

ZAKLJUČNO POROČILO
O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA
NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA
PROGRAMA (CRP) »KONKURENČNOST SLOVENIJE 2006 – 2013«

I. Predstavitev osnovnih podatkov raziskovalnega projekta

1. Naziv težišča v okviru CRP:

Biotehniške vede - Rastlinska produkcija in predelava

2. Šifra projekta:

V4-0483

3. Naslov projekta:

Strategija prilagajanja klimatskim spremembam v pridelavi hmelja in koruze na teksturno lahkih tleh

3. Naslov projekta

3.1. Naslov projekta v slovenskem jeziku:

Strategija prilagajanja klimatskim spremembam v pridelavi hmelja in koruze na teksturno lahkih tleh

3.2. Naslov projekta v angleškem jeziku:

Strategy of adapting to climate changes in hops and maize production on light texture soil

4. Ključne besede projekta

4.1. Ključne besede projekta v slovenskem jeziku:

hmelj, koruza, tla, podnebne spremembe, tehnologija pridelave, spiranje, označen dušik, gnojenje

4.2. Ključne besede projekta v angleškem jeziku:

hops, maize, soil, climate changes, technology of production, leaching, marked N, fertilization

Strategija prilagajanja klimatskim spremembam v pridelavi hmelja in koruze na teksturno lahkih tleh

Projekt je bil zasnovan z namenom preučitve vpliva gnojenja z dušikovimi mineralnimi gnojili, različne obdelave tal in vključevanja pokrovnih rastlin na izgube dušika iz sistema tla-rastlina in na pridelek hmelja ter njegovo kakovost. Obenem smo želeli prispevati k dodelavi agrotehnike v pridelavi koruze na teksturno lažjih tleh v spremenjenih podnebnih razmerah.

1 Izhodišča

V Sloveniji imamo okrog 170.000 ha njiv, od tega okrog četrtino na lahkih peščeno prodnatih tleh. Spremembe podnebja so po mnenju znanstvenikov in strokovnjakov neizbežne in se že dogajajo. Zaradi večjega nihanja pridelkov bo posledično spremenljiva oskrba s hrano. Glede na to, da je Slovenija med državami z najmanjšo površino njiv na prebivalca v Evropi in da je svetovni trg kmetijskih pridelkov negotov, je ohranitev kmetovanja na dosedanjih zemljiščih strateškega pomena. Kot posledica vremenskih razmer bodo lahko vplivi kmetijstva na okolje še slabši, zato moramo za pri nas najbolj razširjeno poljščino (koruzo) in na svetovnem trgu cenjen in prepoznaven slovenski hmelj prilagoditi tehnologijo pridelave, da bo le ta tudi v spremenjenih razmerah trajnostna in okoljsko sprejemljiva. Ker se podnebne razmere spreminjajo v Sloveniji hitreje kot na nekaterih drugih lokacijah Evrope, lahko služijo rezultati projekta tudi kot modelni, predvsem za hmelj, pri katerem so tovrstne raziskave zelo redke.

V Sloveniji se **hmelj** prideluje na 1557 ha, v glavnem na tleh prodnatega rečnega nanosa reke Savinje in drugih manjših vodotokov, ki so nemalokrat tudi plitva in vsebujejo manj organske snovi, vendar pa je, zaradi postavljene infrastrukture, ki je potrebna in specifična pri pridelavi te poljščine (obiralni stroji, žičnice, sušilnice,...) ter tradicije pridelovanja v teh krajih, potrebno prilagoditi tehnologijo pridelave tako, da bo na tem območju smotrna, trajnostno naravnana in ne bo vplivala na obremenjevanje okolja. Stabilna kakovost in zagotovljeni pridelki hmelja bodo omogočali še nadaljnjo konkurenčnost in prepoznavnost Slovenije na svetovnih trgih, trajnostno hmeljarjenje pa obdržanje tradicije pridelovanja ob istočasnem čim manjšem obremenjevanju okolja.

S **koruzo**, za slovenske razmere strateško najbolj pomembno poljščino, ki jo pridelujemo na skoraj 40% njiv, je pridelovanje krme najbolj gospodarno zaradi zelo velikega potenciala za pridelek hranilnih snovi in energije ter cenenosti pridelave. Trajnostno naravnana proizvodnja koruze je ključnega pomena za čim manjšo odvisnost od uvoza in preprečevanje obremenjevanja okolja.

Problem je tudi onesnaženost z nitrati v globjih plasteh tal, zato smo želeli ugotoviti, koliko ga ostane v SV Sloveniji v tleh po koruzi oziroma ugotoviti, kakšen delež dušika v globini tal je dejansko posledica pretiranega gnojenja z mineralnimi gnojili in kolik je delež drugih virov.

Namen prilagajanja kmetovanja je zmanjšati tveganje in škodo zaradi sedanjih in prihodnjih škodljivih učinkov podnebnih sprememb, in sicer na način, ki je stroškovno učinkovit ali izkorišča možne koristi. Prilagajanje kmetijstva je kompleksen proces, prednost pa se daje cenejšim ukrepom in ukrepom, ki istočasno vplivajo tudi na blaženje podnebnih sprememb (zmanjšanje izpustov ogljika iz zemlje, povečanje vezave CO₂ v tleh in biomasi,...), kar vpeljava podsevkov, zatavljanje in spremenjeni način obdelave vsekakor so.

Ker se v pridelku znajde le okrog 50% dušika, ki smo ga potrosili z mineralnimi gnojili, in še manj tistega, ki smo ga aplicirali z organskimi gnojili, v zadnjih 50 letih pa se je poraba dušikovih gnojil že povečala za 20-krat, je eden največjih izzivov kmetijstva povečati oskrbo s hrano in po drugi strani zmanjšati izgube dušika. V bistvu se mora povečati učinkovitost izrabe dušika, da se bo lahko podprla rast prebivalstva in da se ne bi zato povečalo obremenjevanje okolja. Dušik, ki se ne zajame v tvorjeni organski masi in se ne imobilizira v tleh, je namreč izgubljen iz sistema tla-rastlina. Eden od načinov, kako povečati učinkovitost izrabe dušika iz mineralnih gnojil, je med drugim uporaba gnojil z upočasnjem sproščanjem dušika. Zaradi preprečevanja izpiranja in racionalnega izkoriščanja dušikovih spojin iz tal težimo k pokritosti njiv z rastlinskim pokrovom praktično skozi vse leto, zato smo kot preizkušan podsevek izbrali tudi prezimno rastlino in hmeljišče zatravili.

Uporaba izotopsko označenega mineralnega gnojila je edina direktna metoda za določanje izkoristka dodanega dušičnega mineralnega gnojila. Seveda lahko uporaba indirektnih metode, ko primerjamo različne variante gnojenja z negnojeno kontrolno kombinacijo, v veliko primerih postreže z zadovoljivimi rezultati, vendar nikoli ne more natančno opredeliti vira dušika v rastlini. Prav tako so rast rastlin, sprejem hranil v rastlino kot tudi procesi transformacije dušika v tleh močno različni na negnojenih površinah ali pa v razmerah »optimalne«
založenosti tal z dušikom, zato je indirektna metoda manj primerna, ko želimo informacijo o izkoristku hranila iz dodanega gnojila.

Raziskave s področja hmeljarstva so manj številne, še posebej redke pa so raziskave s področja preučevanja ekologije plevelov v hmeljiščih ter vpliva plevelov na rast in razvoj hmelja, kot tudi o vplivu plevelov na količino in kakovost pridelka hmelja. Pri preučevanju vpliva plevelov na rast in razvoj hmelja se zato večinoma poslužujemo izsledkov raziskav, povezanih s preučevanjem plevelov v drugih večletnih nasadih gojenih rastlin, predvsem sadovnjakih (Merwin in sod., 1995; Walsh in sod., 1996), vinogradih (Pool in sod., 1990) in jagodičevju (Sanderson in Cutcliffe, 1988; Freyman, 1989). Čeprav razmere pri teh nasadih niso enake kot v hmeljišču, pa med njimi obstajajo nekatere skupne značilnosti, zaradi katerih lahko rezultate tovrstnih raziskav v precejšnji meri uporabimo tudi pri pridelovanju hmelja.

Tako kot pri vseh gojenih rastlinah so se tudi pridelovanju hmelja prilagodile številne plevelne vrste rastline, ki jim tehnologija pridelovanja omogoča njihov razvoj in širjenje. S preučevanjem vplivov različnih plevelnih vrst pri pridelovanju hmelja se v preteklosti sicer niso nikjer v svetu niso posebej ukvarjali, prizadevali pa so si, da bi jih bilo v hmeljiščih čim manj.

