



Univerza v Mariboru

Fakulteta za kmetijstvo
in biosistemske vede



Interreg



**SLOVENIJA – AVSTRIJA
SLOWENIEN – ÖSTERREICH**

Evropska unija | Evropski sklad za regionalni razvoj
Europäische Union | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

POMEN DOSEVKOV IN OZELENITEV TAL NA VODOVARSTVENIH OBMOČJIH



**AVTOR:
DR. BRANKO KRAMBERGER**



Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije

KMETIJSKO GOZDARSKI ZAVOD
MURSKA SOBOTA



SI-MUR-AT

REPUBLIKA SLOVENIJA
SLUŽBA VLADE REPUBLIKE SLOVENIJE ZA RAZVOJ
IN EVROPSKO KOHEZIJSKO POLITIKO



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

Pomen dosevkov in ozelenitev tal na vodovarstvenih območjih

Avtor:
dr. Branko Kramberger

November 2017

- Naslov:** Pomen dosevkov in ozelenitev tal na vodovarstvenih območjih
- Title:** The importance of Catch Crops and Soil Covering in Water Protection Areas
- Avtor:** red. prof. dr. Branko Kramberger (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede).
- Strokovna recenzija:** red. prof. dr. Denis Stajko (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede),
prof. dr. Branko Čupina (Univerza v Novem Sadu, Fakulteta za kmetijstvo),
izr. prof. dr. Mario Lešnik (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede).
- Jezikovna recenzija** mag. Ksenija Škorjanc.
- Tehnični urednik:** Jan Perša mag. inž. prom. (Univerzitetna založba Univerze v Mariboru).
- Oblikovalka ovitka:** Maja Lešnik, mag. inž. arh.
- Grafične priloge:** izr. prof. Branko Kramberger (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede)

Izdajateljci:

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede
Pivola 10, 2311 Hoče, Slovenija
tel. +386 2 320 90 00, faks +386 2 616 11 58
<http://www.fkbv.um.si>, fkbv@um.si

Kmetijsko gozdarski zavod Murska Sobota
Štefana Kovača 40, 9000 Murska Sobota, Slovenija
tel. +386 2 539 14 10, faks +386 2 521 14 91
<http://www.kgzs-ms.si>, kgzs.zavod@gov.si

Založnik:

Univerzitetna založba Univerze v Mariboru
Slomškov trg 15, 2000 Maribor, Slovenija
tel. +386 2 250 42 42, faks +386 2 252 32 45
<http://press.um.si>, zalozba@um.si

Izdaja: Prva izdaja

Vrsta publikacije: Elektronska knjiga

Dostopno na: <http://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/291>

Izid: Maribor, november 2017

© Univerzitetna založba Univerze v Mariboru

Vse pravice pridržane. Brez pisnega dovoljenja založnika je prepovedano reproduciranje, distribuiranje, predelava ali druga uporaba tega dela ali njegovih delov v kakršnemkoli obsegu ali postopku, vključno s fotokopiranjem, tiskanjem ali shranjevanjem v elektronski obliki. Izjema je Kmetijsko gozdarski zavod Murska Sobota, ki je financer izdelave in tiska monografije.

Priročnik je nastal v okviru projekta »Ekološko trajnostno kmetijstvo v skladu s sodobnim upravljanjem z vodami« ali »SI-MUR-AT« in je sofinanciran s strani Evropske unije znotraj Evropskega sklada za regionalni razvoj v okviru Programa sodelovanja Interreg V-A Slovenija-Avstrija.

Stališča izražena v tej publikaciji ne odražajo nujno stališče sofinancerja.

© University of Maribor Press

All rights reserved. No part of this book may be reprinted or reproduced or utilized in any form or by any electronic, mechanical, or other means, now known or hereafter invented, including photocopying and recording, or in any information storage or retrieval system, without permission in writing from the publisher. The exception is the Murska Sobota Forestry Institute, which is the financier of the production and printing of the monograph.

The handbook was produced under the project "Ecological and sustainable agriculture in accordance to a contemporary water management" or "SI-MUR-AT" and was co-financed by the European Union within the framework of European Regional Development Fund under the Cooperation Programme Interreg V-A Slovenia-Austria.

The contents of this publication can not be taken to reflect the views of the co-financer.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

628.1(075.8)

KRAMBERGER, Branko

Pomen dosevkov in ozelenitev tal na vodovarstvenih območjih
[Elektronski vir] / avtor Branko Kramberger. - 1. izd. - El. knjiga. - V
Mariboru : Univerzitetna založba Univerze, 2017

Način dostopa (URL): <http://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/291>. -
Nasl. v kolofonu: The importance of Catch Crops and Soil Covering in
Water Protection Areas

ISBN 978-961-286-109-4 (PDF)

1. Dr. vzp. stv. nasl.

COBISS.SI-ID [93366529](https://www.cobiss.si/urn:nbn:si:coibis:93366529)

ISBN: 978-961-286-109-4 (PDF)
978-961-286-110-0 (tiskana izdaja)

DOI: <https://doi.org/10.18690/978-961-286-109-4>

Cena: Brezplačen izvod

Odgovorna oseba založnika: Prof. dr. Igor Tičar, rektor Univerze v Mariboru

Pomen dosevkov in ozelenitev tal na vodovarstvenih območjih

BRANKO KRAMBERGER

Povzetek Po obdobju močne intenzifikacije proizvodnje, ki je bila še posebej izrazita v dvajsetem stoletju, smo na prehodu v tretje tisočletje prešli v obdobje okoljevarstvenega kmetovanja, kjer vse večjo skrb namenjamo ohranjanju čistega ozračja, biodiverzitete in čistih podzemnih voda. Na osnovi obsežnega pregleda svetovne znanstvene literature zadnjih petindvajsetih let in rezultatov lastnih raziskav, so v monografiji predstavljene prednosti uporabe dosevkov za krmo in dosevkov v izključni funkciji prekrivanja njivskih tal jeseni, pozimi in spomladi, s poudarkom na pomenu za vodovarstvena območja. Posebna pozornost je namenjena negativnim učinkom, ki jih lahko dosežemo z nestrokovno in nepravilno uporabo dosevkov in ozelenitev tal, predvsem so analizirane nevarnosti nepravočasne mineralizacije ostankov dosevkov v tleh ter vplivi na podzemne vode in naslednje poljščine v njivskem kolobarju. Na osnovi pregleda specifičnosti posameznih skupin dosevkov za krmo in prekrivanje tal (trave, metuljnice in kržnice), so kot zaključek monografije podana tehnološka priporočila za strokovno utemeljeno uporabo dosevkov za krmo in dosevkov za izključno prekrivanje tal na vodovarstvenih območjih.

Ključne besede: • dosevki • križnice • krma • metuljnice • mineralizacija • organska snov tal • ozelenitev tal • podtalnica • trave •

NASLOV AVTORJA: dr. Branko Kramberger, redni profesor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče, Slovenija, e-pošta: branko.kramberger@um.si.

DOI <https://doi.org/10.18690/978-961-286-109-4>
© 2017 Univerzitetna založba Univerze v Mariboru
Dostopno na: <http://press.um.si>.

ISBN 978-961-286-109-4

The importance of Catch Crops and Soil Covering in Water Protection Areas

BRANKO KRAMBERGER

Abstract After a period of strong intensification of agriculture production which was especially pronounced in the twentieth century at the turn of the third millennium, we are moving towards farming for environmental protection. Increased attention is being paid to the preservation of a clean atmosphere, biodiversity and clean groundwater. Based on a comprehensive overview of global scientific literature over the past twenty-five years and the results of our own research, the monograph presents the benefits of using catch crops for forage and catch crops in the exclusive function of soil covering during the periods of late autumn, winter, and early spring. The emphasis is on the importance for water protection areas. Special attention is paid to the negative effects that can occur through improper and incorrect use of catch crop soil covering and the risks of delayed mineralization of catch crop residue in the soil are analyzed in particular, as well as the effects on groundwater and on the proceeding crop in the field crop rotation. On the basis of a review of the specificity of individual groups of catch crops (Poaceae, Fabaceae, Brassicaceae), the conclusion of the monograph provides technological recommendations for professionally justified use of catch crops for forage and soil covering in water protection areas.

Keywords: • catch crops • crucifers • forage • legumes • mineralisation • soil organic matter • soil covering • ground water • grasses •

CORRESPONDENCE ADDRESS: Branko Kramberger, Ph.D., Full Professor, University of Maribor, Faculty of Agriculture and Life Sciences, Pivola 10, 2311 Hoče, Slovenia, e-mail: branko.kramberger@um.si.

DOI <https://doi.org/10.18690/978-961-286-109-4>
© 2017 University of Maribor Press
Available at: <http://press.um.si>.

ISBN 978-961-286-109-4

Kazalo

1	Uvod.....	1
2	Pomen in prednosti dosevkov v njivskem kolobarju.....	5
2.1	Vezava rastlinskih hranil v organsko snov	5
2.2	Zmanjševanje nevarnosti izpiranja rastlinskih hranil, predvsem N v ... globlje plasti tal	6
2.3	Izboljšanje kakovosti podzemnih voda.....	7
2.4	Zmanjševanje emisij dušikovih oksidov v ozračje	7
2.5	Simbiotska vezava N pri rastlinah iz družine metuljnice.....	7
2.6	Povečevanje razpoložljivih količin hranil v tleh za rast naslednje poljščine v njivskem kolobarju	10
2.7	Zmanjševanje potreb po gnojenju naslednji poljščini.....	11
2.8	Zmanjševanje količin CO ₂ v ozračju in vezava C v organsko snov	12
2.9	Povečevanje mikrobiološke in biološke aktivnosti tal	12
2.10	Povečevanje vsebnosti organske snovi v tleh	13
2.11	Vpliv na fizikalne lastnosti tal	14
2.12	Izboljšanje gospodarjenja z vodo, zmanjševanje erozije	14
2.13	Izboljšanje kakovosti zraka	15
2.14	Zmanjševanje pojavljanja plevelnih rastlin	15
2.15	Zmanjševanje pojavljanja rastlinskih bolezni in škodljivcev	16
2.16	Povečevanje biodiverzitete	16
2.17	Izgled krajine	17
3	Slabe strani in možni negativni učinki setve dosevkov za krmo in ozelenitev tal.....	19
3.1	Majhen neposreden pozitiven ekonomski učinek	19
3.2	Zmanjševanje zalog vode v tleh	19
3.3	Neuskklajena mineralizacije organske snovi ostankov dosevkov in ... sprejema N v naslednjo poljščino a.....	20
3.4	Dosevek lahko poveča potrebe po N gnojilih za gnojenje naslednje .poljščine v njivskem kolobarju	23
3.5	Doprinos N z dosevkom naslednji poljščini ni pravilno ocenjen.....	23
3.6	Prezimni dosevek je lahko gostitelj rastlinskih bolezni in škodljivcev.....	23
4	Trave (Poaceae).....	25
5	Metuljnice (Fabaceae).....	31
6	Križnice (Brassicaceae).....	37

7 Povzetek in priporočila za uporabo dosevkov na vodovarstvenih območjih 41

Literatura 47

1 Uvod

V zadnjih desetletjih se soočamo z velikimi spremembami v družbi in okolju, ki vplivajo na kratkoročni in dolgoročni razvoj kmetijstva. Med najpomembnejšimi spremembami je nedvomno naraščanje števila prebivalcev na našem planetu. Alexandratos in Bruinsma (2012) ocenjujeta, da se bo človeška populacija do leta 2050 povečala do skoraj 10 milijard ljudi, kar pomeni enormno povečanje potreb po količini pridelane hrane. Potrebno bo povečanje pridelave vseh vrst živil. Zaradi naraščajočega življenjskega standarda se bodo še posebej močno povečale potrebe po zelenjavi, olju, mesu in mleku. Prav tako je mogoče pričakovati, da bo zaradi zviševanja življenjskega standarda vse večji del človeške populacije vedno bolj narekoval zahteve po živilih izjemno visoke kakovosti, vezane na varno hrano.

Vse močnejši vpliv na spremembe v svetovni proizvodnji hrane ima zavedanje senčnih strani kmetijske pridelave, kot so povzročanje degradacije tal, onesnaževanje vode, izguba habitatov in emisije toplogrednih plinov (Morris in Burgess, 2012). Izjemen in naraščajoč pomen ima vsaka od navedenih senčnih strani, vendar moramo tu še posebej poudariti onesnaževanje pitne vode in naraščajoče emisije toplogrednih plinov (metan, didušikovi oksidi, ogljikov dioksid, ...), ki povzročajo vse bolj zaznavne podnebne spremembe. Vsesplošno ugotavljamo, da imajo lahko podnebne spremembe celo uničujoč učinek na kmetijsko pridelavo in na splošno na življenje na našem planetu. Smo na stopnji razvoja, ko se človeštvo mora odločiti in z obema nogama zakorakati v okoljevarstveno dobo, tako v načinu razmišljanja, kot v dejanskem življenju. Seveda se lahko upravičeno vprašamo, če smo tega res sposobni.

Kmetijstvo je dejavnost, ki je neobhodno potrebna za pridelavo hrane. Vendar obenem po mnogih pokazateljih, neposredno ali posredno, prispeva približno tretjino antropogenih emisij toplogrednih plinov (Smith et al., 2007). Kmetijstvo je torej povzročitelj učinka tople grede, vendar je tudi žrtev teh učinkov (Kazenwadel et al., 1997). Po drugi strani pa se moramo zavedati, da ima kmetijstvo gotovo tudi velik potencial za ublažitev podnebnih sprememb (Wollenberg et al., 2012).

Samooskrbna sposobnost pridelave hrane in pitna voda sta osnova dejanske neodvisnosti vsakega naroda. Tako kot v preteklosti, se bo verjetno tudi v prihodnosti pojavilo vsesplošno pomanjkanje hrane. V takih primerih imajo narodi z dovolj hrane ogromno premoč nad narodi, ki hrane nimajo. Enako velja za pitno vodo, oziroma tudi za človekov življenjski prostor v celoti. Naloga vsake splošne državne in tudi kmetijske politike je pravočasen odziv na trende v razvoju in zagotavljanje prihodnosti naroda.

Odzivi kmetijstva na trende v človeški družbi in v okolju so skozi zgodovino različni in času primerni. Predvsem zaradi odkritja Haber-Bosch postopka pridobivanja amoniaka (Haber, 1920), ki ga danes poznamo kot sintetično pridobljen amoniak in uvedbe pesticidov v pridelavo hrane, smo se v prejšnjem stoletju srečevali predvsem z veliko

'intenzifikaciji' kmetijstva. Zaradi senčnih strani take pridelave in zaradi vsesplošnega naraščajočega nasprotovanja javnosti takemu razvoju, se v zadnjih letih kmetijstvo vedno bolj usmerja v pridelavo, ki zmanjšuje negativne učinke na okolje. Vse bolj se širijo ekološko pridelana živila. Vendar pa je tudi na splošno v kmetijstvu vse večji poudarek na spodbujanju ukrepov, ki vodijo do enakih ali večjih količin pridelane hrane, ob hkratnem ohranjanju ali povečanju biotske raznovrstnosti, zmanjševanju vseh vrst onesnaženja okolja, zlasti onesnaževanja podtalnice in emisij toplogrednih plinov v ozračje. Vse več govorimo tudi o vezavi C in N v trajnejših oblikah organske snovi v tleh. Za doseganje večine teh ciljev bi morala biti tla praktično skozi vso leto pokrita z rastlinskim pokrovom. Posledično v kmetijstvu zelo pridobivajo na pomenu tudi rastline, ki v vmesnem obdobju – med pridelavo dveh glavnih posevkov tla le pokrivajo, velikega neposrednega ekonomskega učinka pa nimajo.

Na območju zmernega klimatskega pasu je z izjemo nekaterih večletnih posevkov, kot so lucerna (*Medicago sativa* L.) in travno-deteljne mešanice za proizvodnjo krme, večina njiv namenjena pridelavi bodisi enoletnih neprezimnih kmetijskih rastlin ali pa so njive zasejane z oziminami. Če v njivskem kolobarju po pridelavi katere koli od teh poljščin ne sledi ozimina, ostanejo njive praktično večji del jeseni, zime in pomladi do setve naslednje poljščine nepokrite z rastlinskim pokrovom (pojavijo se le rastline plevelne vegetacije). V izjemnih primerih (od avgusta do maja v prihodnjem letu) to obdobje traja tudi do devet mesecev.

Posledično, marsikje v svetu in tudi v Sloveniji, kmetje za to obdobje že leta sejejo bodisi prezimne, ali neprezimne rastline, ki jih pogosto imenujemo dosevki. Namenjeni so za pridelavo voluminozne krme ali pa so na njivi izključno v vlogi prekrivnih rastlin za ozelenitev tal. Kljub temu veliko njivskih površin v jesenskih in zimskih mesecih še vedno ostaja brez rastlinskega pokrova.

Kot navaja že Pieters (1927), uporaba rastlin za ozelenitev tal v kmetijstvu sega daleč nazaj v zgodovino. V vlogi 'zelenega gnojenja' kot svoji primarni funkciji so bile prekrivne rastline v kmetijstvu pomembne že za Grke in Rimljane in še prej na Kitajskem, v času dinastije Chou (1134-247 pred našim štetjem). V funkciji 'zelenega gnojenja' so v kmetijski stroki poznane vse do danes. V zadnjih desetletjih se je veliko raziskav dosevkov osredotočalo na črpanje mineralnega N iz tal. S tem preprečujemo izhajanje N iz krogotoka hranil v agroekosistemu. Zaradi tega prekrivne rastline v angleškem govornem območju poleg 'cover crops', mnogokrat imenujejo tudi 'catch crops' (Thorup-Kristensen et al., 2003). Glede na napovedane in udejanjajoče se podnebne spremembe v obliki zviševanja temperatur bo, ko bo vlaga tleh dovolj, gotovo povečana mineralizacija organske snovi v tleh, predvsem pozno jeseni in rano spomladi. To lahko poveča spiranje nitratov v nižje plasti tal (Thomsen et al., 2010), kar je posebej neželeno na vodovarstvenih območjih. Po tem scenariju, pridobiva pokrivanje tal z rastlinskim pokrovom še dodaten pomen. Na splošno lahko zaključimo, da je danes pomen dosevkov za krmo in dosevkov kot prekrivnih rastlin, ter s tem posledično ozelenitev tal preko jeseni, zime in pomladi, veliko širši in globlji, kot je bil še pred nekaj leti. Danes lahko govorimo o okoljevarstveni in večnamenski vlogi, ki ima tudi dolgoročen gospodarski učinek.

V Sloveniji je stopnja samooskrbe s hrano rastlinskega izvora pri večini rastlin precej pod 100 %, medtem ko je v živinoreji stanje precej boljše, saj pri nekaterih panogah presegamo prag samooskrbnosti (Poročilo o stanju, kmetijstva, živilstva, gozdarstva in ribištva 2015, 2016).

V naši državi je v kmetijsko pridelavo vključenih približno 480 000 ha zemljišč, kar predstavlja le slabo četrtno ozemlja RS. Njiv in vrtov je približno le 170 000 ha (Črnigoj Marc in Svetin, 2016). Če se primerjamo z drugimi državami EU, je delež kmetijskih zemljišč v državi Sloveniji med najnižjimi v Evropi.

Precejšen delež kmetijskih zemljišč v Sloveniji je podvržen posebnim pogojem kmetovanja. V Sloveniji namreč območja Natura 2000 obsegajo tudi približno 20 % kmetijskih zemljišč (Kmetijstvo na območjih Natura 2000, 2010), približno petina kmetijskih zemljišč pa je na vodovarstvenih območjih. Kmetovanje je tu posebej zahtevno in razpeto med pridelavo hrane, preživetjem kmetij in ohranjanjem okolja. Na vodovarstvenih območjih je še prav posebna skrb namenjena ohranjanju čiste podtalne vode. Prav na vseh teh območjih imajo dosevki za krmo in dosevki kot prekrivne rastline za izključno ozelenitev tal še prav poseben pomen.

S ciljem izboljšanja vsesplošnega osnovnega znanja o dosevkih v nadaljevanju podajamo pregled izsledkov tujih in lastnih raziskav za dosevke, ki jih sejemo na strnišče in ne prezimijo in predvsem za dosevke, ki jih sejemo od poletja do sredine jeseni in v našem okolju prezimijo. Osnove so nadgrajene s posameznimi praktičnimi navodili, vendar je bolj kot to, pomembno delo brati in razumeti v celoti, šele potem se lahko pri gospodarjenju na njivah odločamo za izbiro konkretnih ukrepov, ki se od rastišča do rastišča in od kolobarja do kolobarja lahko precej razlikujejo.

2 Pomen in prednosti dosevkov v njivskem kolobarju

Današnji pomen dosevkov za krmo in dosevkov kot prekrivnih rastlin za izključno ozelenitev tal v obdobju, ko na njivah sicer ne bi bilo njivskega posevka, vključuje tako tradicionalen pomen pridelave krme in vključevanja podorin v njivski kolobar, kot sodobne okoljevarstvene učinke. Posledično lahko danes resnično govorimo o številnih prednostih, ki nam jih dosevki dajejo. V nadaljevanju smo podali pregled številnih znanstvenih spoznanj iz obdobja približno zadnjih petindvajsetih let. Ob tem je potrebno izpostaviti, da je v mnogih pregledanih prispevkih povzete tudi veliko spoznanj iz preteklosti (npr. Smith in sod., 1987; Meisinger in sod., 1991; Rannels in Waggar, 1996; Wyland in sod., 1996; Garibay in sod., 1997; Reicosky in Forcella, 1998; Kramberger, 2003; Thorup-Kristensen in sod., 2003; Clark, 2007; Faé in sod., 2009; Jarecki in sod., 2009).

