihovim potencialom.

Analiza podatkov po skupinah kmetijskih rastlin, ki jih navadno namakamo, pokaže, največji odstotek pokriva hmelj (povprečno skupaj 14,8 %). Temu sledijo sadne vrste, ki jih v povprečju gojimo na 9,6 % opisanih površin. Vrtnine smo v obravnavanem obdobju gojili na zgolj 2,1 % opisanih površin, trajni nasadi pa v povprečju pokrivajo 0,5 % (preglednica 3).

Med skupinami kmetijskih rastlin, ki jih navadno ne namakamo, so v največji meri zastopana žita, ki smo jih gojili na 51,6 % opisanih obravnavanih površin. Krmne rastline so v povprečju zastopane na 13,3 % opisanih površin. Oljnice pokrivajo 2,4 % opisanih površin, trajni nasadi 1,7 %, krmne metuljnice pa 1,8 %. Manj kot 1 % zasedajo krompir (0,5 %), stročnice (0,4 %), in njiva v prahi (0,3 %) (preglednica 3). Koruzo za zrnje in silažo, ki spada med žita, je v nekaterih primerih primerno namakati, še posebej, če jo gojimo na površinah, na katerih so izgrajeni NS. Določen odstotek obravnavanih površin, na katerih se pojavlja koruza, namakamo (npr. na območju Mure, Drave in Savinje). Ne glede na to, pa je določen delež žit (pšenica, ajda in tudi del površin s koruzo) najverjetneje nenamakan. To nakazuje na obstoj poljedeljskega kolobarja na obravnavanih površinah NS, česar ne moremo obravnavati kot optimalno rabo izgrajene infrastrukture.

Za vrtnine (paprika, jagode, paradižnik, solata, radič), v primerjavi s poljščinami (koruza, pšenica, ajda) potrebujemo manjše površine za boljši potencialni dobiček. Ne glede na to uporabljamo obravnavane NS pod njihovimi potenciali. Za optimalnejšo rabo obravnavanih NS bi bilo potrebno izboljšati površinsko razmerje med vrtninami in poljščinami.

Vzrokov za obstoječe stanje je več, smiselno bi jih bilo tudi preveriti na terenu. Delno lahko nizko izkoriščenost NS pripišemo premajhni povezanosti pridelovalcev in problemih, ki iz tega izhajajo pri nastopanju na trgu. S tem povezano je najverjetneje tudi pomanjkljivo izvajanje načela lokalne oskrbe trga, ki v osnovi zmanjšuje transportne poti pridelkov in izdelkov od kmetijskega zemljišča do uporabnika. Nepovezanost pridelovalcev za nastopanje na trgu ali neobstoj učinkovitih povezovalnih organizacij (npr. kmetijskih zadrug) na lokalnem nivoju, doprineseta svoj delež k rabi obravnavanega kmetijskega prostora pod načrtovanimi zmožnostmi. Problem lahko predstavlja tudi neugodna lastniška struktura in razdrobljenost kmetijskih zemljišč. To lahko bistveno neugodno vpliva na ekonomiko kmetijske pridelave. Pri nekaterih od obravnavanih NS je lahko vzrok za rabo NS pod zmožnostjo tudi slabo tehnično delovanje NS, vzrok za to je lahko neučinkovito pridobivanje državnih sredstev za posodobitve obstoječih NS. Niso pomembna le vlaganja v izgradnjo novih NS, ampak moramo obstoječe NS tudi vzdrževati in si prizadevati, da so v največji meri uporabljani.

Izkušnje s področja pridobivanja državnih sredstev v izgradnjo novih NS nakazujejo, da je potrebno več truda vložiti v sodelovanje med obstoječimi organizacijami (npr. MKGP, Kmetijsko gozdarska zbornica in za njo Kmetijska svetovalna služba, kmetijske zadruge, vodne skupnosti, razvojne agencije) ter pridelovalci. Učinkovito sodelovanje lahko ugodno vpliva na rabo kmetijskega prostora na obravnavanih NS in izboljša rabo NS, da se bo kmetijska pridelava na teh območjih približala potencialom, ki jih nudi izgrajena infrastruktura.

Preglednica 8: Skupine kmetijskih rastlin, zastopanih na delujočih velikih namakalnih sistemih, v obravnavanem obdobju 2006-2009

| Namakanje   | Leto                       | 2006       | 2007       | 2008       | 2009       | Povprečje po letih (%) |
|-------------|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------------------|
|             | Skupina kmetijskih rastlin | Skupaj (%) | Skupaj (%) | Skupaj (%) | Skupaj (%) |                        |
| DA          | Okrasne rastline           | 0,00       | 0,01       | 0,01       | 0,03       | 0,0                    |
|             | Ukorenišče                 |            |            |            |            |                        |
|             | Sadik hmelja               | 0,01       | 0,02       | 0,02       | 0,02       | 0,0                    |
|             | Trajni nasadi              | 0,5        | 1          | 0,4        | 1          | 0,5                    |
|             | Vrtnine                    | 2          | 2          | 2          | 2          | 2,1                    |
|             | Sadne vrste                | 11         | 9          | 9          | 9          | 9,6                    |
|             | Hmelj                      | 15         | 15         | 16         | 13         | 14,8                   |
| NE          | Sadne vrste                | 0,01       | 0,01       | 0          | 0          | 0,0                    |
|             | Trave                      | 0,01       | 0          | 0          | 0          | 0,0                    |
|             | Ostalo                     | 0,02       | 0          | 0          | 0          | 0,0                    |
|             | Vrtnine                    | 0,03       | 0,05       | 0,03       | 0,05       | 0,05                   |
|             | Njiva v prahi              | 0,4        | 0,3        | 0,1        | 0,2        | 0,3                    |
|             | Krompir                    | 0,4        | 1          | 1          | 1          | 0,5                    |
|             | Stročnica                  | 0,4        | 1          | 0,3        | 0,3        | 0,4                    |
|             | Krmne metuljnice           | 1          | 2          | 2          | 2          | 1,8                    |
|             | Trajni nasadi              | 2          | 2          | 2          | 2          | 1,7                    |
|             | Oljnice                    | 2          | 3          | 1          | 2          | 2,4                    |
|             | Sladkorna pesa             | 3          | 0          | 0          | 0          | 0,8                    |
|             | Krmne rastline             | 13         | 14         | 13         | 13         | 13,3                   |
|             | Žita                       | 49         | 51         | 53         | 54         | 51,6                   |
| Skupaj (%)  |                            | 100        | 100        | 100        | 100        | 100                    |
| Skupaj (ha) |                            | 4432       | 4656       | 4565       | 4324       | 4494                   |

#### 4 Sklepi

V obravnavanem obdobju 2006-2009 smo na območju 52 delujočih velikih NS (5187 ha), od katerih je bilo v povprečju opisanih 4494 ha kmetijskih površin, gojili kmetijske rastline, ki jih navadno namakamo, na 27 % (1214 ha) opisanih površin posameznega obravnavanega NS. Na 73 % površin posameznega obravnavanega NS smo gojili kmetijske rastline, ki jih navadno ne namakamo. Obravnavane NS v povprečju uporabljamo pod potenciali, za katere so bili izgrajeni.

Največji odstotek površin, ki jih navadno namakamo, pokriva hmelj (povprečno skupaj 14,8 %), sledijo sadne vrste na 9,6 %, vrtnine 2,1 % in trajni nasadi, ki v povprečju pokrivajo 0,5 % opisanih površin. Med skupinami kmetijskih rastlin, ki jih navadno ne namakamo, so v največji meri zastopana žita na 51,6 % opisanih obravnavanih površin, sledijo krmne rastline na 13,3 %, oljnice na 2,4 % opisanih površin, trajni nasadi na 1,7 % in krmne metuljnice na 1,8 % opisanih površin. Manj kot 1 % zasedajo krompir (0,5 %), stročnice (0,4 %), in njive v prahi (0,3 %). Določen odstotek obravnavanih površin, na katerih se pojavlja koruza, namakamo (npr. na območju Mure, Drave in Savinje). Večji delež površin z žiti je kljub dostopnim NS najverjetneje nenamakan. Poljedelskega kolobarja na obravnavanih površinah NS ne moremo obravnavati kot ekonomsko upravičeno rabo izgrajene infrastrukture, vendar namakanje poljščin vseeno zmanjša ali prepreči škodo ob morebitni suši.

Domnevni vzroki za rabo NS pod potenciali bi lahko bili premajhna povezanost pridelovalcev, neučinkovito nastopanju pridelovalcev na trgu, pomanjkljivo izvajanje načela lokalne oskrbe trga, neugodna lastniška struktura, razdrobljenost kmetijskih zemljišč in posledična neugodna ekonomika kmetijske pridelave, slabo tehnično delovanje NS in neučinkovito pridobivanje državnih sredstev za posodobitve obstoječih NS.

Več truda je potrebno vložiti v sodelovanje med obstoječimi pristojnimi organizacijami ter pridelovalci – uporabniki NS, da bi lahko ugodno vplivali na boljšo rabo NS in se približali potencialom, ki jih izgrajena infrastruktura nudi.

## 5 Literatura

- Ambast, S.K., Keshari, A.K., Gosain, A.K. 2002. Satellite remote sensing to support management of irrigation systems: concepts and approaches. *Irrigation and Drainage*, 51, 1: 25-39
- Čuden Osredkar, M., Pintar, M. 2003. Postopek pridobitve dovoljenj in soglasij za namakalni sistem. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS: 31 s.
- ARSKTRP. 2010. Evidence skupin kmetijskih kultur. Osebni stik, Ančka Gabrijel.
- Jensen, M. 2007. Beyond irrigation efficiency. *Irrig. Sci.*, 25: 233–245
- Mateos, L. 2008. Identifying a new paradigm for assessing irrigation system performance. *Irrig. Sci.*, 27: 25–34
- MKGP. 2010. Podlaga delujočih velikih namakalnih sistemov iz Katastra melioracijskih sistemov in naprav. Osebni stik, Marjeta Jerič.
- MKGP. 2010. Podlage grafičnih enot rabe tal. Osebni stik, Matej Lipar.
- Pintar, M., Tratnik, M., Cvejić, R., Bizjak, A., Meljo, J., Kregar, M., Zakrajšek, J., Kolman, G., Bremec, U., Drev, D., Mohorko, T., Steinman, F., Kozelj, K., Prešeren, T., Kozelj, D., Urbanc, J., Mezga, K. 2010. Ocena vodnih perspektiv na območju Slovenije in možnosti rabe vode v kmetijski pridelavi. Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS: 156 s.

## Model za napovedovanje pridelka poljščin WOFOST

Lučka KAJFEŽ-BOGATAJ<sup>125</sup>, Andrej CEGLAR<sup>126</sup>, Barbara MEDVED-CVIKL<sup>127</sup>, Zalika ČREPINŠEK<sup>128</sup>

### Izvleček

Fizikalni model WOFOST razlaga rast pridelka na osnovi procesov, ki se dogajajo v rastlini in upošteva, kako na te procese vplivajo okoljske razmere, so začeli razvijati leta 1986 v šoli de Wit v Wageningnu za preučevanje potencialnega pridelka različnih poljščin v odvisnosti od razmer v okolju. Uspešne verzije modela (trenutno je dostopna verzija WOFOST 7.1.2) se že skoraj dve desetletji uporabljajo v različnih raziskavah povezanih z analizo tveganja pri pridelku, variabilnostjo pridelka skozi leto, variabilnostjo zaradi različnih tipov tal ali zaradi raznovrstnih agrohidroloških pogojev in razlik med sortami, relativno pomembnostjo faktorjev, ki določajo rast, setvenih strategij, vplivov podnebnih sprememb ali kritičnih period za uporabo mehanizacije.

**Glavne besede:** pridelek poljščin, WOFOST, uporaba modela

## Crop growth simulation model WOFOST

### Abstract

The WOFOST crop growth simulation model is a member of the family of crop growth models developed in Wageningen by the school of de Wit. Over the last twenty years, the successive WOFOST versions have been used in many studies related to the analysis of yield risk and inter-annual yield variability, of yield variability over soil types, or over a range of agro hydrological conditions, of differences between cultivars, of relative importance of growth determining factors, of sowing strategies, effects of climate change, critical periods for use of agricultural machinery and others. In the present paper recent version WOFOST 7.1.2. and its potential use in Slovenia is described.