Z namenom, da bi zapleveljenost hmeljišč uspešno reševali, so bile v letih od 1976 do 1990 na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Žalec opravljene številne floristične in fitocenološke raziskave plevelne vegetacije (Kač, 1982, 1983, 1984; Cerjak, 1991). Iz omenjenih raziskav je razvidno, da si pri nas plevelne vrste po zastopanosti v hmeljiščih sledijo po naslednjem

vrstnem redu, ki je prikazan v preglednici 1. Med njimi je kar nekaj plevelnih vrst iz tako imenovane skupine zimsko-pomladanskih plevelov, ki kalijo že jeseni in nato glede na vremenske razmere nadaljujejo z razvojem preko zime oziroma zgodaj pomladi. Med temi pleveli so navadna zvezdica, bršljanolistni in perzijski jetičnik (*Stellaria media* L., *Veronica hederifolia* L., *Veronica persica* Poir.), njivska vijolica (*Viola arvensis* Murr.), škrlatnordeča mrtva kopriva, prava kamilica (*Matricaria chamomilla* L.), enoletna latovka in še nekatere druge. Te plevelne vrste lahko za razliko od hmelja kalijo in začnejo z razvojem že pri 5 do 8°C (Koch, 1970; Boerner, 1995). Hmeljišča do pomladi zaradi teh plevelnih vrst sicer ozelenijo, vendar pa le-ti zaradi svoje šibkosti hmelju niso konkurenčni, niti niso večja ovira obdelovalnim strojem, s katerimi jih lahko zgodaj spomladi ali tudi pozneje med letom dovolj uspešno zadržujemo pod mejo škodljivosti. Zaradi tega omenjenih enoletnih plevelnih vrst z izjemo srhkodlakavega ščira in bele metlike ne obravnavamo kot hmelju konkurenčne in nevarne plevelne.

Od večletnih plevelov so v hmeljiščih sicer v manjši meri, vendar pa čedalje pogosteje zastopani: plazeča pirnica (*Agropyron (Elymus) repens* (L.) P. Beauv.), topolistna kislica (*Rumex obtusifolius* L.), navadni hren (*Armoracia lapathifolia* Gilib. ex Usteri), njivski osat (*Cirsium arvense* (L.) Scop), navadni gabez (*Symphytum officinale* L.) in plazeča zlatica (*Ranunculus repens* L.). Iz robov hmeljišč se ti koreninski pleveli s semenom in z vegetativnimi deli, kot tudi z obdelovalnimi orodji širijo v notranjost hmeljišč, kjer se pogosto razrastejo v velika gnezda. Njihovi močni razviti nadzemni in podzemni deli v veliki meri konkurirajo hmelju in otežujejo obdelavo, hkrati s tem pa lahko te plevelne vrste gostijo številne povzročitelje bolezni kot tudi škodljivce.

Preglednica 1: Najpogosteje zastopane enoletne plevelne vrste v hmeljiščih v južnem delu Savinjske doline

Plevelne vrste	Latinsko ime	Slovensko name
Enoletni pleveli	<i>Stellaria media</i> L.	navadna zvezdica
	<i>Lamium purpureum</i> L.	škrlatnordeča mrtva kopriva
	<i>Poa annua</i> L.	enoletna latovka
	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	navadni plešec
	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	srhkodlakavi ščir
	<i>Chenopodium album</i> L.	bela metlika
	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	drobnocvetni rogovilček
	<i>Veronica hederifolia</i> L.	bršljanolistni jetičnik
<i>Veronica persica</i> Poir.	perzijski jetičnik	
Večletni pleveli	<i>Agropyron (Elymus) repens</i> (L.) P. Beauv.	plazeča pirnica
	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	topolistna kislica
	<i>Armoracia lapathifolia</i> Gilib. ex Usteri	navadni hren
	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	njivski slak
	<i>Calystegia sepium</i> L.	navadni plotni slak
	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop	njivski osat
	<i>Symphytum officinale</i> L.	navadni gabez
	<i>Ranunculus repens</i> L.	plazeča zlatica

Večletni pleveli postanejo škodljivi v primeru, ko se začnejo širiti in razraščati v medvrstni prostor. Pri uravnavanju plevelne vegetacije v nasadih gojenih rastlin je pomembna določitev pragov škodljivosti, časa trajanja zapleveljenosti, dolžine obdobja, v katerem plevelne vrste tekmujejo z gojenimi rastlinami ter obdobja, v katerem ni konkurenčnih odnosov. Medtem ko so tovrstne raziskave obsežne v primeru najpomembnejših poljščin in vrtnin (Koch, 1970; Michael et al., 1992; Zimdahl, 1993; Zwerger, 1996; Lešnik, 1999; Knezevic et al., 2002), Santos et al., 2004; Heisel et al., 2002; Bukun, 2004;), pa neposrednih odnosov med hmeljem in pleveli do sedaj še niso raziskovali.

Konkurenčni odnos med pleveli in hmeljem za prostor kot tudi svetlobo je prisoten le v letu sajenja oziroma še v drugem letu po sajenju. Hmelj je zaradi svojega načina rasti v precejšnji prednosti pred ostalimi rastlinskimi vrstami v hmeljišču, saj se po začetku rastne dobe izredno hitro vzpenja po opori ter prehititi konkurenčne rastline.

Drugače pa je pri tekmovanju za hranilne snovi in vodo v hmeljiščih. Glavnina korenin pri hmelju sega do globine 60 cm. Pri preskrbi so bistvene adventivne (rosne) korenine, saj se hmeljna rastlina ravno prek njih v velikem obsegu oskrbuje s hranili in vodo. Te korenine se glede na vrsto in pripravo tal razrastejo tudi do 1 m okoli korenike. To je tudi območje, kjer se odvijajo glavni medsebojni konkurenčni odnosi med pleveli in hmeljem. Iz rezultatov številnih raziskav v preteklih letih je razvidno, da je v naših pridelovalnih razmerah kultivarjem hmelja, ki jih gojimo v Sloveniji, potrebno dodati v povprečju od 120 do 180 kg čistega dušika v treh obrokih (Kišgeci in sod., 1984; Majer, 2002). Ker pa v teh izračunih niso upoštevani odvzemi hranil, ki jih opravijo pleveli, je v primeru zapleveljenosti razpoložljivih hranil za hmelj precej manj. Predvsem drugo in tretje dognojevanje v sezoni je lahko v primeru zapleveljenosti slabo izkoriščeno, saj so pleveli s svojim plitkim ter dobro razvejanim koreninskim sistemom sposobni porabiti večji del teh hranil. Vendar pa hmeljarji tako pri nas kot tudi drugod posvetu (Blackman et al., 1996) tovrstne izgube dušika zaradi plevela največkrat nadomestijo s povečanimi odmerki dušika. Parrish in Bazzaz (1982) sta preučevala vsebnosti hranil v suhi snovi plevelov ter z njimi povezane količine hranil, ki jih ti pleveli porabijo. Med drugim sta v raziskavo vključila tudi belo metliko. Na podlagi teh rezultatov lahko 1 ali 2 rastlini bele metlike na m² porabita vsaj pol toliko dušika kot ga porabi v času rastne dobe hmelj, to je približno 140 kg čistega dušika na ha (Kišgeci in sod., 1984; Majer, 2002). Da porabijo pleveli za svoj razvoj veliko hranil, je v svoji raziskavi ugotovil tudi Lešnik (1999), ki je ravno tako kot Parrish in Bazzaz (1982) ugotavljal vsebnost hranil v baržunastem oslezu ter količino hranil, ki jo baržunasti oslez porabi v času rastne dobe kot plevel v koruzi ali sladkorni pesi.

Pleveli so gostitelji in vektorji različnih povzročiteljev bolezni ter škodljivcev (Dolinar in sod., 2002; Boerner, 1995), saj marsikateremu škodljivcu oz. bolezni nudijo substrat in zavetišče. Pleveli lahko na zdravstveno stanje hmelja vplivajo na različne načine. Zaradi povečanja zračne vlage v hmeljišču, ki je posledica njihove zastopanosti, le-ti neposredno vplivajo na razvoj bolezni hmelja, posredno pa s tem, da so gostitelji katerega izmed povzročiteljev bolezni hmelja, med katerimi je tudi hmelju zelo nevarna hmeljeva uvelost (Radišek in sod., 2003).

2 Cilji projekta

- I. Dodelati agrotehniko pridelave hmelja in koruze na teksturno lažjih tleh v smeri zmanjšanja izgub nitratov iz sistema tla-rastlina, ohranjanja rodovitnosti tal ter obenem ohranjanju velikosti in kakovosti pridelka.
- II. Preučiti izkoristljivost dušika iz mineralnih gnojil pri pridelavi koruze in hmelja.
- III. Ugotoviti, kolik delež dušika v globini tal na lahkih tleh Prekmurja je dejansko posledica pretiranega gnojenja koruze z mineralnimi gnojili in kolik je delež nitratov iz drugih virov.
- IV. Definirati dinamiko spiranja dušika iz mineralnega gnojila in iz drugih virov glede na način gnojenja, obdelave tal in vključevanje pokrovnih rastlin (podsevki, pleveli).
- V. Izdelava ekonomske analize konvencionalnega ter spremenjenega načina pridelave koruze.