2.1 Vezava rastlinskih hranil v organsko snov

Zelo veliko znanstvenih raziskav o dosevkih v zadnjih desetletjih obravnava predvsem akumulacijo N. Razlog za to je preprost in očiten. Dušik je rastlinsko hranilo z velikim vplivom na končni pridelek, obenem pa je tveganje za onesnaževanje okolja zelo veliko v primerih, ko mineralne oblike N preidejo iz sistema rastlina-tla v atmosfero, globlje plasti tal, podtalnico, vodotoke in reke ter jezera in morja. Vezava N v organsko snov in kasnejše sproščanje mineralnega N v procesu mineralizacije te organske snovi za potrebe rasti drugih – kasneje gojenih rastlin v njivskem kolobarju, je posebej na vodovarstvenih območjih izjemnega pomena in je podrobneje obravnavana v več poglavjih v nadaljevanju.

Čeprav je v znanstveni literaturi iz področja dosevkov namenjene nekaj manj pozornosti, pa moramo tukaj izpostaviti tudi pomembnost akumulacije vseh drugih makro in mikrohranil v biomasi pridelka. Möler in sod. (2008) so npr. ugotavljali vpliv dosevkov kot prekrivnih rastlin na vsebnost ne samo N v rastlinah, ampak tudi na sprejem P, K in Mg v te rastline. Pri tem so v rastlinah iz družine metuljnic (Fabaceae) ugotovili višje vsebnosti P in nižje vsebnosti K, kot v drugih prekrivnih rastlinah. Thorup-Kristensen in sod., (2003) v preglednem članku komentirajo različne hipoteze sprejema P v prekrivne rastline, vezavo P v organsko snov in sproščanje P v procesu razgradnje ostankov prekrivnih rastlin. Pri tem ugotavljajo, da je ob razgradnji organske snovi ponovna dostopnost P za rast rastlin odvisna od razmerja C:P v rastlinskih ostankih in preskrbljenosti tal s P. Za K ugotavljajo, da je po inkorporaciji ostankov prekrivnih rastlin v tla hitro na voljo za rast rastlin in da je naslednjim rastlinam v njivskem kolobarju dostopen podobno kot K iz gnojil. Eriksen in Thorup-Kristensen (2002) in Eriksen in sod. (2004) so proučevali absorpcijo sulfata v prekrivnih rastlinah. Dokazali so zmanjšano vsebnost sulfata v tleh pod prekrivnimi rastlinami v primerjavi z neozelenelimi površinami. Posebej pri križnicah so Eriksen in Thorup-Kristensen (2002) dokazali veliko

spособnost zmanjševanja vsebnosti sulfata v tleh in zmanjševanje nevarnosti izpiranja le tega v globlje plasti tal.

Pomen dosevkov se ne kaže samo v sposobnosti akumulacije rastlinskih hranil v rastlinah, ampak tudi v sposobnosti akumulacije drugih kemijskih elementov in drugih spojin. Stavridou in sod. (2011) so npr. ugotavljali vpliv prekrivnih rastlin na vsebnost Se v tleh in dostopnost Se naslednji rastlini v njivskem kolobarju po razgradnji ostankov prekrivne rastline. Naj spomnimo, Se ni neobhoden za rast rastlin, je pa neobhoden kemijski element v prehrani človeka, živali in alg. Raziskovalci so ugotovili, da prekrivna rastlina preko absorpcije zmanjša vsebnost Se v tleh, zmanjša njegovo izpiranje in povečuje dostopnost Se naslednji rastlini v njivskem kolobarju. Opozoriti je potrebno na začasno imobilizacijo Se, kar pomeni, da je lahko takoj po začetku razgradnje ostankov prekrivne rastline, Se začasno manj dostopen naslednji poljščini v kolobarju, njegova dostopnost pa se poveča kasneje, ko je precejšen del ostankov prekrivne rastline v večji meri že razgrajen.

2.2 Zmanjševanje nevarnosti izpiranja rastlinskih hranil, predvsem N v globlje plasti tal

V procesu pridelave kmetijskih rastlin se v vrhnjem sloju tal, to je v območju korenskih sistemov rastlin, pojavljajo rastlinska hranila v rastlinam dostopnih oblikah v večjih količinah kot na nekmetijskih površinah. Poleg tega se v kmetijskih tleh pojavljajo še druge bolj ali manj razgradljive sestavine – npr. pesticidi. Iz okoljevarstvenega vidika je ena od najpomembnejših nalog kmetijske pridelave, da vsem tem hranilom in drugim snovem preprečuje, da zapustijo območje, kjer so koristne in v sistemu rastlina-tla 'pod človekovim nadzorom'. Čeprav nikakor ne smemo zanemariti tudi drugih polutantov, je na mestu, kjer posebej poudarjamo vodovarstvena območja, potrebno še posebej izpostaviti N, oziroma za izpiranje najbolj dovzetno nitratno obliko N.

Dosevki za krmo in dosevki kot prekrivne rastline za ozelenitev tal zmanjšujejo nevarnost izpiranja nitrata v globlje plasti tal na dva načina:

- Kot navajata Herzog in Konrad (1992), dosevki za svojo rast porabijo veliko vode, kar pomeni, da je zaradi pokritosti tal z rastlinjem zmanjšan pretok vode v globlje plasti tal, s tem pa tudi prehajanje nitratov in drugih snovi izven območja rastlinskih korenin.
- Bolj pogosto smo pozorni na drugi način, to je zmanjševanje nevarnosti izpiranja zaradi absorpcije mineralnega N. Ta N se potem v dosevku veže v organsko snov in na nek način vsaj začasno konzervira v kmetijskem ekosistemu (Shipley in sod. 1992).

Macdonald in sod. (2005) priporočajo ozelenitev tal s prekrivnimi rastlinami v funkciji zmanjševanja nevarnosti izpiranja nitratnega N predvsem na peščenih tleh in na vlažnih območjih, kjer je nevarnost izpiranja največja. Wyland in sod. (1996) tako npr. poročajo o približno 70 % zmanjšanju izpiranja N dušika pod prekrivnimi rastlinami v primerjavi z neozelenelimi površinami. Podobne rezultate dosežajo še številni drugi raziskovalci.

2.3 Izboljšanje kakovosti podzemnih voda

Na kmetijskih površinah, ki so nepokrita z rastlinskim pokrovom, je lahko zaradi mineralizacije organske snovi in ostanka rastlinskih hranil v tleh iz časa pridelave prejšnjih rastlin velika nevarnost izpiranja mineralnega N in drugih snovi v podtalje (Guillard in sod. 1995a; Guillard in sod. 1995b). To lahko zelo zmanjša kakovost podtalnice. Vos in van der Putten (2004) sta na peščenih tleh na Nizozemskem dokazala, da lahko uporaba prezimnih dosevkov izboljša prej onesnaženo podtalnico z nitrati do vsebnosti, ki so blizu ali pod kritično mejo za pitno vodo, ki znaša 50 mg nitrata L⁻¹ vode (EU normativ). Podobne rezultate so v dolgoletnih poskusih na različnih tleh pridobili tudi Constantin in sod. (2010) v Franciji. Feaga in sod. (2010) posebej izpostavljajo čas in količino jesenskih padavin, ki sta prevladujoča dejavnika spreminjanja koncentracije nitratnega N v posameznih slojih tal. Zato je namenski cilj ozelenitev tal s prekrivnimi rastlinami lahko dosežen le ob njihovi dovolj zgodnji setvi. Le tako lahko namreč pravočasno absorbirajo nitratni N v tleh in s tem preprečujejo njegovo izpiranje.

2.4 Zmanjševanje emisij dušikovih oksidov v ozračje

Dušikove okside (NO_x), predvsem didušikov oksid (N₂O), uvrščamo med tako imenovane pline tople grede, z velikim doprinosom k podnebnim spremembam. V tleh med drugim nastajajo v mikrobioloških procesih nitrifikacije amonijskega N in predvsem denitrifikacije nitratnega N. K zmanjševanju emisij dušikovih oksidov v ozračje lahko precej pripomore uporaba dosevkov v njivskem kolobarju. Parkin in sod. (2006) so npr. uporabljali rž (*Secale cereale* L.) kot prekrivno rastlino za prezimno ozelenitev njive in dokazali zmanjšane emisije dušikovih oksidov v ozračje v primerjavi z neozelenelo njivo. Podobno Jarecki in sod. (2009) v laboratorijskih eksperimentih dokazujejo signifikantno zmanjševanje emisij dušikovih oksidov ob uporabi prekrivnih rastlin. Jahangir in sod. (2014) poročajo o zanimivem eksperimentu, kjer je vpeljevanje bele gorjušice (*Sinapis alba* L.) zaradi povečanja denitrifikacije zmanjšala vsebnost nitratnega N v podzemni vodi v primerjavi s površino brez prekrivne rastline. Obenem pa so se zmanjšale tudi emisije toplogrednih dušikovih oksidov. Avtorji rezultate pojasnjuje z dejstvom, da je bela gorjušica povečala vsebnost topnih ogljikovih organskih spojin v tleh. S tem je bilo v tleh na voljo dovolj vira energije za učinkovito delovanje denitrifikacijskih bakterij, ki so nitratni N hitro pretvorile do končne stopnje, to je do N₂, ki je prešel v ozračje.

2.5 Simbiotska vezava N pri rastlinah iz družine metuljnice

Metuljnice, nekateri jih imenujejo tudi stročnice ali pa leguminoze, imajo med dosevkov za krmno in med dosevki kot izključno prekrivnimi rastlinami za ozelenitev tal prav posebno mesto. Ena od najpomembnejših prednosti teh rastlin je namreč simbiotska vezava N in posledično več N v agroekositemu, torej tudi v tleh, kjer je namenjen za pridelavo naslednje poljščine v njivskem kolobarju (Torbert in sod., 1996, Möller in Reents, 2009).

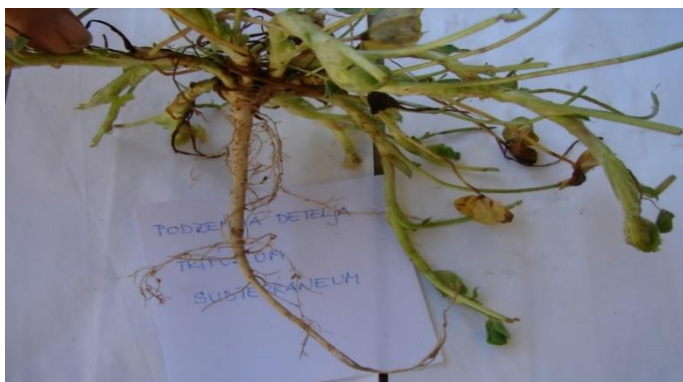
Kramberger (1995) navaja, da pri tej simbiozi govorimo o skupnem življenju rastline iz družine metuljnic in bakterije iz roda *Rhizobium*. Posamezna vrsta bakterije *Rhizobium* živi v simbiozi le z določenimi rastlinskimi vrstami iz družine metuljnic. Tako med

dosevki pri nas dobro poznana inkarnatka (*Trifolium incarnatum* L.) razvije simbiozo z bakterijo *Rhizobium trifolii*. Pri grašicah (*Vicia* L.) in grahu (*Pisum* L.) srečamo bakterijo *Rhizobium leguminosarum*. Simbioza se zelo poenostavljeno povedano ustvari tako, da v tleh dokaj pogostne bakterije *Rhizobium* inficirajo korenino metuljnice. V korenini se prične bakterija razmnoževati. Celice korenine se okrog teh bakterij pričnejo nenormalno deliti in nastane gomoljček. V njem so ustvarjeni pogoji za življenje in razmnoževanje bakterije. Pri tem bakterije rastlini odvzemajo nekatere hranilne snovi (predvsem energijo) za življenje in razmnoževanje. Metuljnica pa od bakterij porablja N, ki ga bakterije preko zapletenih biokemijskih procesov iz zraka (N_2) pretvorijo v amonijsko obliko. Korist je torej obojestranska, zato simbioza. Za učinkovito simbiozo morajo imeti rastline v tleh dostopne vse makro in mikro elemente rastlinske prehrane. Posebej pa je potrebno opozoriti, da so Mo, Co, Ca, Fe in Cu tudi neposredno vključeni v zapletene biokemijske procese vezave N iz zraka (Crush, 1987). Povečana kislost tal in s tem povezana prisotnost večjih koncentracij rastlinam dostopnega Al in Mn škodljivo vplivajo tako na rast metuljnice, kot na samo simbiozo (FAO, 1984). Simbioze bo manj tudi, če bodo imele metuljnice na voljo veliko mineralnega N v tleh. Prav tako negativno pa lahko na simbiotsko vezavo N vplivajo tudi nekateri pesticidi vplivajo (FAO, 1984).

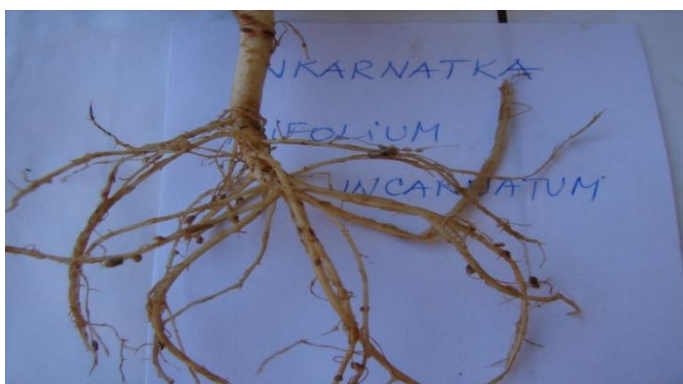
Simbiotska vezava N iz zraka z metuljnicami in bakterijami je bila skozi zgodovino kmetijstva praktično najpomembnejši vir vnosa N v agroekosistem vse do začetka prejšnjega stoletja. Z izumom Haber-Bosch postopka sintetične proizvodnje N gnojil, se je kmetijstvo vse bolj preusmerjalo v uporabo teh gnojil, zmanjševal pa se je pomen metuljnic (Tonitto in sod., 2006). Zaradi negativnih posledic teh sprememb na okolje, se s prehodom v tretje tisočletje, v kmetijstvu spet povečuje pomen simbiotske vezave N iz zraka predvsem v ekološki pridelavi, kjer uporaba lahko topnih N mineralnih gnojil ni dovoljena. Zaradi splošnih trendov v družbi in v kmetijstvu, pa se tudi v konvencionalni in integrirani pridelavi pomen simbiotske vezave N iz zraka močno povečuje.



1



2



3

Fotografije 1,2 in 3. Dokaj zanesljiv znak simbiotske vezave N so dobro razviti gomoljčki na koreninah, v katerih poteka simbiotska vezava. Pogosto jih vidimo, če rastline le izkopljemo iz tal, kot je to prikazano na fotografiji 1 pri kuštravi grašici. Bolj zanesljivo jih bomo videli, če s korenin izkopanih rastlin previdno speremo zemljo (fotografija 2 – podzemna detelja, fotografija 3 – inkarnatka.) Foto: Miran Podvršnik.

Količine simbiotsko vezanega N z dosevki, ki jih v njivskem kolobarju sejemo v poletnem ali jesenskem času in njivo prekrivajo do meseca maja v prihodnjem letu, so lahko zelo različne. V eksperimentih, ki smo jih izvedli na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede UM, smo ugotavljali simbiotsko vezavo pri inkarnatki, kuštravi grašici (*Vicia villosa* L.) in podzemni detelji (*Trifolium subterraneum* L.). V posameznih primerih so bile količine simbiotsko vezanega N tudi približno 150 kg ha⁻¹, zelo pogostno pa približno 100 kg ha⁻¹ (Gselman in Kramberger, 2008; Kramberger in sod., 2009). Količine so zelo primerljive z ugotovitvami številnih drugih raziskovalcev, npr. Elgersma et al, 1998; Mueller in Thorup-Kristensen, 2001; Rochester in Peoples, 2005. Pogoji za učinkovito simbiozo je pravočasna setev metuljnice. Če metuljnico sejemo sredi jeseni in zaorjemo rano spomladi, ne moremo računati na bistvene količine s simbiozo pridobljenega N. Jeseni namreč rastline šele pričnejo z rastjo, pozimi nizke temperature ne dovoljujejo simbiotske vezave, spomladi pa za simbiozo ob ranem zaoravanju ni več časa še posebej, če se tla pozno segrejejo (Kramberger, 2003). Čeprav so minimalne temperature za simbiotsko vezavo le nekaj stopinj C (odvisno od vrste metuljnice), je za tvorbo gomoljčkov vseeno potrebna nekoliko višja temperatura tal. Optimalne temperature tal za učinkovito simbiotsko vezavo so približno pri 20 °C, spet odvisno od vrste metuljnice (Liu in sod., 2011). Zato lahko na bistvene količine simbiotsko vezanega N računamo pri setvah metuljnice v drugi polovici avgusta, spomladi, pa bo simbiotska vezava učinkovita, če bo metuljnica v tem procesu aktivna vsaj do začetka meseca maja.

2.6 Povečevanje razpoložljivih količin hranil v tleh za rast naslednje poljščine v njivskem kolobarju

Campiglia in sod. (2011) podobno kot drugi raziskovalci navajajo, da je ozelenitev tal s prekrivnimi rastlinami učinkovit način ohranjanja N v sistemu rastlina-tla in pridobivanja dodatnega N iz naravnih virov za 'posredovanje' tega N naslednji poljščini v njivskem kolobarju. Vendar ne samo N, po uničenju ali odmrtnju prekrivnih rastlin in mineralizaciji organske snovi njihovih ostankov, so naslednji rastlini v njivskem kolobarju na voljo tudi vsa druga rastlinska hranila. Seveda, pa zaradi pomembnosti v rastlinski prehrani, specifičnega krogotoka v ekosistemu in vplivov na okolje, poudarjamo predvsem N. Če takoj po spravilu prejšnje poljščine v njivskem kolobarju sejemo dosevek za krmo ali dosevek kot prekrivno rastlino za ozelenitev tal, bodo jeseni in rano spomladi te rastline porabljale mineralni N, ki je ostal v tleh po spravilu prejšnje poljščine in v tleh sproti mineraliziran N. K temu je potrebno dodati še simbiotsko vezani N pri metuljnicah. Precejšen del tega, v organsko snov vezanega N, je po razgradnji ostankov dosevkov na voljo za rast naslednjih poljščin v njivskem kolobarju, kar zelo pripomore k učinkovitemu izkoriščanju N v trajnostni pridelavi poljščin.

Thorup-Kristensen in sod. (2003) tako kot mnogi drugi avtorji poudarjajo, da dosevki v mnogih primerih povečajo količine N, ki so na voljo naslednji poljščini v kolobarju, vendar je lahko ta učinek tudi obraten. To pomeni zmanjšanje dostopnih količin mineralnega N v tleh za rast naslednje poljščine. Pravzaprav lahko govorimo o učinku dosevka na razpoložljiv N naslednji poljščini, ki je kombiniran rezultat izčrpanja zaloga mineralnega N v tleh v času rasti prekrivne rastline oz. dosevka in preko mineralizacije sproščenega mineralnega N v tla iz ostankov dosevka v času rasti naslednje poljščine. O izčrpanju zaloga mineralnega N v tleh v času rasti prekrivne rastline lahko govorimo le

v primerih, ko se N, zaradi specifičnega vremena in razmer v tleh jeseni in predvsem spomladi ne bi izpral ali izhlapel v ozračje, torej bi ostal v območju, od koder ga rastline lahko črpajo. Seveda pa jeseni in spomladi ne moremo v naprej predvidevat, ali se bodo v tleh takšne razmere, kjer mineralni N v tleh ostane, dejansko tudi pojavile. Pravzaprav lahko govorimo o neke vrste konkurenčnosti med dosevkom in naslednjo poljščino za N, obenem pa tudi za druga hranila in vodo. Seveda ima dosevek v primeru take konkurenčnosti prednost, saj je na njivi prej. O negativnih posledicah tega pojava bomo govorili v nadaljevanju.

2.7 Zmanjševanje potreb po gnojenju naslednji poljščini

Iz vidika trajnostne pridelave poljščin je zelo pomembno, kolikšen delež organske snovi ostankov dosevka akumuliranega N (in drugih hranil) se preko mineralizacije teh ostankov v času rasti naslednje poljščine sprosti v tla in ga naslednja poljščina absorbira in ponovno vgradi v organsko snov. V literaturi ta delež označujejo z vrednostmi od 0 do 1. Vos in van der Putten (2001) poročata, da je delež zelo odvisen od mnogih dejavnikov, med drugimi tudi od lastnosti organske snovi ostankov dosevkov, lastnosti tal, sinhronizacije intenzivnosti mineralizacije organske snovi ostankov in dinamike absorpcije mineralnega N v naslednjo poljščino. Raziskovalca navajata rezultate iz njihovih poskusov z ozimno ržjo (*Secale cereale* L.), ozimno ogrščico (*Brassica napus*, var. *napus* L. in oljno redkvijo (*Raphanus raphanistrum* L.) ter ugotavljata končen 0,34 delež vezanega N v organsko snov krompirja, kot naslednje poljščine v kolobarju. Čupina in sod. (2011) po številnih avtorjih povzemajo, da ta delež znaša med 0,10 in 0,36 vsega N, vezanega v organski snovi ostankov dosevkov. Thorup-Kristensen in sod. (2003) v preglednem članku navajajo nekoliko višje vrednosti.

Podobno kot količina ponovno organsko vezanega N je za tiste, ki kmetujejo pomembno, koliko N iz mineralnih gnojil lahko pri pridelovanju poljščin nadomestimo z uvedbo dosevkov, še posebej s prekrivnimi rastlinami za izključno ozelenitev tal preko jeseni, zime in rane spomladi. Te vrednosti v literaturi izražajo z ekvivalenti ali pa s faktorji. Glede na to, da se pri uporabi mineralnih gnojil N ne izkoristi v celoti, so te vrednosti precej višje, kot so deleži v organsko snov poljščine vezanega N, ki je bil predhodno sproščen v tla z mineralizacijo ostankov dosevkov. V eksperimentih, kjer sta Vos in van der Putten (2001) ugotovila, da se je od vsakega kilograma v dosevku nemetuljnice v organski snovi vezanega N, le ta po mineralizaciji ostankov pojavil v organski snovi naslednje poljščine (krompir) v vrednosti 0,34 kg, je ta isti kg N pri pridelavi krompirja nadomestil 0,61 kg N iz mineralnih gnojil.