**Key words:** crop yield, WOFOST, model development and use

## 1 Uvod

V zadnjih desetletjih agrometerološko modeliranje predstavlja pomembno orodje za raziskave povezane z analizo tveganja pri pridelku, variabilnostjo pridelka skozi leta, variabilnostjo zaradi različnih tipov tal ali zaradi raznovrstnih agrohidroloških razmer (Thornley in Johnson, 1990). Modeli lahko simulirajo razlike med sortami, optimizirajo setvene strategije, nakažejo vpliv podnebnih sprememb ali kritičnih obdobj za izvajanje agrotehničnih ukrepov. V literaturi najdemo tako zelo kompleksne kot tudi preprostejše matematične modele za napovedovanje rasti in razvoja kmetijskih rastlin (Whisler in sod., 1986; Boote in sod., 1996). Najbolj razširjeni starejši modeli so CERES (Ritchie and Otter, 1984), ARCWHEAT (Weir in sod., 1984), EPIC (Williams in sod., 1989) in SUCROS (van Keulen and Seligman, 1987), ki so bili verificirani, kalibrirani in uporabljeni tudi v Evropi. Zelo uporabni so generični modeli, ki simulirajo rast in razvoj več kmetijskih rastlin hkrati, kar jim omogočajo različni moduli. Tak model je WOFOST, ki je obravnavan v tem prispevku, znani pa so še INTERCOM (van Ittersum in sod., 2003), STICS (Brisson in sod., 2003) in CropSyst (Stöckle in sod., 2003).

<sup>125</sup> Prof., dr., Biotehniška fakulteta, p.p. 2995, 1001 Ljubljana, e-pošta: lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

<sup>126</sup> Mladi raziskovalec, univ. dipl. meteor., Biotehniška fakulteta, p.p. 2995, 1001 Ljubljana, e-pošta: andrej.ceglar@bf.uni-lj.si

<sup>127</sup> Univ. dipl. geograf, Biotehniška fakulteta, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: barbara.medved-cvikel@bf.uni-lj.si

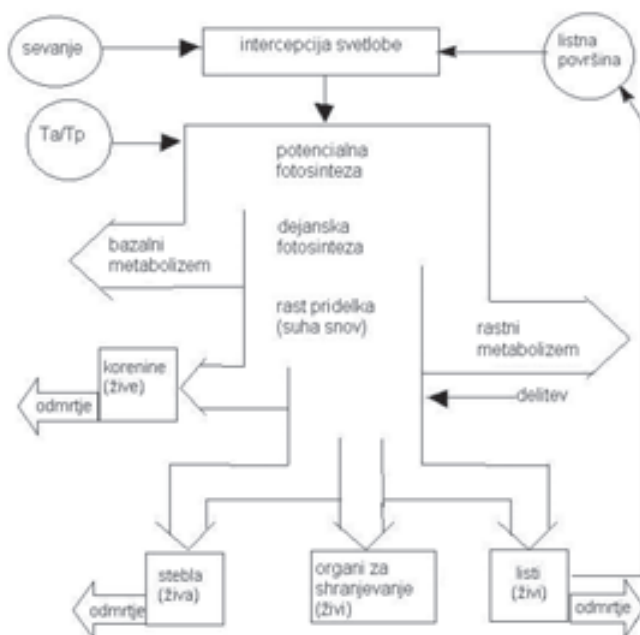
<sup>128</sup> Doc., dr., Biotehniška fakulteta, p.p. 2995, 1001 Ljubljana, e-pošta: zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si

## 2 Opis modela in njegovih aplikacij

WOFOST (World Food Study) je bil razvit in dokumentiran na Nizozemskem že leta 1986 (Wolf in sod.). Mnoge evropske države so model že prilagodile na svoje razmere. Uporabljen je bil v študiji vpliva klimatskih sprememb na potencialni pridelek pšenice in koruze na območju EU (Wolf in van Diepen, 2007). Z modelom je možno tudi dekadno kvantitativno napovedovanje pridelka na državni ali regionalni ravni in kvalitativni monitoring razmer za rast pšenice, ovsa, koruze, riža, krompirja, sladkorne pese, stročnic, soje, oljne ogrščice, sončnic, tobaka in bombaža za celotno EU. WOFOST je model za simulacijo rasti poljščin, ki v kombinaciji z GIS-om in rutino za napoved pridelka tvori CGMS (Crop Growth Monitoring System). Kombiniran je lahko z mapo tal, parametri kultur in prostorsko informacijo o rastiščih ter uporablja dnevne meteorološke podatke za oceno stanja rastlin. Razvoj in zgodovina modela sta opisana podrobneje v članku Kajfež-Bogataj in Pogačar (2009). Trenutno je dostopna verzija WOFOST 7.1.2, ki ima prijazen uporabniški vmesnik, zato je precej enostavna za uporabo (Supit in sod., 2008).

WOFOST računa rast pridelka v dnevni časovni skali na osnovi fizioloških procesov, ki se dogajajo v rastlinski odeji in upošteva, kako na te procese vplivajo okoljske razmere (Boogaard in sod., 1998). Glede vhodnih meteoroloških spremenljivk WOFOST uporablja maksimalno in minimalno temperaturo, globalno obsevanje, povprečno dnevno hitrost vetra na višini 2 m, povprečni dnevni pritisk vodne pare in količino padavin. Glede talnih karakteristik model potrebuje vhodne podatke o začetni količini vode, ki se zadržuje na površju, največjo možno količino vode na površju, začetni dostopni količini vode v tleh in maksimalno količino vode v začetni koreninski coni. Če upoštevamo vpliv podtalnice, ne potrebujemo zadnjih dveh podatkov, temveč začetne podatke o podtalnici, lahko pa dodamo še vpliv drenaže in v tem primeru vstavimo v model globino drenaže. Definirati moramo tudi maksimalno globino koreninske cone in maksimalni delež padavin, ki se ob padavinskem dogodku večje intenzitete ne infiltrira (ob intenzivnejših padavinah se pore na površini zapolnejo in tla niso sposobna infiltrirati vse padavinske vode). Vrednosti infiltracije so tako določene glede na višino padavin, ki so padle v enem dnevu. WOFOST upošteva tudi stres zaradi pomanjkanja kisika v koreninski coni ob preobilici vode. Časovni korak v modelu 1 dan. Vpliv hranil (dušik, fosfor in kalij) na pridelek se računa v štirih korakih (Janssen in sod., 1990). Najprej izračunamo potencialne zaloge hranil iz razmerja med kemijskimi lastnostmi zgornje 20 centimetrske plasti tal in maksimalno količino tistih hranil, ki jih poljščina lahko sprejme. V drugem koraku izračunamo dejansko asimilacijo vsakega hranila kot funkcijo potencialne zaloge hranila. S tem dobimo tri območja za višino pridelka, ki so odvisna od dejanske asimilacije dušika, fosforja in kalija (obravnavano neodvisno). V četrtem koraku pa ta tri območja pridelka združimo po parih in za končno oceno pridelka povprečimo ocene letih. WOFOST tako ponuja izračun dejanske produkcije pri omejeni količini hranil.

Osnova za izračune produkcije suhe snovi je stopnja asimilacije CO<sub>2</sub> v rastlinski odeji, ki je odvisna od absorbirane energije sevanja in je funkcija vpadajočega sevanja in listne površine poljščine. Del nastalih ogljikovih hidratov se porabi za zagotavljanje energije za vzdrževanje že obstoječe žive biomase (bazalni metabolizem), ostala nastala suha snov pa se porazdeli med korenine, liste, stebila in založne organe. Pri tem model uporabi porazdelitvene faktorje, ki so funkcija fenološke faze, slednjo pa v modelu določata temperatura in dolžina dneva (Spitters in sod., 1989). Del, ki se porazdeli v liste, določa razvoj listne površine in s tem dinamiko intercepcije svetlobe. Suho maso rastlinskih organov dobimo z integracijo njihove dnevne stopnje rasti.



Slika 15: Diagram poteka simulacije rasti in razvoja poljščin v modelu WOFOST

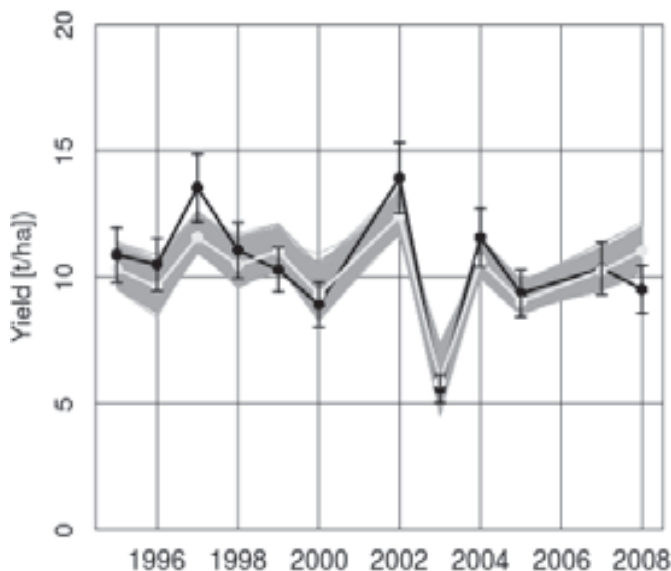
Akumulacija in distribucija suhe snovi po rastlini je simulirana od setve do dozoreja na bazi fizioloških procesov (slika 1), kot jih določajo odzivi poljščin na dnevne vremenske situacije, stanje vode v tleh (odraža ga razmerje med dejansko in potencialno transpiracijo - $Ta/Tp$ ) in setvena praksa (gostota setve ipd.). Izbiramo lahko med potencialno in dejansko (omejena količina vode) simulacijo. Potencialna je definirana s temperaturo, dolžino dneva, sončnim obsevanjem in karakteristikami poljščin, dejansko pa določa dostopnost vode, ki je določena na osnovi vodne bilance, katere izračun integrira podatke o značilnostih korenin, fizikalnih lastnosti tal, količini padavin in evapotranspiraciji. Slednja se računa po Penmanovi metodi. Predvidevamo lahko tudi optimalno zalogo hranil in računamo celotno količino nadzemne suhe snovi in suhe snovi v pridelku na hektar. WOFOST za izbrano poljščino simulira fenološki razvoj, suho maso korenin, listov, stebel in založnih organov, celotno nadzemno produkcijo, žetveni indeks, evapo(transpi)racijo, asimilacijo, bazalni metabolizem, globino dejanske koreninske cone, vsebnost vode v tleh ter sušne in mokre dni. V simulacijo še niso vključene morebitne morfološke ali fiziološke prilagoditve rastlin na spremenjene okoljske razmere. Prav tako niso upoštevani morebitni vplivi erozije, zmrzali, škodljivcev, bolezni, izgub pri shranjevanju ipd.

### 3 Primer uporabe modela

V Sloveniji smo model prvič uporabili v okviru ciljnega raziskovalnega programa, ki je imel za cilj dinamično modeliranje spremenjene rasti in razvoja kmetijskih rastlin v Sloveniji v odvisnosti od regionalnih scenarijev prihodnjega podnebja (Kajfež Bogataj in sod., 2010). Za simulacijo z modelom WOFOST smo izbrali koruzo (*Zea mays* L., hibrid Furio). Za samo kalibracijo modela smo uporabili podatke o količini pridelka ter nastopu fenoloških faz na različnih lokacijah v Sloveniji (Murska Sobota, Ljubljana, Novo mesto), ki jih je posredoval



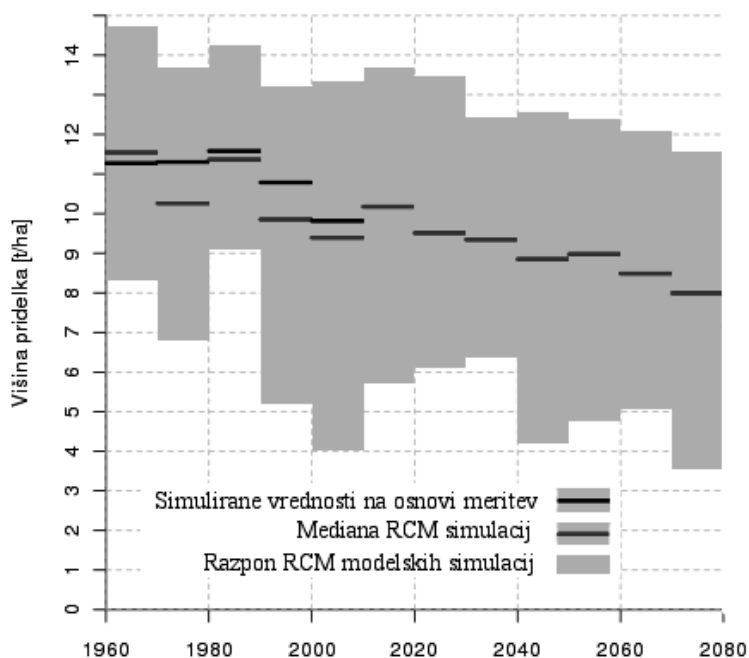
Kmetijski Inštitut Slovenije. Vir meteoroloških podatkov je bila Agencija RS okolje; pedoloških pa Center za pedologijo in varstvo okolja na Biotehniški fakulteti. Stopnjo ujemanja modelskega izračuna z merjenimi pridelki za lokacijo Novo Mesto, kjer je prevladujoči tip teksture tal glinasta ilovica z nizko vsebnostjo organske snovi, prikazuje slika 2. Kalibracijsko-validacijski postopek kaže, da model dobro opiše časovno variabilnost pridelka koruze, čeprav v letu 1997 preceni in v letu 2008 podceni velikost pridelka.