3 Material in metode dela

Projekt je bil zasnovan na podlagi poljskih poskusov s koruzo in hmeljem na lahkih tleh, tudi z uporabo markiranega dušika (N^{15}), ki omogoča določanje neposrednega učinka gnojenja na rastlino in tudi obseg izpiranja iz tega vira.

3.1 Tenologija pridelave koruze na teksturno lažjih tleh

Študijo smo zastavili z namenom preučitve optimalnega odmerka N na lažjih tleh Slovenije, kakršna prevladuje v pomembnem delu nižinskega Pomurja.

Za poljski študijski objekt je bil izbran del mednarodnega poskusa z organskim in mineralnim dušikom (N) IOSDV Rakičan. V tem trajnem poljskem bločnem poskusu (trije bloki) s triletnim kolobarjem 'koruza – ozimna pšenica – ozimni ječmen' na lahkih tleh Prekmurja (v Rakičanu pri Murski Soboti), kjer se že od leta 1992 parcele obravnavajo enako, smo s pomočjo označenega dušika (N^{15}), ki smo ga uporabili za dognojevanje koruze (prvo in drugo), analizirali migracijo dušika v globino, odvzem dušika z rastlinami ter razmerje v rastlinah med označenim dušikom (torej dušikom, pognojenim z mineralnim gnojilom) in dušikom, ki je drugega izvora. Obravnavanja so sestavljena kot kombinacija različnega gnojenja z organskimi gnojili (*i. zaoravanje slame, koruznice in oljne redkve, posejane po žetvi ozirnega ječmena; ii. zaoravanje 30 t/ha hlevskega gnoja pred koruzo; iii. brez organskega gnojenja*) in različne intenzivnosti gnojenja z mineralnim dušikom (*za koruzo letno: 0 kg/ha N, 100 kg/ha N (Meier 00), 200 kg/ha N (100 (Meier 00) + 100 (Meier 26))*).

Obravnavanja v kolobarju:

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

V poskusu so vsi drugi agrotehnični ukrepi enaki za vsa obravnavanja. Velikost osnovne parcele je 30 m².

Poskus je postavljen na izpranih rjavih tleh, peščeno meljaste teksture (Tajnšek in sod., 2010). Za interpretacijo rezultatov poskusa je pomemben podatek, da so tla v globini pod 75 cm vlažna celo v najbolj sušnem poletnem obdobju.

Pred začetkom izvajanja poskusa smo opredelili osnovne hidravlične lastnosti tal poskusne površine. Pred setvijo (konec aprila) in pred spravilom koruze (začetek septembra) smo izvedli meritve prevodnosti tal za vodo v območju blizu nasičenja tal z vodo. Koruzo smo posejali 7. maja. Na predvidene parcele smo inštalirali svečke na globino 60 cm. Na ta način smo lahko spremljali migracijo dušika v talnem profilu. Glede na predvideno razporeditev obrokov dušika pri posameznih obravnavanjih smo dognojevali enkrat oziroma dvakrat z gnojilom, ki vsebuje označen dušik (N^{15}), in gnojilom, ki le-tega ne vsebuje. Pred drugim dognojevanjem smo vzeli vzorce rastlin iz posameznih obravnavanj in jih pripravili za analizo na vsebnost dušika in označenega dušika. Tri dni po večjih padavinah (padavine, ki so pomenile navlažitev tal do globine 60 cm, kjer so bile inštalirane svečke, v katere se je lovila odcedna tekočina) smo izpraznili svečke in jih dali v analizo na vsebnost nitratov. Preostali del vzorcev talne raztopine smo shranili v skrinjo in jih ob koncu sezone dali v analizo na prisotnost označenega dušika (N^{15} - dušik iz gnojila).

Ob tehnološki zrelosti smo rastline z vsake osnovne parcele populili, vzorce pa delili na korenine, stebila z listi in klasincem ter zrnje. Vzorce smo stehtali, v njih izmerili vlago, posušili, zmleli in shranili za analizo. V vsaki posamezni frakciji smo določili celokupno vsebnost dušika ter vsebnost in količino dušika, katerega izvor je bil v mineralnem gnojilu (označeni dušik). Tla smo vzorčili do 90 cm na treh globinah (0-30 cm, 30-60 cm ter 60 do 90 cm) in jih pripravili za analizo. Na ta način smo ugotovili usodo dušika iz mineralnega gnojila glede na obravnavanje. Izračunali smo učinkovitost posameznega gnojilnega obroka.

Izračun odvzema N pri koruzi z uporabo enostavne bilance N

Z vsake parcele je bil stehtan pridelek zrnja (14 % vlaga) in slame (20 % vlaga), na vsakih nekaj let je bila na vseh parcelah analizirana vsebnost N v zrnju in slami. Te podatke smo uporabili za izračun enostavne bilance dušika (BN). Njegov saldo smo izračunali iz razlike med *količino pognojene N (PN)* in *odvzemom (izvozom) N s pridelkom (ON)*, po formuli:

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

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

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

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

Ugotovljeno je, da je v IOSDV Rakičan v postopku AN0 vsebnost humusa okoli 70 t/ha v globini 0-30 cm (Cvetkov, 2010), oziroma 41 t/ha Corg. Po analizi je na omenjeni parceli

razmerje med Norg in Corg 1:9. Če znaša povprečni koeficient mineralizacije humusa v kolobarju 0,015, se letno sprostí okoli 68 kg/ha N *mineraliziranega* N (MD). Če sprejmemo oceno, da je količina *aerobnega depozita* N (AD) 20 kg/ha N (Leskošek, 1993), je na parcelah AN0 po 17 letih brez gnojenja z N rastlinam letno še vedno na razpolago okoli 88 kg/ha N. Tako lahko *neto horizontalno migracijo* N (HMN) na ničelno parcelo ocenimo z naslednjo formulo:

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

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

Izračun odvzema pognojenega N s pomočjo markiranega N – izotopa N¹⁵

Količino oziroma delež tiste količine N, ki smo ga pognojili, in ga rastlina sprejme (kg/ha N), smo ugotavljali s pomočjo markiranega izotopa N¹⁵ v gnojilu. Ker je z izotopom N¹⁵ markirano gnojilo zelo drago, smo v okviru izbranih osnovnih parcel poskusa IOSDV Rakičan opravili gnojilni poskus z N¹⁵ še na mikro-parcelah, ki so imele osnovno velikost 2 m².

V gnojilu z izotopom N¹⁵ je bilo 90% navadnega N (v njem je 0,366% N¹⁵) in 10% N¹⁵. Tako je bilo v variantah z enim obrokom N (N1S, N1G) pognojenega 100 kg N, od tega 10,366 kg N¹⁵.

V variantah z dvema obrokoma N (N2S, N2G) je bila količina pognojenega N¹⁵ prav tako 10,366 kg/ha, vendar smo v prvi varianti gnojilo z izotopom N¹⁵ pognojili ob prvem dognojevanju (N2aS in N2aG: ob prvem dognojevanju, ob setvi: 10,366 kg N¹⁵ + 89,634 kg N¹⁴ = 100 kg/ha N), ob drugem dognojevanju, v fazi 26 pa navadno N gnojilo, torej 99,634 kg/ha N¹⁴ + 0,66 kg/ha N¹⁵.

V drugi varianti pa smo ob prvem dognojevanju, ob setvi, pognojili navadno N gnojilo, torej 99,634 kg/ha N¹⁴ + 0,366 kg/ha N¹⁵, z izotopom N¹⁵ pa smo gnojili ob drugem dognojevanju (N2aS in N2aG: v fazi 26: 10,366 kg N¹⁵ + 89,634 kg N¹⁴ = 100 kg/ha N).

Vzorci koruznih rastlin (korenine, steblo, listi) smo prvič odvzeli tik pred drugim dognojevanjem, drugič pa ob tehnološki zrelosti konec septembra (zrnje, listi, steblo in korenine). Vzorci so bili shranjeni v zamrzovalniku, posušeni in zmleti ter oddani v kemijski laboratorij.

Vsebnost celokupnega N so analizirali v laboratoriju Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu, vsebnost izotopa N¹⁵ pa na Inštitutu Jožef Stefan, Ljubljana. Metoda določanja temelji na masni spektroskopiji stabilnih izotopov – na pretočnem masnem spektrometru, v povezavi z analizatorjem elementov.

Metoda, s katero smo izračunali učinkovitost gnojenja ob setvi – v primerjavi z dognojevanjem v fazi 26 (pojav 8-10 listov), temelji na podmeni, da je količina N¹⁵, ki ga najdemo v rastlini, sorazmerna z njegovim deležem v gnojilu, upošteva dejstvo, da se v običajnem Novem gnojilu nahaja 0,366% N¹⁵.