Ena najpomembnejših prednosti uvedbe dosevkov je gotovo izkoriščanje simbiotske vezave N pri metuljnicah in posredovanje tega N naslednji poljščini v njivskem kolobarju (Rannels in Waggar, 1997). Metuljnice so v nadomeščanju N iz mineralnih gnojil pri gojenju naslednje poljščine zelo učinkovite. Smith in sod. (1987) navajajo, da lahko metuljnice pri gnojenju naslednje poljščine nadomestijo med 10 in 200 kg N ha⁻¹, največkrat med 75 in 100 kg ha⁻¹. Mogoče je za Slovenijo ta vrednost nekoliko previsoka, saj je pri nas obdobje po spravi prejšnje poljščine jeseni in do setve naslednje poljščine v naslednjem letu dokaj hladno in večinoma neugodno za zelo učinkovito simbiotsko vezavo N. Vseeno pa smo v poskusih, ki smo jih izvedli na Fakulteti za kmetijstvo in

biosistemske vede z zaoravanjem inkarnatke pred setvijo koruze (naslednje poljščine) ob le polovičnem gnojenju koruze z N (60 kg ha^{-1}) dosegli statistično enak pridelek zrnja te poljščine, kot ob polnem gnojenju (120 kg N ha^{-1}), kjer na njivi nismo imeli predhodnega dosevka.

2.8 Zmanjševanje količin CO_2 v ozračju in vezava C v organsko snov

Ogljikov dioksid je eden izmed najpomembnejših plinov 'tople grede'. Povečevanje koncentracij tega plina v atmosferi zelo pripomore k segrevanju našega planeta in vse bolj očitnih podnebnih sprememb. Eden pomembnejših načinov zmanjševanja koncentracij CO_2 v atmosferi je absorbcija tega plina v rastline in vezava C v organsko snov. Vsak kg suhe snovi prezimnih prekrivnih rastlin v povprečju vsebuje med 0,38 in 0,46 kg C (Kuo in sod., 1996; Jensen in sod., 2005; Sung in sod., 2010). Preračunano to pomeni, da je bilo za vsak kg suhe snovi, iz zraka odstranjenega med 1,4 in 1,7 kg CO_2 . Pridelek sušine nadzemne biomase dosevkov v Sloveniji je večinoma med 3 in 5 t ha^{-1} . Če k temu dodamo še približno do polovico za biomaso korenin in strnik po košnji ter pomnožimo z 1,4 do 1,7, potem vidimo, da na hektarju površine v organsko snov prekrivnih rastlin vsaj začasno vežemo tudi 10 in več ton CO_2 .

Večji del v organsko snov vezanega C se v primeru, ko je nadzemna biomasa porabljena kot voluminozna krma za živali, spet sprosti v okolje kot CO_2 preko dihanja živali in kasneje preko mineralizacije organske snovi živinskih gnojil. Večji del biomase, ki ostane na njivi, pa se prav tako dokaj hitro mineralizira in C kot CO_2 spet preide v ozračje. Dinamika sproščanja CO_2 je zelo odvisna od kemijske sestave biomase in dejavnikov okolja (Jensen in sod., 2005). Zaradi hitre mineralizacije predvsem lahko razgradljivega dela organske snovi, je večji del C v organski snovi torej le začasno vezan, vendar to kljub temu pripomore k zmanjšanju količin CO_2 v ozračju. Reicosky in Forcela (1998) v luči optimiziranja kroženja C v agroekosistemu poudarjata, da je predvsem za mineralizacijo ostankov organske snovi dosevkov na njivi, potrebno zagotoviti sočasnost razgradnje z intenzivno rastjo naslednje poljščine v kolobarju, ki sproščen CO_2 ponovno porabi za rast in s tem ponovno veže v organsko snov.

Del C se v tleh veže oz. 'sekvestira' tudi v obliki trajnejših organskih spojin oz. v humusu, če nam aktualne zaloge organske snovi v tleh ter talne in klimatske razmere to dopuščajo, o čemer bomo govorili v nadaljevanju.

2.9 Povečevanje mikrobiološke in biološke aktivnosti tal

Reese in sod. (2014) tako kot drugi znanstveniki ugotavljajo velik vpliv prezimnih dosevkov na dejavnost bakterij in gliv v tleh. Vnos predvsem hitro razgradljive sveže organske mase v tla z visoko kakovostnimi in razgradljivimi C spojinami je namreč zelo pomemben za biološko aktivnost tal, ki je osnova za izgradnjo stabilnih strukturnih agregatov in učinkovito kroženje hranil (Faé in sod., 2009). Thorup-Kristensen in sod. (2003) še posebej izpostavljajo, da biološka aktivnost tal ni povečana samo zaradi dodajanja sveže organske mase po zaoravanju dosevkov, ampak se mikrobiološka aktivnost tal poveča že med samo rastjo dosevkov zaradi izločkov korenin med rastjo

rastlin, odmiranja korenin, simbiotske vezave N in odmiranja listov med rastjo (npr. poškodbe zaradi zimskega mraza).

Verzeaux in sod. (2016) v večletnih poskusih v Franciji dokazujejo pomembnost dosevkov za biološko aktivnost tal v pridelovalnih sistemih, ki temeljijo na oranju, uporabi mineralnih gnojil in spravlilu pridelka biomase glavne poljščine z njive. S tem se zmanjšujejo zaloge organskega C in N v tleh z vsemi negativnimi posledicami. Te pa ublaži prav uvedba dosevkov.

2.10 Povečevanje vsebnosti organske snovi v tleh

Glede na to, da po pridelavi dosevkov predvsem, če jih gojimo kot prekrivne rastline, vnesemo v tla (ali pustimo na njivi) veliko organske snovi, pričakujemo tudi povečanje trajnejše organske snovi v tleh, torej tudi humusa. Tako nas na splošno tudi uči starejša slovenska strokovna literatura.

Vendar se moramo zavedati, da je vezava C, oz. njegova sekvestracija za daljše obdobje v obliki trajnejše organski snovi tal mogoča le, če je vsebnost v tleh nižja, kot je kapaciteta tal za vezavo pri danih talnih in klimatskih razmerah. Kapaciteta tal je v tem primeru neka vsebnost trajnejše organske snovi v tleh, ki pomeni ravnotežje med vnosom organske snovi in njeno mineralizacijo (Jones, 2000). Vsaka sprememba v gospodarjenju in v okolju (npr. sprememba v temperaturi, padavinah, gnojenju, vpeljevanje dosevkov, načini obdelave tal, ...) lahko spremeni nivo ravnotežja, ki torej ni nekaj stalnega, ampak zelo dinamično prilagajanje novim situacijam. V primeru, da se nivo (vsebnost organske snovi v tleh) ravnotežja zniža, se bo organska snov v tleh pospešeno razgrajevala, v tla se bodo sproščala hranila (mineralni N!), v ozračje pa bo dodatno prehajal CO₂. Če se nivo ravnotežja zviša, lahko pričakujemo obraten proces, torej povečano kapaciteto tal za vezavo C in N v trajnejših oblikah organske snovi v tleh (Jones, 2010). Zaradi dodajanja organske snovi v tla z dosevkami za prekrivanje tal ali z živinskimi gnojili, lahko pričakujemo trajno povečanje organske snovi v tleh v vseh primerih, ko je nivo ravnotežja med vnosom organske snovi in mineralizacijo višji, kot je trenutna vsebnost trajnejše organske snovi v tleh. Povečevanje traja vse dokler ravnotežje ni doseženo.

Dober primer spreminjanja vsebnosti organske snovi v tleh so podali Sainju in sod. (2002) v petletnem eksperimentu, ki je sledil predhodni osem letni pridelavi lucerne na eksperimentalnem polju. V poskus je bilo po pridelovanju lucerne vključeno kmetovanje brez obdelave tal in pridelava z obdelavo tal (tudi oranje). Prav tako je bila v poskus vključena kuštrava grašica (*Vicia villosa* L) kot dosevek med glavnimi poljščinami in obravnavanje brez prezimne prekrivne rastline. Ne glede na gnojenje glavnih poljščin, ki so sledile lucerni, se je vsebnost organske snovi v tleh v petih letih v obravnavanju brez prezimnega dosevka v tleh, znižala ne glede na način obdelave tal. V obravnavanju s kuštravo grašico, pa je v sistemu brez obdelave tal vsebnost organske snovi v tleh, ostala na isti ravni, kot po pridelavi lucerne, oziroma se je celo rahlo povečevala. V sistemu z obdelavo tal in kuštravo grašico kot dosevkom, pa je vsebnost organske snovi po petih letih prav tako upadla.

V 13 do 17 letnih poskusih, ki so jih izvedli Constantin in sod. (2010) je vpeljava prezimnih dosevkov za prekrivanje tal v njivskem kolobarju progresivno povečevala vsebnosti organske snovi v tleh.

Povečevanje trajnejših oblik organske snovi v tleh kompleksno vpliva na fizikalne, kemijske in biološke lastnosti tal (Brady in Weil, 2002), kar preko povečanja rodovitnosti tal, poveča proizvodni potencial njive (Kuo in Jellum, 2000) in zmanjša potrebo po nakupu mineralnih gnojil (Smith in sod., 1987; Snapp in sod., 2005).

2.11 Vpliv na fizikalne lastnosti tal

Tako dosevki za krmo kot prekrivne rastline lahko vplivajo na fizikalne lastnosti tal preko povečevanja vsebnosti organske snovi. Zaradi večje vsebnosti humusa je vrhnji sloj tal temnejši. Tla bogata s humusom je lažje obdelovati. Humus vpliva na boljšo strukturo tal in večjo stabilnost strukturnih agregatov. Poveča se sorbivna sposobnost tal, kar pomeni učinkovitejše zadrževanje hranil v vrhnjem sloju tal in posledično manjše premeščanje v globlje plasti tal. Tla hitreje vpijejo vodo in poveča se vpojnost tal za vodo, kar pomeni, da voda daljši čas ostane v tem sloju (Brady in Weil, 2002).

Folorunso in sod. (1992) navajajo, da se s humusom bogata tla po obilnih padavinah ne zaskorjijo. S tem se zmanjša površinsko odtekanje vode, erozija tal in hranil, rastline lažje vzniknejo. Poleg tega pa poudarjajo, da rastlinski pokrov prav tako izboljšuje obstojnost strukturnih agregatov. Rastline in njihovi ostanki zmanjšajo kinetično energijo dežnih kapljic in s tem varujejo strukturne agregate tal in preprečujejo zaskorjenost tal.

2.12 Izboljšanje gospodarjenja z vodo, zmanjševanje erozije

Dosevki, ki zagotovijo pokritost tal z rastlinami preko pozne jeseni, zime in rane spomladi, varujejo tla tako pred erozijo, povzročeno zaradi odtekanja vode, kot pred erozijo, povzročeno zaradi vetra (Torbert in sod., 1996). Na območjih z viški vode v tem obdobju, dosevki povzročajo večje izhlapevanje vode zaradi evapotranspiracije. Voda se torej hitro vrne nazaj v atmosfero, obenem pa rastline tvorijo organsko snov in v njej vežejo tako C, kot N in druga hranila. Posledično se zmanjšuje možnost izpiranja hranil, predvsem nitrata (Meisinger in sod., 1991), kar je posebej pomembno za vodovarstveno območja. Folorunso in sod. (1992) v Kaliforniji ugotavljajo za 41 % zmanjšano površinsko odtekanje vode na površinah pokritih z dosevki. Za praktično enak odstotek se je povečala infiltracija vode v tla. Podobno zmanjševanje odtekanje vode zaradi dosevkov v primerjavi z nepokritimi površinami v poskusih ugotavljajo tudi Rüttimann in sod. (1995). Kaspar in sod. (2001) ob dokazovanju povečane infiltracije vode v tla, posebej poudarjajo pomen preprečevanja površinskega odtekanja vode na neravnih površinah. S tem se voda ohranja v tleh tudi za rast naslednje poljščine v njivskem kolobarju.

Za zadrževanje vode v tleh so zelo pomembni ostanki dosevkov za krmo oziroma ostanki prekrivnih rastlin. Quemada in Cabrera (2002) namreč navajata primer, kjer je bila retencijska sposobnost tal oziroma njihova sposobnost za zadrževanje vode $0,22 \text{ g H}_2\text{O g}^{-1}$. Ostanki rži in inkarnatke pa so zadržali kar $4,3 \text{ g H}_2\text{O g}^{-1}$.

V literaturi se pojavljajo tudi podatki, da prezimne rastline za krmo in prekrivanje tal porabijo zaloge vode iz tal in potem te primanjkuje naslednji poljščini. O tem je več govora v nadaljevanju. Na tem mestu pa je potrebno izpostaviti, da so ugotovitve različne. V poskusih, ki so jih izvedli Clark in sod. (1997b), prekrivna rastlina zaorana v različnih rokih ni porabila toliko vode iz tal, da bi to negativno vplivalo na naslednjo poljščino. Prav nasprotno, prekrivna rastlina je v teh poskusih zaradi N, ki je bil dodatno na voljo in zadrževanja vode v tleh, povečala pridelek koruze – naslednje poljščine v njivskem kolobarju.

2.13 Izboljšanje kakovosti zraka

V obdobju visokega življenjskega standarda namenjamo veliko pozornosti tudi okolju, v katerem živimo. Predvsem v urbanem in pol-urbanem okolju, ki sta zelo pogosto obdana z obsežnimi polji, prebivalci pričakujejo kakovosten in svež zrak. Z rastlinskim pokrovom prekrive njive izboljšujejo kakovost zraka zaradi izločenja O₂ med fotosintezo, obenem pa preprečujejo vetrno erozijo in s tem kontaminacijo zraka z drobnimi delci tal (Reicosky in Forcela, 1998).

2.14 Zmanjševanje pojavljanja plevelnih rastlin

Njive, ki jih po spravi prejšnjega posevka v poletnem času ali rano jeseni ne zasejemo z novo poljščino, v veliko primerih ostanejo 'prazne' vse do sredine pomladi naslednjega leta. V tem času se na teh površinah pojavi avtohtona plevelna flora. Ozelenitev tal z dosevki ustvari konkurenčen odnos med sejanimi in nesejanimi, večinoma plevelnimi rastlinami za dejavnike rasti iz okolja. Dosevki namreč zmanjšujejo osvetljenost neposredne površine tal in z zasenčevanjem znižujejo temperaturo povsem vrhnjega sloja tal. S tem in z alelopatičnimi vplivi upočasnjujejo kalitev in začetno rast plevla (Duiker in Curran, 2005). Alelopatija je v rastlinskem svetu zelo pogost pojav, kjer izločki korenin ali ostankov rastlin, ki se razgrajujejo, zavirajo kalitev semena in rast rastlin.

Zaradi konkurenčnosti in alelopatije imajo plevelne rastline v 'gosto sejanih' dosevkih dokaj malo možnosti za razvoj (Fisk in sod., 2001). Brennan in Smith (2005) poudarjata, da je vpliv dosevka na zmanjševanje pojavljanja plevla v tesni povezavi s hitrostjo rasti in razvoja dosevka. V dosevkih, ki hitro in dobro prekrivajo tla, se bo pojavilo malo plevla. Zato je za zmanjševanje zapleveljenosti pomembno izbrati dosevke, ki tla hitro pokrijejo, setev pa je potrebno izvesti takoj po spravi prejšnje poljščine, če nam seveda vremenske razmere to dopuščajo.

Teasdale in sod. (1991) so v poskusih kot prezimni dosevek za prekrivanje tal uporabili rž in kuštravo grašico. V sistemu brez obdelave tal so v primerjavi z ne uporabo prekrivne rastline zmanjšali pojav plevelnih rastlin za 78 %. Yenish in sod. (1996) so za prezimno ozelenitev uporabili rž, inkarnatko in podzemno deteljo (*Trifolium subterraneum* L.). V sistemu pridelave koruze brez predhodne obdelave tal so zmanjšali zapleveljenost za 19 do 95 % v primerjavi s konvencionalno obdelavo tal in brez uporabe prekrivnih rastlin preko jesensko zimskega obdobja. Tudi Ilnicki in Enache (1992) so v poskusih s podzemno deteljo, ki so jo uporabili kot 'živi mulč', zmanjšali zapleveljenost naslednje poljščine v kolobarju.

2.15 Zmanjševanje pojavljanja rastlinskih bolezní in škodljivcev

Abawi in Widmer (2000) v preglednem znanstvenem članku poročata, da so dosevki lahko učinkoviti v zmanjševanju rastlinskih bolezní in lahko zmanjšujejo populacijo določenih nematod v tleh. Obenem pa je zelo pomembno, da dosevek ni ali pa je slab gostitelj bolezní in škodljivcev poljščin, ki sledijo v njivskem kolobarju. Zaradi tega je potrebno na nivoju kmetije skrbno izbrati primeren dosevek za krmo ali dosevek kot prekrivno rastlino za vključevanje v pravilno vrstenje poljščin.

Dober primer zmanjševanja rastlinskih bolezní z uvedbo prezimnih dosevkov so podali Bigler in sod. (1995a). Vpeljevanje rži kot prezimne prekrivne rastline je zmanjšalo pojav koruzne bulave sneti (*Ustilago maydis* Roussel) na naslednji poljščini za 50 do 70 %. V njivskem kolobarju se je zaradi vpeljevanja dosevka zmanjšala tudi pojavnost listnih uši (*Aphis*). Zhou in Everts (2004) poročata, da je kuštrava grašica kot prezimni dosevek, ki je bila zaorana, zmanjšala pojav gliv *Fusarium* na lubenicah (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai var. *lanatus*). Lord in sod. (2011) tako kot mnogi drugi navajajo, da so nekatere križnice (Brassicaceae) pomembne za zmanjševanje populacije nematod (*Globodera pallida* Behrens) v tleh. Ojaghian in sod. (2012) v njihovi študiji ugotavljajo potencial biofumigacije (razkuževanja tal na biološki način) nekaterih rastlin in dokazujejo, da zaorane križnice zmanjšajo pojav bele gnilobe (*Sclerotinia sclerotium* (Lib.) de Bary) na krompirju (*Solanum tuberosum* L.). Hansen in Keinath (2013) sta proučevala biofumigacijsko sposobnost križnic in njihovih razkrajajočih se ostankov v tleh na populacije talnih patogenov in bolezní paprike (*Capsicum annuum* L.). Križnice so zmanjšale populacijo patogenih gliv *Rhizoctonia solani* J.G.Kühn in *Pythium aphanidermatum*(Edson) Fitzp.

V obstoječi literaturi (npr. Thorup – Kristensen in sod., 2003; Clark, 2007) znanstveniki na splošno poročajo o velikem potencialu dosevkov za zmanjševanje bolezní in škodljivcev v njivskem kolobarju, kar torej daje možnost razvoja pridelave glavnih poljščin ob zmanjšani ali celo neuporabi pesticidov.

2.16 Povečevanje biodiverzitete

Ko govorimo o biodiverziteti, govorimo o rastlinah, živalih, glivah in mikroorganizmih znotraj ekosistema (Altieri, 1999). Zaradi zmanjševanja zapleveljenosti in negativnih učinkov na rastlinske bolezní in škodljivce se poraja vtis, da dosevki zmanjšujejo biodiverzitetu. Vendar Radicetti in sod. (2013) poudarjajo, da je zmanjševanje biodiverzitete na kmetijskih površinah večinoma posledica kemizacije kmetijstva. Pomembno vlogo pri tem imajo predvsem herbicidi. V eksperimentih so dokazali, da je vključevanje prezimnih prekrivnih rastlin v njivski kolobar s papriko, mogoče na način, da ostanki dosevkov kot zastirka, zmanjšajo gostoto plevelnih rastlin. S tem niso ogroženi visoki pridelki paprike. Po drugi strani pa se ohrani biodiverzitetu plevelne flore. Kruidhof in sod. (2009) poročajo, da ostanki različnih prekrivnih rastlin in način gospodarjenja z njimi, vodijo do različnih učinkov glede njihovega vpliva na plevel. To pomeni, da mora biti ravnanje z ostanki prilagojeno plevelnim rastlinam in poljščini, ki jo bomo pridelovali. Ohranjanje plevelne diverzitete, hkrati pa manjši pojav plevela

namreč ohranja diverzitetu rastlin, obenem pa pomaga ohranjati diverzitetu žuželk in ptic, oziroma diverzitetu celotnega agroekosistema.

Dober primer vpliva na povečevanje populacije nekaterih žuželk so podali Bigler in sod. (1995b). V njihovih poskusih je bila ozimna rž kot prekrivna rastlina 'zmulčena' pred setvijo koruze brez obdelave tal. V tleh je to povečalo število hroščev krešičev (Carabidae Latreille) in hroščev iz družine Staphylinidae Lameere. Oboji so lahko zelo pomembni za biološko kontrolo rastlinskih škodljivcev (Carvalho in sod., 2017; https://en.wikipedia.org/wiki/Rove_beetle).

Ellis in Barbercheck (2014) priporočata uporabo cvetočih prekrivnih rastlin za ohranjanje naravnih oprasovalcev (tudi čebele). Geiger in sod. (2010) poročajo o večjem številu ptic na kmetijah z organskim kmetovanjem, kjer so bili v njivski kolobar, vključeni tudi dosevki kot prekrivne rastline za ozelenitev tal. Govorimo seveda o primerjavi s konvencionalnimi kmetijami, kjer so njive jeseni, pozimi in rano spomladi ostale neposejane. Zanimivo pa Golawski in sod. (2013) navajajo, da dosevki kot prekrivne rastline preko zime pomenijo dobrobit za ptice le v primerih, ko dosevek nadomešča klasično praho (preorano površino). V kolikor ostane strnišče nepreorano, pa te prednosti zaradi pojava samoniklih rastlin ni.

2.17 Izgled krajine

Linderman – Matthies in sod. (2010) izpostavljajo, da po mnenju večine ljudi, prisotnost ornih površin na splošno zmanjšuje lepoto okolja. Ljudje namreč večinoma želijo veliko heterogenost krajine z obilo vegetacije (De La Fuente De Val in Mühlhause, 2014; Junge in sod., 2011; Junge in sod., 2015). Zaradi tega na območjih z velikimi njivskimi površinami vpeljava dosevkov tako za krmo, kot le za prekrivanje tal, izboljša vizualno podobo krajine v obeh večjega dela prebivalstva.