Slika 2: Simulacija višine pridelka (Yield) koruze (hibrid Furio) v Novem mestu. Črne točke označujejo meritve višine pridelka skupaj z napako meritev. S sivo barvo je označen ansambel modelskih simulacij; s tem označujemo njihovo negotovost, ki je posledica nenatančnega poznavanja parametrov. S svetlo sivo je označeno ansambelsko povprečje znotraj posameznih let.

Kot vhodne vremenske podatke lahko v WOFOST vključimo tudi vremenske oz. klimatske scenarije za prihodnje podnebje do konca stoletja. Za to lahko uporabimo simulacije različnih regionalnih klimatskih modelov (RCM), ki so rezultat evropskega projekta ENSEMBLES in se nahajajo v njihovi podatkovni bazi (Hewitt, 2005). Na tej osnovi lahko z WOFOST-om izdelamo projekcije pridelka koruze na izbrani lokaciji (slika 3).

Na tej sliki so prikazane modelirane višine pridelka koruze, izračunane za 10-letna obdobja na osnovi meritev meteoroloških parametrov (črne oznake) in simulacij RCM (modre oznake) za obdobje 1961-2008. Za obdobje 2009 do 2080 pa so pridelki samo modelirani. S sivino je označen razpon RCM modelskih simulacij, ki pa kažejo, da se bo zaradi ogrevanja in spremenjenega padavinskega režima povprečen pridelek koruze v Novem mestu postopoma zniževal. Do leta 2080 simuliran pridelek, ob nespremenjeni tehnologiji in kultivarju, kaže na 20 % znižanje v primerjavi z današnjimi vremenskimi razmerami. Povečala pa se bo tudi variabilnost samega pridelka iz leta v leto. Opozoriti pa moramo na negotovost teh napovedi, saj so dobjene v obsežnem računskem sistemu in na osnovi številnih predpostavk. Vendar pa menimo, da bodo spremembe v okviru naravne klimatske variabilnosti v višini pridelka tekom 21. stoletja višje, kot negotovosti znotraj modela WOFOST oz. negotovosti izbire klimatskega modela.



Slika 3: Modelirani 10-letni povprečni pridelki koruze (hibrid Furio) do leta 2080 na osnovi simulacij RCM v Novem mestu. Siva barva označuje razpon RCM modelskih simulacij za emisijski scenarij A1B.

#### 4 Zaključek

Model WOFOST omogoča široko uporabo v poljedelstvu, saj nudi precej proste roke pri uporabi vhodnih podatkov. Izračuni so kompleksni, saj se pri sami simulaciji med seboj prepletajo komponente agro-meteoroloških ter fizioloških pod-modelov. V model so zajeta tla, vreme in rastline, kar od nas zahteva velik nabor meritev, hkrati pa nam tudi ponuja najrazličnejše izhodne rezultate. Z vidika podnebnih sprememb bi umerjen model lahko uporabili za študijo primernosti različnih poljščin pri pričakovanih novih vremenskih razmerah na območju Slovenije.

#### 5 Literatura

- Boogaard, H. L., Diepen C. A. van, Rötter R. P., Cabrera J. M. C. A., Van Laar, H. H. 1998. WOFOST 7.1; User's guide for the WOFOST 7.1 crop growth simulation model and WOFOST Control Center 1.5. Wageningen DLO Winand Staring Centre. Technical Document 52 (1998): 142 str.
- Boote, K.J., Jones, J.W., Pickering, N.B. 1996. Potential uses and limitations of crop models. *Agronomy Journal*, 88: 704-716
- Brisson, N., Gary, C., Justes, E., Roche, R., Mary, B., Ripoche, D., Zimmer, D., Sierra, J., Bertuzzi, P., Burger, P., Bussiere, F., Cabidoche, Y.M., Cellier, P., Debaeke, P., Gaudillere, J.P., Henault, C., Maraux, F., Seguin, B., Sinoquet, H. 2003. An overview of the crop model STICS. *Eur. J. Agron.*, 18: 309-332
- Diepen, C. A. van, Wolf, J., Keulen, H. van., 1989. WOFOST: a simulation model of crop production. *Soil Use and Management*, 5: 16-24

- Hewitt, C.D. 2005. The ENSEMBLES Project: Providing ensemble-based predictions of climate changes and their impacts. *EGGS newsletter*, 13: 22-25
- Janssen, B. H, Guilking, F. C. T., Eijk, D. van der., Smaling, E. M. A., Wolf J., Reuler, H. van. 1990. A system for quantitative fertility of tropical soils (QUEFTS). *Geoderma*, 46 (1990): 299-318
- Kajfež Bogataj, L., Črepinšek, Z., Ceglar, A. 2010. Dinamično modeliranje spremenjene rasti in razvoja kmetijskih rastlin v Sloveniji na osnovi regionalnih scenarijev bodočega podnebja: zaključno poročilo o rezultatih CRP V4-0499. Ljubljana: BF, Oddelek za agronomijo.
- Keulen, H. van, Wolf, J., (Eds.). 1986. Modelling of agricultural production: weather, soils and crops. *Simulation Monographs*, Pudoc, Wageningen (1986)
- Koning, G. H. J. de, Diepen, C. A. van. 1992. Crop production potential of the rural areas within the European Communities. IV: Potential, water-limited and actual crop production. Technical working document W68. The Hague (1992).
- Lanen, H. A. J, Diepen, C. A. van, Reinds, G. J., Koning, G. H. J. de, Bulens, J. D., Bregt, A. K. 1992. Physicalland evaluation methods and GIS to explore the crop growth potential and its effects within the European Communities. *Agricultural systems*, 39: 307-328
- Pogačar, T., Kajfež Bogataj, L. 2009. WOFOST: model za napovedovanje pridelka – 1. del. *Acta agric. Slov.*, 93, 2: 231-243
- Ritchie, J.T., Otter, S. 1984. Description and performance of CERES-Wheat a user-oriented wheat yield model USDA-ARS-SR Grassland Soil and Water Research Laboratory Temple TX: 159–175
- Spitters, C. J. T., Keulen, H. van, Kraalingen, D. W. G. van. 1989. A simple and universal crop growth simulator: SUCROS87. V: Rabbinge, R., Ward, S. in Laar, H. van (Ur.). 1989. Simulation and systems management in crop protection. *Simulation Monographs*, Pudoc, Wageningen (1989).
- Stöckle, C., Donatelli, M., Nelson, R. 2003. CropSyst, a cropping systems simulation model. *Eur. J. Agron.*, 18: 289–307
- Supit, I., Goot, E. van der. 2008. Updated system description of the WOFOST crop growth simulation model, dokument za Evropsko komisijo. <http://supit.net/main.php?q=aXRlbV9pZD01OQ==> [Uporabljeno 23. 9. 2010].
- Thornley, J.H.M., Johnson, I.R. 1990. Plant and crop modelling: a mathematical approach to plant and crop physiology .Oxford University Press: 684 str.
- van Ittersum, M., Leffelaar, P.A., van Keulen, H., Kropff, M.J., Bastiaans, L., Goudriaan, J. 2003. On approaches an applications of the Wageningen crop models. *Eur. J. Agron.*, 18: 201–234
- van Keulen H., N.G. Seligman. 1987. Simulation of water use nitrogen nutrition and growth of a spring wheat crop. *Simulation Monograph*, Pudoc, Wageningen (1987).
- Weir, A.H., P.L. Bragg, J.R. Porter, and J.H. Rayner. 1984. A winter wheat crop simulation model without water or nutrient limitations. *J. Agric. Sci. Cambridge*, 102 (1984): 371–382
- Whisler, R., B., Acock, D.N., Baker, R.E., Fye, H.F., Hodges, J.R., Lambert, H.E., Lemmon, J.M., McKinion, Reddy, V.R. 1986. Crop simulation models in agronomic systems. *Adv. Agron.*, 40 (1986): 141–208
- Williams, J.R., Jones, C.A., Kiniry, J.R., Spanel, D.A. 1989. The EPIC crop growth model. *Trans. ASAE*, 32 (1989): 497–511
- Wolf, J., Diepen, C. A. van. 1991. Effects of climate change on crop production in the Rhine basin. Report 52. RIZA, SC-DLO, Wageningen
- Wolf, J., Diepen, C. A. van. 2007. Effects of climate change on yield potential of wheat and maize crops in the European Union. *Studies in Environmental Science*, 65, 2: 745-750
- Wolf, J. 1993. Effects of climate change on wheat and maize production potential in the EC. V: Kenny, G. J., Harrison, P. A. in Parry, M. (Ur.). The effect of climate change on agricultural and horticultural potential in Europe. Res. report 2. Environmental change unit, Univ. of Oxford.
- Wolf, J., Berkhout, J. A., Diepen, C. A. van, Immerzeel, C. van. 1998. A study on the limitations to maize production in Zambia using simulation models and a geographic information system. V: Bouma, J. in Brecht, A. K. (Ur.). Land qualities in space and time, proceedings of a symposium, International society of soil science (ISSS), Pudoc, Wageningen (1989): 209-215

## Negotovost napovedi pridelka koruze (*Zea mays* L.) v severovzhodni Sloveniji z dinamičnim modelom WOFOST

Andrej CEGLAR<sup>129</sup>, Lučka KAJFEŽ-BOGATAJ<sup>130</sup>, Barbara MEDVED-CVIKL<sup>131</sup>

### Izvleček

Kmetijstvo je zagotovo ena izmed človekovih dejavnosti, ki je zelo občutljiva na klimatske spremembe. Neugodne vremenske razmere tekom rastne sezone lahko vodijo v zmanjšanje višine ali celo izpad pridelka. S prilagajanjem na klimatske spremembe lahko ublažimo posledice le teh tudi v kmetijstvu. Kot pomoč pri prilagajanju nanje nam služijo študije občutljivosti kmetijstva na pričakovane spremembe. V naši študiji smo zato simulirali višino pridelka koruze (*Zea mays* L.), kot ene izmed bolj pomembnih poljščin v Sloveniji. Za simulacijo višine pridelka smo uporabili model WOFOST, ki smo ga predhodno umerili na razmere v severovzhodni Sloveniji (za reprezentativno lokacijo smo si izbrali Rakičan). Naš namen je bil ovrednotiti različne vire negotovosti, ki spremljajo tovrstne študije ranljivosti na klimatske spremembe. V okviru spremljajočih negotovosti rezultati kažejo na zmanjšanje višine pridelka koruze.

**Glavne besede:** klimatske spremembe, pridelek koruze, regionalni klimatski modeli

## Uncertainties in simulation of maize yield in north-eastern Slovenia with dynamic crop model WOFOST

### Abstract

Climate change is projected to have significant impacts on conditions affecting agriculture. Unfavorable weather conditions during the vegetation season can lead to reduction or even loss of yield. Adaptation measures can help us mitigate the consequences of climate change on agriculture. Studies on vulnerability of agricultural production to expected climate change are of great importance. The main objective of this study was therefore to quantify different sources of uncertainty in estimation of the impact of climate change on maize yield (*Zea mays* L.). Crop simulation model WOFOST was used to calculate yield in current and changed climate conditions. Crop model was adapted to representative location (Rakičan) in north-eastern part of Slovenia. Results reveal the reduction of maize yield under expected change of climate conditions in the region of north-eastern Slovenia, taking into account different sources of uncertainty.