Izdelava ekonomske analize konvencionalnega ter spremenjenega načina pridelave koruze

Gospodarnost gnojenja z mineralnim N smo ocenili s tako imenovano višino 'neto dodane vrednosti' (vrednost proizvodnje, zmanjšana za vrednost inputa) in 'neto poslovni presežek' (od neto dodane vrednosti odšteti stroški za zaposlene) v pridelavi poljščin (Žaucer, 2010). NDV (NDV) je nov izraz za tako imenovano finančno pokritje, ki smo ga uporabljali v preteklosti (Tajnshek s sod. 1996). NDV izražamo z €/ha.

Pri izračunu NDV pri gnojenju z mineralnim N smo upoštevali višino nakupne cene N (0,95 €/kg N), stroške s trošenjem gnojila (23,28 €/ha) in prodajno ceno koruznega zrnja (19,5 €/100 kg). S pomočjo markiranega N smo ovrednotili NDV prvega in drugega obroka mineralnega N v sistemih s slamo in hlevskim gnojem.

Ker je razlika med obema odmerkoma velika, lahko ovrednotimo le, kateri odmerek je ekonomsko sprejemljivejši, ne moremo pa natančneje določiti optimalnega odmerka N. Le-ta je lahko kjerkoli na intervalu med 0 in 100 kg/ha N oziroma 100 in 200 kg/ha Na. Tako se lahko s povečevanjem gnojilnih odmerkov NDV v nekem intervalu povečuje, zaradi čedalje manjšega učinka gnojenja na prirast pridelka (zakon o padajočih prirastkih pridelka) pa začne NDV nato padati. Zato smo za natančnejši izračun gospodarnosti gnojenja z N uporabili računalniški programski paket BOGU.BAS (Horst in Heyn, 1995).

Značilnost rezultatov je bila testirana z analizo variance (Tuckey-ev test).

3.2 Problem onesnaženosti z nitrati v globljih plasteh tal

Z markiranim dušikom smo preverjali tudi morebitno migracijo dušika horizontalno v globljih plasteh tal (60-90 cm), tako da smo v poskusu iz točke 3.1 (trajni poljski poskus IOSDV Rakičan pri Murski Soboti) na globini 90 cm v ničelni varianti (kjer se že 16 let ne uporablja nobenih dušikovih gnojil) zasledovali vsebnost N¹⁵, ki bi na te parcele lahko prišla samo s sosednjih parcel. Dejstvo je namreč, da smo na tej globini v ničelni varianti doslej izmerili takšne količine dušika, kot so bile na parcelah, ki se obilno gnojijo. Predvidevali smo, da dušik na lahkih tleh Pomurja migrira horizontalno med porečji vodotokov (z migracijo podtalnice) in se vanje spira, zato smo želeli definirati, ali je to posledica neustreznega gnojenja ali so viri drugi.

Svečke smo inštalirali spomladi 2009 in jih pustili v tleh tudi čez zimo do pozne pomladi v letu 2010. Raztopino, ki je prešla iz tal v svečke, smo vzorčili tri dni po večjih padavinah oziroma po taljenju snega in jih dali v analizo na vsebnost nitratov. Preostali del vzorcev talne raztopine smo shranjevali v zamrzovalno skrinjo in jih ob koncu sezone dali v analizo na prisotnost označenega dušika (dušik iz gnojila). Rastline smo v času pred drugim dognojevanjem in ob tehnološki zrelosti jeseni 2009 vzorčili kot v poskusu 3.1. Tla smo vzorčili 16.7.2010 v treh globinah (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) za analizo na Nmin in vzorce ustrezno shranili za analizo na izotopsko sestavo dušika na Inštitutu Jožefa Štefana.

Izotopska sestava je bila določena z masnim spektrometrom za stabilne izotope Europa 20-20 z ANCA-SL modulom za sežig in separacijo trdnih in tekočih vzorcev. Vzorce so pakirali v kositrne kapsule in sežgali v elementnem analizatorju, nastale pline pa ločili na kromatografski koloni. Kot referenčni material so uporabili IAEA-USGS32 in IAEA-311. Interna preciznost aparature pri 2.05 at.% 15N (IAEA-311) je boljša kot 0.01 at%, negotovost metode pri realnih vzorcih je 0.1 at.%.

3.3 Prilagajanje tehnologije pridelave hmelja

Poskus smo zastavili kot bločni poljski poskus s sedmimi obravnavanji (preglednica 2) v treh ponovitvah na poskusnem posestvu Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) v hmeljišču z najbolj razširjeno sorto pri nas, Auroro. Preučevali smo vpliv i) načina obdelave tal (klasična obdelava tal skozi celotno sezono v primerjavi z obdelavo tal samo v vrstah, vmesni prostor se ne obdeluje in je posejan s travo, ki celo leto pokriva tla in se v sezoni redno mulči), ii) vključevanja podsevkov (prezimni, neprezimni, brez podsevka) ter iii) različnih dušikovih gnojil na pridelek hmelja in njegovo kakovost ter migracijo dušika v globlje plasti tal. V prvem letu smo preizkušali in primerjali štiri obravnavanja, v letu 2010 smo dodali še obravnavanja Sirflor, NovaTec Premium in Zatravljeno+60N.

Preglednica 2: Opis obravnavanj v poskusu Prilagajanje tehnologije pridelave hmelja

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

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

Tla na poskusnem posestvu so evtrična rjava, razvita na peščeno prodnatih nasutinah rek. Na poskusni površini se izmenjujeta srednje globoka in globoka oblika teh tal. Skeletnost tal je v srednje globoki obliki poudarjena že na površini (5 do 15% volumen/volumen), v obeh oblikah pa se skeletnost z globino povečuje (terenske raziskave).

V poskus smo vključili sistem Enviroscan za merjenje vlage v talnem profilu tal, s čimer smo spremljali vlago v tleh in določevali točke, ko ob pomanjkanju vlage v tleh v rastlinah nastopi stresno obdobje. Skupaj z vremenskimi podatki lokalne mreže agrometeoroloških postaj Adcon smo lahko natančno spremljali vodno bilanco, saj smo pred poskusom opredelili tudi osnovne hidravlične lastnosti tal poskusne površine.

Glede na analizo tal (pretirana oskrbljenost s fosforjem - 37,0 mg/100 g tal, dobra oskrbljenost s kalijem - 20,7 mg/100 g tal; po metodi Al), smo konec aprila v obeh letih (2009 in 2010) celoten poskus pognojili s kalijevim kloridom v količini 180 kg/ha K_2O . Vrednost pH tal v KCl je bila 6,5, v obdelovalnem horizontu je sorazmerno majhna vsebnost organske snovi (2,2%).

Travno mešanico smo na predvidene parcele posejali spomladi v letu 2009. Sestavljena je bila iz 40% rdeče bilnice, 20% trpežne ljuke, 20% travniške latovke in 20% trstikaste bilnice (v količini 48 kg/ha). Na zatavljenih parcelah smo agrotehniko prilagodili dejstvu, da tal v medvrstnem prostoru ne obdelujemo. V vrstnem prostoru je obdelava potekala kot pri kontroli oziroma ostalih obravnavanj, le da smo obsipavali bolj na ozko, da je čim več medvrstnega prostora ostalo zatavljenega. V letu 2009 smo travo mulčili 4. junija, 27. junija in 6. oktobra.

Gnojenje z dušikom je bilo v letu 2009 klasično, enako za vse parcele in se je izvajalo strojno. Varstvo rastlin se je izvajalo v skladu z navodili prognostične službe.

V začetku julija 2009 smo na predvidene parcele posejali oljno redkev (neprezimni podsevek) in oljno ogrščico (prezimni podsevek) ter inštalirali svečke na globino 60 cm na parcele vseh obravnavanj. Istočasno smo inštalirali talne vabe. Konec julija 2009 smo začeli izvajati vzorčenje talne raztopine. Vzorčenje smo izvajali po obilnejših padavinah, saj so v primeru manjših količin padavin svečke na globini 60 cm ostale prazne. Tri dni po večjih padavinah (padavine, ki so pomenile navlažitev tal do globine 60 cm, kjer so bile inštalirane svečke, v katere se je lovila odcedna tekočina) smo svečke izpraznjevali in tekočino zamrznili ter ob koncu sezone 2010 (pred zimo) dali vse vzorce skupaj na analizo na vsebnost nitratov po metodi DIN/EN 12014-7:1998, Bestimmung des Nitrat- und/oder Nitritgehaltes v laboratorij na IHPS. Svečke so od julija 2009 do zime 2010 ostale inštalirane v tleh, spomladi 2010 smo jih inštalirali še na parcele obravnavanj Sirflor, NovaTec Premium in zatavljeno+60N, ki v prejšnjem letu še niso bila vključena v preučevanje.