2.18 Uporaba nadzemne biomase za različne namene

Dosevki se v njivskem kolobarju lahko uporabijo izključno kot prekrivne rastline, ki jih bodisi zaorjemo, ali samo mulčimo, valjamo, v kolikor same odmrejo, lahko njihove ostanke pustimo kar na površini, v nekaterih primerih v njih neposredno sejemo naslednje poljščine... Torej govorimo o različnem načinu gospodarjenja s prekrivnimi rastlinami in njihovimi ostanki.

Velikokrat pa govorimo tudi o kombiniranem pomenu teh rastlin. Kot dosevke jih lahko uporabljamo funkciji prekrivnih rastlin, od njih pa imamo lahko tudi neposredno gospodarsko korist. Kot smo v tej knjigi že velikokrat že omenili, zelo pogosto uporabljamo nadzemno biomaso za voluminozno krmo živalim. Tako je v Sloveniji in marsikje po svetu. Kot krma so lahko dosevki spravljeni kot seno, silaža, ali celo kot paša (Holderbaum in sod., 1990; Feil in sod., 1997; Iglesias in Lloveras, 1998; Kramberger in sod., 2007; Faè in sod., 2009; Krueger in sod., 2011; ...).

Thiessen Martens in Entz (2011) dokazujeta, da pridelek nadzemne mase dosevka 2500 do 5000 kg sušine ha⁻¹ doprinese 90 – 175 kg prirasta žive teže živali, obenem pa približno

75 % N in več ter še večji odstotek drugih rastlinskih hranil preko različnih živinski gnojil vrnemo na njivo, kjer kot organsko gnojilo zelo pozitivno vplivajo na rodovitnost tal. Seveda je pri uporabi organskih gnojil na vodovarstvenih območjih potrebno, prav tako kot z dosevki, ravnati zelo previdno. Faé in sod. (2009) izpostavljajo ekonomsko korist in biološke ter okoljske prednosti uporabe nadzemne mase za krmo v primerjavi z uporabo dosevkov kot prekrivnih rastlin za ozelenitev tal. Ne smemo namreč pozabiti, da so rastline v biomaso vgradile ogromno energije, ki jo lahko zelo koristno porabimo v živinoreji. Če vsa ta energija v biomaso ostane na njivi, bomo sicer od nje imeli veliko že prej navedenih koristi, ki pa jih v večini lahko dosežemo tudi z vračanjem živinskih gnojil na isto površino. Podobno kot v živinoreji lahko nadzemno biomaso uporabimo v bioplinarnah (Möller in sod., 2008; Stinner, 2015) in še za številne druge namene.

3 Slabe strani in možni negativni učinki setve dosevkov za krmo in ozelenitev tal

V praksi smo v mnogih primerih razočarani nad dejanskim učinkom setve dosevkov bodisi za krmo ali pa izključno za setev prekrivnih rastlin za ozelenitev tal. Razlog za to lahko iščemo v naših prevelikih pričakovanjih. Prej naštete prednosti so namreč pogojene z lastnostmi rastišč, vremenskimi razmerami, tehniko pridelave ... Če ni vse optimalno, je lahko uspeh poletne ali jesenske setve slab. Največkrat so razlog za to neustrezne vremenske razmere, predvsem pomanjkanje vode. Opomniti pa moramo še na nekaj slabih strani in možnih negativnih učinkov uporabe dosevkov.

3.1 Majhen neposreden pozitiven ekonomski učinek

Če sejemo dosevek za pridelavo voluminozne krme, je lastna cena le te visoka, saj izvedemo večinoma le eno ali dve košnji, potem pa sledi setev naslednje poljščine v njivskem kolobarju. V kolikor dosevek uporabljamo le kot prekrivno rastlino, neposrednega pozitivnega ekonomskega učinka večinoma sploh ni. Nasprotno, stroški uvedbe tega dosevka (obdelava tal, seme, setev, oskrba, morebitni pesticidi, uničevanje dosevka,...) lahko zmanjšujejo neposredno gospodarsko korist pridelave glavnih poljščin, računajoč celoten sistem večletnega kolobarja (Reddy, 2001; De Bruin in sod., 2005; Snapp in sod., 2005). To je lahko posebej izrazito v neugodnih rastišnih razmerah, predvsem ob pomanjkanju vode, ob zelo nizkih zimskih temperaturah in kratki rasti dobi dosevka. V teh primerih so v prejšnjem poglavju naštete prednosti setve dosevkov lahko tudi zelo slabo izražene. Rešitve za to je potrebno iskati v zniževanju stroškov dosevka (Allison, in sod., 1998; Kramberger in sod., 2007). Nekateri grede pri tem res zelo daleč. Macdonald in sod. (2005) vidijo možnost maksimalnega znižanja stroškov dosevkov za prekrivne rastline v le površinski aplikaciji semena dosevka, ob tem, da plevelu pustimo naj raste in se razvija. Na nekaterih območjih je to po mnenju avtorjev dovolj za zmanjšanje izgub N spojin iz agroekosistema. Vsekakor pa se moramo zavedati, da s tem razmnožujemo plevel in bogatimo talno banko semena s semenom neželenih rastlin. V Sloveniji se za zniževanje stroškov dosevka pri setvi po spravilu ozimnih žit poslužujemo le minimalne površinske obdelave, ki prekine izhlapevanje vode skozi strnike. Med drugim imamo na voljo še prihranke pri semenskem materialu, če nismo posebej zahtevni in če si seme celo pridelamo sami, kot je to pogosta praksa pri mnogocvetni ljuljki.

3.2 Zmanjševanje zalog vode v tleh

V sušnih rastišnih razmerah lahko prezimni dosevek manjša zaloge vode v tleh do te mere, da je zmanjšana rast in kasneje pridelek naslednje glavne poljščine v njivskem kolobarju. Reese in sod. (2014) poročajo, da je prezimni dosevek ob dovoljšnjih količinah vode imel celo pozitiven vpliv na koruzo, kot naslednjo poljščino. V primeru zmerne pomanjkanja vode, pa je porabil toliko vode iz tal, da je to kasneje zmanjšalo pridelek koruze. Za take primere Waggoner (1989b) in Munawar in sod. (1990) priporočajo rano

uničevanje ali pa podoravanje dosevka. V Sloveniji so klimatske razmere takšne, da imamo v povprečju dovolj vode za dosevke za krmo in prekrivne rastline preko celotne jeseni, zime in pomladi. Vendar se v zadnjem času tudi v teh obdobjih srečujemo z občasnimi velikimi pomanjkanji vode. Zato je potrebno dobro spremljanje vremenske napovedi za naprej in še pravočasno ukrepati.

3.3 Neusklajena mineralizacije organske snovi ostankov dosevkov in sprejema N v naslednjo poljščino a

Prispevek dosevka k optimizaciji kroženja N v agroekositemu ne bo v celoti izkoriščen, če ne bo usklajene mineralizacije organske snovi ostankov dosevka in s tem sproščanja mineralnega N v tla ter črpanja tega N z naslednjo poljščino v njivskem kolobarju (Rannels in Wagger, 1996). Razgradnja oziroma mineralizacija ostankov organske snovi dosevkov je kompleksen proces, ki med drugim lahko zajame tudi tako imenovano imobilizacijo N že mineralnega N iz tal (o tem v nadaljevanju). Vendar, ko govorimo o mineralizaciji kot celotnem procesu, se ostanki organske snovi dosevkov zaradi mikrobiološke aktivnosti razgradijo - nekaj hitro, nekaj pa zelo počasi. Poleg veliko sproščenega CO₂ iz C spojin, se v tla po razgradnji proteinov iz organske snovi sprošča N kot NH₄⁺, torej kot amonijski N. Ta mineralni N rastline lahko absorbirajo. Če rastline tega N iz tal hitro ne porabijo, večinoma sledi nitrifikacija amonijskega N (Murphy in sod., 2003). Intenzivnost celotnega procesa je odvisna od mnogih dejavnikov (temperatura tal, vsebnost vode v tleh, druge lastnosti tal, kemijska sestava organske snovi ostankov dosevkov, obdelava tal, manipulacija ostankov dosevkov, ...). Eden izmed pomembnih dejavnikov hitrosti razgradnje je tudi razmerje C:N v organski snovi ostankov dosevka (Andersen in Jensen, 2001; Campiglia in sod., 2011).

Organska snov ostankov dosevkov z zelo ozkim razmerjem C:N (do približno 15:1) se bo v primeru dovolj visokih temperatur, zadostnih količin vlage in zračnih tleh, zelo hitro razgrajevala in sproščalo se bo veliko mineralnega N. Takšno stanje dosežemo, če pozno spomladi zaorjemo celotne mlade zelnate rastline dosevkov, ki so bile zelo dobro prehranjene z N, ali pa metuljnice. Če na njivi naslednja poljščina še ne raste, oziroma črpanje N iz tal z naslednjo poljščino še ni dovolj učinkovito, ostaja veliko mineralnega N v tleh. Po pretvorbi amonijskega N v nitratni N obstaja velika nevarnost izpiranja tega N izven dosega korenin v globlje plasti tal in v podtalje (Drinkwater in sod., 2000).

V primeru širokega razmerja C:N v ostankih organske snovi dosevkov – nad npr. 40:1, prihaja do zapoznelega sproščanja mineralnega N v talno raztopino še posebej, če ostane organska snov na površini tal. V slednjem primeru bo tudi delovanje mikroorganizmov oteženo zaradi občasne osušitve organske snovi. Poleg tega, da lahko taka mineralizacija na površini tal povzroča sprotno sproščanje amonijaka v ozračje, lahko zapoznela mineralizacija povzroča izgube N v okolje zaradi prevelike količine mineralnega N v tleh v času, ko ga naslednja rastlina več ne absorbira (Campiglia in sod., 2011).

V primerih širokega C:N razmerja v ostankih organske snovi in velikih količinah zaoranih dosevkov, mikroorganizmi, zaradi veliko C spojin in premalo N v ostankih organske snovi dosevkov za svoje delovanje porabljajo tudi mineralni N, ki je v tleh že na voljo naslednji poljščini v njivskem kolobarju (npr. dodan z mineralnimi gnojili). Posledično

je tudi ta N začasno vezan (imobiliziran) v organsko snov mikroorganizmov, kar lahko traja od nekaj tednov do nekaj mesecev, vse do zoženja razmerja C:N do vrednosti (C izhaja v ozračje kot CO₂), pri kateri se N začne spet kot NH₄⁺ intenzivneje izločati v talno raztopino (15-25:1). Če je to tako pozno, da naslednja rastlina več ne absorbira dovolj mineralnega N, pride do pojava, da je v času velikih potreb po N poljščini le tega primanjkovalo, potem pa ga ne more več absorbirati. V tleh se ga pojavi toliko, da po pretvorbi v nitratno obliko obstaja velika nevarnost izpiranja N. Iz vidika dobre preskrbe z N bi bilo potrebno, da malo pred setvijo naslednje poljščine, ne zaorjemo dosevkov s širokim C:N razmerjem v organski snovi (Constantin in sod., 2011).

Kuo in Sainju (1998) sta se soočila s primerom, ko pri organski snovi ostankov dosevkov s C:N razmerjem 15:1, ni bilo sproščanja N v talno raztopino še po 10 tednih po zaoravanju. To kaže na veliko kompleksnost procesa. Posledično Jensen (2005) analizira razgradnjo organske snovi različnih dosevkov in ugotavlja intenzivnost mineralizacije v odvisnosti od mnogih dejavnikov (npr. vodotopne N spojine v organski snovi, vsebnost in kemijska sestava vlaknin v ostankih dosevkov, vsebnost holoceluloze, ...). Lemaire in sod. (2004) izpostavljajo, da moramo ob predvidevanju sproščanja mineralnega N ob mineralizaciji organske snovi, poleg karakteristik ostankov dosevkov in talno klimatskih razmer, upoštevati tudi interakcijo med naslednjo poljščino v njivskem kolobarju in ostanki dosevkov v tleh. Izločki naslednje poljščine namreč lahko bodisi stimulirajo ali pa zavirajo proces mineralizacije organske snovi v tleh.



4



5

Fotografiji 4 in 5. V eksperimentih, kjer smo zaorali celotno biomaso dosevkov, je mnogocvetna ljujka povzročila slabšo rast koruze (na obeh fotografijah desno). Razlika v primerjavi z ostalimi dosevki in kontrolnim obravnavanjem (brez dosevka) je bila najbolj očitna v prvih stadijih rasti koruze (prva fotografija). Kasneje so se razlike v rasti koruze zmanjšale (druga fotografija), vendar je bila razlika v končni biomasi pridelka koruze še vedno očitna. Pri tem je potrebno poudariti, da je ljujka preko jeseni, zime in pomladi močno zmanjšala vsebnost nitrata v tleh in s tem zmanjšala nevarnost izpiranja. Dosevki niso bili gnojeni z N. Koruza pa je z gnojenjem v vseh primerih prejela 120 kg mineralnega N ha⁻¹. Foto: Miran Podvršnik.

3.4 Dosevek lahko poveča potrebe po N gnojilih za gnojenje naslednje poljščine v njivskem kolobarju

Dosevki, ki so veliki porabniki N (npr. mnogocvetna ljujka) so sicer zelo učinkoviti v porabi mineralnega N iz vrhnjih slojev tal, kar zelo zmanjšuje nevarnost izpiranja N v globlje plasti tal in podtalnico. Po drugi strani pa ti dosevki na splošno zelo zmanjšajo vsebnost mineralnega N v tleh naslednji poljščini v primerih, če se ta ne bi izpral ali izhlapel (Thorup-Kristensen, 1993). To je v Sloveniji teoretično mogoče v primerih, ko v času rasti dosevkov ni ekstremnih padavin, ki bi izpirale ornico, v obdobju od pozne jeseni do pomladi pa je toliko mrzlo, da so v tleh zelo omejeni mikrobiološki procesi. Če je poleg tega takemu dosevku v tleh celo primanjkovalo N za normalno rast (brez gnojenja z N), bo razmerje C:N v organski snovi dosevka široko. V naših poskusih smo pri mnogocvetni ljujki ugotovili tudi razmerja čez 40:1 (Kramberger in sod., 2008; Kramberger in sod., 2009; Kramberger in sod., 2013; Kramberger in sod., 2014). Posledica tako širokih razmerij med C in N je zapoznelo sproščanje mineralnega N ob razgradnji organske snovi ostankov dosevkov v času rasti naslednje poljščine, oziroma celo porabo (imobilizacija) za rast naslednje poljščine z gnojenjem dodanega N. Posledično to pomeni, da moramo za normalno rast in pridelek naslednje poljščine z N pognojiti nekoliko bolj. Seveda lahko pričakujemo povečano sproščanje mineralnega N iz mineralizacije organske snovi ostankov dosevkov v času, ko naslednja poljščina tega N več ne porablja. Zaradi tega bi bilo bolje N z zmernim gnojenjem dodati že dosevku - nemetuljnici spomladi.

3.5 Doprinos N z dosevkom naslednji poljščini ni pravilno ocenjen

Vključevanje dosevkov za krmo v njivski kolobar, predvsem pa vključevanje dosevkov kot izključno prekrivnih rastlin za ozelenitev tal, lahko v primeru uvedbe metuljnice, zmanjša potrebo po N gnojilih za gnojenje naslednje poljščine vse (v izjemnih primerih) do 200 kg ha⁻¹ (Smith in sod., 1987). To je iz vidika zmanjševanja stroškov pridelave naslednje poljščine zelo ugodno. Vendar pa je ocena pri praktičnem kmetovanju lahko tudi precej napačna. Posledica precenitve doprinosa dosevka se seveda potem pokažejo v zmanjšani količini in kakovosti pridelka naslednje poljščine (Henry in sod., 2010). Pri podcenitvi doprinosa pa nam bo seveda nekaj mineralnega N v tleh ostajalo in bomo dodatno obremenjevali okolje.

Ocena doprinosa N naslednji poljščini je še posebej težavna v zmernem klimatskem pasu na območjih, kjer se v posameznih rastnih dobah srečujemo z obiljem padavin, spet v drugih letih, pa v času rasti poljščin prevladuje pomanjkanje padavin. Vlaga v tleh je namreč eden od ključnih dejavnikov pravočasne mineralizacije ostankov organske snovi dosevkov in sproščanja mineralnega N v času rasti poljščine, ki sledi dosevku (Čupina in sod., 2017).

3.6 Prezimni dosevek je lahko gostitelj rastlinskih boleznih in škodljivcev

Med prednostmi, ki jih daje uvedba dosevkov v njivski kolobar, smo navedli tudi v literaturi pogosto navajano zmanjševanje pojavljanja rastlinskih boleznih in škodljivcev. Vendar pa obstaja tudi senčna stran in sicer; dosevki so lahko tudi zelo dobri gostitelji

rastlinskih boleznih in škodljivcev. Nevarnost, da nam dosevek za voluminozno krmo ali dosevek kot prekrivna rastlina za ozelenitev tal, gosti bolezni in škodljivce ter s tem povečuje tudi njihovo prisotnost pri gojenju naslednje poljščine v njivskem kolobarju je mala, če se dosledno držimo pravil vrstenja pridelovanja poljščin na določeni njivi. Predvsem ne smemo v zaporedju pridelovati rastline ali sorodne rastlin, ki so gostitelji problematičnih boleznih ali škodljivcev.

Sicer pa je ta problematika tudi iz raziskovalnega vidika še vedno zelo aktualna. Furlanetto in sod. (2012) npr. ugotavljajo, da je oljna redkev kot prekrivna rastlina zmanjšala populacijo nematode *Tubixaba tuxana* Monteiro & Lordello, parazitne na koreninah soje (*Glycine max* (L.) Merr). Vendar pa so v istem poskusu obravnavali tudi beli volčji bob (*Lupinus albus* L.), kuštravo grašico, krmni grah (*Pisum sativum* L.), črni oves (*Avena strigosa* Schreb.), in grahor (*Lathyrus clymenum* L.). Prav vsi ostali dosevki v tem poskusu so bili gostitelji te nematode in po omenjenih avtorjih niso priporočljivi za dosevek v kolobarju s sojo. Summer in sod. (1995) so proučevali 20 različnih prezimnih prekrivnih rastlin. V poljščinah, ki so v njivskem kolobarju sledile, se je pojavilo največ gliv iz rodov *Phytophthora* in *Rhizoglyphus*, ki povzročajo padavico številnih kmetijskih rastlin, po predhodnih pokrivnih rastlinah iz družine metuljnic, manj pa po travah ali konvencionalni prahi. Abawi in Widmer (2000) dokazujeta, da je kuštrava grašica dober gostitelj nematode *Pratylenchus penetrans* Cobb, ki je parazitna na mnogih kmetijskih rastlinah, kjer povzroča slabo rast in klorozo listov. Bakker in sod. (2016) so s korenin rži izolirali glive *Fusarium graminearum*, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora sylvaticum* in *Phytophthora torulosum* in dokazali njivo patogenost do sejančkov koruze.

Poleg vseh naštetih slabosti nas lahko dosevki presenetijo z alelopatskimi vplivi na naslednjo poljščino v njivskem kolobarju v obliki predvsem slabše rasti, ki je posledica fitotoksičnih izločkov. Ti se v tleh sprostijo ob razgradnji organske snovi ostankov predhodnega dosevka (Mason-Sedum in sod., 1986; Raimbaut in sod., 1990). Po zaoravanju nas lahko ostanki dosevkov fizično ovirajo predvsem pri strojnih opravilih, ki so vezana na pridelavo naslednje poljščine (Odhambo in Bomke, 2001) ip.

Dosevki za krmo in dosevki kot prekrivne rastline izključno za ozelenitev tal nam torej nudijo številne prednosti ob pridelavi kmetijskih rastlin v trajnostnem njivskem kolobarju. Seveda pa lahko, kot je navedeno, pri dosevkih in njihovi prisotnosti v kolobarju obstajajo tudi nekatere senčne strani. Posledično je učinek dosevka naslednjo poljščino različen. Lahko je zelo pozitiven, lahko pa je tudi negativen (Kramberger in sod., 2009). Vpliv dosevka na naslednjo poljščino, kot tudi na okolje in rodovitnost tal, je namreč odvisen od mnogih dejavnikov, med katerimi ima odločilno vlogo izbira dosevka.

Velika večina prezimnih dosevkov za krmo in dosevkov kot prekrivnih rastlin za ozelenitev tal prihaja iz treh rastlinskih družin in sicer iz družine trav (*Poaceae* Bornhart), iz družine metuljnic (*Fabaceae* Lindl.) in iz družine križnic (*Brassicaceae* Burnett). Vsaka izmed teh skupin ima kot dosevek svoje specifične značilnosti. Nekatere, v zadnjih desetletjih znanstveno dokazane, so podane v nadaljevanju.

4 Trave (Poaceae)

Iz velike rastlinske družine trave v Sloveniji kot dosevek za krmo ali dosevek kot prekrivno rastlino izključno za ozelenitev tal večinoma lahko uporabljamo: italijansko mnogocvetno ljuljko (prezimna rastlina), sudansko travo (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) (neprezimna rastlina), *koruza* (neprezimna rastlina), *navadno proso* (*Panicum miliaceum* L.) (neprezimna rastlina) navadni oves (*Avena sativa* L.) (pri nas neprezimna rastlina), rž (prezimna rastlina) in še nekatera druga žita.

V svetovni znanstveni literaturi je v zadnjih desetletjih daleč največ pozornosti namenjene prezimnim in sicer italijanski mnogocvetni ljuljki in rži.



Fotografija 6. Rž sicer najbolj poznamo kot krušno žito in industrijsko rastlino za ržene rožičke. V svetu jo veliko uporabljajo tudi kot dosevek za ozelenitev tal preko zime ali pa kot prezimni krmni dosevek. V ta namen jo pri nas lahko sejemo že sredi avgusta.

Konec oktobra bo že primerna za siliranje. V tem času se silira precej bolje kot mnogocvetna ljuljka, saj je pri slednji vsebnost vode v tem času zelo visoka, venenje pa je v pozni jeseni zelo težavno. Spomladi se bo jeseni pokošena rž regenerirala in v začetku maja lahko rž ponovno siliramo za krmo. Foto: Branko Kramberger.