**Key words:** climate change, maize yield, regional climate models

### 1 Uvod

Koruzi je poleg pšenice najbolj razširjena poljščina v Sloveniji. Pridelujemo jo na okoli 40 % vseh njiv, kar je največji delež v setveni sestavi med vsemi evropskimi državami (Čergan in sod., 2008). Izpad pridelka koruze ter ostalih poljščin postaja zaradi neugodnih vremenskih razmer vse bolj pogost. Raziskave kažejo, da se količina padavin v Sloveniji na letni ravni značilno ne spreminja, je pa vse bolj izrazita sezonska prerazporeditev padavin (Kajfež-Bogataj in sod., 2007). Zaznavno je zmanjšanje količine padavin v obdobju, ko je koruzi od njih najbolj odvisna (pozno spomladi ter poleti), kar sovpada tudi z obdobjem cvetenja ter polnjenja zrnja, ko je koruzi najbolj občutljiva na pomanjkanje vode. Po drugi strani postaja

<sup>129</sup> Univ. dipl. meteor., Biotehniška fakulteta, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: andrej.ceglar@bf.uni-lj.si

<sup>130</sup> Prof., dr., Biotehniška fakulteta, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

<sup>131</sup> Univ. dipl. geograf., Biotehniška fakulteta, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: barbara.medved-cvikel@bf.uni-lj.si

jesenski maksimum padavin vse bolj izraziti, kar s stališča spravila koruze lahko povzroči veliko škode.

Klimatske spremembe s seboj prinašajo številne negotovosti. Z večjo pogostnostjo ekstremnih vremenskih dogodkov se poveča tudi možnost večjih izpadov pridelka koruze ter ostalih poljščin. Na vremenske okoliščine v rastni sezoni ne moremo vplivati, a s primernimi ukrepi lahko zmanjšamo tveganje za zmanjšanje pridelka. Med tovrstne ukrepe uvrščamo izbiro primernega hibrida z višjo stopnjo tolerance na sušo, časa setve, načina obdelave tal ter izbire območij za gojenje koruze (tla z večjo zdrževalno sposobnostjo za vodo). Pri tovrstni optimizaciji pridelave koruze ter ostalih poljščin si lahko pomagamo z modeliranjem višine pridelka, kjer je končni rezultat odvisen od okoljskih razmer v času rastne sezone. V naši študiji vpliva klimatskih sprememb na višino pridelka smo v ta namen uporabili dinamični model WOFOST (Boograd in sod., 1998).

Rast poljščin v dinamičnih modelih simuliramo z različnimi fizikalnimi procesi, ki jih opišemo z naborom enačb. V agro-meteoroloških modelih ter njihovih simulacijah se pojavljata dva glavna vira negotovosti. Prvi je posledica napake, s katero so obremenjeni vhodni podatki v model. Kvaliteta rezultatov modela je namreč odvisna od kvalitete vhodnih podatkov, saj njihova negotovost oz. napaka tekom modelskih izračunov napreduje. Drugi vir negotovosti je posledica modelske strukture ter parametrov, ki jih uporabljamo v opisu modelskih procesov. Modelsko strukturo definira set algoritmov, ki opisujejo fiziološke procese; tu smo predpostavili, da so modelske napake v trenutnih klimatskih razmerah enakega velikostnega reda kot v spremenjenih razmerah, zato jo lahko zanemarimo. Pri modelskih parametrih, ki smo jih določili na Bayesovski način, predpostavljamo, da pridobljene posteriorne porazdelitve parametrov veljajo tudi v spremenjenih klimatskih razmerah. Pri tovrstnih študijah je pomembno tudi vrednotenje negotovosti scenarijev klimatskih sprememb. Informacijo o možnem stanju podnebne sistema v prihodnje nam dajejo klimatski modeli. Vendar se tudi pri tovrstnih simulacijah srečamo z mnogimi negotovostmi, kot so predviden scenarij emisij toplogrednih plinov, strukturno negotovostjo klimatskih modelov (povezano tudi s parametri modela) zaradi nepopolnega poznavanja vseh procesov, ki se odvijajo v atmosferi ter napake meritev, ki služijo kot vhodni podatek v model. Vse našteje negotovosti je pri klimatskih simulacijah težko vrednotiti, saj so te računsko zelo zahtevne, zaradi česar se moramo omejiti z določenimi predpostavkami. Na osnovi dostopnih rezultatov simulacij pa lahko ocenimo strukturno negotovost modelov.

Vrednotenje negotovosti v klimatskih študijah je izrednega pomena. Namen našega dela je podati oceno vpliva klimatskih sprememb na višino pridelka koruze ter podati spremljajočo negotovost.

## 2 Materiali in metode

### 2.1 IZBIRA POLJŠČINE IN LOKACIJE

Za simulacijo z modelom WOFOST smo izbrali koruzo (*Zea mays* L., hibrid Furio) na kmetijsko zelo pomembnem območju severovzhodne Slovenije. Hibrid Furio je bil izbran na podlagi visoke stabilnosti in višine pridelka (obdržal se je vse do leta 2008, s pridelovanjem pa so pričeli že v letu 1995). Kot reprezentativno lokacijo za omenjeno področje smo izbrali Rakičan, kar je ugodno predvsem z vidika spremljanja stanja koruze na poskusnih poljih ter lokacije meteorološke postaje, ki se nahaja v neposredni bližini njivskih površin. V Murski Soboti je podnebje kontinentalno s povprečno letno temperaturo okrog 10 °C ter 810 mm padavin skozi celo leto. Prevladujoč talni tip na poskusni njivi je peščena ilovica z nizkim deležem organske snovi. Vir podatkov o meteoroloških spremenljivkah je bila Agencija RS za

okolje, pedoloških podatkov pa Center za pedologijo in varstvo okolja na Biotehniški fakulteti. Podatke o višini pridelka koruze smo pridobili na Kmetijskem Inštitutu Slovenije. Rezultate simulacij klimatskih modelov smo pridobili na spletnih straneh projekta ENSEMBLE (Hewit, 2005). Pred integracijo rezultatov simulacij klimatskih modelov smo le tem odpravili sistematično odstopanje z metodo kvantilnega prilagajanja (Boe in sod., 2007). Surove simulacije zaradi velikih odstopanj od realnega stanja namreč niso primeren vhodni podatek v model WOFOST, saj njihova uporaba v simulaciji pridelka lahko privede do prevelikih odstopanj, ki jih ne moremo pojasniti v okviru variabilnosti izmerjenih višin pridelka v preteklosti.

## 2.2 SIMULACIJSKI MODEL WOFOST

Za simulacijo višine pridelka smo uporabili dinamični model WOFOST (Boogard s sod., 1998). WOFOST je fizikalni model, ki razlaga rast pridelka na osnovi procesov, ki se dogajajo v rastlini z upoštevanjem okoljskih dejavnikov. Podroben opis modela se nahaja v članku Pogačar in Kajfež (2009). Model smo pred uporabo v študiji kalibrirali, pri čemer je bil namen oceniti vrednosti modelskih parametrov na osnovi podatkovnega vzorca izmerjenih pridelkov. Pri ocenjevanju parametrov dinamičnega modela smo uporabili Bayesovski pristop (Ceglar in sod., v tisku). Končni rezultat je ocena parametrov na osnovi dveh različnih virov informacij: vzorec podatkov ter priorna informacija o vrednosti parametrov. Uporaba omenjenega pristopa rezultira v verjetnostni porazdelitvi modelskih parametrov, kar nam v simulaciji podaja tudi negotovost same višine pridelka, ki je posledica netočnega poznavanja parametrov.

## 2.3 VREDNOTENJE NEGOTOVOSTI

Korigirane projekcije rezultatov osmih regionalnih klimatskih modelov (RCM) na izbranih lokacijah ter dnevni časovni skali smo uporabili pri simulacijah z modelom WOFOST. Ob vseh podanih rezultatih je potrebno poudariti, da simulacijo obravnavanih spremenljivk spremljajo številni viri negotovosti (Slika 1). Hulme in Carter (1999) sta definirala dva glavna vira negotovosti v klimatskih študijah: nepopolno poznavanje klimatskega sistema, kar se odraža v strukturi klimatskih modelov, ter "nepoznano" znanje, ki izhaja iz nedoločljivosti družbenih lastnosti v prihodnosti ter samega klimatskega sistema. Pomembna vira negotovosti sta tako povezana z modelsko strukturo ter parametrizacijskimi shemami v klimatskih modelih, glavni vir pa je emisijski scenarij, ki se manifestira skozi obnašanje družbe. Ob uporabi RCM pri dinamičnem zmanjševanju skale, število virov negotovosti narašča, saj so simulacije RCM odvisne od ločljivosti numeričnih shem, fizikalnih parametrizacij ter robnih pogojev. Rezultate simulacij dinamičnega modela WOFOST v spremenjenih podnebnih razmerah smo zato podali z oceno negotovosti, kjer smo upoštevali kombiniran vpliv metode odpravljanja sistematičnih napak, izbire RCM ter negotovosti, povezane s simulacijo fizioloških procesov v modelu WOFOST. Vse simulacije v okviru projekta ENSEMBLES so potekale na osnovi predpostavljenega scenarija A1B (IPCC, 2007).

Da bi čim boljše ovrednotili negotovosti, ki spremljajo naše simulacije, smo višino pridelka ter ostale preučevane spremenljivke podali v obliki ansambla. Klimatski ansambel predstavlja množica klimatskih modelov, ki so med seboj nekoliko različni. V našem primeru smo tako z vključitvijo 8 klimatskih modelov lahko ocenili pripadajočo strukturno negotovost. Parametersko negotovost simulacij modela WOFOST smo ocenili na osnovi vzorčenja posteriornih porazdelitev modelskih parametrov. Vhodne meteorološke podatke na dnevni časovni skali za model WOFOST smo pripravili za obdobje med leti 1961 ter 2090, kjer smo vključili simulacije vseh obravnavanih klimatskih modelov. Za ocenjevanje sprememb ter

negotovosti simulirane višine pridelka z modelom WOFOST smo naredili skupno dobrih 10 milijonov simulacij za obravnavano obdobje.

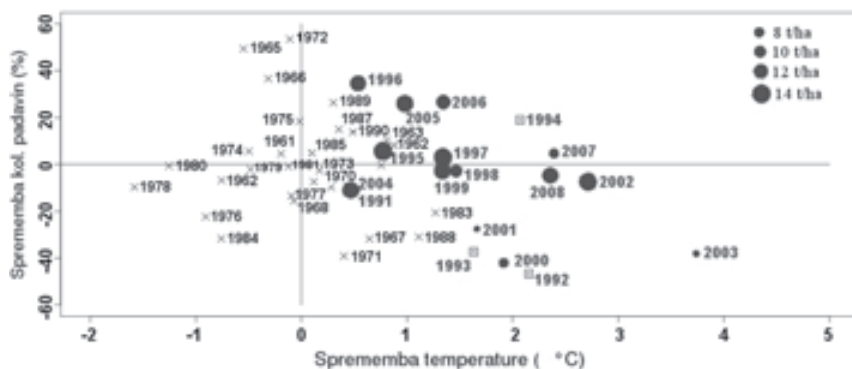


Slika 1: Različni viri negotovosti v klimatskih študijah. Največji vir negotovosti izhaja iz neznanih vzorcev obnašanja družbe v prihodnosti, na osnovi česar so izdelani emisijski scenariji.