V obeh letih smo redno spremljali ulov členonožcev. Na vsako obravnavanje smo postavili talne vabe v treh ponovitvah (slika 1), s katerimi smo lovili členonožce. Talna vaba je predstavljala plastični lonček, katerega smo vkopali do zgornjega roba v tla. V lonček smo do 1/3 nalili 4 % vinski kis z dodatkom etil glikola ali etilena. Vabe smo vkopali v tla v maju in jih spremljali preko cele vegetacije do septembra. Vabe smo pregledovali na 14 dni in ulovljene členonožce shranili do determinacije v steklen kozarec, v katerem je bil očetni kis. V laboratoriju smo pregledali vabe in kvantitativno in kvalitativno določili ulovljene vrste členonožcev in ulove primerjali med posameznimi obravnavanji. Spremembe v tleh se zaradi različnih načinov agrotehnik ne odrazijo tako hitro, zato smo želeli v okviru dveletnega projekta ugotoviti vsaj nakazane trende povečevanja števila členonožcev na površinah, kjer so uspevale pokrovne rastline.



Slika 1: Talne vabe

Ker se je v prvem letu poskusa (2009) nakazalo, da bo najbrž potrebno na zatravljenih parcelah odmerke dušika povečati, smo v letu 2010 dodali obravnavanje zatravljeno+N, pri katerem smo zatravljene parcele dognojevali z večjo količino dušika (+ 60 kg/ha N) (preglednica 2). Odmerek dušika z mineralnim gnojilom je bil sicer za vsa ostala obravnavanja enak, in sicer 170 kg/ha N. Odmerek smo razdelili na tri obroke v razmerju $\frac{1}{4} : \frac{1}{2} : \frac{1}{4}$ in dognojevali 10.-20. maja, 15.-25. junija in 10.-15. julija.

V letu 2010 je bila obdelava tal na kontrolnih parcelah in parcelah, kjer smo gnojili z gnojiloma s počasi sproščujočim dušikom, klasična (oranje v medvrstnem prostoru jeseni, kultiviranje 22. marca, 19. aprila, 21. maja, 7. in 16. junija, 9. in 23. julija). Na parcelah, kjer je bil podsevek oljna ogrščica, ki je ostal na njivi čez zimo (jeseni nismo zaoravali), smo le-to spomladi najprej zmulčili (19. april), sledilo je kultiviranje in obdelava kot pri kontroli. Pri neprezimnem podsevku (oljna redkev) smo le-to jeseni zmulčili in nato zaorali, ostala obdelava pa je bila enaka kot pri kontroli. V sezoni v letu 2010 smo v medvrstnem prostoru mulčili travo 19. aprila, 10. in 24. maja, 7. junija, 2. in 26. julija, ter 18. avgusta. Podsevka oljne ogrščice in oljne redkve smo posejali po zadnjem osipanju, ki je bilo zaradi dolgega sušnega obdobja izvedeno šele 23. julija (pred napovedanimi padavinami). Uporaba fitofarmaceutskih sredstev je tudi v letu 2010 potekala enako za vse parcele v skladu s škropilnim programom in napovedjo prognostične službe.

V letu 2010 smo tla vzorčili za analizo na vsebnost rastlinam dostopne količine dušika (amonijska in nitratna oblika) v sredini maja, sredini junija, v začetku julija, v začetku avgusta in po obiranju v dveh globinah (0 do 30 cm in 30 do 60 cm) po parcelah po modificirani metodi Nmin (Wehrmann in Scharpf, 1979).

27. julija 2010 smo izvedli predavanje ter delavnico z ogledom poskusa za 49 hmeljarjev v sklopu sedmega rednega tehnološkega sestanka hmeljarjev (slika 2).

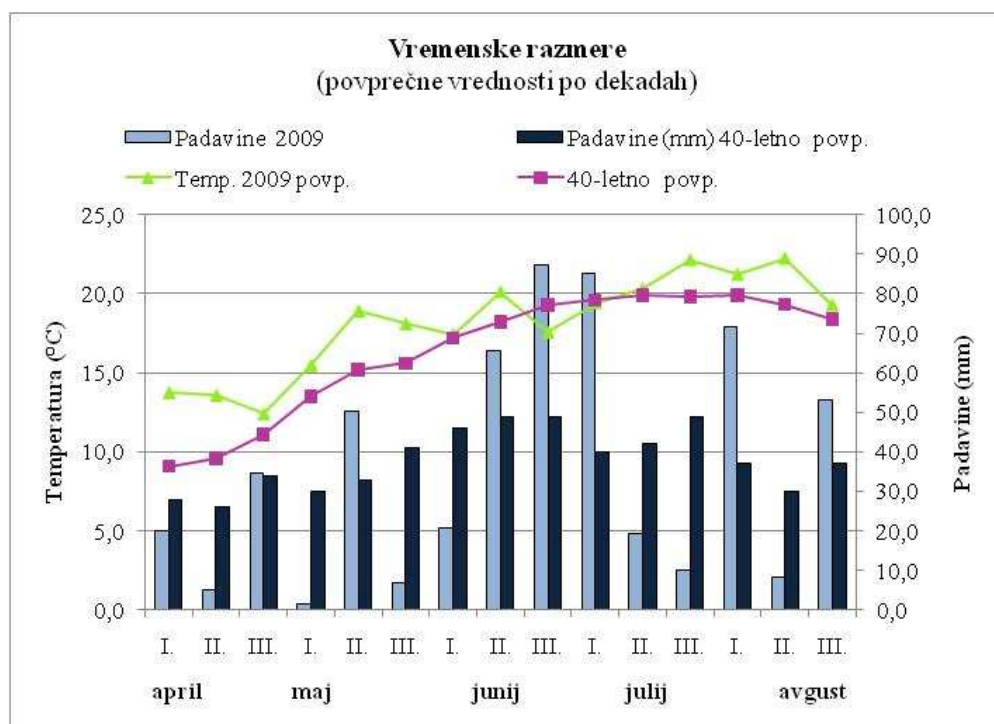


Slika 2: Predstavitev poskusov hmeljarjem z delavnico na terenu (27. julij 2010; levo zatravljena parcela, desno klasična obdelava)

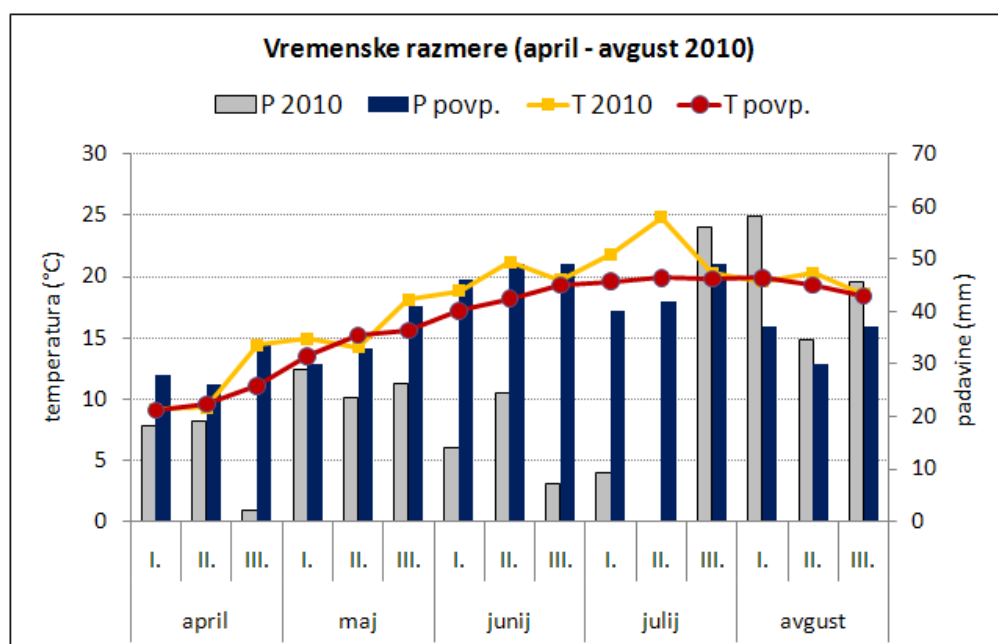
V letu 2009 so bile v maju relativno visoke temperature, kasneje pa se je temperatura na hitro zelo znižala (slika 3). To se je odražalo v neenakomernem in dolgem cvetenju in posledično tudi v neenakomernem dozorevanju Aurore. Zelo velike so bile razlike med hmeljišči pa tudi znotraj hmeljišč. Že na isti rastlini so bili storžki, ki so bili že prezreli in pa tudi takšni, ki so bili šele na začetku razvoja ter vse vmesne faze. V primerjavi z dolgoletnim povprečjem je bil v sezoni 2009 bolj deževen junij (174 mm) in začetek julija. V začetku avgusta, v času dozorevanja hmelja, pa so bile zelo visoke temperature.

V vseh dekadah rastne sezone hmelja do konca julija v letu 2010 je bilo padavin manj v primerjavi z dolgoletnim povprečjem, temperature pa so bile višje (slika 4). Zlasti visoke povprečne temperature so bile v prvih dveh dekadah julija, ko je bila obenem količina padavin zelo majhna, velik odklon od dolgoletnega povprečja pa je bil tudi v zadnji dekadi aprila, zadnji dekadi maja in v sredini junija. V zadnji dekadi julija in v avgustu so bile

vremenske razmere podobne dolgoletnim (podatki z avtomatske meteorološke postaje javne službe zdravstvenega varstva rastlin za lokacijo Žalec IHPS).