Povzeto po številnih raziskavah (npr. Kuo in sod., 1996; Torbert in sod., 1996; Ranells in Waggar, 1997; Vaughan in sod., 2000; Reddy, 2001; Kuo in Jellum, 2002; Hanly in Gregg, 2004; Kramberger in sod., 2009; Campiglia in sod., 2011) lahko predvsem z

ljuljko in ržjo po setvi ob koncu poletja ali jeseni in do setve naslednje poljščine sredi pomladi pridelamo od nekaj sto in celo do 7 t pridelka suhe snovi, ali celo še več, računajoč nadzemne in podzemne dele rastlin. Pridelek biomase je odvisen od številnih dejavnikov tal in podnebja, rastlinske vrste in sorte ter tehnike pridelave. V organski snovi akumulirajo večinoma največ do 100 kg N ha⁻¹, le izjemoma nekaj več. Poleg tega v organski snovi akumulirajo 3 in več t C ha⁻¹, kar pomeni da začasno vežejo tudi do 10 t CO₂ ha⁻¹. Ob mali količini mineralnega N v tleh, negnojenemu dosevku in slabih rastnih razmerah ne moremo pričakovati velikega pridelka organske snovi in posledično velike akumulacije N in C. Vseeno pa vsak v organski masi vezan kg N in C pomeni pomemben doprinos k varovanju okolja, predvsem v smislu preprečevanja izhlapevanja toplogrednih plinov (CO₂ in N₂O) ter zmanjševanja onesnaževanja podtalnice zaradi izpiranja nitratov. To je še posebej pomembno na vodovarstvenih območjih.

Dosevke iz družine trav je relativno enostavno pridelovati oz. gojiti. Prezimne odlikuje velika odpornost proti zimskemu mrazu. Iz ekološkega vidika je prednost njihove uporabe ta, da za njih ne potrebujemo pesticidov niti ob setvi, niti kasneje – ne jeseni in ne spomladi. Cena njihovega semena je sicer nižja od semena metuljnic, je pa seme precej dražje od semena križnic.

Po setvi v poznem poletju trave jeseni ne razvijejo korenin tako globoko kot npr. križnice Kristensen in Thorup-Kristensen (2004). Vendar je razvoj njihove koreninskega sistema nekoliko hitrejši kot pri nekaterih metuljnicah, npr. pri kuštravi grašici (Kuo in sod., 1997). Posledično imajo trave veliko sposobnost črpanja mineralnega N iz tal še posebej, če jih primerjamo z metuljnicami (Kuo in Sainju, 1998). Shihey in sod. (1992) poročajo, da je rž preko jeseni do pomladi v rastlini akumulirala 45 % v tleh jeseni rastlinam dostopnega mineralnega N, italijanska mnogocvetna ljuljka 27 %, medtem ko kuštrava grašica in inkarnatka le 10, oziroma 8 %. To seveda kaže na to, da so trave v primerjavi z metuljnicami veliko učinkovitejše v zmanjševanju vsebnosti mineralnega N v tleh. Razlike med ržjo in italijansko mnogocvetno ljuljko avtorji pojasnjujejo z večjo sposobnostjo rasti rži v hladnem vremenu, kar kasneje dokazujejo tudi Komainda in sod. (2016). V obdobju toplega vremena sta bili rž in mnogocvetna ljuljka pri črpanju mineralnega N iz tal enakovredni. Črpanje mineralnega N iz tal in akumuliranje tega N v rastlini vodi do zmanjševanja nevarnosti izpiranja N v podtalnico.

V poskusih, ki so jih izvedli Constantin in sod. (2010), je ozimna rž že jeseni zmanjšala vsebnost mineralnega N v tleh iz 49 kg ha⁻¹ (kontrolno obravnavanje) do 30 kg ha⁻¹. Količina izpranega mineralnega N v podtalje pa se je zmanjšala iz 71 kg ha⁻¹ (kontrolno obravnavanje) na 39 kg ha⁻¹. V poskusih, ki so jih izvedli Rannels in Wager (1997) je primerjaje s površino brez prekrivne rastline, rž zmanjšala vsebnost mineralnega N v tleh celo za do 80 % (odvisno od leta in vsebnosti mineralnega N v tleh). Gabriel in sod. (2012) poročajo o tri in pol leta trajajočih eksperimentih s koruzo kot glavnim posevkom pod namakanjem. Prezimna dosevka sta premerjaje s kontrolnim obravnavanjem, kjer ni bilo dosevka, zmanjšala izpiranje nitratnega N iz 346 do 245 kg ha⁻¹ pod grašico in do 129 kg pod ozimnim ječmenom (*Hordeum vulgare* L.).

Thorup-Kristensen (2001) dokazuje, da dosevki iz družine trav kljub razmeroma plitvem koreninskem sistemu, učinkovito zmanjšajo vsebnost nitrata tudi v globljih plasteh tal. V

obdobjih z veliko padavin namreč učinkovito porabljajo vodo in črpajo N iz vrhnjih slojev tal. Posledično je manj pronicanja vode in tudi mineralnega N v globino. Za učinkovito črpanje iz tal hitro po setvi je potrebno zagotoviti optimalne količine semena za setev (Kramberger in sod., 2007). V tem primeru tudi poznopoletno zmerno gnojenje z N za povečevanje jesenskega pridelka biomase za krmo ne zmanjša učinkovitosti ljuljke v zmanjševanju vsebnosti N v tleh pozno jeseni in rano spomladi (Kramberger in sod., 2008). Zaradi povečanega pridelka biomase, pa je v organski snovi vezanega veliko več C, kar poveča globalen okoljevarstveni učinek rabe dosevka.

Odhiambo in Blommke (2001) ugotavljajta, da italijanska mnogocvetna ljuljka in rž spomladi tvorita več biomase in akumulirata več N v organski snovi, če sta posejani že rano jeseni prejšnjega leta. Clark in sod. (1997a) ob uničevanju rži kot prekrivne rastline že konec marca ugotavljata, da je to pomenilo le 1290 kg spomladanskega prirasta suhe snovi ha⁻¹. Le mesec dni kasneje je bila spomladanska akumulacija suhe snovi že 3210 kg ha⁻¹. Podobno se je količina akumuliranega N v organski snovi povečala iz 24 na 38 kg ha⁻¹. Dušika v organski snovi dosevkov rastlin iz družine trav torej ni zelo veliko. Posledično raziskovalci (Kou in sod., 1996; Vaughan in sod., 2000) ugotavljajo, da ti dosevki tudi, če vsa biomasa ostane na njivi, ne prispevajo veliko k pridelku naslednje poljščine v njivskem kolobarju.

Organska snov dosevkov iz družine trav je namreč spomladi ob mali vsebnosti N zelo bogata predvsem z ogljikovimi hidrati (Kuo in Sainju, 1998). To pride še posebej do izraza v primerih malih količin mineralnega N v tleh v času rasti trav kot prezimnih dosevkov, kar vodi do širokega razmerja C:N v organski snovi ostankov dosevka po njihovem uničenju. Rezultat je lahko imobilizacija N med rastjo naslednje poljščine (Rannels in Wagger, 1997). Nastali situaciji se je mogoče izogniti z zmernim gnojenjem z N, tudi če biomase ne porabimo za krmo. To dokazujejo tudi Torbert in sod. (1996), ki so ugotovili zmanjšan pridelek koruze zaradičasne imobilizacije, če predhodno rž kot prekrivna rastlina za ozelenitev tal ni bila gnojena z N. Gnojenje rži z N pa je povečalo biomaso pridelka rži in zmanjšalo učinek imobilizacije N med rastjo koruze. Tudi Hanly in Gregg (2004) sta ugotovila zmanjšan pridelek koruze po mnogocvetni ljuljki kot prekrivnem prezimnem dosevku. V poskusih, ki so jih je izvedel Wagger (1989a) je bilo podobno. V predhodnem pridelku organske snovi rži akumuliran N se po izračunih v koruzi sploh ni pojavil. Tem negativnim učinkom dosevkov iz družine trav se lahko izognemo z zelo ranim uničevanjem dosevka (podor, mulčenje). Na ta način bodo ostanki organske snovi vsebovali manj težko razgradljivih ogljikovih hidratov, kot so celuloza, hemiceluloza, lignini. Ožje bo tudi razmerje C:N, kar bo pomenilo manj imobilizacije N, oziroma hitrejšo mineralizacijo organske snovi. Seveda pa lahko nadzemni pridelek biomase spravimo z njive kot voluminozno krmo za živali in negativen učinek zaradi imobilizacije N bo manj izrazit.



7



8

Fotografiji 7 in 8. Italijanska mnogocvetna ljuljka za razliko od enoletne mnogocvetne ljuljke praviloma zelo dobro prezimi. Še sejana v septembru do zime dobro prekrije tla (v ospredju na prvi fotografiji). Sejana nekoliko prej pa tvori več biomase (na prvi fotografiji v ozadju), zato lahko nadzemno biomaso že jeseni porabimo za krmo. Če ji primanjkuje N in tega ne dodamo z gnojenjem, bo spomladi pridelek biomase mali, ljuljka pa bo svetlo zelene barve (druga fotografija). Foto: Miran Podvršnik.

Guillard in sod. (1995a) poročajo o obsežnih eksperimentih, v katerih se je pridelovalni sistem koruza (glavni posevek) in rž (dosevek za krmo) odlikoval po skupni količini pridelka suhe snovi za krmo, pridelovalni sistem oves in križnica pa je bil najučinkovitejši pri zmanjševanju izgub N iz sistema. Fae in sod. (2009) izpostavljajo, da vključevanje dosevkov za krmo (italijanska mnogocvetna ljuljka, mešanice z ržjo ali ovsom) v njivski kolobar s koruzo, zagotavlja dodatno krmo za živali brez negativnih učinkov na pridelek koruze, obenem pa daje tudi številne dodatne prednosti zaradi povečavanja organske snovi v tleh. Na mnogih območjih, kjer dolžina rastne dobe to dovoljuje, lahko italijanska mnogocvetna ljuljka kot prezimni dosevek daje tudi dve košnji krme (Kramberger in sod., 2001). Podobno lahko dosežemo z ržjo, če je prva košnja rži izvedena v ranih stadijih razvoja (De Braun in sod., 2005).

Krueger in sod. (2011) navajajo, da je bila količina vlage v tleh 3 do 4 tedne pred setvijo koruze enaka med klasično praho in pod ržjo, kot predhodnim prezimnim dosevkom. Del rži so neposredno potem kemično uničili, del pa šele dva dni pred setvijo koruze spravili za krmo. Rž, ki je ostala za krmo, je do setve koruze zmanjšala zaloge vode v tleh za 16 %. Rž, ki je bila kemično uničena, je zmanjšala vsebnost nitratnega N v tleh za 35 %, rž za krmo, pa je zaradi daljšega obdobja rasti, to vsebnost zmanjšala za 59 %. Avtorji zaključujejo, da rž kot prezimni dosevek zelo zmanjša zaloge hranil v tleh, kar seveda lahko nadoknadimo z dodatnim gnojenjem naslednji poljščini v njivskem kolobarju. Predvsem v primeru pomanjkanja vode pa lahko rž preko veliko porabe vode negativno vpliva na pridelek naslednje poljščine. Pozno spravljena rž, če nadzemne biomase ne spravimo z njive, na njivi pusti ogromno ostankov organske snovi, ki lahko imajo tudi precej negativen alelopatški učinek na naslednjo poljščino (Kessavalou in Walters, 1997).

Tudi Thorup-Kristensen in Dresbøll (2010) ugotavljata negativne posledice rži kot prezimnega dosevka na pridelek naslednje poljščine. V triletnih poskusih je namreč rž spomladi zmanjšala zaloge mineralnega N v tleh (zato pa je seveda potrebno dodatno gnojenje). Pri naslednji poljščini na njivi je bil zmanjšan sprejem N v rastlino tem bolj, čim kasneje je bila biomasa rži zaorana. Avtorji posebej izpostavljajo, da v kolikor rž zaorjemo veliko pred setvijo koruze, lahko pride do izpiranja mineralnega N, pozno zaoravanje pa pomeni dodatno črpanje mineralnega N iz tal in zapozneno mineralizacijo zaradi širokega C:N razmerja v ostankih organske snovi rži. Poleg tega avtorji navajajo, da bi morali na območjih, kjer predvidevamo, da bo vode za rast naslednje poljščine primanjkovalo, dosevek zaorati veliko prej, kot na območjih z dovolj padavin v času rasti naslednje poljščine.

Garibay in sod. (1997) so sejali koruzo konvencionalno (po prahi preko zime) ali neposredno v italijansko mnogocvetno ljuljko, ki je bila bodisi kemično uničena s herbicidom ali pa samo mulčena (živi mulč). Ob zmernem gnojenju z N je bila rast koruze predvsem v primeru setve v 'živi mulč' zelo zmanjšana, kar se je seveda odražalo tudi v pridelku. Povečane količine N za gnojenje koruzi so razlike zmanjšale, kar dokazuje, da je N tisti dejavnik, od katerega je odvisen pridelek naslednje poljščine. Feil in sod. (1997) navajajo, da lahko pri setvah koruze v 'živi mulč' sicer nadzorujemo konkurenčnost za svetlobo med koruzo in prekrivno rastlin s kemično ali pa mehansko kontrolo prekrivne rastline, vendar ostaja konkurenčnost za hranila in vodo v tleh, kar lahko zelo zmanjša pridelek koruze (Liedgens in sod., 2004a; Liedgens in sod., 2004b; Faget in sod., 2012).

Raimbault in sod. (1990) poročajo o spomladanskem gnojenju z N rži, ki je bila kasneje bodisi porabljena za krmo, bodisi kemično uničena. V obeh primerih je bil pridelek koruze kot naslednje poljščine zmanjšan. Negativen učinek je bil večji pri neposredni setvi koruze, kot po zaoravanju ostankov rži in klasični setvi koruze. Vendar pa je gledano v celoti, biomasa pridelka rž in koruza za krmo večja, kot samo pridelek biomase koruze. Če k temu prištejemo še okoljske koristi prezimnega dosevka, potem je bila tudi setev rži kot dosevka, več kot upravičena. Podobne rezultate so ugotovili Rüegg in sod. (1998) v Švici, kjer je bila rž spravljena pred setvijo koruze, ki je bila sejana brez predhodnega oranja ob minimalni površinski obdelavi tal. V primerjavi s klasično praho je rž zelo zmanjšala vsebnost mineralnega N v tleh preko pozne jeseni, zime in pomladi. Zmanjšana pa sta bila tudi pridelek koruze in akumulacija N v koruzi. Posebej viden je bil negativen učinek od razvojnega stadija treh listov koruze in naprej, vse do spravila. Tudi tu pa je bil skupni pridelek biomase koruze in rži večji, kot pridelek le koruze ob klasični jesenski prahi. Avtorji zaključujejo, da je za uspešno pridelavo krme v sistemu z ržjo kot prezimnim dosevkom, potrebno skupno nekoliko večje gnojenje z N, kot v sistemu, ki dosevka ne vključuje. Zelo pozno spravilo rži (tik pred setvijo koruze) ima lahko negativen učinek na koruzo, predvsem na območjih s kratko rastno dobo koruze. Duiker in Curran (2005) pripisujeta rži kot prezimnemu dosevku veliko okoljskih koristi. Da se ublaži negativen učinek na naslednjo poljščino, je potrebno, če je le mogoče, nadzemno biomaso porabiti za krmo živali (ali vsaj odpeljati z njive za druge namene), vse skupaj opraviti 7 do 10 dni pred setvijo naslednje poljščine in zagotoviti gnojenje z N.

Primerjava sistema mnogocvetna ljujka kot dosevek + koruza ali rž kot dosevek + koruza nam z vidika pridelave krme daje gotovo večje pridelek in ekonomsko učinkovitost, kot jesenska klasična praha + koruza (Grignani in sod., 2007; Krueger in sod., 2011). Ne smemo pa pozabiti na dejstvo, da v kolikor na njivo ne vračamo organske snovi preko živinskih gnojil, ni veliko dodatnega vnašanja organskega C in N v tla, kot je to primer pri dosevkih kot izključno prekrivnih rastlinah.

5 Metuljnice (Fabaceae)

Na območju zmernega klimatskega pasu, torej tudi v Sloveniji, se metuljnice zelo pogosto pojavljajo kot dosevki (večinoma prezimni) za krmo ali pa kot izključno prekrivne rastline za ozelenitev tal. Pri nas je vsekakor najbolj pogostna inkarnatka, v mešanica pa srečamo tudi kuštravo grašico. Precej pozornosti si zaslužijo tudi krmni grah, podzemna detelja in celo črna detelja (*Trifolium pratense* L.).



Fotografija 9. Kuštrava grašica je kot dosevek zelo učinkovita v simbiotski vezavi N. Zaradi razmeroma velike količine potrebnega semena za setev je strošek za seme relativno visok, če bi jo sejali v čisti setvi. Tako kot pri nekaterih drugih metuljnicah, je tudi pri grašici lahko nekaj semena dormantnega. Posledično se lahko nekaj grašice pojavi poljščinah, ki sledijo. V široki prodaji grašico pogosto srečamo kot eno od sestavin grašljinke (landsberška mešanica), ki vsebuje tudi inkarnatko in mnogocvetno ljujko. Mešanica je kot prezimni dosevek tradicionalno namenjena pridelovanju voluminozne krme (setev ob koncu avgusta, spravilo v začetku meseca maja). Zelo pa je uporabno tudi kot prezimna prekrivna mešanica za ozelenitev tal in podoravanje pridelane biomase. Foto: Miran Podvršnik.

V nasprotju z dosevki iz družine trav, je pri metuljnicah pridelek suhe snovi biomase dokaj redko manjši od 1 t ha⁻¹. Take pridelke so v eksperimentih npr. dosegli Rannels in Wagger, 1997, Odhiambo in Bomke, 2001, Brandsæter in sod., 2008 ter Gabriel in Quemada, 2011. Vendar pa v teh primerih govorimo le o pridelkih nadzemne biomase.

Če računamo pridelek celotne biomase, torej vključno s koreninami, lahko predvsem s prezimnimi metuljnicami pridelamo tudi 6 do 8 t suhe snovi ha⁻¹, ali celo še več (Torbert in sod., 1996; Iglesias in Lloveras, 1998; Reddy, 2001; Brandsæter in sod., 2008; Campiglia in sod., 2011). Seveda so pričakovani pridelki nekoliko nižji.

Pri metuljnicah le del akumuliranega N v suhi snovi rastline izvira iz črpanja mineralnega N iz tal. Rannels in Wagger (1997) dokazujeta, da metuljnice kot dosevki v primerjavi s klasično praho, jeseni signifikantno znižajo vsebnost mineralnega N v tleh. Niso pa tako učinkovite kot dosevki iz družine trav. Kljub temu so pridelki biomase in akumuliranega N v rastlini pri metuljnicah visoki, vendar ne samo zaradi črpanja N iz tal, ampak predvsem zaradi simbiotske vezave N. V eksperimentih najnižje vrednosti v nadzemnem delu metuljnic kot dosevkov akumulirane količine N so med 20 in 40 kg ha⁻¹ (npr. Shipley in sod., 1992; Rannels and Wagger, 1997; Odhiambo and Bomke, 2001; Gabriel and Quemada, 2011). Najvišje v eksperimentih ugotovljene pa presegajo tudi 180 kg N ha⁻¹ (Ebelhar in sod., 1984; Shipley in sod., 1992; Torbert in sod., 1996; Clark in sod., 1997a; Rannels and Wagger, 1997; Vaughan in sod., 2000; Sainju in sod., 2002; Campiglia in sod., 2011). Če k temu dodamo še N v podzemnih delih rastline, so količine še precej višje.



Fotografija 10 in fotografija na platnici. *Inkarnatko v Sloveniji tradicionalno sejemo kot prezimni dosevek v čisti setvi ali v mešanicah za voluminozno krmo živalim. Mešanice so uporabnejše, ker inkarnatka v posameznih letih dokaj slabo prezimi. Pridelovanje inkarnatke se je namreč k nam razširilo iz severnega Sredozemlja. Zaradi širjenja pridelave mnogocvetne ljujke, ki je za voluminozno krmo zaradi enostavnejšega konzerviranja nekoliko uporabnejša, in uporabe vse večjih količin N mineralnih gnojil, je v začetku sedemdesetih let prejšnjega stoletja pridelovanje inkarnatke pri nas začelo zelo nazadovati. Danes se njena pridelava spet nekoliko povečuje predvsem zaradi njene velike uporabnosti kot prekrivne rastline za ozelenitev tal. Kot prezimna mešanica z mnogocvetno ljujko pa vse bolj zamenjuje čisto setev mnogocvetne ljujke tudi za pridelavo voluminozne krme. Foto: Miran Podvršnik.*

Na vsebnost N v metuljnicah kot dosevkih vplivajo talni in klimatski dejavniki, tehnika pridelave, rastlinska vrsta in sorta ter seveda simbiotska aktivnost. Odvisno od mnogih dejavnikov, lahko količina simbiotsko vezanega N s prezimnimi metuljnicami preseže celo 100 kg N ha^{-1} . V poskusih, ki so jih izvedli Kramberger in sod. (2009) je inkarnatka od setve v drugi polovici avgusta do meseca maja v prihodnjem letu skupno (nadzemni deli in korenine) akumulirala približno 200 kg N ha^{-1} , od tega je iz simbiotske vezave izviralo dobrih 150 kg N ha^{-1} . Podzemna detelja je akumulirala približno 150 kg N ha^{-1} , od tega je iz simbiotske vezave izviralo 80 kg N ha^{-1} . V eksperimentih, ki so jih v Srbiji izvedli Čupina in sod. (2011), je krmni grah kot dosevek simbiotsko vezal 141 kg N ha^{-1} . Rochester in Peoples (2005) sta v Avstraliji pri kuštravi grašici kot dosevku ugotovila tudi čez 200 kg N ha^{-1} simbiotsko vezanega N. Podobne rezultate ugotavljata Mueller in Thorup-Kristensen (2001) na Danskem.