## 4 Rezultati z diskusijo

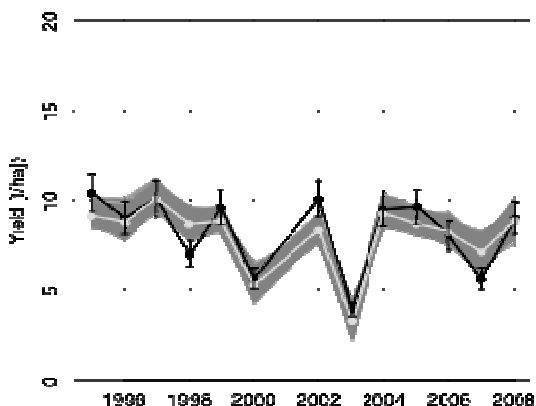
### 4.1 ANALIZA IZMERJENIH TER SIMULIRANIH VIŠIN PRIDELKA KORUZE

K poglobljenemu razumevanju vpliva vremenskih razmer v času rastle sezone na višino pridelka ter razdelitev negotovosti modelskih simulacij med različne vire, prispeva tudi analiza izmerjenih podatkov o višini pridelka koruze. Simulacije višine pridelka pri izdelavi scenarijev za različna časovna obdobja smo primerjali z referenčnim obdobjem med leti 1961 ter 1990. To obdobje je bilo izbrano za referenčnega, ker so se konec osemdesetih let prejšnjega stoletja začele dogajati izrazite spremembe lokalnih klimatskih razmer (Žagar in sod., 2006). Izmerjene podatke v obdobju med leti 1961 ter 2008 smo zato razvrstili v dva časovna okvirja: prvi obsega referenčno obdobje (1961-1990), drugi pa preostanek, torej 1991-2008. Na sliki 2 so prikazana odstopanja povprečne temperature ter skupne količine padavin v rastnem obdobju po posameznih letih od povprečnih vrednosti za referenčno obdobje. Da bi ločili primerjalno obdobje od referenčnega, smo leta po 1990 označili s sivo barvo. Izmerjene višine pridelka po letu 1995 so sorazmerne velikosti kroga. Graf nosi veliko informativno vrednost, saj se z vidika kmetijske pridelave kritično območje nahaja v spodnjem desnem kvadrantu, kjer so označena leta z višjo temperaturo ter manjšo količino padavin v rastni dobi glede referenčno obdobje. Vse točke, ki označujejo leta v primerjalnem obdobju, se nahajajo v desnih kvadrantih, kar pomeni, da so bila vsa rastna obdobja po letu 1990 toplejša kot v referenčnem obdobju. Izrazito izstopa predvsem leto 2003, ko sta bila visoka temperatura ter nizka količina padavin vzrok nizkemu pridelku koruze v Rakičanu. Poleg leta 2003 je bil nizek pridelek zabeležen še v letih 2000 ter 2001. Nizki pridelki so se večinoma pojavljali v letih z majhno količino padavin v rastni sezoni. V teh letih je imela nizka količina padavin bistveno večji vpliv na samo višino pridelka kot temperatura. Pridelek v letih 2002 ter 2008 je bil pomembno večji kot v suhih letih 2000 ter 2001, čeprav je bila rastna sezona skoraj za stopinjo Celzija toplejša. Kljub visoki količini padavin v vegetacijski sezoni pa lahko v obdobju od cvetenja do mlečne zrelosti pade manjši del teh padavin, kar povzroči tudi manjši pridelek.



Slika 2: Razporeditev let v obdobju 1961 – 2008 glede odstopanj povprečne temperature zraka in količine padavin v rastni sezoni od povprečja v obdobju 1961 – 1990. Leta v primerjalnem obdobju med 1990 ter 2008. Velikost krogov kaže na višino izmerjenega pridelka koruze po letu 1995. Leta med 1991 ter 1994 (ko nismo imeli na voljo meritev pridelka) pa so označena s križcem v kvadratu.

Simulacije pridelka z umerjenim modelom WOFOST so prikazane na Sliki 3. Uporaba Bayesovega postopka kalibracije nam omogoča izdelavo ansambla za višino pridelka. Tako lahko za vsako leto posebej ocenimo negotovost modelskih simulacij, ki so posledica nenatančnega poznavanja parametrov modela. Rezultati se v splošnem dobro ujemajo z meritvami pridelka; nekoliko večja odstopanja dobimo le v letih 1998 ter 2002. Variabilnost modelskih simulacij se po letih nekoliko razlikuje, vendar je medletna variabilnost višine pridelka, ki je posledica naravne klimatske variabilnosti, večja od variabilnosti simulacij pridelka znotraj posameznih let. To je pomembna informacija, saj bi v nasprotnem primeru prevelika razpršenost modelskih simulacij, ki je posledica negotovosti parametrov, zameglila informacijo o naravni variabilnosti višine pridelka.



Slika 3: Simulacija višine pridelka (Yield) koruze (hibrid Furio) v Murski Soboti. Črne točke označujejo meritve višine pridelka skupaj z napako meritev. S sivo barvo je označen ansambel modelskih simulacij; s tem označujemo njihovo negotovost, ki je posledica nenatančnega poznavanja parametrov. S svetlo sivo je označeno ansambelsko povprečje znotraj posameznih let.

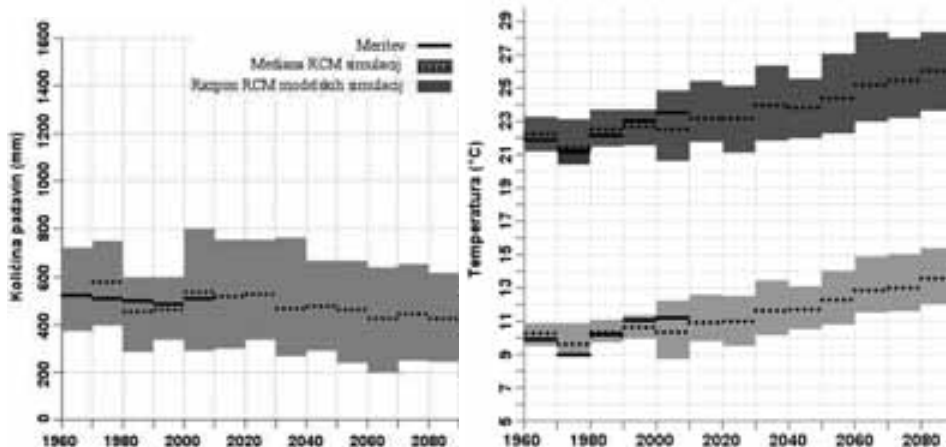
#### 4.3 VPLIV KLIMATSKIH SPREMEMB NA VIŠINO PRIDELKA KORUZE

Slika 2 nam do neke mere daje pomembno informacijo o tem, kaj lahko pričakujemo ob višjih temperaturah zraka ter manjši količini padavin znotraj rastne sezone. Vsekakor so kritična leta z nizko količino padavin, ko je zmanjšanje pridelka največje. Predviden dvig temperature na območju severovzhodne Slovenije presega variabilnost temperature med leti 1961-2008, zato lahko klimatske spremembe vodijo v stanja, ki si jih na podlagi preteklosti ne moremo

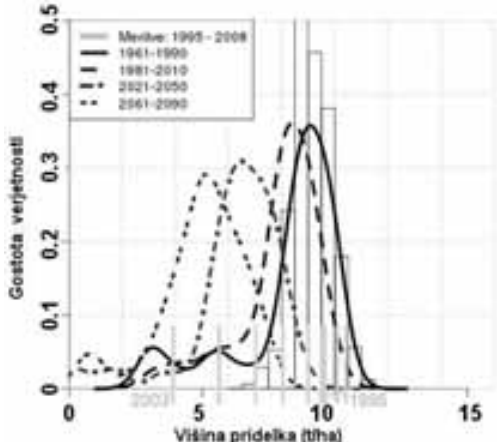


predstavljati. Ocene glede sprememb količine padavin v rastni dobi so nekoliko bolj negotove, še posebej v mesecih, ko je kultura najbolj občutljiva na pomanjkanje vode. V tem delu leta večina padavin pade kot posledica konvekcije, ki je problematična tudi z vidika simulacij v klimatskih modelih. Primerjava rezultatov klimatskih modelov z meritvami padavin je ravno v poletnih mesecih kazala na največja odstopanja, zato pri interpretaciji rezultatov velja nekoliko večja previdnost.

Scenariji do sredine 21. stoletja ne kažejo na pomembne spremembe skupne količine padavin v rastni sezoni (Slika 4), vendar je ob tem potrebno upoštevati razporeditev teh padavin po mesecih. V poletnih mesecih kaže na večje zmanjšanje količine padavin, kar v kombinaciji z visokimi temperaturami lahko vodi k manjšemu pridelku. Na Sliki 4 so prikazani variacijski razponi, upoštevajoč simulacije vseh obravnavanih klimatskih modelov ter s tem strukturne negotovosti projekcij maksimalne ter minimalne temperature in količine padavin. V splošnem je opaziti večje zmanjšanje količine padavin po sredini stoletja, maksimalna ter minimalna temperatura pa se bosta glede na scenarij do sredine stoletja dvignili za okrog 2 °C glede na povprečje v referenčnem obdobju.



Slika 4: Scenariji količine padavin (levo) ter temperature (desno) v rastni sezoni za Mursko Soboto. Na desni je s svetlo sivo označena minimalna, s temno sivo pa maksimalna temperatura. Na obeh grafih so prikazana 10-letna povprečja z modelskim razponom (upoštevajoč simulacije 8 regionalnih klimatskih modelov).



Slika 5: Porazdelitev simulirane višine pridelka v sedanjih klimatskih razmerah (referenčno obdobje 1961-1990 ter primerjalno obdobje 1981-2010) ter prihodnjih klimatskih razmerah (obdobji 2021-2050 ter 2061-2090) na osnovi simulacij klimatskih modelov. V izračunu gostote porazdelitev so bili upoštevani viri negotovosti parametrov modela WOFOST, strukture klimatskih modelov ter napake meritev pridelka. V izračunih smo predpostavili emisijski scenarij A1B.

Da bi v izdelavi scenarijev pridelka koruze upoštevali kar vse obravnavane vire negotovosti, smo v ta namen izdelali funkcije gostote verjetnosti pridelka (Slika 5). Ta nam prikazuje, kakšna je verjetnost za določeno višino pridelka. Na sliki lahko primerjamo porazdelitve, ki se nanašajo na različna obdobja. Vrhova porazdelitev pridelka v sredini ter ob koncu stoletja sta pomaknjena k nižjim vrednostim, poleg tega pa lahko opazimo tudi nekoliko večjo širino krivulj, kar pomeni večjo variabilnost pridelka. Pomik porazdelitev v levo pomeni, da bodo višine pridelka, ki so v sedanjih razmerah nizke (kot posledica suše ali vročinskega stresa), povsem nekaj običajnega. Z večjo variabilnostjo pa prihajajo tudi večje razlike med leti.

## 5 Sklepi

V študiju vpliva klimatskih sprememb na višino pridelka koruze smo poleg ocen za spremembo povprečne višine pridelka ovrednotili tudi negotovost samih napovedi. Ocena negotovosti je ključnega pomena, saj lahko le na ta način prikažemo, kako gotovi smo, da bo do izračunanih sprememb res prišlo. Žal je vse vire negotovosti v tako obsežnem računskem sistemu težko zajeti, zato je pomembno, da se zavedamo tudi predpostavk, na osnovi katerih smo prišli do končnih rezultatov. Primer obravnave višine pridelka koruze v Murski Soboti je pokazal, da so pričakovane spremembe v okviru naravne klimatske variabilnosti v višini pridelka v 21. stoletju višje, kot negotovosti parametrov WOFOST-a ter negotovosti izbire klimatskega modela. Tako lahko ob predpostavki, da se bo uresničil emisijski scenarij A1B z veliko gotovostjo rečemo, da se bo višina pridelka koruze (hibrida Furio) zmanjševala, hkrati pa se bo povečevala variabilnost samega pridelka.

## 6 Literatura

- Boe, J., Terray, L., Habets, F., Martin, E. 2007. Statistical and dynamical downscaling of the seine basin climate for hydro-meteorological studies. *International Journal of Climatology*, 27, 12: 1643-1655
- Boogaard, H. L., Diepen, C. A. van, Rötter R. P., Cabrera J. M. C. A., Van Laar, H. H. 1998. WOFOST 7.1; User's guide for the WOFOST 7.1 crop growth simulation model and WOFOST Control Center 1.5. Wageningen DLO Winand Staring Centre. Technical Document 52: 142 s.
- Ceglar, A., Črepinšek, Z., Kajfež-Bogataj, L., Pogačar, T. 2010. The simulation of phenological development in dynamic crop model: the Bayesian comparison of different methods. *Agricultural and Forest Meteorology* (v tisku). DOI 10.1016/j.agrformet. 2010.09.007
- Čergan, Z. 2008. Morfologija koruze. V: Čergan, Z., Jejčič, V., Knapič, M., Modic, Š., Moljk, B., Poje, T., Simončič, A., Sušin, J., Urek, G., Verbič, J., Vrščaj, B., Žerjav, M. *Koruzna. Založba Kmečki glas*, Ljubljana: 22-40
- Hewitt, C.D. 2005. The ENSEMBLES Project: Providing ensemble-based predictions of climate changes and their impacts. *EGGS newsletter*, 13: 22-25
- Hulme, M., Carter, T. C. 1999. Representing Uncertainty in Climate Change Scenarios and Impact Studies: ECLAT-2 Red Workshop Report. Ur.: T. Carter, M. Hulme in D. Viner. Climatic Research Unit. Norwich.
- IPCC. Climate change 2007: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007: 142 s.
- Kajfež-Bogataj, L., Črepinšek, Z., Ceglar, A., Pogačar, T. 2007. Analiza pojava suše v Sloveniji in monitoring kmetijske suše z indikatorji v zadnjih desetletjih. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 49 s.
- Pogačar, T., Kajfež Bogataj, L. 2009. WOFOST: model za napovedovanje pridelka – 1. del. *Acta agric. Slov.*, 93, 2: 231-243
- Žagar, T., Kajfež-Bogataj, L., Črepinšek, Z. 2006. Časovna analiza nekaterih klimatskih spremenljivk v Sloveniji. *Acta agriculturae Slovenica*, 87-2: 285-298

## Upravljanje s tveganji pri pridelovanju poljščin zaradi podnebnih sprememb in vloga države

Majda ZAVŠEK URBANČIČ<sup>132</sup>

### Izvleček

po znanstvenih dokazih imamo na voljo le nekaj let, da se s skupnim prizadevanjem izognemo katastrofalnim posledicam. Zaradi spremenjenega podnebja se bodo negativni učinki v kmetijstvu odrazili predvsem kot skrajšanje rastne dobe, povečana intenziteta škodljivcev in bolezni ter z ekstremnimi vremenskimi dogodki, sušami, poplavami, neurji in točo. Prihodnost kmetijstva in predvsem poljedelstva je zato v prilagajanju podnebnim spremembam. Zavarovanje kmetijske proizvodnje, postavitve protitočnih mrež, namakanje, obramba pred točo, ki so pomembni ukrepi prilagajanja podnebnim spremembam, so nujni, saj se državno pomoč za odpravo posledic škode v kmetijstvu namenja samo za naravne nesreče, ki jih ni mogoče zavarovati. Potrebno je upravljati s tveganji in ne samo odpravljati posledice naravnih nesreč.