Slika 3: Vremenske razmere v rasti sezoni hmelja v letu 2009 v primerjavi z dolgoletnim povprečjem



Slika 4: Vremenske razmere v rasti sezoni hmelja v letu 2010 v primerjavi z dolgoletnim povprečjem

Po 20. avgustu v obeh letih smo rastline na posameznih parcelah ustrezno označili in poskus v času tehnološke zrelosti obrali ločeno za vsako parcelo posebej. Po parcelah smo stehali pridelek svežih storžkov in vzeli vzorce za analizo na vsebnost vlage (Analytica EBC (1998): Method for moisture detection, 7.2), alfa kislin (Analytica EBC (2000): Method KVH-TE, 7.4) in nitratov (DIN/EN (1998): Bestimmung des Nitrat- und /oder Nitrite gehaltes EN 12014-7:1998). Vzorce so analizirali v laboratoriju IHPS.

3.4 Vpliv različnih režimov zapleveljenosti hmeljišča na izkoristek dušika iz mineralnega gnojila ter vpliv na rast hmelja

Na vprašanje kompetitivnosti plevela za hranila in ostale rastne razmere (voda, svetloba) smo želeli odgovoriti s poljskim poskusom v letih 2009 in 2010. Poljski poskus smo izvedli v nasadu hmelja Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. Nasad je star 10 let in posajen z najbolj razširjeno sorto Aurora.

Tla poskusnega polja uvrščamo med evtrična rjava tla, ki so se razvila na peščeno prodnatem nanosu reke Savinje. Kot so pokazala kasnejša detajlnejša izkopavanja, so tla v smeri sever jug precej heterogena. V severnem delu poskusa so bila tla bolj skeletna, hkrati pa so imela večji delež gline kot tla na sredini in na južnem delu poskusne ploskve. V sredini poskusne ploskve so bila tla globlja (1 m) in so manj skeletna, medtem ko je bil južni del zopet bolj plitev in skeleten, hkrati ima večji delež peska. Tla so dobro preskrbljena z osnovnima hraniloma (fosfor, kalij) in imajo sorazmerno nizko vsebnost organske snovi, 2%. Reakcija tal v KCl je prav tako nizka in znaša 5,1 oziroma 5,4.

Poskus je bil v obeh letih izveden na isti lokaciji.

Za potrebe vseh poskusov v hmelju smo v hmeljišču vgradili Enviroskan postajo za kontinuirano merjenje vlage v profilu tal. Bolj kot absolutne vrednosti v tleh smo Enviroskan uporabljali za spremljanje gibanja vode v profilu tal kot tudi za določitev stresnih razmer za rast hmelja ob pomanjkanju vlage.

Za določanje hidravlične prevodnosti tal v vrstnem in medvrstnem prostoru smo uporabili »tension infiltrometer«. Meritve smo izvedli v dveh terminih in sicer po rezi hmelja in ob koncu julija.

V letu 2009 smo pri gnojenju uporabili izotopsko označeno gnojilo, kjer smo uporabili 5% obogaten amonijev nitrat. 5% obogatitev z izotopom dušika, ^{15}N , je bila na nitratnem delu gnojila. Zaradi omejenih količin gnojila smo znotraj poskusne parcele (75 m^2) vzpostavili podparcelo (12 m^2), kjer smo gnojili z izotopsko označenim gnojilom, medtem ko smo preostali del parcele pognojili z ekvivalentno količino posameznega obroka dušika z gnojilom KAN. Na tem prostoru smo kasneje izvajali vse meritve (analizo zapleveljenosti ter pridelka in migracije dušika). Takšna zasnova aplikacije označenega gnojila je standarden postopek tudi pri raziskavah drugih kultur. Za spremljanje migracije dušika smo na teh podparcelah vgradili lizimetske svečke proizvajalca SDEC (premer svečke 3,1 cm in vstopne sile za zrak 101 kPa). V letu 2009 smo svečke vgradili na globino 50 cm v vrstni in medvrstni prostor, medtem ko smo v letu 2010 vgradili svečke zgolj v medvrstni prostor, saj v svečkah v letu 2009 talne raztopine praktično nismo uspeli vzorčiti.

Zasnovo poljskega poskusa smo morali prilagoditi naravi pridelave hmelja, saj vrste hmelja potekajo v smeri sever jug. Prav tako smo bili omejeni z razpoložljivim prostorom in nenazadnje tudi z delovno silo, ki bi lahko učinkovito skrbela za tako velik poljski poskus. Navkljub vsemu smo zasnovali faktorski poskus v bločni zasnovi, kjer smo v petih ponovitvah proučevali vpliv treh različnih režimov zapleveljenosti v hmeljiščih ob dveh nivojih gnojenja. Gnojili smo s 160 kg in 240 kg/ha N v treh obrokih.

Glavni cilj poskusa je bila vzpostavitev ustreznih konkurenčnosti s strani plevelne vegetacije, ki smo jo dosegli z dosejevanjem visoko konkurenčne bele metlike v začetku meseca junija. Na obravnavanih z malo konkurenčnostjo plevelne vegetacije pa smo visoko konkurenčne plevelne vrste (bela metlika, srhkodlakavi ščir) med vegetacijo ustrezno redčili. Pri vzorčenju plevelne vegetacije smo na obravnavanih parcelah poželi vso plevelno vegetacijo in jih glede na konkurenčnost razdelili v razrede male, srednje in velike konkurenčnosti (preglednica 3).

Preglednica 3: Plevelne vrste in konkurenčni razredi

Latinsko ime	Slovensko ime	Razred konkurenčnosti
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	srhkodlakavi ščir	velika
<i>Chenopodium album</i> L.	bela metlika	velika
<i>Echinochloa crus-galli</i> L. P. Beauv	navadna kostreba	srednja
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	drobnocvetni rogovilček	mala
<i>Stellaria media</i> L.	navadna zvezdica	mala
<i>Solanum nigrum</i> L.	pasje zelišče	mala
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	krvavordeča srakonja	mala
<i>Polygonum persicaria</i> L.	breskova dresen	mala
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	njivski slak	mala
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	njivski osat	mala
<i>Poa annua</i> L.	enoletna latovka	mala

Različni sistemi zapleveljenosti so bili sledeči:

- brez prisotnosti plevela – redno zatiranje plevela s herbicidi na osnovi glifosata,
- manjša zapleveljenost, kjer smo vzdrževali gostoto konkurenčnih plevelnih vrst na nizkem nivoju - do 2 rastl./m² ter nismo posegali v rast manj konkurenčnih plevelnih vrst,
- visoka zapleveljenost, kjer smo vzdrževali večjo gostoto konkurenčnih vrst plevela – več kot 10 rast./m² ter dopustili neomejeno rast manj konkurenčnih plevelnih vrst za rast hmelja,
- v poskus smo vključili tudi kontrolno varianto, kjer smo vzdrževali pogoje, ki so značilni za običajno tehnologijo pridelave hmelja. Z rednim kultiviranjem medvrstnega prostora uničevanje plevela v medvrstnem prostoru do druge polovice julija ter z dvakratnim osipavanjem vrstnega prostora preprečevanje večje rasti plevelnih vrst v vrstnem prostoru hmelja. Kontrolna varianta je bila gnojenje z 200 kg N/ha.

Varstvo rastlin je bilo enotno za vse poskusne kombinacije.

4 Rezultati

4.1 Pridelava koruze in problem onesnaženosti z nitrati v globljih plasteh tal v Prekmurju

Uvod

V obdobju po letu 1960 so se v slovenskem poljedelstvu dogodile velike spremembe. Le-te so bile pogojene z družbeno ekonomskimi, tehnološkimi in klimatskimi spremembami.

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

za tretjino nižji odmerek N. Problem je, da kmetje kljub deljenju N odmerkov na več obrokov ne vedo vnaprej, ali bosta pozna pomlad in zgodnje poletje deževna ali ne. V lahkih tleh vodnih zalog od jeseni in zime namreč ni, tako so rastline odvisne od količine padavin v obdobju rasti. Pogosto se kmetje »za vsak slučaj, da ne bo premalo« vnaprej odločajo za visoke odmerke N gnojil, ker pa, kot je že bilo omenjeno, rastline v sušnih letih ne morejo dovolj izkoristiti (primerjalno z vlažnimi leti) vsega N, se njegov presežek v tleh že v desetih letih poveča na najmanj 400–700 kg/ha N. Zastavlja se vprašanje, ali ta N z vodo v celoti ponikne v podtalnico ali se denitrificira in preide v zrak ali pa migrira v tleh tudi bolj ali manj horizontalno po gradientu pretoka talne vode, tako da se končno izloči v kanale, potoke in reke.