Fotografija 11. Podzemna detelja je pri nas malo poznana prezimna metuljnica. Sicer izvira iz Sredozemlja, vendar se je kot kultivirana po svetu razširila iz Avstralije, kamor je bila iz Sredozemlja slučajno prenesena. Sejemo jo ob koncu avgusta. Do zime prekrije površino tal. V Sloveniji prezimi še nekoliko slabše kot inkarnatka, vendar spomladi zaradi polegla rasti spet hitro pokrije površino tal. Cvetov (le trije do štirje v posameznem socvetju so fertilni) pogosto sploh ne opazimo, ker so v bližini tal. Ko odcvetijo, rastlina obrne socvetja proti površini tal in seme se, podobno kot pri arašidih, tvori v tleh. Od tod poimenovanje podzemna detelja. Ker ne tvori veliko nadzemne biomase, je v nasprotju z območji, kjer so zime zelo blage, v Sloveniji manj primerna za pridelavo voluminozne krme. Zato pa je zelo zanimiva kot prekrivna rastlina za prezimno ozelenitev tal. Omeniti moramo še, da ob nastopu višjih temperatur pozno spomladi ali v začetku poletja podzemna detelja odmre. Foto: Branko Kramberger.

Prej navedene vrednosti simbiotsko vezanega N so zelo visoke. Pri planiranju pridobljenih količin v praksi, kot je že omenjeno, ni varno načrtovati tako visokih količin, ker ni nujno, da jih lahko dosežemo. Vseeno pa imajo metuljnice kot dosevki zaradi simbiotske vezave N veliko prednost pred nemetuljnicami. Koristi so ekonomske in okoljevarstvene, npr. manjša poraba sintetičnih mineralnih gnojil v sistemu pridelave rastlin v celotnem njivskem kolobarju, večja akumulacija C v organski snovi zaradi večjih pridelkov sušine, ... Simbiotska vezava N z metuljnico in bakterijo *Rhizobium* je pogosto manj izražena, kot bi lahko bila. Vzroki so lahko predvsem v neprimerni reakciji tal, pomanjkanju rastlinskih hranil v tleh, temperaturnih ekstremih in pomanjkanju ali višjih vode v tleh. (Peoples in sod. 1995). Posledično je za metuljnice kot dosevke pomembno, da zagotovimo optimalno simbiotsko aktivnost metuljnice. Posebej bi tu opozorili na čas setve dosevkov.



Fotografija 12. Podzemna detelja (levo) in inkarnatka (desno) v drugi polovici meseca aprila. Foto: Miran Podvršnik.

Gselman in Kramberger (2008) izpostavljata, da prednosti, ki jih lahko imamo pri dosevkih zaradi simbiotske vezave N z metuljnicami, lahko dosežemo le s pravočasno, to je dovolj rano setvijo v poznem poletju. V tem primeru lahko že jeseni računamo na intenzivno simbiotsko aktivnost. V izvedenih dveh serijah poskusov je bilo po setvi sredi septembra jeseni pri metuljnicah zelo malo simbiotske vezave N. Po setvah sredi avgusta, pa je v letu, ko je bilo simbiotske vezave več (druga serija poskusov), inkarnatka že jeseni simbiotsko vezala čez 100 kg N ha^{-1} , tej vrednosti se je močno približala tudi črna detelja. Skupna jesenska in spomladanska simbiotska vezava je bila v teh poskusih najvišja pri kuštravi grašici (179 kg N ha^{-1}). O intenzivni, že jesenski simbiotski vezavi N pri metuljnicah kot dosevkih, poročata tudi Mueller in Thorup-Kristensen (2001).

Rast metuljnic kot prezimnih dosevkov lahko zelo ovira zelo hladno vreme v jesenskih in spomladanskih meseci ter veliko padavin. Posledično je lahko simbiotske vezave in doprinos tega N v agroekosistem zelo malo (Odhiambo in Bomke, 2001). Na območjih z zelo ostrimi zimami je pri izbiri metuljnice za dosevek odločilnega pomena sposobnost njene prezimitve. Wilke in Snapp (2008) zato priporočata uporabo lokalnih vrst in sort, ki so prilagojene talnim in klimatskim razmeram. Brandsæeter in sod. (2000, 2002) npr. ugotavljajo zelo dobro odpornost proti zimskemu mrazu pri kuštravi grašici. Vendar je tudi tu, kot navajata Wilke in Snapp (2008), variabilnost zelo velika. Tudi na splošno je variabilnost pri prezimni metuljnicah, kot prezimnih dosevkih zaradi različnih temperatur pozimi zelo velika. Campiglia in sod. (2011) npr. izpostavljajo kar 60 % variabilnost med leti pri količinah akumuliranega N v rastlinah.

Brandsæeter in sod. (2008) poudarjajo, da čas setve jeseni vpliva na prezimitev metuljnic. V rastnih komorah so namreč dokazali tesne povezave med starostjo rastlin in odpornostjo proti mrazu (Brandsæeter in sod., 2002).

V primerjavi z nemetuljnicami, metuljnice preko zime izkazujejo manjšo pokritost tal z nadzemnimideli rastlin, v hladnih mesecih črpajo manj mineralnega N iz tal, vendar doprinesejo več N (simbioza) naslednji poljščini v njivskem kolobarju (Vaughan in sod., 2000).

Čas jesenske setve je zelo pomemben tudi za rast in pridelek biomase metuljnic kot dosevkov spomladi še posebej, če smo načrtovali pridelavo visoko kakovostne krme za živali. Odlično, brez negativnih posledic za naslednjo poljščino, se metuljnice vključujejo v sistem pridelave krme s koruzo (Iglesias in Lloveras, 1998).

Če jih primerjamo s travami, metuljnice kot dosevki po njihovem uničenju pustijo na njivi dokaj lahko razgradljive ostanke še posebej, ko govorimo o nadzemnih delih rastlin. V ostankih je veliko proteinov in dokaj malo lignina in polifenolnih snovi. Proteini so lahko hitro po uničenju metuljnice, zaradi delovanja talnih mikroorganizmov, razgradijo (Smith in sod. (1987).

S čim poznejšim uničenjem biomase metuljnic kot dosevkov spomladi pridobimo veliko biomase in v rastlinah akumuliranega N (Clark in sod., 1997a; Sainju and Singh, 2001). Vendar se tudi tu v ostankih organske snovi dosevka srečamo s povečanimi vsebnostmi celuloze, hemiceluloze in lignina, kar lahko vodi do zapoznelega sproščanja mineralnega N iz razkrajajočih se ostankov organske snovi (Wagger, 1989b). Zaradi ožjega C:N razmerja v organski snovi ostankov metuljnic, se lahko v primerjavi s travami, s časom uničevanja metuljnic spomladi veliko bolj prilagajamo v sinhroniziranju časa sproščanja N ob razgradnji ostankov in potreb naslednje poljščine po mineralnem N. Wagger (1989a) zato npr. poroča o več kot 100 kg N, ki ga je v času rasti pridobila koruza iz mineralizacije ostankov kuštrave grašice in inkarnatke kot predhodnih dosevkih za prekrivanje tal, kar je seveda pozitivno vplivalo na pridelek koruze. Campiglia in sod. (2001) govorijo o vrednostnih med 90 in 141 kg N ha⁻¹, ki so se sprostile iz 'mulčene' biomase metuljnic, ki so ostali na površini tal v pridelavi paradižnika brez obdelave tal. V poskusih, ki sta jih izvedla Hainly in Gregg (2004), se je ob mineralizaciji organske snovi bele lupine v tleh povečala vsebnost mineralnega N ob vzniku koruze za 30 do 45 %. Sarrantonio in Scott

(1988) poročata o pozitivnem učinku kuštrave grašice kot prekrivne rastline v njivskem kolobarju na količino pridelka koruze in akumulacijo N v koruzi. Gabriel in Quemada (2011 in Gabriel in sod. (2016) navajajo, da je kuštrava grašica povečala akumulacijo N v koruzi kot celi rastlini in v pridelku zrnja. Inkarnatka in podzemna detelja sta v poskusih, ki so jih izvedli Kramberger in sod. (2009), povečali količino pridelka celotnega nadzemnega dela koruze, pridelka zrnja in vsebnost N v rastlini. V teh poskusih se je v času razgradnje ostankov metuljnic med rastjo koruze sprostilo toliko N, da je bila koruza ob gnojenju s 120 kg N ha^{-1} luksuzno (preveč) preskrbljena z mineralnim N (po Lemaire in sod., 2004). To dejansko pomeni, da se je za rast koruze najbolj učinkovito izkoristil tisti N, ki je bil načrtovano dodan kot mineralno gnojilo v kontrolno obravnavanje (brez dosevka). Posledično je potrebno veliko naporov vložiti predvsem v optimiziranje časa uničevanja dosevka, kemični sestavi dosevka ob uničevanju (zarivanju, 'mulčenju', spraviu za krmo) in možnostim zmanjševanja gnojenja z mineralnimi N gnojili naslednji poljščini v njivskem kolobarju.

Clark in sod. (1997b) navajajo, da lahko metuljnico kot dosevek uničimo šele tik pred setvijo naslednje poljščine, če ni nevarnosti negativnega učinka zaradi zmanjševanja zaloga vode v tleh. S tem veliko pridobimo na biomasi dosevka, na v dosevku akumuliranem N in posledično na pridelku naslednje poljščine v njivskem kolobarju. Doane in sod. (2009) in Wittwer in sod. (2017) povzemajo, da je prehod iz konvencionalne obdelave tal v pridelovalni sistem brez obdelave tal, često povezan z začasnim upadanjem pridelkov zaradi zmanjševanja dostopnosti N rastlinam. To učinek lahko zelo zmanjšamo z vpeljavo metuljnic kot dosevkov za prekrivanje tal.

6 Križnice (Brassicaceae)

Kot dosevke, ki so izključno namenjeni prekrivanju tal, izmed križnic v Sloveniji veliko uporabljamo predvsem oljno redkev (*Raphanus sativus* L., var. *oleiformis* Pers.) in belo gorjušico (*Sinapis alba* L.). Obe sta pri nas nepraznimi rastlini. Podobno je pri nas neprezimna rastlina (izjemoma lahko celo prezimi) krmni ohrovt stržonar (*Brassica oleracea* L., convar. *acephala* (DC.) Alef., var. *medullosa* Thell.), ki ga poleg namena izključnega prekrivanja tal z rastlinskim pokrovom, lahko porabimo tudi za krmo živalim pozno jeseni. Za voluminozno krmo ali pa izključno za prekrivanje tal pa lahko uporabimo tudi pri nas sicer zelo cenjeni glavni poljščini oljno ogrščico in oljno repico (*Brassica napus* L. emend. Metzg., var. *napus*, f. *biennis* (Schübl. et Mart.) Thell in *Brassica rapa* L. emend. Metzg., ssp. *oleifera* DC, f. *autumnalis* (DC.) Mansf.).



Fotografija 13. Ozimno ogrščico, sejano sredi poletja, lahko pozno jeseni uporabimo tudi za voluminozno krmo živalim, vendar je ta rastlina nekoliko bolj uporabna kot prekrivna prezimna rastlina za ozelenitev tal, če nam le njivski kolobar dopušča njeno to-namensko dodatno vključevanje med rastline, ki jih na kmetiji že pridelujemo. Foto: Miran Podvršnik.

Dosevke, ki smo jih pravkar omenili, da so uporabni tudi za krmo živalim, naša strokovna literatura iz preteklosti (npr. Korošec, 1989) priporoča za setev kot strniščne ali prezimne krmne dosevke. Do danes je tehnologija v živinoreji toliko napredovala, da so ti dosevki predvsem iz tehnološkega vidika, v nasprotju z dosevki iz družin trav in metuljnic manj

uporabni za krmo. Zaradi velike vsebnosti vode jih je namreč zelo težko konzervirati. Pokladanje svežih pozno jeseni je težavno zaradi mokrih tal in onesnaževanja krme z blatom. Spomladi pa je njihov razvoj prehiter in so za pokladanje živalim primerni največ do nekaj dni. Čeprav imajo zelo primerno osnovno hranljivo vrednost (energija, proteini, prebavljivost), pa njihovo uporabnost v živinoreji še dodatno znižujejo S-metil cistin žveplovi oksidi in razni glukozinulati. Zato je predvsem v obroku molznic primerno imeti le zelo mali delež križnice, kar spet zelo zmanjšuje njihovo praktično uporabno vrednost (Kramberger, 1999).



Fotografija 14. *Bela gorjušica je podobno kot oljna redkev pri nas dokaj razširjena neprezimna prekrivna rastlina za ozelenitev tal. Obe zelo cenimo zaradi njihovih biofumigativnih učinkov. Zaradi zelo kratke rastne dobe bosta tudi ob setvi konec avgusta v istem letu še zacveteli (čebelja paša ob koncu rastne dobe). Foto: Branko Kramberger.*

Nasprotno pa so križnice zelo uporabne kot prekrivne rastline, če le sestava njihovega kolobarja dopušča njihovo vključevanje. Na rodovitnih tleh, bogatih z N, že jeseni zelo intenzivno rastejo. Ob pravočasni setvi že jeseni tvorijo do 7 in več t pridelka SS ha⁻¹, računajoč nadzemne in podzemne dele rastline. V tem pridelku se akumulira tudi čez 100 kg N ha⁻¹ (Kramberger in sod., 2009). Prav sposobnost zmanjševanja vsebnosti mineralnega N v tleh je ena najpomembnejših lastnosti križnic kot posevkov za prekrivanje tal (Guillard in sod., 1995b).

V eksperimentih, ki so jih izvedli Macdonald in sod. (2005), so proučevali različne prekrivne rastline iz družin trav in križnic. Pri ugotavljanju sposobnosti zmanjševanja vsebnost nitratnega N v tleh je bila najbolj učinkovita ogrščica. V poskusih, ki so jih izvedli Herzog in Konrad (1992), je avgusta sejana in negnojena ogrščica do zime

akumulirala 55 kg N ha⁻¹ in zelo zmanjšala vsebnost mineralnega N v tleh pred zimo. V teh poskusih je gnojenje z N s 50 ali 100 kg N ha⁻¹ povečalo vsebnost N v biomasi pridelka za 42 ali 86 kg ha⁻¹. Tako je dodatno ostalo v tleh le 8 do 14 kg N ha⁻¹, kar ni zelo vplivalo na povečanje mineralnega N v tleh.

Kristensen in Thorup-Kristensen (2004) izpostavljata, da imajo gojene rastline večino korenin v vrhnjem sloju tal, v globlje plasti tal izpran nitratni N, je mogoče vrniti v zgornje plasti tal samo preko rastlin z zelo globokimi koreninami. V primeru dosevkov to pomeni lastnost zelo hitre rasti in ustvarjanje korenin, ki hitro dosežejo globlje plasti tal. S tem rastline zmanjšujejo vsebnost nitratnega N v tleh v večjem volumnu tal. Thorup-Kristensen (2001) poroča, da so po setvi v začetku avgusta, križnice v primerjavi s travami in metuljnicami, izkazovale veliko hitrejšo rast korenin v globino. V novembru je bilo v sloju tal globine 1 do 1,5 m kar 12-krat več korenin ogrščice, kot korenin mnogocvetne ljujke in rži. Posledice so se v poskusu pokazale v različnih količinah nitratnega N v tleh v novembru. V sloju tal 0 do 0,5 m je bilo pod mnogocvetno ljujko 20 kg nitratnega N ha⁻¹, pod ržjo 18 kg ha⁻¹, pod ogrščico pa 8 kg ha⁻¹, medtem ko je bilo v obravnavanju brez dosevka kar 46 kg nitratnega N ha⁻¹. V sloju tal 0,5 do 1 m je bilo v obravnavanju brez dosevka celo 83 kg nitratnega N v tleh, pod italijansko mnogocvetno ljujko 14 kg ha⁻¹, pod ržjo 6 kg ha⁻¹, pod ogrščico pa le 0,7 kg ha⁻¹.

Dobra lastnost križnic kot dosevkov je tudi razmeroma hitro prekrivanje tal z nadzemnimi deli rastlin, kar zmanjšuje pojav samoniklih plevelnih rastlin (Brennan in Smith, 2005; Brant in sod., 2009). Vendar pa je ob setvah v poznem poletju velikokrat nujno potrebna uporaba insekticidov proti hroščem bolhačem (Kramberger, 1999), kar precej zmanjšuje uporabno vrednost križnic tudi iz vidika uporabnosti za prekrivne rastline - tako iz ekonomskega, kot iz okoljevarstvenega zornega kota.

Po vplivu križnic kot dosevkov na pridelek naslednje poljščine v njivskem kolobarju so križnice nekje med metuljnicami, ki imajo večinoma zelo pozitiven vpliv in travami, ki imajo lahko tudi precej negativen vpliv. Kot je že večkrat omenjeno, je lahko vpliv zelo povezan z razmerjem C:N v ostankih organske snovi biomase dosevka. V poskusih, ki so jih izvedli Kramberger in sod. (2009,) je bilo v ostankih ogrščice po zaoravanju razmerje C:N (30-40:1), torej nekoliko ožje kot pri mnogocvetni ljujki (30-55:1) in veliko širše, kot pri inkarnatki (13-15:1). Temu ustrezen je bil tudi vpliv na koruzo, kot naslednjo poljščino v kolobarju in predvsem na preskrbljenost te koruze z N. Prekomerno preskrbljenost smo zaradi veliko sproščenega N po mineralizaciji beležili po inkarnatki, po ogrščici je bila koruza normalno preskrbljena z N, po italijanski mnogocvetni ljujki pa je N koruzi primanjkovalo. Poudariti je potrebno, da dosevki niso bili gnojeni z N. Podoben vpliv na pridelek koruze sta pri negojenih dosevkih ugotovila tudi Hanly in Gregg (2004). V njihovih poskusih je bilo v ostankih mnogocvetne ljujke C:N razmerje 33-44:1, v beli gorjušici 27-29:1 in v volčjem bobu 19:1. Vpliv na koruzo je bil pri metuljnici pozitiven, pri travi negativen, pri križnici pa nekje vmes. Seveda pa ne moremo pričakovati od križnic, ki niso bile gnojene z N, da bo vpliv na pridelek naslednje poljščino pozitiven, tako kot je to večinoma pri metuljnicah.

V kontekst pozitivnega spada tudi vse bolj pomembna, v knjigi že omenjena lastnost biofumigacijskih vplivov dosevkov in njihovih ostankov v njivskem kolobarju, ki so pri

križnicah lahko zelo izraziti. Zato je to tudi predmet vse večjega števila raziskav na številnih institucijah širom po svetu.

7 Povzetek in priporočila za uporabo dosevkov na vodovarstvenih območjih

Pričakovanja od dosevkov na vodovarstvenih območjih so velika predvsem iz okoljevarstvenega zornega kota zmanjševanja nevarnosti onesnaževanja podtalnice. Tudi na splošno si želimo čim večji okoljevarstveni vpliv pri zmanjševanju kakršnihkoli okolju škodljivih emisij v okolje, torej tudi v ozračje. Seveda pa tisti, ki na teh površinah kmetujejo, potrebujejo tudi neposredno gospodarsko korist, oziroma vsaj ne negativnih posledic uvedbe dosevkov.

Zato gledano v celoti, od dosevkov na vodovarstvenih območjih v osnovi pričakujemo predvsem:

- Učinkovito zmanjševanje mineralnega N v tleh v obdobjih, ko ga gojene rastline ne črpajo iz tal in obstaja velika nevarnost izpiranja.
- Dodaten vnos N iz naravnih virov v agroekosistem.
- Povečevanje vsebnosti organske snovi tal tam, kjer te izrazito primanjkuje.
- Pozitiven ali vsaj nevtralen vpliv na pridelek in kakovost pridelka naslednje poljščine v njivskem kolobarju.
- Nizke stroške setve, oskrbe in 'spravila'.

Za zagotavljanje tako izrazite kompleksne vloge dosevkov je potrebna predvsem pazljiva izbira dosevka. Pri tem ima pomembno vlogo osnovni namen dosevka, ki je lahko izključno prekrivna rastlina za ozelenitev tal, ali pa pridelek biomase porabimo npr. za krmo. V slednjem primeru je zelo pomembna tudi hranljiva vrednost za krmo in možnost konzerviranja pridelka.

Gledano v celoti, iščemo rešitve predvsem v uporabi mešanic za setev. Mešanica kot dosevek naj vsebuje travo (italijanska mnogocvetna ljuljka ali katero od žit, npr. rž), in metuljnico (inkarnatka, kuštrava grašica, grah, podzemna detelja), če je mogoče dodamo tudi križnico, vendar le v primeru, ko nam njivski kolobar to dopušča. Številni avtorji (npr. Rannels in Wagger, 1996; Clark in sod., 1997; Rannels in Wagger, 1997; Kuo in Sainju, 1998; Brennan in sod., 2011; Tosti in sod., 2012; Kramberger in sod., 2013) dokazujejo številne prednosti uporabe mešanic za dosevke pred čistimi setvami ene rastlinske vrste. Travnna komponenta zelo učinkovito zmanjšuje količine mineralnega N v tleh preko jeseni, zime in rane spomladi. Podobno učinkovita je križnica, s poudarkom na črpanju N iz globljih plasti tal. Metuljnica doprinese N preko simbiotske vezave. Obenem metuljnica z ozkim C:N razmerjem naturalizira negativen vpliv ne-metuljnic (še posebej, če dosevek ni gnojen z N) na naslednjo poljščino v njivskem kolobarju. Poleg tega je potrebno še dodatno poudariti, da je pridelek biomase mešanice kot dosevka večinoma večji, kot bi bili pridelki posameznih čistih setev dosevkov. Kot smo dokazali v lastnih poskusih (Kramberger in sod., 2013), bi bilo dobro, da je delež metuljnice v mešanici vsaj približno 50 odstoten, če pustimo celotno biomaso dosevka na njivi. V

primeru, da biomaso odpeljemo z njive npr. za krmo, je lahko odstotek metuljnice nižji. Na ta način bomo krmo lažje konzervirali, vendar bo potrebno predvsem na manj rodovitnih tleh tudi zmerno gnojenje z N (pozno poleti približno 40 kg N ha⁻¹, in spomladi približno 60 kg ha⁻¹).