**Ključne besede:** podnebne spremembe, vremenski dogodki, pridelovanje poljščin, vloga države, Slovenija

## Managing with risks in field crop production induced by climate changes and the role of the state

### Abstract

Climate changes are one of the biggest challenges of the 21st century. They appear faster than we anticipated. With regard to scientific evidence there are only a few years left to avoid catastrophic consequences with joint efforts. Due to the changed climate the negative effects on agriculture will be: shorter growth season, increased intensity of pests and diseases and more extreme weather events (droughts, floods, storms, hail). The future of agriculture, especially field crops production, is in adjustment to these changes. It is necessarily to insure agricultural production, set nets towards hail, irrigation systems and protection against hail, because the state help is dedicated only to natural disasters in agriculture which could not be insured. It is necessarily to manage with risks not only eliminating the consequences of natural disasters.

**Key words:** climate changes, weather events, field crops production, role of the state, Slovenia

### 1 Uvod

Kmetijstvo in še posebej poljedelstvo je usodno odvisno od vremena oziroma podnebnih razmer, saj temperatura zraka in tal, sončno obsevanje, zračna vlaga, količina in razporeditev padavin, pogostnost in intenzivnost vremenskih ujm odločilno vplivajo na poljedelsko pridelavo. Slovensko kmetijstvo se bo v prihajajočih letih spoprijemalo s številnimi izzivi, kot so mednarodna konkurenca, nadaljnja liberalizacija trgovinske politike in povečevanje svetovnega prebivalstva. Zaradi podnebnih sprememb bo stiska še večja, izzivi pa zahtevnejši in dražji. Predvidene podnebne spremembe bodo prizadele rastlinsko pridelavo, živinorejo in lokacijo proizvodnje, kar bo zelo ogrozilo dohodek iz kmetijstva in vplivalo na opustitev pridelave kmetijskih rastlin v nekaterih območjih. Proizvodnja hrane je lahko ogrožena zaradi vročinskih valov, suše in škodljivcev, pogostejši pa bodo tudi izpadi pridelka. Vse omenjeno bo posledično vplivalo na zdravje ljudi in na kakovost njihovega življenja. Tako po svetu kot

<sup>132</sup> Univ. dipl. inž. kmet., Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Dunajska 56, 1000 Ljubljana, e-pošta: majda.zavsek-urbancic@gov.si

pri nas bodo na splošno najbolj prizadeti pripadniki nižjega socialno-ekonomskega sloja, še zlasti na podeželju. Podnebne spremembe ne bodo enako prizadele vseh regij, zato se bo neenakost še bolj povečala. Zavedati se moramo, da nižji socialno-ekonomski status v določeni skupnosti praviloma vodi v slabše zdravstvene razmere. Pri tem so posebno ogroženi otroci, ženske in starejši. Podnebne spremembe bodo vplivale tudi na oskrbo s hrano, kar bo prispevalo k porastu revščine, podhranjenosti ter slabšemu zdravju v celotni populaciji.

## 2 Prihodnost

### 2.1 NEGATIVNI UČINKI SPREMENJENEGA PODNEBJA V KMETIJSTVU

Spremenjene podnebne spremembe se v kmetijstvu odražajo negativno kot:

- skrajševanje rastne dobe (hitrejši razvoj rastlin),
- intenzivnejša evapotranspiracija,
- sprememba pogostnosti in intenzitete napadov škodljivcev in bolezni (hitrejši razvoj insektov in gliv, novi škodljivci in bolezni),
- povečana pogostnost ekstremnih vremenskih dogodkov (neurja z vetrom, točo, močni nalivi, poplave, zemeljski plazovi, erozija, požarna ogroženost gozdov, zaraščanje, preveč iglavcev in drugo).

### 2.2 POGOJNO POZITIVNI UČINKI SPREMENJENEGA PODNEBJA V KMETIJSTVU

Pogojno pozitivni učinki spremenjenega podnebja v kmetijstvu so:

- prostorski premiki kmetijske pridelave, kot so pomik vegetacijskih pasov, sprememba obsega pridelovalnih zemljišč, premik v višje lege, izboljšanje ali poslabšanje toplotnih značilnosti zdaj prehladnih ali že zdaj pretoplih območij,
- sprememba kakovosti pridelkov,
- spremenjen izbor sort,
- spreminjanje ustaljene agrotehnike, kot so sprememba datumov setve, saditve, žetve, drugačni načini obdelave tal in spremembe gnojenja.

### 2.3 POZITIVNI UČINKI SPREMENJENEGA PODNEBJA V KMETIJSTVU

Pozitivni učinki spremenjenega podnebja pa se v kmetijstvu kažejo kot:

- gnojilni učinek povečane koncentracije CO<sub>2</sub>,
- daljša rastna doba,
- primernejše temperaturne razmere za gnojenje toplotno zahtevnih rastlin.

## 3 Prilagoditev ekstremnim vremenskim dogodkom na področju kmetijstva

Prilagajanje podnebnim spremembam je postalo neizogibno in predstavlja nujno dopolnilo k blažitvi le-teh, čeprav ni nadomestna možnost za zmanjševanje izpustov toplogrednih plinov. V primeru, da bodo temperaturni dvigi ali pragi prekoračeni, bodo postali nekateri vplivi podnebja pravzaprav neobvladljivi. Ekstremnih vremenskih dogodkov ne moremo preprečiti, lahko pa se s kmetijsko pridelavo nanje prilagodimo, izbiramo vrste in dejavnosti, ki so manj ranljive, območja, ki so manj izpostavljena, prav tako pa poskušamo preprečiti povzročanje škode še z drugimi sredstvi. Fizični zaščitni ukrepi so v veliko pomoč pri ogroženosti s poplavami, na primer nasipi, poplavna območja, drenažni sistemi, primerno vzdrževanje strug rek, potokov in hudournikov; sušo lahko omilijo zajetja vode in namakalni sistemi, proti toči lahko nekatere kulture varujejo mreže. Spomladanske ohladike s temperaturami pod

kritičnimi vrednostmi, ki povzročijo pozebo že ob obstoječi vremenski variabilnosti, predstavljajo pomembno omejitev slovenskega kmetijskega prostora.

### 3.1 PRILAGODITEV SUŠNIM RAZMERAM

S tehnološkimi ukrepi in s spremenjenim načinom kmetovanja so bili preizkušeni številni pristopi za prilagajanje bolj sušnim razmeram in spremembi oskrbe rastlin z vodo. Ocene kažejo, da bo treba:

- spremeniti setveno strukturo in proizvodno usmeritev na kmetijah ter tehnologijo pridelave,
- spremeniti kolobar, za kar so nujni sortno-ekološki poskusi in uvajanje na sušo prilagojenih vrst in sort,
- izboljšati zadrževalno sposobnost tal za vodo z agrotehničnimi ukrepi,
- zgraditi namakalne sisteme tam, kjer bo to ekonomsko upravičeno in ekološko sprejemljivo,
- poskrbeti za vodeno namakanje s kontrolo količine namakanja z namakalnimi modeli, z upoštevanjem vremenskih razmer in vremenske prognoze ter s kontrolo naravno usklajene pridelave kmetijskih rastlin na namakalnih površinah,
- zavarovati kmetijsko pridelavo ob ekstremnih razmerah (pojasniti vprašanja vzajemnega zavarovanja in dodelati metodologijo za oceno kmetijske suše ter zavarovalnih tveganj v kmetijstvu).

### 4 Ukrepi, ki jih država Slovenija že izvaja v boju proti podnebnim spremembam v kmetijstvu

Med ukrepi, ki jih pri nas že izvajamo z namenom ublažiti posledice podnebnih sprememb v kmetijstvu, so:

- sprejetje Strategije prilagajanja slovenskega kmetijstva in gozdarstva podnebnim spremembam,
- sprejetje operativnega programa zmanjševanja emisij toplogrednih plinov,
- sprejetje akcijskega načrta za prilagajanje podnebnim spremembam,
- ukrepi v okviru Programa razvoja podeželja 2007–2013 na področju spodbujanja kmetijsko-okoljskih programov, investicij v rabo obnovljivih virov energije in investicij v zmanjševanje negativnih vremenskih vplivov,
- shema sofinanciranja zavarovanja v kmetijstvu pred naravnimi nesrečami,
- druge sheme državnih pomoči v kmetijstvu, skladne s smernicami,
- sofinanciranje strokovnih nalog in izobraževanja v okviru financiranja javnih služb na področju kmetijstva,
- ozaveščanje ljudi o vplivu podnebnih sprememb,
- predlog Zakona o podnebnih spremembah.

#### 4.1 STRATEGIJA PRILAGAJANJA SLOVENSKEGA KMETIJSTVA IN GOZDARSTVA PODNEBNIM SPREMEBAM

Leta 2008 je Vlada RS sprejela Strategijo prilagajanja slovenskega kmetijstva in gozdarstva podnebnim spremembam. Namen strategije je zmanjšati tveganje in škodo že zaradi sedanjih in prihodnjih negativnih učinkov podnebnih sprememb. Pri pripravi strategije so bila upoštevana naslednja izhodišča:

- prilagajanje kmetijstva in gozdarstva je kompleksen, dinamičen in interdisciplinaren proces, ki mora vključevati deležnike na vseh ravneh,
- temeljiti mora na rešitvah, ki omogočajo trajnostno konkurenčno kmetovanje ter sonaravno in večnamensko gospodarjenje z gozdovi,

- prilagajanje naj bo sektorsko usklajeno, da ukrepi ne bi povzročali težav v drugih sektorjih,
- usklajeno naj bo na lokalni, državni in tudi na meddržavni ravni, kar je še zlasti nujno pri gospodarjenju z vodo na nivoju porečij ali ob naravnih nesrečah,
- zelene so prilagoditve, ki prispevajo tudi k zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov iz kmetijstva ter povečanju vezanja CO<sub>2</sub> v tla in rastlinsko biomasi,
- prednost naj imajo ukrepi, ki bi preprečili nepovratno škodo.

Strategija vsebuje pet temeljnih stebrov:

- izobraževanje, ozaveščanje, svetovanje,
- raziskave s področja podnebnih sprememb in prilagajanja kmetijstva in gozdarstva,
- krepitev zmogljivosti za obvladovanje prilagajanja kmetijstva in gozdarstva podnebnim spremembam,
- ukrepi kmetijske in gozdarske politike in spremembe obstoječe zakonodaje,
- krepitev mednarodnega sodelovanja in partnerstva pri prilagajanju kmetijstva in gozdarstva podnebnim spremembam.

#### 4.2 OPERATIVNI PROGRAM ZMANJŠEVANJA TOPLOGREDNIH PLINOV

Slovenija je sprejela tudi Operativni program zmanjševanja toplogrednih plinov (TGP), ker obstaja soglasje, da je treba pri zmanjševanju emisij TGP in s tem pri blaženju podnebnih sprememb nameniti posebno pozornost uvajanju novih in učinkovitejših tehnologij kmetijske pridelave, ukrepom spodbujanja uporabe obnovljivih virov energije v kmetijstvu ter področju izobraževanja, svetovanja in ozaveščanju kmetijskih pridelovalcev.