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

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

Pristop s klasičnim pristopom bilance dušika

Iz prikaza pridelkov koruze v letu 2009 na IOSDV poskusu v Rakičanu lahko povzamemo, da je 17 let po zasnovi poskusa na kontrolni parceli pridelek le za 25 % nižji kot na parcelah, ki so gnojene z N (preglednica 4). Presenetljivo, da na gnojenih parcelah, ne glede na višino N odmerka, razlike med stopnjami gnojenja niso značilne, saj ne presegajo 10 %. Temu ustrezno sorazmerno majhna je tudi razlika v količini z njive odpeljane mase N. Ob tem je treba upoštevati, da je v variantah s podorano slamo ostal N, ki ga vsebujeta slama oziroma koruznica, na njivi vse predhodno poskusno obdobje, vendar ga moramo za tekoče leto obravnavati, kot da ostaja na njivi. Rastlina ga mora namreč najprej sprejeti, šele po spravilu zrnja in podoru slame in koruznice se ta N vrača na njivo.

Preglednica 4: Pridelek koruznega zrnja in slame (kg/ha) in izvoz Na z njive (kg/ha N) v izbranih postopkih gnojenja z mineralnim N in organskimi gnojili (IOSDV Rakičan, 2009)

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

* Z isto črko označene variante so neznajčno različne.

Iz preglednice 4 je razvidna slaba odzivnost višine pridelka koruze na gnojenje z N. Temu sorazmerno so majhne tudi razlike med količino izvoženega N glede na višino N odmerka. V tem pogledu se le kontrola (AN0) pomembno razlikuje od ostalih stopenj gnojenja, ki se med seboj sicer malo razlikujejo. Dobljeni rezultati dopuščajo domnevo, da prihaja po večjem deževju do difuzne migracije N v tleh z območja ene osnovne parcele na območje druge parcele, in sicer glede na koncentracijo N v tleh po gnojenju.

Do neke mere lahko to domnevo potrdi tudi izračun enostavne bilance N po obrazcu (1), ki ga prikazuje preglednica 5. Teoretično optimalni saldo med pognojenim N in z njive odpeljano količino N je enak nič (saldo N = 0), vendar se to v praksi ne dogaja. Iz preglednice 5 razberemo, da so, z izjemo N2G, v vseh postopkih gnojenja, ki so vključeni v študijo, saldi N negativni. Med njimi najbolj izstopa kontrola (AN0), pri kateri je letni saldo -103 kg/ha N. Manjkajoči N, ki ga prikazuje saldo po enostavni bilanci, se pokrije iz različnih virov, vsekakor lahko tudi z migracijo N s parcel z visokimi odmerki N (na primer N3G ali N3S).

Preglednica 5: Nmin-N in enostavna bilanca N (kg/ha N) v izbranih stopnjah gnojenja z N, v IOSDV Rakičan, po spravilu koruze (07. 10. 2009)

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

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

Oceno o količini N, ki prispe v teku leta s talno migracijo N na parcelo AN0, opravimo v nekaj korakih. Najprej ocenimo količino N, ki je bil koruzi v teku rasti na razpolago (NR). Očitno je ta količina enaka vsoti N, ki smo ga s koruzo odpeljali z njive (ON) in količini N, ki smo ga na parceli AN0 določili z metodo Nmin, neposredno po spravilu koruze (07. 10. 2009). Izračunamo jo po formuli (2). Rezultate prikazuje preglednica 5, šesti stolpec. Razvidno je, da je količina tega N visoka.

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

V metodiki smo za kontrolno parcelo (AN0) višino mineraliziranega N okvirno ocenili z letno količino 68 kg/ha in aerobni depozit z 20 kg/ha N letno. Tako lahko količino neto horizontalne migracije N izračunamo po formuli (3). Po rezultatih, ki jih prikazuje zadnji stolpec preglednice 5, znaša povprečna letna neto horizontalna migracija N na kontroli 79 kg/ha N, v postopku N1S 112 kg/ha N, na vseh drugih parcelah pa je neto horizontalna migracija N znatno nižja, vendar pozitivna (12, 19 in 33 kg/ha N). Iz rezultatov lahko zaključimo, da v teh lahkih v tleh N migrira s pretokom talne vode z območij z višjo koncentracijo N (N3G, N3S, okoliške, z gnojevko in mineralnim N intenzivno gnojene parcele) na lokacije z nižjo koncentracijo N. Obseg te migracije je občuten, saj lahko znaša do okrog 100 kg/ha N.

Analiza količine N_{min}-N po globinah talnih vzorcev (preglednica 6) pokaže pri variantah s hlevskim gnojem (N1G, N2G) nadpovprečno vsebnost N v slojih 0-30 cm in 30-60 cm, kar ni presenetljivo glede na dejstvo, da je bilo spomladi 2009 pred setvijo koroze pognojeno 30 t/ha N. Preseneča pa visoka vsebnost N_{min}-N v varianti N1S, v globini 60-90 cm, saj je znašala kar 85 kg/ha N_{min}-N, medtem ko je bila v globinah 0-30 cm in 30-60 cm vsebnost N nizka. To dejstvo podkrepljuje trditev, da je v določenih okoliščinah (na primer visoka talna voda, lahka tla) horizontalna migracija N resen problem pri določanju optimalnih N odmerkov.

Preglednica 6: Razporeditev N_{min}-N (kg/ha N) po globinah odvzetih vzorcev tal glede na postopek pridelovanja (IOSDV Rakičan, po pravilu koroze, 07. 10. 2009)

Varianta pridelovanja koroze in globina vzorčenja tal	Masa AN03 ⁻	Masa NH ⁴⁺	Skupna masa N
AN0 (0-30 cm)	14,2	8,2	22,4
(30-60 cm)	9,5	8,2	17,7
(60-90 cm)	14,2	9,8	24,0
Skupaj AN0	37,9	26,2	64,1
N1G (0-30 cm)	28,4	9,8	38,2
(30-60 cm)	25,3	7,6	32,9
(60-90 cm)	9,5	9,8	19,3
Skupaj N1G	63,2	27,2	90,4
N1S (0-30 cm)	19,0	10,3	29,3
(30-60 cm)	17,4	9,3	26,7
(60-90 cm)	56,9	28,3	85,2
Skupaj N1S	93,3	47,9	141,2
N2G (0-30 cm)	59,3	12,8	72,1
(30-60 cm)	42,7	14,2	56,9
(60-90 cm)	20,9	7,8	28,7
Skupaj N2G	122,9	34,8	157,7
N2S (0-30 cm)	25,3	9,0	34,3
(30-60 cm)	18,2	8,5	26,7
(60-90 cm)	27,7	9,0	36,7
Skupaj N2S	71,2	25,5	97,7

Izračun odvzema dušika s pomočjo bilance markiranega izotopa N¹⁵ na mikro- parcelah

Iz preglednice 7 je razvidno, da je v celotnem odvzemu N delež pognojenega N nizek, saj predstavlja le 12-26%, delež markiranega N¹⁵ v rastlini pa je le 1,1-1,3%, glede na celotni odvzeti N. Ob izhodišču, da smo na hektar pognojili 10 kg N¹⁵, natančneje, 10,366% N¹⁵ (kot smo že omenili, je delež N¹⁵ v običajnem N gnojilu 0,366), je od količine 10,366% N¹⁵ odvzem markiranega N znašal le 27,2 -38,8%, torej 2,72 -3,88 kg/ha.

Količina celotnega pognojenega N, v primerjavi s količino N¹⁵, je bila 10 krat večja na parcelah, ki so bile pognojene s 100 kg/ha N (N1S: 28,9 kg/ha N, N1G: 27,2 kg/ha N), in 20 krat večja na parcelah, ki so bile pognojene z 200 kg/ha N (N2S: 63,8 kg/ha N, N2G: 77,6 kg/ha N). Vsekakor je presenetljiv majhen odvzem pognojenega N, saj je iz preglednice 7 razvidno, da je znašal delež v rastlino sprejetega pognojenega N le eno osmino (12,8%) do eno četrtino (26,0%). Ti rezultati niso neskladni s tistimi, predstavljenimi v predhodnem poglavju, vendar tokrat podkrepljeni s pomočjo zasledovanja prisotnosti izotopa N¹⁵ v rastlini in v tleh. Višja masa odvzetega N v rastlini, ki ga prikazuje preglednica 7, v primerjavi s preglednico 4, je posledica dejstva, da preglednica 4 prikazuje odvzem N iz dela stebela in listov, ki so odpeljani z njive ob žetvi (na njivi ostane spodnji del stebela in korenine), v preglednici 7 pa je prikazana celokupna bilanca N, torej vseh delov koruzne rastline.

Preglednica 7: Odvzem pognojenega N (pognojeni N¹⁴ in N¹⁵) s koruzo, v primerjavi s celotnim odvzecom N (N iz drugih virov), na mikroparcelah poskusa (IOSDV Rakičan, 2009).