15



16

Fotografiji 15 in 16. Zaradi številnih prednosti kot prezimne dosevke sejamo mešanice rastlin. Na prvi fotografiji je mešanica italijanske mnogocvetne ljujke in inkarnatke, ki je zelo uporabna kot dosevek za krmo in kot prekrivna mešanica za ozelenitev tal. Na drugi fotografiji je zelo kompleksna mešanica, ki vsebuje neprezimne belo gorjušico, oljno redkev in facelijo. Od prezimnih pa sta vključeni italijanska mnogocvetna ljujka in inkarnatka. Mešanica je v osnovi namenjena za prekrivanje tal. Ker neprezimne rastline v mešanici pozimi odmrejo, lahko nadzemno biomaso prezimnih spomladi uporabimo tudi za krmo živalim.

Setev izvedemo čimprej po pravilu prejšnje poljščine, če nam vremenske razmere to dopuščajo. Roki setve, količine semena za setev in čas spravila za krmo so navedeni v preglednici 1. Setev lahko, če je le mogoče, izvedemo le ob minimalni površinski obdelavi tal. Pri količini semena ni smiselno pretirano varčevanje, saj nam dovolj gosta setev zagotovi hitrejše prekrivanje tal in učinkovitost v zmanjševanju zalog mineralnega N v tleh že kmalu po setvi.

Preglednica 1. Čas setve nekaterih dosevkov, količina semena za setev in čas spravila nadzemne biomase za krmo (povzeto in prirejeno po Kramberger, 2003).

Dosevek	Čas setve	Količina semena za setev (kg ha ⁻¹)	Čas spravila nadzemne biomase za krmo
Poaceae (družina trave)			
Italijanska mnogocvetna ljujka	Od rane pomladi do začetka oktobra. Kot dosevek – od spravila žita do oktobra.	40 - 50	Odvisno od časa setve: košnja ali dve že jeseni (september, oktober). Odvisno od časa setve naslednje poljščine: košnja ali dve spomladi (konec aprila, maj).
Oves	Kot dosevek: julij, začetek avgusta.	120 - 150	Dva do tri mesece po setvi.
Rž	Od sredine avgusta do začetka oktobra.	150 - 200	Ob setvi v avgustu je prva košnja že konec oktobra, druga pa v mesecu maju
Sudanska trava	Kot dosevek: julij, začetek avgusta.	30	Ob višini rastlin 60 do 100 cm (ne prezimi).
Fabaceae (družina metuljnice)			
Inkarnatka	Druga polovica avgusta –prva polovica septembra.	25 - 30	Mesec maj.
Črna detelja	Kot prezimni dosevek: Druga polovica avgusta –prva polovica septembra.	20 - 30	Mesec maj
Ozime grašice	Druga polovica avgusta – prva polovica septembra.	80 - 100	Mesec maj. Za krmo sejemo le v mešanica, za ozelenitev je lahko tudi v čisti setvi.
Podzemna detelja	Druga polovica avgusta –prva polovica septembra.	25 - 30	Sejemo le za ozelenitev tal.
Njivski grah	Kot dosevek; julij do september.	140 - 160	Za krmo sejemo le v mešanica, za ozelenitev je lahko tudi v čisti setvi. Ob jesenski setvi v milem podnebjju prezimi.
Brassicaceae (Križnice)			
Bela gorjušica	Julij, avgust.	15 - 20	Sejemo le za ozelenitev tal (ne prezimi).
Krmni ohrovt	Julij, avgust.	5 - 6	Pozna jesen. Prezimi le izjemoma.
Oljna redkev	Julij, avgust.	15 - 20	Sejemo le za ozelenitev tal (ne prezimi).
Navadna ogrščica	Julij, avgust, september.	12 - 18	Pozna jesen (prezimi, vendar je uporabnost za krmo spomladi še manjša kot jeseni).
Mešanice za setev	Čas setve naj ustreza vsem komponentam mešanice.	Glede na % posamezne komponente in njeno setveno normo.	Glede na sestavo mešanice.

Praviloma se odločamo za setev prezimnih rastlin. Če imamo naprezimo rastlino (npr. bela gorjušica, oljna redkev, krmni ohrovt ...) in dosevka ne porabimo za krmo, pustimo,

da zimski mraz popolnoma uniči rastline. Če ostanke takega dosevka zaorjemo, to napravimo šele malo pred setvijo naslednje poljščine.

Če imamo v tleh že doseženo ravnotežje med vnašanjem organske snovi in mineralizacijo, bomo z vpeljevanjem dosevkov šele v daljšem obdobju komajda nekaj povečali vsebnost humusa v tleh, če sploh. Ob tem je potrebno tudi upoštevati, da je biomasa dosevkov, predvsem prezimnih, lahko razgradljiva organska snov še posebej, če rastline zaorjemo ali kakorkoli drugače uničimo v ranih stadijih razvoja. Za bistveno povečanje vsebnosti organske snovi v tleh so potrebne še druge spremembe v gospodarjenju, npr. prehod iz konvencionalne obdelave tal v kmetovanje brez oranja.

Kopičenje organske snovi (tudi v trajnejših oblikah - humusu) v zgornjih plasteh tal na vodovarstvenih območjih predstavlja veliko odgovornost za tistega, ki na teh površinah gospodari. V tej organski snovi je namreč tudi veliko N, ki predstavlja potencialno nevarnost za onesnaženje podtalnih voda. V prejšnjih poglavjih smo že izpostavili dinamična procesa mineralizacije organske snovi v tleh in povečevanja zaloga trajnih oblik organske snovi v tleh ter ravnotežje med obema procesoma. Opuščanje oranja gotovo vodi do povečevanja količin trajnejših oblik organske snovi v tleh, kjer se potem vzpostavi novo ravnotežje med vnosom organske snovi in mineralizacijo. Vendar lahko ob povečani količini organske snovi v tleh pride tudi do vpliva, ki znižuje nivo tega ravnotežja. Vpliv lahko z napačnim gospodarjenjem povzroči človek (npr. ponovno oranje teh površin), ali pa ga povzročijo spremenjene klimatske razmere. Segrevanje okolja, ob zadostni količini vlage v tleh, gotovo vodi do povečevanja mineralizacije organske snovi v tleh. Zato je zelo pomembno, da ravnamo preudarno in se trudimo imeti kmetijske površine vedno pod rastlinskim pokrovom (sprotna poraba mineralnega N, ki izvira iz mineralizacije organske snovi), kar spet povečuje vlogo dosevkov v njivskem kolobarju. Vso kmetovanje pa bi moralo biti urejeno na način, ki zagotavlja stabilen, čim manj spreminjajoč se nivo humusa v tleh. Z drugimi besedami, to pomeni trajen urejen njivski kolobar, ki ne povzroča velikih nihanj v zalogah organske snovi v tleh.

Iz globalnega okoljevarstvenega vidika bi bilo najbolje, da nadzemno biomaso pridelka najprej porabimo za krmo živalim in tako zelo koristno porabimo v biomasi nakopičeno energijo in proteine, živinska gnojila pa potem vrnemo na njivo. Seveda je potem pri uporabi živinskih gnojil potrebno upoštevati predpise, ki odredajo gnojenje na vodovarstvenih območjih.

V kolikor pred setvijo naslednje poljščine celotno biomaso dosevka (torej tudi nadzemni del) zaorjemo, to napravimo kak teden ali nekaj dni pred setvijo, če v biomasi pridelka metuljnica izrazito prevladuje. Tako bo N, ki se bo sproščal z intenzivno mineralizacijo organske snovi, porabljen z naslednjo poljščino in bo manj podvržen izpiranju. Če zaoravamo biomaso, v kateri prevladuje negnojena ne-metuljnica (še posebej trava), zaoravanje izvedemo dva do tri tedne pred setvijo naslednje poljščine, da ne bi bilo negativnega vpliva ostankov dosevka zaradi imobilizacije N. Tudi ob dolgoročni vremenski napovedi, ki obeta daljše sušno obdobje, dosevek zaorjemo ali uničimo, če je potrebno tudi nekaj tednov pred setvijo naslednje poljščine, da ne bi dosevek porabil vseh zaloga vode iz tal.

V zadnjih letih se veliko raziskovalnega in strokovnega napora vlaga v sisteme pridelave rastlin brez obdelave tal, predvsem brez oranja. Eden od ciljev tega je tudi povečanje organske snovi v tleh, z vsemi spremljajočimi pozitivnimi vplivi na rodovitnost tal in okolje. Za dosevke je že omenjeno, da jih pozno poleti ali jeseni, če je le mogoče, sejemo brez oranja, torej ob minimalni površinski obdelavi tal ali celo neposredno. Spomladi pa nadzemno biomaso, če jo pustimo na njivi, uničimo. V ta namen se je v preteklosti v svetu precej uporabljal herbicid, danes se zelo raziskujejo in širijo mehanske oblike uničevanja nadzemnih delov prekrivnih rastlin, kot sta npr. valjanje in mulčenje rastlin ter neposredne setve naslednje poljščine. V tem primeru je potrebno opozoriti, da bo mineralizacija ostankov organske snovi bistveno počasnejša, kot pri zaoranih dosevkih. To je še posebej izrazito v sušnih razmerah. Tudi sproščanje hranil je zaradi počasnejše mineralizacije upočasnjeno. Poleg tega se ostanki organske snovi razkrajajo na površini tal, kar pomeni, da bi lahko v ugodnih razmerah za mineralizacijo (dovolj vlage) v ozračje izhlapelo več N (v amonijski obliki), kot bi ga, če bi dosevek zaorali v dokaj hladna tla, čeprav so si rezultati tovrstnih raziskav dokaj nasprotujoči (Thorup-Kristensen in sod., 2003). Izboljševanje tehnik uničevanja dosevkov kot prekrivnih rastlin v sistemih kmetovanja brez oranja je v zadnjih letih eden od ključnih raziskovalnih izzivov sonaravne pridelave rastlin na njivah, še posebej na območjih z dovolj padavin (Vincent-Caboud in sod. 2017). Obdelava tal brez oranja namreč veliko obeta, kar najbolj pa je potrebno zmanjšati sočasne možne negativne učinke tega načina kmetovanja.

Literatura

- Abawi, G.S., Widmer, T.L., 2000. Impacts of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. *Applied Soil Ecology* 15, 37-47.
- Alexandratos, N., Bruinsma, J., 2012. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working paper No. 12-03. Rome, FAO.
- Allison, M.F., Armstrong, M.J., Jaggard, K.W., Todd, A.D., 1998. Integration of nitrate cover crops into sugarbeet (*Beta vulgaris*) rotations. II. Effect of cover crops on growth, yield and N requirement of sugarbeet. *Journal of Agricultural Science* 130, 61-67.
- Altieri, M.A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74, 19-31.
- Andersen, M.K., Jensen, L.S., 2001. Low soil temperature effects on short-term gross N mineralisation-immobilisation turnover after incorporation of a green manure. *Soil Biology and Biochemistry* 33, 511-521.
- Bakker, M.G., Acharya, J., Moorman, T.B., Robertson, A.E., Kaspar, T.C., 2016. The potential for cereal rye crops to host corn seedling pathogens. *Ecology and Epidemiology* 106, 591- 601.
- Bigler, F., Waldburger, M., Frei, G., 1995a. Krankheiten and Schädlinge. *Agrarforschung* 2, 380-382.
- Bigler, F., Waldburger, M., Frei, G., 1995b. Insekten und Spinnen als Nützlinge. *Agrarforschung* 2, 383-386.
- Brandsæter, L.O., Heggen, H., Riley, H., Stubhaug, E., Henriksen, T.M., 2008. Winter survival, biomass accumulation and N mineralization of winter annual and biennial legumes sown at various times of year in northern temperate regions. *European Journal of Agronomy* 28, 437-448.
- Brandsæter, L.O., Olsmo, A., Tronsmo, A.M., Fykse, H., 2002. Freezing resistance of winter annual and biennial legumes at different developmental stages. *Crop Science* 42, 437-443.
- Brandsæter, L.O., Smeby, T., Tronsmo, A.M., Netland, J., 2000. Winter annual legumes for use as cover crops in row crops in northern regions: II. Frost resistance study. *Crop Science* 40, 175-181.
- Brady, N.C., Weil, R.R., 2002. The nature and properties of soils. Thirteenth edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA, 960 s.
- Brant, V., Neckář, K., Pivec, J., Duchoslav, M., Holec, J., Fuksa, P., Venclova, V. 2009. Competition of some summer catch crops and volunteer cereals in the areas with limited precipitation. *Plant, soil and Environment*, 55, , 17 – 24.
- Brennan, E.B., Boyd, N.S., Smith, R.F., Foster, P. 2011. Comparison of rye and legume-rye cover crop mixtures for vegetable production in California. *Agronomy Journal* 103, 449-463.
- Brennan, E.B., Smith, R.F., 2005. Winter cover crop growth and weed suppression on the central coast of California. *Weed Technology* 19, 1017-1024.
- Campiglia, E., Mancinelli, R., Radicetti, E., 2011. Influence of no-tillage and organic mulching on tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) production and nitrogen use in the Mediterranean environment of central Italy. *Scientia Horticulturae* 130, 588-598.
- Carvalho, C., Pisani Gareau, T., Barbercheck, M.: Ground and Tiger Beetles (Coleoptera: Carabidae). The Pennsylvania State University 2017. <http://ento.psu.edu/extension/factsheets/ground-beetles>
- Clark, A. (ed.), 2007. Managing cover crops profitability. Third edition, Sustainable Agriculture Network handbook series; bk 9, 244 s.

- Clark, A.J., Decker, A.M., Meisinger, J.J., McIntosh, M.A., 1997a. Kill date of vetch, rye, and a vetch-rye mixture: I. cover crop and corn nitrogen. *Agronomy Journal* 89, 427-434.
- Clark, A.J., Decker, A.M., Meisinger, J.J., McIntosh, M.A., 1997b. Kill date of vetch, rye, and a vetch-rye mixture: II. Soil moisture and corn yield. *Agronomy Journal* 89, 434-441.
- Constantin, J., Beaudoin, N., Laurent, F., Cohan, J-P., Duyme, F., Mary, B., 2011. Cumulative effects of catch crops on nitrogen uptake, leaching and net mineralization. *Plant and Soil* 341, 137-154.
- Constantin, J., Mary, B., Laurent, F., Aubrion, G., Fontaine, A., Kerveillant, P., Beaudoin, N., 2010. Effects of catch crops, no till and reduced nitrogen fertilization on nitrogen leaching and balance in three long-term experiments. *Agriculture, ecosystems and Environment* 135, 268-278.
- Črnigoj Marc, T,m Svetin, I., 2016. Statópis - Statistični pregled Slovenija 2016. Statistični urad Republike Slovenije, Ljubljana, 98 s.
- Crush, J.H., 1987. Nitrogen fixation. V 'White clover (ured. Baker in sod.), CAB, s. 185-202.
- Ćupina, B., Manojlović, M., Krstić, Dj., Čabilovski, R., Mikić, A., Ignjatović-Ćupina, A., Erić, P., 2011. Effect of winter cover crops on the dynamics of soil mineral nitrogen and yield and quality of Sudan grass [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Australian Journal of Crop Science* 5, 839-845.
- Ćupina, B., Vujić, S., Krstić, Dj., Radanović, Z., Čabilovski, R., Manojlović, M., Latković, D., 2017. Winter cover crops as green manure in a temperate region. The effects on nitrogen budget and yield of silage maize. *Crop & pasture Science*, <https://doi.org/10.1071/CP17070>.
- De Bruin, J.L., Porter, P.M., Jordan, N.R., 2005. Use of a rye cover crop following corn in rotation with soybean in the upper Midwest. *Agronomy Journal* 97, 587-598.
- De La Fuente De Val, G., Mühlhauser, H.S., 2014. Visual quality: An examination of a South American Mediterranean landscape, Andean foothills east of Santiago (Chile). *Urban Forestry and Urban Greening* 13, 261-271.
- Drinkwater, L.E., Janke, R.R., Rossoni-Longnecker, L., 2000. Effects of tillage intensity on nitrogen dynamics and productivity in legume-based grain systems. *Plant and Soil* 227, 99-113.
- Doane, T.A., Horwath, W.R., Mitchell, J.P., Jackson, J., Miyao, G., Brittan, K., 2009. Nitrogen supply from fertilizer and legume cover crop in the transition to no-tillage for irrigated row crops. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 85, 253-262.
- Duiker, S.E., Curran, W.S., 2005. Rye cover crop management for corn production in the northern Mid-Atlantic region. *Agronomy Journal* 97, 1413-1418.
- Ebelhar, S.A., Frye, W.W., Blevins, R.L., 1984. Nitrogen from legume cover crops for no-tillage corn. *Agronomy Journal* 76, 51-55.
- Elgersma, A., Nassiri, M., Schlegers, H., 1998. Competition in perennial ryegrass-white clover mixture under cutting. 1. Dry matter yield, species composition and nitrogen fixation. *Grass and Forage Science* 53, 353-366.
- Ellis, K., Barbercheck, M., 2014. Bees and cover crops: Using flowering cover crops for native pollinator conservation. *Entomological Notes*. College of Agricultural Sciences, Penn State University, <http://ento.psu.edu/extension/factsheets/bees-and-cover-crops> (dostopno 6. februar, 2015).
- Eriksen, J., Thorup-Kristensen, 2002. The effect of catch crops on sulphate leaching and availability of S in the succeeding crop on sandy loam soil in Denmark. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90, 247-254.
- Eriksen, J., Thorup-kristensen, K., Askegaard, M., 2004. Plant availability of catch crop sulphur following spring incorporation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 167, 609-615.
- FAO, 1984. Legume inoculants and their use. Fao, Rome, 63 s.
- Faget, M., Liedgens, M., Feil, B., Stamp, P., Herrera, J.M., 2012. Root growth of maize in an Italian ryegrass living mulch studied with a non-destructive method. *European Journal of Agronomy* 36, 1-8.

- Faé, G.S., Sulc, R.M., Barker, D.J., Dick, R.P., Eastridge, M.L., Lorenz, N., 2009. Integrating winter annual forages into a no-till corn silage system. *Agronomy Journal* 101, 1286-1296.
- Feaga, J.B., Selker, J.S., Dick, R.P., Hempill, D.D., 2010. Long-term nitrate leaching under vegetable production with cover crops in the Pacific Northwest. *Soil Science Society of America* 74, 186-195.
- Feil, B., Garibay, S.V., Ammon, H.U., Stamp, P., 1997. Maize production in a grass mulch system - seasonal patterns of indicators of the nitrogen status of maize. *European Journal of Agronomy* 7, 171-191.
- Fisk, J.W., Hesterman, O.B., Shrestha, A., Kells, J.J., Harwood, R.R., Squire, J.M., Sheaffer, C.C., 2001. Weed suppression by annual legume cover crops in no-tillage corn. *Agronomy Journal* 93, 319-325.
- Folorunso, O.A., Rolston, D.E., Prichard, T., Louie, D.T., 1992. Soil surface strength and infiltration rate as affected by winter cover crops. *Soil Technology* 5, 189-197.
- Furlanetto, C., Cares, J.E., da Cruz, M.I.F., de Guimarães, R., 2012. Development of winter cover crops in soil infested with the nematode *Tubixaba tuxaua* in Western Paraná, Brazil. *Nematropica* 42, 314-319.
- Gabriel, J.L., Alonso-Ayuso, M., García-González, I., Hontoria, C., Quemada, M., 2016. Nitrogen use efficiency and fertiliser fate in a long-term experiment with winter cover crops. *European Journal of Agronomy* 79, 14-22.
- Gabriel, J.L., Quemada, M., 2011. Replacing bare fallow with cover crops in a maize cropping system: Yield, N uptake and fertiliser fate. *European Journal of Agronomy* 34, 133-143.
- Gabriel, J.L., Muñoz-Carpena, R., Quemada, M., 2012. The role of cover crops in irrigated systems: Water balance, nitrate leaching and soil mineral nitrogen accumulation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 155, 50-61.
- Garibay, S.V., Stamp, P., Ammon, H.U., Feil, B., 1997. Yield and quality components of silage maize in killed and live cover crop sods. *European Journal of Agronomy* 6, 179-190.
- Geiger, F., de Snoo, G.R., Berendse, F., Guerrero, I., Morales, M.B., Oñate, J.J., Eggers, S., Part, T., Bommarco, R., Bengtsson, J., Clement, L.W., Weisser, W.W., Olszewski, A., Ceryngier, P., Hawro, V., Inchausti, P., Fischer, C., Flohre, A., Thies, C., Tschardtke, T., 2010. Landscape composition influences farm management effects on farmland birds in winter: A pan-European approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139, 571-577.
- Gołowski, A., Kasprzykowski, Z., Jobda, M., Duer, I., 2013. The importance of winter catch crops compared with other farmland habitats to birds wintering in Poland. *Polish Journal of Ecology* 61, 357-364.
- Grignani, C., Zavattaro, L., Sacco, D., Monaco, S., 2007. Production, nitrogen and carbon balance of maize-based forage systems. *European Journal of Agronomy* 26, 42-453.
- Gselman, A., Kramberger, B., 2008. Benefits of winter legume cover crops require early sowing. *Australian Journal of Agricultural research* 59, 1156-1163.
- Guillard, K., Griffin, G.F., Allinson, D.W., Rafey, M.M., Yamartino, W.R., Pietrzyk, S.W., 1995a. Nitrogen utilization of selected cropping systems in the U.S. northeast: I. Dry matter yield, N uptake, apparent N recovery, and N use efficiency. *Agronomy Journal* 87, 193-199.
- Guillard, K., Griffin, G.F., Allinson, D.W., Yamartino, W.R., Rafey, M.M., Pietrzyk, S.W., 1995b. Nitrogen utilization of selected cropping systems in the U.S. northeast: II. Soil profile nitrate distribution and accumulation. *Agronomy Journal* 87, 199-2017.
- Haber, F., 1920. The syntheses of ammonia from its elements. Nobel Lecture, June 2, 1920. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1918/haber-lecture.pdf (dostopno 6. december, 2013).
- Hanly, J.A. and Gregg, P.E.H., 2004. Green-manure impacts on nitrogen availability to organic sweetcorn (*Zea mays*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 32, 295-307.