#### 4.3 PRIPRAVA AKCIJSKEGA NAČRTA ZA PRILAGAJANJE PODNEBNIM SPREMEMBAM

Vlada RS je sprejela akcijski načrt v oktobru 2010, ki sledi ukrepom strategije in je razdeljen na dva dela. Na ukrepe, ki se že izvajajo in ukrepe, ki se financirajo izključno iz naslova akcijskega načrta in so prav tako razdeljeni na pet stebrov. Vsebuje oceno finančnih posledic ter dinamiko financiranja po posameznih proračunskih letih.

Ukrepi v boju proti podnebnim spremembam v okviru Programa razvoja podeželja RS za obdobje 2007–2013:

- k zmanjševanju emisij toplogrednih plinov najbolj pripomorejo kmetijsko-okoljski podukrepi: integrirano poljedelstvo, sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, planinska paša, sonaravna reja domačih živali, ohranjanje ekstenzivnega travinja, pokritost tal na vodovarstvenem območju in ekološko kmetovanje,
- podpirajo se naložbe v izgradnjo velikih namakalnih sistemov in v namakalno infrastrukturo za namakalne sisteme, ki so v zasebni lasti,
- podpirajo se tehnološke posodobitve že obstoječih namakalnih sistemov – za zmanjševanje porabe vode in energije,
- podpirajo se naložbe v izgradnjo demonstracijskih namakalnih centrov – za promocijo in razvoj namakanja, izobraževanje in praktično usposabljanje uporabnikov, poskusi s poudarkom na novih tehnologijah,
- podpira se ureditev in racionalizacija transportnih poti, kar delno prispeva k zmanjševanju porabe goriv in izpustov toplogrednih plinov,
- podpira se nakup in postavitev mrež proti toči,
- podpirajo se naložbe v obnovljive vire energije za potrebe kmetijskega gospodarstva, kot so naprave za ogrevanje gospodarskih poslopij, uporaba geotermalne energije v rastlinjakih, talno ogrevanje, fotovoltaične naprave in drugo,

- podpirajo se naložbe v zasebne gozdove s ciljem izboljšati učinkovitost gospodarjenja z zasebnimi gozdovi s pomočjo večje izrabe proizvodnega potenciala gozdov, uvajanja novih proizvodov in proizvodnih izboljšav pri sečnji in spravilu, večje varnosti pri delu v gozdu,
- podpirajo se naložbe v opremo za pridobivanje energije iz obnovljivih virov energije za lastne potrebe,
- podpirajo se naložbe v pridobivanje energije iz obnovljivih virov za prodajo na trgu.

#### 4.4 DRUGE SHEME DRŽAVNIH POMOČI V KMETIJSTVU, SKLADNE S SMERNICAMI

Sredstva za odpravo posledic škode v kmetijstvu zaradi neugodnih vremenskih razmer je mogoče pridobiti, če je ocena neposredne škode v kmetijstvu na vseh kmetijskih pridelkih, pri katerih ocena neposredne škode presega 30 % običajne letne kmetijske proizvodnje in je večja od 0,3 promila načrtovanih prihodkov državnega proračuna.

Sredstev ni mogoče pridobiti, če predhodno niso bili izvedeni vsi agrotehnični ukrepi, načrtovani v okviru kmetijske politike prilagajanja podnebnim spremembam, in drugi načrtovani ukrepi pred naravnimi nesrečami, katerih posledice bi bilo mogoče omiliti ali jih preprečiti.

#### 4.5 SOFINANCIRANJE STROKOVNIH NALOG IN IZOBRAŽEVANJA V OKVIRU FINANCIRANJA JAVNIH SLUŽB NA PODROČJU KMETIJSTVA

V okviru Strategije razvoja Slovenije smo pri peti razvojni prioriteti: »Povezovanje ukrepov za doseganje trajnostnega razvoja« v zadnjih letih v okviru razpisov ciljno raziskovalnih projektov (CRP) dali velik poudarek prilagajanju podnebnim spremembam in blaženju le-teh. V okviru programa dela in financiranja javne službe kmetijskega svetovanja sta izobraževanje svetovalcev in informiranje kmetov o podnebnih spremembah ter sodelovanje v medresorski skupini za zmanjšanje vplivov podnebnih sprememb navedena kot letna cilja v okviru izvajanja tehnoloških ukrepov za dvig konkurenčne sposobnosti kmetij.

#### 4.6 OZAVEŠČANJE LJUDI

V Sloveniji smo v preteklih letih pripravili številne tehnološke ukrepe za zmanjševanje posledic suše na področju poljedelstva, zelenjadarstva, hmeljarstva in travništva, izdane so bile številne publikacije, izvedena predavanja, novinarske konference, radijske oddaje in drugo.

#### 4.7 SOFINANCIRANJE ZAVAROVALNE PREMIJE ZA ZAVAROVANJE KMETIJSKE PROIZVODNJE IN RIBIŠTVA

Subvencioniranje zavarovalnih premij za zavarovanje kmetijske pridelave poteka na osnovi vsakoletne priprave Uredbe o sofinanciranju zavarovalnih premij za zavarovanje kmetijske pridelave. Je eden pomembnejših ukrepov za blažitev posledic podnebnih sprememb, ki ga bomo v nadaljevanju razložili nekoliko obširneje.

Ta oblika državne pomoči, ki jo izvaja Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, poteka že od leta 2006 in se vsako leto dopolnjuje. Na začetku je bila zavarovalna premija v višini 30 % sofinancirana pred nevarnostmi toče, požara in udara strele. Sredstva za ta namen so znašala 2.086.463 evrov, od tega je bilo porabljenih 1,74 milijona (možno je bilo tudi sofinanciranje s strani občin do skupne višine 50 %).

Leta 2007 je bila višina sredstev za ta namen 5.633.450 evrov (porabljenih 4,62 milijonov €).

Leta 2008 je ostala višina sofinanciranja enaka (40 %); v ta namen pa je bilo predvidenih 6.126.950 evrov (porabljenih 6,15 milijonov €).

Leta 2009 se je višina sofinanciranja za zavarovanje posevkov, nasadov in plodov dvignila na 50 %, kar je s strani EU najvišja dovoljena državna pomoč. Za ta namen je bilo predvidenih 10 milijonov evrov (predvidena poraba sredstev za ta namen se ocenjuje na 12,5 milijonov evrov). Višina sofinanciranja za zavarovanje živali se je izračunala glede na vrsto in kategorijo živali na dan sklenitve zavarovanja, vendar ni smela presegati 50 % obračunane zavarovalne premije.

*Preglednica 1: Pregled naravnih nesreč v kmetijstvu po vrstah in regijah za obdobje 2004–2008 (Vir: MKGP)*

| Regija                | 2004              | 2005                                         | 2006              | 2006              | 2007              | 2008                           | Skupaj             |
|-----------------------|-------------------|----------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------|
|                       | Neurje s točo     | Poplava, pozeba, toča, vihar in majski hrošč | Neurje, toča      | Suša              | Suša              | Neurje s točo in močnim vetrom |                    |
| Podravska             | 11.033.778        | 13.123.919                                   | 11.024.007        | 2.960.992         | 7.945.519         | 3.907.163                      | <b>49.995.378</b>  |
| Posavska              | 6.118.343         | 17.887.691                                   | 0                 | 2.887.561         | 366.568           | 443.542                        | <b>27.703.705</b>  |
| Pomurska              | 7.398.573         | 3.026.404                                    | 2.217.685         | 0                 | 6.923.650         | 2.655.546                      | <b>22.221.858</b>  |
| Savinjska             | 6.057.404         | 2.276.366                                    | 3.638.783         | 6.569.729         | 0                 | 1.307.569                      | <b>19.849.851</b>  |
| Goriška               | 4.554             | 1.226.976                                    | 968.724           | 6.385.863         | 0                 | 219.079                        | <b>8.805.196</b>   |
| Jugovzhodna Slovenija | 265.069           | 1.716.851                                    | 0                 | 5.948.623         | 0                 | 377.945                        | <b>8.308.488</b>   |
| Obalno-kraška         | 580.884           | 1.061.811                                    | 94.750            | 4.047.866         | 1.274.957         | 322.253                        | <b>7.382.521</b>   |
| Osrednjeslovenska     | 117.262           | 630.524                                      | 49.180            | 5.477.065         | 0                 | 503                            | <b>6.274.534</b>   |
| Gorenjska             | 119.378           | 897.156                                      | 7.173             | 4.559.972         | 0                 | 0                              | <b>5.583.679</b>   |
| Koroška               | 431.829           | 0                                            | 0                 | 1.935.237         | 0                 | 0                              | <b>2.367.066</b>   |
| Notranjsko-kraška     | 376.035           | 180.582                                      | 151.772           | 1.163.719         | 0                 | 103.353                        | <b>1.975.461</b>   |
| Zasavska              | 16.164            | 0                                            | 22.348            | 459.092           | 0                 | 2.661                          | <b>500.265</b>     |
| <b>Skupaj</b>         | <b>32.519.273</b> | <b>42.028.280</b>                            | <b>18.174.422</b> | <b>42.395.719</b> | <b>16.510.694</b> | <b>9.339.614</b>               | <b>160.968.002</b> |

#### 4.8 OBRAMBA PRED TOČO

V letu 2010 se končuje večletni projekt poskusnega posipavanja točonosnih oblakov s srebrovim jodidom z letali, ki ga v Sloveniji izvajamo že od leta 1999 in je bil leta 2005 podaljšan še za 5 let. Obrambo pred točo izvaja letalski center Maribor. Ker je potrebno v letošnjem letu sprejeti odločitev, kako naprej, je bila organizirana Mednarodna konferenca o aktivni obrambi proti toči. Mnenja strokovnjakov o učinkovitosti obrambe so zelo različna in nasprotujoča.

#### 4.9 NAMAKANJE

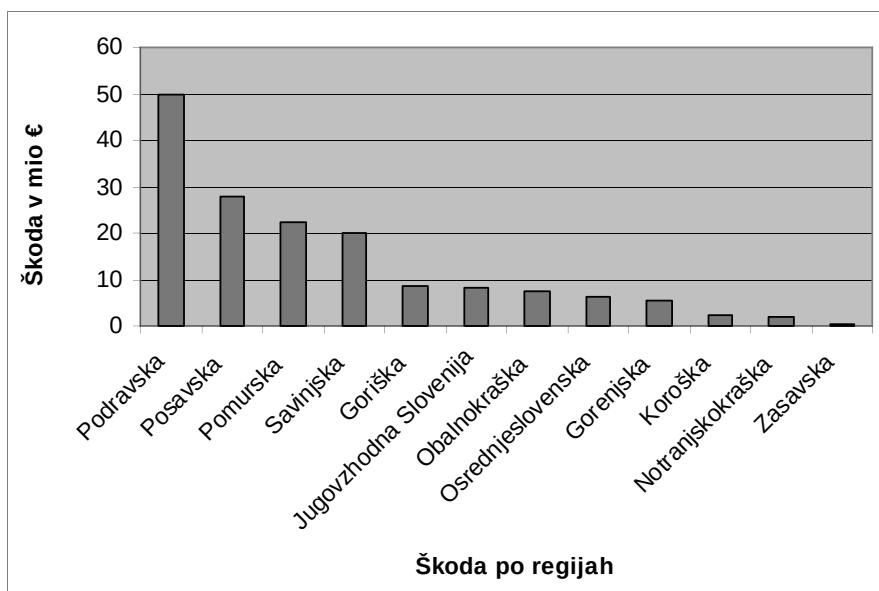
Sredstva za namakanje so zagotovljena v okviru Programa razvoja podeželja (PRP). Dodatna sredstva za vzdrževanje namakalnih sistemov pa so zagotovljena tu v okviru Akcijskega načrta.

#### 4.10 PROTITOČNE MREŽE

Postavitev protitočnih mrež se sofinancira iz PRP. V Sloveniji je na ta način zaščitene približno 3-5 % trajnih nasadov. Cena za postavitev je visoka, saj znaša okoli 19 do 20 tisoč



evrov za 1 ha, kar je kljub 40-odсотnemu sofinanciranju še vedno veliko. Kljub temu se dolgoročno naložba obrestuje, saj ostane pridelek nepoškodovan.