- Hansen, Z.R., Keinath, A.P., 2013. Increased pepper yields following incorporation of biofumigation cover crops and the effects on soilborne pathogen populations and pepper disease. *Applied Soil Ecology* 63, 67-77.
- Henry, D.C., Mullen, R.W., dygert, C.E., Diedrick, K.A., Sundermeier, A., 2010. Nitrogen contribution from red clover for corn following wheat in western Ohio. *Agronomy Journal* 102, 210-215.
- Herzog, H., Konrad, R., 1992. Nitrogen movement in an arable sandy soil and ways of reducing nitrogen losses - preliminary results. *Journal of Agronomy and Crop Science* 169, 135-143.
- Holderbaum, J.F., Decker, A.M., Meisinger, J.J., Mulford, F.R., Vough, L.R., 1990. Harvest management of a crimson clover cover crop for no-tillage corn production. *Agronomy Journal* 82, 918-923.
- https://en.wikipedia.org/wiki/Rove_beetle
- Iglesias, I., Lloveras, J., 1998. Annual cool-season legumes for forage production in mild winter areas. *Grass and Forage Sciences* 53, 318-325.
- Ilnicki, R.D., Enache, A.J., 1992. Subterranean clover living mulch: an alternative method of weed control. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 40, 249-264.
- Jahangir, M.M.R., Minet, E.P., Johnston, P., Premrov, A., Coxon, C.E., Hackett, R., Richards, K.G., 2014. Mustard catch crop enhances denitrification in shallow groundwater beneath a spring barley field. *Chemosphere* 103, 234-239.
- Jarecki, M.K., Parkin, T.B., Chan, A.S.K., Kaspar, T.C., Moorman, T.B., Singer, J.W., Kerr, B.J., Hatfield, J.L., Jones, R. 2009. Cover crop effects on nitrous oxide emission from a manure-treated Mollisol. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 134, 29-35.
- Jensen, L.S., Salo, T., Palmason, F., Breland, T.A., Henriksen, T.M., Stenberg, B., Pedersen, A., Lundström, C., Esala, M., 2005. Influence of biochemical quality on C and N mineralisation from a broad variety of plant materials in soil. *Plant and Soil* 273, 307-326.
- Jones, M.B., 2010. Potential for carbon sequestration in temperate grassland soils. In: Abberton, M., Conant, R., Batello, C. (Eds), *Grassland carbon sequestration: management, policy and economics* FAO, pp. 11, 1-18.
- Junge, X., Lindermann-Matthies, P., Hunziker, M., Schüpbach, B., 2011. Aesthetic preferences of non-farmers and farmers for different land-use types and proportions of ecological compensation areas in the Swiss lowlands. *Biological Conservation* 144, 1430-1440.
- Junge, X., Schüpbach, B., Walter, T., Schmid, B., Lindermann-Matthies, P., 2015. Aesthetic quality of agricultural landscape elements in different seasonal stages in Switzerland. *Landscape and Urban Planning* 133, 67-77.
- Kaspar, T.C., Radke, J.K., Laflien, J.M., 2001. Small grain cover crops and wheel traffic effects on infiltration, runoff, and erosion. *Journal of Soil and Water Conservation* 56, 160-164.
- Kazenwadel, G., Zeddies, J., Löthe, K., 1997. Balancing greenhouse gases and reduction of emission in grassland farming systems. In 'Jarvis, S.C., Pain B.F. (ur.) Gaseous nitrogen emissions from grasslands'. CAB International Wallingford, s. 373-381.
- Kessavalou, A., Walters, D.T., 1997. Winter rye as a cover crop following soybean under conservation tillage. *Agronomy Journal* 89, 68-74.
- Kmetijstvo na območjih Natura 2000. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS, Ljubljana, 2010, 42 s.
- Komajnda, M., Taube, F., Kluss, C., Herrmann, A., 2016. Above- and belowground nitrogen uptake of winter catch crops sown after silage maize as affected by sowing date. *European Journal of Agronomy* 79, 31-42.
- Korošec, J.; Pridelovanje krme. ČZP Kmečki glas, Ljubljana, 1989, 181 s.
- Kramberger, B., 1995. Pridelovanje krme – izbrana poglavja. Univerza v Mariboru, Visoka kmetijska šola, 200 s.
- Kramberger, B., 2003. Ozelenitev tal v kmetijstvu. Fakulteta za kmetijstvo UM, 80 s.
- Kramberger, B., Cigan, J., Kapun, S., 2001. Spring utilisation of Italian ryegrass sown in early autumn and subsequent growing of maize in the same field. In 'Pen, A. (ed.), Proceedings

- of the 10th Conference on Nutrition of Domestic Animals "Zdravec-Erjavec Days", Radenci, Slovenia, pp. 235-239.
- Kramberger, B., Gselman, A., Janžekovic, M., Kaligarič, M., Bracko, B., 2009. Effects of cover crops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. *European Journal of Agronomy* 31, 103-109.
- Kramberger, B., Gselman, A., Kapun, S., Kaligarič, M., 2007. Effect of sowing rate of Italian ryegrass drilled into pea stubble on removal of soil mineral nitrogen and autumn nitrogen accumulation by herbage yield. *Polish Journal of Environmental Studies* 16, 705-713.
- Kramberger, B., Gselman, A., Kristl, J., Lešnik, M., Šuštar, V., Muršec, M., Podvršnik, M., 2014. Winter cover crop: the effects of grass-clover mixture proportion and biomass management on maize and the apparent residual N in the soil. *European Journal of Agronomy* 55, 63-71.
- Kramberger, B., Gselman, A., Podvršnik, M., Kristl, J., Lešnik, M., 2013. Environmental advantages of binary mixtures of *Trifolium incarnatum* and *Lolium multiflorum* over individual pure stands. *Plant Soil and Environment* 59, 22-28.
- Kramberger, B., Lukac, B., Gruskovnjak, D., Gselman, A., 2008. Effects of Italian ryegrass and date of plow-in on soil mineral nitrogen and sugarbeet yield and quality. *Agronomy Journal* 100, 1332-1338.
- Kristensen, H.L., Thorup-Kristensen, K., 2004. Root growth and nitrate uptake of three different catch crops in deep soil layers. *Soil Science Society of America Journal* 68, 529-537.
- Krueger, E.S., Ochsner, T.O., Porter, P.M., Baker, J.M., 2011. Winter rye cover crop management influences on soil water, soil nitrate and corn development. *Agronomy Journal* 103, 316-323.
- Kruidhof, H.M., Bastiaans, L., Kropff, M.J., 2009. Cover crop residue management for optimizing weed control. *Plant and Soil* 318, 169-184.
- Kuo, S., Jellum, E.J., 2000. Long-term winter cover cropping effects on corn (*Zea mays* L.) production and soil nitrogen availability. *Biology and Fertility of Soils* 31, 470-477.
- Kuo, S., Jellum, E.J. 2002. Influence of winter cover crop and residue management on soil nitrogen availability and corn. *Agronomy Journal* 94, 501-508.
- Kuo, S., Sainju, U.M., 1998. Nitrogen mineralization and availability of mixed leguminous and non-leguminous cover crop residues in soil. *Biology and Fertility of Soils* 26, 346-353.
- Kuo, S., Sainju, U.M., Jellum, E.J., 1996. Winter cover cropping influence on nitrogen mineralization, presidedress soil nitrate test, and corn yields. *Biology and Fertility of Soils* 22, 310-317.
- Kuo, S., Sainju, U.M., Jellum, E.J., 1997. Winter cover crop effects on organic carbon and carbohydrate in soil. *Soil Science Society American Journal* 61, 145-152.
- Lemaire, G., Recous, S., Mary, B., 2004. Managing residues and nitrogen in intensive cropping systems. New understanding for efficient recovery by crops. In: *Proceedings of 4th International Crop Science Congress*, 26 Sept-1 Oct 2004, Brisbane Australia, www.cropscience.org.au/ics2004/.
- Liedgens, M., Frossard, E., Richner, W., 2004a. Interactions of maize and Italian ryegrass in a living mulch system: (2) Nitrogen and water dynamics. *Plant and Soil* 259, 243-258.
- Liedgens, M., Soldati, A., Stamp, P., 2004b. Interactions of maize and Italian ryegrass in a living mulch system: (1) Shoot growth and rooting patterns. *Plant and Soil* 262, 191-203.
- Lindermann-Matthies, P., Briegel, R., Schüpbach, B., Junge, X., 2010. Aesthetic preference for a Swiss alpine landscape: The impact of different agricultural land-use with different biodiversity. *Landscape and Urban Planning* 98, 99-109.
- Liu, W., Baddeley, J., Watson, C. 2011. Models of biological nitrogen fixation of legumes. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 31, 155-172.
- Lord, J.S., Lazzeri, L., Atkinson, H.J., Urwin, P.E., 2011. Biofumigation for control of pale potato cyst nematodes: Activity of Brassica leaf extracts and green manures on *Globodera pallida* in vitro and in soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59, 7882-7890.

- Macdonald, A.J., Poulton, M.T., Howe, M.T., Goulding, K.W.T., Powlson, D.S., 2005. The use of cover crops in cereal-based cropping systems to control nitrate leaching in SE England. *Plant and Soil* 273, 355-373.
- Mason-Sedun, W., Jessop, R.S., Lovett, J.V., 1986. Differential phytotoxicity among species and cultivars of the genus *Brassica* to wheat. *Plant and Soil* 93, 3-16.
- Meisinger, J.J., Hargrove, W.L., Mikelsen, R.L., Williams, J.R., Benson, V.W., 1991. Effects of cover crops on groundwater quality. In: Hargrove W.L. (ed.). *Cover crop for clean water. The proceedings of an international conference, West Tennessee Expert Station, April 9-11, 1991*, Jackson, Tennessee. Soil and water Conservation Society, s. 57-68.
- Morris, J., Burgess, P.J., 2012. Modern agriculture and implications for land use and management. In: Hester, R.E. and Harrison, R.M (eds) *Environmental implications of agriculture*. RCS Publishing, London, UK, s. 1-34.
- Möller, K., Reents, H-J., 2009. Effects of various cover crops after peas on nitrate leaching and nitrogen supply to succeeding winter wheat or potato crops. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172, 277-287.
- Möller, K., Stinner, W., Leithold, G., 2008. Growth, composition, biological N₂ fixation and nutrient uptake of a leguminous cover crop mixture and the effect of their removal on field nitrogen balances and nitrate leaching risk. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 82, 233-249.
- Mueller, T., Thorup-Kristensen, K., 2001. N-fixation of selected green manure plants in organic crop rotation. *Biological Agriculture and Horticulture* 18, 345-363.
- Munawar, A., Blevins, R.L., Frye, W.W., Saul, M.R., 1990. Tillage and cover crop management for soil water conservation. *Agronomy Journal* 82, 773-777.
- Murphy, D.V., Recous, S., Stockdale, E.A., Fillery, I.R.P., Jensen, L.S., Hatch, D.J., Goulding, W.T., 2003. Gross nitrogen fluxes in soil: theory, measurement and application of ¹⁵N pool dilution techniques. *Advances in Agronomy* 79, 69-119.
- Odhiambo, J.J.O., Bomke, A.A., 2001. Grass and legume cover crop effect on dry matter and nitrogen accumulation. *Agronomy Journal* 93, 299-307.
- Ojaghian, M.R., Cui, Z-Q., Xie, G-L., Li, B., Zhang, J., 2012. Brassica green manure rotation crops reduce potato stem rot caused by *Sclerotinia sclerotium*. *Australasian Plant Pathology* 41, 347-349.
- Parkin, T.B., Kaspar, T.C., Singer, J.W., 2006. Cover crop effects on the fate of N following soil application of swine manure. *Plant and Soil* 289, 141-152.
- Peoples, M.B., Landha, J.K., Herridge, D.F., 1995. Enhancing legume N₂ fixation through plant and soil management. *Plant and Soil* 174, 83-101.
- Pieters, A.J., 1927. *Green manuring principles and practices*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 356 s.
- Poročilo o stanju, kmetijstva, živilstva, gozdarstva in ribištva 2015. Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, 2016, 258 s.
- Quemada, M., Cabrera, M.L., 2002. Characteristics moisture curves and maximum water content of two crop residues. *Plant and Soil* 238, 295-299.
- Radicetti, E., Mancinelli, R., Campiglia, E., 2013. Impact of managing cover crop residues on the floristic composition and species diversity of the weed community of pepper crop (*Capsicum annuum* L.). *Crop protection* 44, 109-119.
- Raimbault, B.A., Vyn, T.J., Tollenaar, M., 1990. Corn response to rye cover crop management and spring tillage systems. *Agronomy Journal* 82, 1088-1093.
- Ranells, N.N., Waggoner, M.G., 1996. Nitrogen release from grass and legume cover crop monocultures and bicultures. *Agronomy Journal* 88, 777-782.
- Ranells, N.N., Waggoner, M.G., 1997. Winter annual grass-legume bicultures for efficient nitrogen management in no-till corn. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 65, 23-32.
- Reddy, K.N., 2001. Effects of cereal and legume cover crop residues on weeds, yield, and net return in soybean (*Glycine max*). *Weed Technology* 15, 660-668.

- Reese, C.L., Clay, D.E., Clay, S.A., Bich, A.D., Kennedy, A.C., Hansen, S.A., Moriles, J., 2014. Winter cover crops impact on corn production in semiarid regions. *Agronomy Journal* 106, 1479-1488.
- Reicosky, D.C., Forcella, F., 1998. Cover crop and soil quality interactions in agroecosystems. *Journal of Soil and Water Conservation* 53, 224-229.
- Rochester, I., Peoples, M., 2005. Growing vetches (*Vicia villosa* Roth) in irrigated cotton systems: inputs of fixed N, N fertilizer savings and cotton productivity. *Plant and Soil* 271, 251-264.
- Rüegg, W.T., Richner, W., Stamp, P., Feil, B., 1998. Accumulation of dry matter and nitrogen by minimum-tillage silage maize planted into winter cover crop residues. *European Journal of Agronomy* 8, 59-69.
- Rüttimann, M., Schaub, D., Prasuhn, V., Rüegg, W., 1995. Measurement of runoff and soil erosion on regularly cultivated fields in Switzerland – some critical consideration. *Catena* 25, 127-139.
- Sainju, U.M., Singh, B.P., 2001. Tillage, cover crop, and kill-planting date effects on corn yield and soil nitrogen. *Agronomy Journal* 93, 878-886.
- Sainju, U.M., Singh, B.P., Whitehead, W.F., 2002. Long-term effects, cover crops, and nitrogen fertilization on organic carbon and nitrogen concentration in sandy loam soils in Georgia, USA. *Soil & Tillage Research* 63, 167-179.
- Sarrantonio, M., Scott, T.W., 1988. Tillage effects on availability of nitrogen to corn following a winter green manure crop. *Soil Science Society American Journal* 52, 1661-1668.
- Shipley, P.R., Meisinger, J.J., Decker, A.M., 1992. Conserving residual fertilizer nitrogen with winter cover crops. *Agronomy Journal* 84, 869-876.
- Smith, M.S., Frye, W.W., Varco, J., 1987. Legume winter cover crops. *Advances in Soil Science* 7, 95-139.
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko, 2007. Agriculture. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (ur.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. s. 497-540.
- Snapp, S.S., Swinton, S.M., Labarta, R., Mutch, D., Black, J.R., Leep, R., Nyiraneza, J., O'Neil, K.O., 2005. Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. *Agronomy Journal* 97, 322-332.
- Stavridou, E., Thorup-Kristensen, K., Young, S.D., 2011. Assessment of selenium mineralization and availability from catch crops. *Soil Use and Management* 27, 305-311.
- Stinner, P.W., 2015. The use of legumes as a biogas substrate - potentials for saving energy and reducing greenhouse gas emissions through symbiotic nitrogen fixation. *Energy, Sustainability and Society* 5, <https://doi.org/10.1186/s13705-015-0034-z>
- Summer, D.R., Phatak, S.C., Gay, J.D., Chalfant, R.B., Brunson, K.E., Bugg, R.L., 1995. Soilborne pathogens in a vegetable double-crop with conservation tillage following winter cover crops. *Crop Protection* 14, 495-500.
- Sung, J-K., Jung, J-A., Lee, B-M., Lee, S-M., Lee, Y-H., Choi, D-H., Kim, T-W., Song, B-H., 2010. Effect of incorporation of hairy vetch and rye grown as cover crops on weed suppression related with phenolics and nitrogen contents of soil. *Plant Production Science* 13, 80-84.
- Teasdale, J.R., Bieste, C.E., Potts, W.E., 1991. Response of weeds to tillage and cover crop residue. *Weed Science* 39, 195-199.
- Thomsen, I.K., Lægdsmand, M., Olesen, J.O., 2010. Crop growth and nitrogen turnover under increased temperatures and low autumn and winter light intensity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139, 187-194.
- Thiessen Martens, J.R., Entz, M.H., 2011. Integrating green manure and grazing systems: A review. *Canadian Journal of Plant Science* 91, 811-824.

- Thorup-Kristensen, K., 1993. Effect of nitrogen catch crops on the nitrogen nutrition of a succeeding crop. I: effects through mineralization and pre-emptive competition. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science* 43,74-81.
- Thorup-Kristensen, K., 2001. Are differences in root growth of nitrogen catch crops important for their ability to reduce soil nitrate-N content, and how can this be measured? *Plant and Soil* 230, 185-195.
- Thorup-Kristensen, K., Dresbøll, D.B., 2010. Incorporation time of nitrogen catch crops influences the N effects for the succeeding crop. *Soil Use and Management* 26, 27-35.
- Thorup-Kristensen, K., Magid, J., Jensen, L.S., 2003. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Advances in Agronomy* 79, 227-302.
- Tonitto, C., David, M.B., Drinkwater, L.E., 2006. Replacing bare fallows with cover crops in fertilizer-intensive cropping systems: A meta-analysis of crop yield and N dynamics. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112, 58-72.
- Torbert, H.A., Reeves, D.W., Mulvaney, R.L., 1996. Winter legume cover crop benefits to corn: rotation vs. fixed-nitrogen effects. *Agronomy Journal* 88, 527-535.
- Tosti, G., Benincasa, P., Farneselli, M., Pace, R., Tei, F., Guiducci, M., Thorup-Kristensen, K., 2012. Green manuring effect of pure and mixed barley – hairy vetch winter cover crops on maize and processing tomato N nutrition. *European Journal of Agronomy* 43, 136-146.
- Yenish, J.P., Worsham, A.D., York, A.C., 1996. Cover crops for herbicide replacement in no-tillage corn (*Zea mays*). *Weed Technology* 10, 815-821.
- Vaughan, J.D., Hoyt, G.D. and Wollum II, A.G., 2000. Cover crop nitrogen availability to conventional and no-till corn: Soil mineral nitrogen, corn nitrogen status, and corn yield. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 31, 1017-1041.
- Verzeaux, J., Alahmad, A., Habbib, H., Nivelle, E., Roger, D., Lacoux, J., Decocq, G., Hirel, B., Catterou, M., Spicher, F., Dubois, F., Duclercq, J., Tetu, T., 2016. Cover crops prevent the deleterious effect of nitrogen fertilisation on bacterial diversity by maintaining the carbon content of ploughed soil. *Geoderma* 281, 49-57.
- Vos, J., van der Putten, P.E.L., 2001. Field observation on nitrogen catch crops. III. Transfer of the nitrogen to the succeeding main crop. *Plant and Soil* 236, 263-273.
- Vos, J., van der Putten, P.E.L., 2004. Nutrient cycling in a cropping system with potato, spring wheat, sugar beet, oats and nitrogen catch crops. II. Effect of catch crops on nitrate leaching in autumn and winter. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 70, 23-31.
- Waggar, M.G., 1989a. Cover crop management and nitrogen rate in relation to growth and yield of no-till corn. *Agronomy Journal* 81, 533-538.
- Waggar, M.G., 1989b. Time of desiccation effects on plant composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops. *Agronomy Journal* 81, 236-241.
- Wilke, B.J., Snapp, S.S., 2008. Winter cover crops for local ecosystems: linking plant traits and ecosystem functions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88, 551-557.
- Vincent-Caboud, L., Peigné, J., Casagrande, M., Silva, E.M., 2017. Overview of organic cover crop-based no-tillage technique in Europe: Farmers' practices and research challenges. *Agriculture* 7, doi:10.3390/agriculture7050042.
- Witter, R., Dorn, B., Jossi, W., van der Heijden, M.G.A., 2017. Cover crops support ecological intensification of arable cropping systems. *Scientific Reports* 7, doi: 10.1038/srep41911.
- Wyland, L.J., Jackson, L.E., Chaney, W.E., Klonsky, K., Koike, S.T., Kimple, B. 1996. Winter cover crops in a vegetable cropping system: Impacts on nitrate leaching, soil water, crop yield, pests and management costs. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 59, 1-17.
- Wollenberg, E., Tapio-Biström, M-L., Grieg-Gran, M., 2012. Climate change mitigation in agriculture. In ' Wollenberg, E., Nihart, A., Tapio-Biström, M-L., Grieg-Gran, M. (ur.) Climate change mitigation in agriculture'. Earthscan, London, New York, s. 3-27.
- Zhou, X.G., Everts, K.L., 2004. Suppression of Fusarium wilt of watermelon by soil amendment with hairy vetch. *Plant Disease* 88, 1357-1365.



Univerza v Mariboru

Fakulteta za kmetijstvo
in biosistemske vede



Interreg 

SLOVENIJA – AVSTRIJA
SLOWENIEN – ÖSTERREICH

Evropska unija | Evropski sklad za regionalni razvoj
Europäische Union | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung



SI-MUR-AT 



REPUBLIKA SLOVENIJA
SLUŽBA VLADE REPUBLIKE SLOVENIJE ZA RAZVOJ
IN EVROPSKO KOHEZIJSKO POLITIKO