Slika 1: Prikaz škode po regijah za obdobje 2004–2008 (Vir: MKGP)

## 5 Zavarovanje v kmetijstvu

Ker postaja zavarovanje osnovna oblika varovanja pred posledicami naravnih nesreč, je doslej država vsako leto povečevala višino sofinanciranja zavarovalnih premij, s čimer je tudi spodbujala kmete, da so iz leta v leto povečevali obseg zavarovanja. Od leta 2005, ko zavarovalne premije še niso bile sofinancirane, so se zavarovane površine do lani povečale s 44.983 hektarov na 73.854. Glede na razpoložljive podatke je bilo leta 2009 zavarovanih 45,21 % površin trajnih intenzivnih nasadov, 33,98 % kmetijskih zemljišč v rabi brez travnikov in pašnikov in 21,25 % zavarovanih živali brez rib in perutnine.

Namen sofinanciranja zavarovalne premije je vzpodbuditi kmete k zavarovanju, saj se bo državna pomoč za odpravo posledic škode v kmetijstvu v prihodnje namenjala samo za naravne nesreče, ki jih ni mogoče zavarovati. Podatki kažejo, da je zavarovanj v kmetijstvu vsako leto več, zato se povečujejo tudi sredstva, ki jih država za to namenja.

Kljub temu, da se je obseg kmetijskih zavarovanj v zadnjem letu sicer povečal, ugotavljamo, da je še vedno prenizek, saj je zavarovanih 32 % kmetijskih gospodarstev. Razlog je v nezavidljivem ekonomskem stanju kmetijstva, poleg tega pa tudi v dejstvu, da zavarovalna premija predstavlja strošek, ki ni kalkulativni element cene kmetijskih pridelkov. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano se bo tudi v prihodnje s pomočjo sredstev javnega obveščanja in kmetijske svetovalne službe zavzemalo za širitev kmetijskih zavarovanj, da bi kmetijskim pridelovalcem tudi tako zagotovili ekonomsko varnost.

Za izvajanje sofinanciranja zavarovalnih premij za zavarovanje kmetijske proizvodnje in vzreje vodnih živali v ribogojnih objektih za leto 2010 so po tej uredbi predvidena skupna sredstva v višini 12.344.855 evrov. Uredba je začela veljati 1. januarja 2010, vendar je postala

operativna z dnem, ko je bila potrjena prigrasitev pri Evropski komisiji in je bila uredba objavljena na spletni strani, to je 7. januarja 2010.

*Preglednica 2: Vplačane skupne premije, sofinancirani del premij glede na statistične regije za posevke in plodove v letu 2008 in 2009 (Viri: podatki zavarovalnic, MKGP)*

| Regija                       | 2008               |                      |                    | 2009               |                      |                    |
|------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|                              | Skupna premija (€) | Sofinanciran del (€) | % od vseh sredstev | Skupna premija (€) | Sofinanciran del (€) | % od vseh sredstev |
| <b>Podravska</b>             | 3.515.198          | 1.406.080            | <b>28,9</b>        | 8.666.971          | 4.333.267            | <b>35,9</b>        |
| <b>Savinjska</b>             | 3.408.158          | 1.363.263            | <b>27,0</b>        | 6.006.916          | 3.003.458            | <b>24,9</b>        |
| <b>Pomurska</b>              | 1.694.690          | 677.858              | <b>13,4</b>        | 3.140.592          | 1.570.320            | <b>13,0</b>        |
| <b>Goriška</b>               | 1.363.614          | 545.446              | <b>10,8</b>        | 2.263.685          | 1.131.840            | <b>9,4</b>         |
| <b>Spodnjeposavska</b>       | 1.385.774          | 553.864              | <b>12,0</b>        | 1.944.019          | 971.993              | <b>8,1</b>         |
| <b>Obalno-kraška</b>         | 422.783            | 169.113              | <b>3,3</b>         | 728.567            | 364.283              | <b>3,0</b>         |
| <b>Koroška</b>               | 196.617            | 78.647               | <b>1,6</b>         | 455.072            | 227.536              | <b>1,9</b>         |
| <b>Osrednjeslovenska</b>     | 229.335            | 91.734               | <b>1,8</b>         | 349.744            | 174.872              | <b>1,4</b>         |
| <b>Jugovzhodna Slovenija</b> | 232.606            | 94.445               | <b>1,9</b>         | 324.979            | 162.419              | <b>1,3</b>         |
| <b>Gorenjska</b>             | 120.929            | 48.371               | <b>1,0</b>         | 193.970            | 96.985               | <b>0,8</b>         |
| <b>Notranjsko-kraška</b>     | 35.859             | 14.344               | <b>0,3</b>         | 39.441             | 19.721               | <b>0,2</b>         |
| <b>Zasavska</b>              | 1.029              | 412                  | <b>0,01</b>        | 1.299              | 650                  | <b>0,01</b>        |
| <b>SKUPAJ</b>                | 12.606.592         | 5.043.575            | 100,00             | 24.115.257         | 12.057.342           | 100                |

## 5.1 VKLJUČITEV DRŽAVE V SISTEM ZAVAROVANJA V PRIHODNJE

Zavarovanja so vse bolj potrebna zaradi podnebnih sprememb, ki prinašajo vse pogostejše ujme, poplave in suše. Sistem kmetijskega zavarovanja se iz leta v leto nadgrajuje, od analize rezultatov kmetijskih zavarovanj pa bo odvisno, v katero smer se bo zavarovanje razvijalo. Obstaja več sistemskih rešitev, ki so v državah članicah Evropske unije že uveljavljeni. To so sofinanciranje zavarovalnih premij zavarovanja posevkov in pridelkov ter domačih živali zavarovanih pri komercialnih zavarovalnicah (zdajšnji sistem v Sloveniji), ustanovitev premoženjske vzajemne kmetijske zavarovalnice, ustanovitev rizičnega sklada ali sozavarovalnega poola. Doslej sta riziko v primeru naravne nesreče v kmetijstvu nosili zavarovalnica in država. V prihodnjem letu se bo z uvedbo 15-odstotne odbitne franšize riziko porazdelil med kmetijsko gospodarstvo, zavarovalnico in državo. V Evropi tako rekoč ne obstaja model, po katerem bi se lahko v Sloveniji neposredno zgledovali.

Za zdaj posledic suše še ni mogoče zavarovati, zato lahko država v ta namen še vedno neposredno dodeljuje sredstva za odpravo njenih posledic.

Iskanje učinkovite rešitve zavarovanja kmetijske proizvodnje v Sloveniji mora biti prilagojeno slovenskim kmetom. Za kmeta je pomembno, da z zavarovanjem pridelkov in plodov ter živali v primeru nastale škode dobi odškodnino, ki je realno ocenjena in ažurno izplačana.

## 6 Kako naprej?

Evropska unija (EU) je na osnovi obsežni posvetovanj izdala več dokumentov na temo prilagajanja podnebnim spremembam. V letu 2007 je bila izdana Zelena knjiga o prilagajanju vplivom podnebnih sprememb (EC, 2007). Okvir za zmanjšanje ranljivosti EU na vplive

podnebnih sprememb pa je nastal v Beli knjigi leta 2009 (EC, 2009). Bela knjiga določa ukrepe, s katerimi bo EU omogočila, da se bodo naravni in človeški sistemi bolje prilagajali na vplive podnebnih sprememb.

Podnebje na Zemlji ni stalnica, ampak se spreminja. Negotovost spremlja tudi projekcijo podnebnih sprememb (IPCC, 2007). Po različnih scenarijih se za Slovenijo predvideva dvig temperature pozimi za 3 do 4 °C, poleti pa za do 5 do 6 °C. Pozimi lahko pričakujemo povečanje količine padavin tudi do 25 %, zaradi intenzivnejše nevihtne aktivnosti nad severnim Atlantikom. Poleti se lahko pričakuje manjša količina padavin zaradi okrepitve anticiklonalne cirkulacije nad severnim Atlantikom tudi do 50 %. Poletne padavine v obliki neviht bodo intenzivnejše, kar bo povzročilo večjo verjetnost hudourniških poplav.

Na Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ne odpravljamo samo posledic naravnih nesreč, ampak poskušamo s temi nesrečami tudi upravljati in se prilagajati. Prilagajanje na podnebne spremembe spada k upravljanju kmetij. Z ukrepi, ki jih izvajamo poskušamo kmetovalce pripraviti, da del tveganj prevzamejo sami in se na nesreče oziroma na nepredvidljive dogodke pripravijo.

## 7 Literatura

Strategija prilagajanja slovenskega kmetijstva in gozdarstva podnebnim spremembam, sprejeto na Vladi RS, dne 18. 6. 2008.

Bergant, K., Kajfež-Bogataj, L., Sušnik, A., Cegnar, T., Črepinšek, Z., Kurnik, B., Dolinar, M., Gregorič, G., Rogelj, D., Žust, A., Matajc, I., Zupančič, B., Pečenko, A. 2004. Spremembe podnebja in kmetijstvo v Sloveniji, Agencija Republike Slovenije za okolje

Kmetijski inštitut Slovenije, <http://www.kis.si/pls/kis/kis.web>.

Bergant, K. 2010. Podnebje v prihodnosti. V: *Okolje se spreminja*. Agencija Republike Slovenije za okolje: 141-159

Sušnik, A. 2010. Podnebne spremembe v kmetijstvu. V: *Okolje se spreminja*. Agencija Republike Slovenije za okolje: 93-105

## NARAVNA GNOJILA **PRP** - USPEŠNEJŠA PRIDELAVA

**Na ohranjanje in izboljšanje rodovitnosti tal ne vplivamo le z vedno dražjimi mineralnimi gnojili! Izkoristimo tudi hranila v tleh, ki so pred uporabo granuliranih naravnih gnojil PRP rastlinam nedostopna.**

Dolgoletna preizkušanja naravnih gnojil **PRP** in njihovi rezultati kažejo, da ta gnojila znatno izboljšajo rodovitnost tal z vplivom višje biološke aktivnosti ter kemijskih lastnosti tal. Vplivi gnojenja z granuliranim gnojilom **PRP SOL** in gnojilom **PRP EBV**:

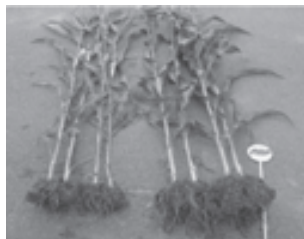
- bujnejša in hitrejša rast,
- manjša poraba fitofarmacevtskih sredstev,
- manjše potrebe po namakanju,
- višji in kakovostnejši pridelki.

Ob iskanju novih tehnologij gnojenja smo našli pot, ki nam v konvencionalni, integrirani in ekološki pridelavi dovoljuje manjšo porabo gnojil. Kombinirano gnojenje z gnojili PRP rastlinam olajša tudi doseg hranil, ki so bila pred tem nedostopna vezana na talne delce. Zmanjšanje prekomernega gnojenja v kmetijstvu ima tako zelo pomemben vpliv na onesnaževanje okolja.

Pakiranja:

PRP SOL: 600 kg, 50 kg, 5 kg (za male vrtove)

PRP EBV: 20 l in 5 l



## NARAVI PRIJAZNO IN USPEŠNO KMETOVANJE

Podružnica PRP Technologies  
Celjska cesta 24b  
SI - 3212 Vojnik  
tel.: 03 781 29 77  
faks: 03 781 29 78  
E-mail: stik@prp-technologies.si

DISTRIBUCIJA:

**TRGOKOM D.O.O.**  
Cesta 4. Julija, 8270 Krško

**Mercator**  
V SPECIALIZIRANIH TEHNIČNIH PRODAJALNAH



**SEMENARNA**  
*Ljubljana*

**POGUMNO UTIRAMO NOVE POTI  
IN VZTRAJNO PREMAGUJEMO OVIRE.  
DA BI SKUPAJ Z VAMI USTVARILI SVET,  
KI BO V SOZVOČJU Z NARAVO.**

Semenarna Ljubljana, d.d.,  
Dolenjska c. 242, 1000 Ljubljana  
[www.semenarna.si](http://www.semenarna.si)

**SVET,  
KI RASTE  
Z VAMI.**

# LUMAX.

**MAX**imalna prilagodljivost

**MAX**imalna učinkovitost

**MAX**imalen pridelek

Lahko **U**spešno **MAX**imalno

Callisto Plant Technology 

**syngenta**

Syngenta Agro d.o.o.

Kržičeva 3, 1000 Ljubljana

tel.: 01/436 12 03, faks: 01/436 12 14

e-pošta: nasveti.silj@syngenta.com



**PIONEER**  
A DuPont Business

Pioneer vodilno podjetje v svetu in v Sloveniji na področju žlatnjenja koruze, ozimne oljne ogrščice, sončnic in drugih kmetijskih semen ter na področju dodatkov za siliranje.

**Znanost in servis za vaš uspeh™**

<http://pioneer.slovenia.com>