Posto-pek	Pridelek dt/ha	Odvzem N ^{15*} (kg/ha N ¹⁵)	Odvzem pognojenega N (kg/ha N)	Delež (%) N ^{15*} od odvzetega N	Delež (%) pognojenega N od odvzetega N	Celotni odvzem N (kg/ha)
AN0	57,6a	0,69	6,9	Pognojenega ni!	Pognojenega ni!	95
N1S	78,9b	2,89	28,9	1,3	12,8	226
N1G	82,5b	2,72	27,2	1,1	11,2	242
N2S	84,5b	3,19	63,8	1,1	21,9	291
N2G	84,9b	3,88	77,6	1,3	26,0	298

*V prikazu odvzema N¹⁵ je upoštevan N¹⁵ v markiranem N gnojilu in ne N¹⁵ iz običajnega N gnojila.

Če je v celotnem odvzemu N le okoli tretjina N, ki smo ga pognojili, oziroma ena osmina (12,8%) do četrtina (26,0%) N, ki ga je koruza sprejela (preglednica 7), se zastavlja vprašanje, od kod preostali N. Odgovor se glasi, da lahko izvira le iz nedefiniranih virov okoliških kmetijskih zemljišč, ki so gnojene s previsokimi odmerki N, ali pa je vir tega N v industrijskih obratih, recimo: klavnici v Murski Soboti. V vsakem primeru prihaja nedefinirani N s horizontalno migracijo vode, po gradientu horizontalnega pretoka vode med rekama Ledava in Mura. Tako trditev lahko podkrepimo tudi z dejstvi, da smo našli N¹⁵ v AN0 varianti, ki z dušikom sploh ni bila gnojena (preglednica 7), in da smo ob suši, sredi poletja (julij), v največji vročini ugotovili kapilarno vodo v globini izpod 70-80 cm.

Zanimivo je vprašanje, ali se v variantah z dvema obrokomah nahaja v koruzni rastlini večja masa N iz prvega ali iz drugega obroka. Odgovor prikazuje preglednica 8. S pomočjo markiranega N¹⁵ ugotovimo, da je učinkovitejši prvi obrok, ob setvi; le-ta je izrazitejši v varianti pridelovanja s slamo (N2S), višji je za 27,6%, medtem ko je v varianti z gnojem (N2G) razlika med obema obrokomah manjša (za 10,6%).

Preseneča relativno visok odvzem N¹⁵ v variantah z 200 kg/ha N (N2S, N2G) v primerjavi z odmerkom 100 kg (N1S, N1G). Vzrok tiči v višji koncentraciji N v tleh, delež pognojene dušika, v primerjavi s celokupnim, je bil večji, zato tudi večji delež pognojene dušika v primerjavi s celokupnim, rastlini razpoložljivim, N v rastlini.

Preglednica 8: Učinkovitost prvega obroka N (100 kg/ha N) ob setvi, v primerjavi z drugim obrokom v fazi 26, na mikroparcelah poskusa (IOSDV Rakičan, 2009)

Postopek	Pridelek dt/ha	Odvzem N ^{15*} in N ¹⁴ (v oklepaju), če je bil pogojen ob 1.obroku (kg/ha N ¹⁵).	Odvzem N ^{15*} in N ¹⁴ (v oklepaju), če je bil pogojen ob 2. obroku (kg/ha N ¹⁵).	Razlika v odvzemu: N ^{15*} in N ¹⁴ (v oklepaju) 1. - 2. obrok N (kg/ha)
N1S	78,9b	2,89 (28,9)		
N1G	82,5b	2,72 (27,2)		
N2S	84,5b	3,70 (37,0)	2,68 (26,8)	1,02 (10,2)
N2G	84,9b	3,77 (37,7)	3,37 (33,7)	0,40 (4,0)
AN0	57,6a	Brez gnojenja z N! Odvzem 0,79 kg/ha N¹⁵; celotni odvzem N: 95 kg/ha N		

*V prikazu odvzema N¹⁵ je upoštevan N¹⁵ v markiranem N gnojilu in ne N¹⁵ iz običajnega N gnojila.

Preglednica 9: Učinkovitost enega obroka N (100 kg/ha N) ob setvi, v primerjavi z dvema obrokomah N, (ob setvi in v fazi 26), glede na pridelek zrnja (dt/ha) na mikroparcelah poskusa (IOSDV Rakičan, 2009)

Postopek	Pridelek dt/ha	Razlika AN0 do naslednjih postopkov (dt/ha)	Razlika N1S do naslednjih postopkov (dt/ha)	Razlika N1G do naslednjih postopkov (dt/ha)	Razlika N2S do naslednjih postopkov (dt/ha)
AN0	57,6a				
N1S	78,9b	21,3			
N1G	82,5b	24,9	3,6		
N2S	84,5b	26,9	5,6	2,0	
N2G	84,9b	27,6	6,0	2,4	0,4

Na mikroparcelah pokaže pridelek koruze variante brez gnojenja z dušikom (AN0), v primerjavi z variantama z enim obrokom (ob setvi: N1S, N1G) in v primerjavi z variantama z dvema obrokomah (gnojenje ob setvi in v fazi 26: N2S, N2G), presenetljivo visok pridelek variante AN0 – v primerjavi z vsemi ostalimi variantami gnojenja (preglednica 9). Kot smo že prikazali v predhodnem poglavju, kjer obravnavamo pridelke na osnovnih parcelah poskusa IOSDV, se tudi na mikroparcelah pojavi značilno višji pridelek variant z odmerkom 100 kg/ha,

glede na pridelek AN0, vendar neznatno manjši glede na pridelek N2S in N2G. Iz preglednice 9 je razvidna presenetljiva neučinkovitost drugih 100 kg pognojene N od skupnega odmerka 200 kg/ha N-min.

3.3 Izdelava ekonomske analize konvencionalnega ter spremenjenega načina pridelave koruze

Razumljivo je, da je skladno z različnimi prirastki pridelka, v odvisnosti od odmerka N, tudi gospodarnost postopkov gnojenja različna. V raziskavi se osredotočamo na višino NDV pri gnojenju z N-min. Osnova za izračun je prirastek pridelka glede na pridelek negnojene parcele (AN0).

Preglednica 10 prikazuje, da je, v primerjavi z negnojeno varianto AN0, prirastek pridelka visok, če so parcele pognojene s 100 kg/ha N, temu ustrezno pa je tudi NDV visoka, v varianti N1S znaša namreč 3,19 €/kg N oziroma 3,31 €/kg N v varianti N1G. Vsak kilogram N se finančno povrne več kot trikratno, kar je izjemno visoka donosnost.

Preglednica 10: Gospodarska učinkovitost odmerkov in obrokov N (€/1kg N), glede na pridelke na mikroparcelah poskusa (IOSDV Rakičan, 2009)

Posto-pek	Pridelek dt/ha	Odmerki N (kg/ha)	Razlika AN0 do naslednjih postopkov (dt/ha)	Prirastek pridelka kg/ha na prvih 100 kg/ha N	Prirastek pridelka zrnja (kg/1 kg N) na drugih 100 kg/ha N	Dodana vrednost z N (€/1kg N)
AN0	57,6a	0				
N1S	78,9b	100	21,3	21,3		3,19
N1G	82,5b	100	24,9	24,9		3,31
N2S	84,5b	200	26,9		5,6	0,13
N2G	84,9b	200	27,6		2,7	-0,43

Gospodarnost gnojenja z N-min je manjša, če odmerek N-min povišamo na 200 kg/ha N. Gospodarnost dodatnih 100 kg/ha N se zmanjša do te mere, da je v varianti gospodarjenja s slamo dodana vrednost le malo iznad nič (0,13 €/1kg N), v varianti z gnojem pa je dodana vrednost celo negativna (-0,43 €/kg N). Finančna past tiči v dejstvu, da povprečni pridelovalec te nizke donosnosti obilnih odmerkov N-min ne zazna, saj jo prekrije visoka NDV prvih sto kilogramov pognojene N-min, tako da se zdi NDV v celoti še vedno zadovoljiva. Za postopek N2G (pognojeno 200 kg/ha N), na primer, znaša NDV še vedno 1,62 €/1kg N oziroma 324,92 €/ha, kar pa je manj, kot če bi pognojili le 100 kg/ha N-min (331€/ha). Ob tem smo vrgli 100 kg/ha N proč (obremenitev z izpusti toplogrednih plinov, okoli 629 kg/ha CO² in zmanjšanje kakovosti voda).

Gledano okoljsko in dolgoročno pri preobilnem gnojenju z N glavni problem ni v zmanjšani gospodarnosti pridelovanja, ampak v pretirani obremenitvi okolja z nitrati, ki lahko po desetletjih pretiranega gnojenja z N znašajo več 1000 kg/ha N. Seveda se ta N večinoma

izloča v reke, zrak in podtalnico, vendar pa je tudi kot tak vir toplogrednih plinov, ne da bi poudarjali škodo zaradi onesnaževanja voda.

Iz zgoraj podanega izvajanja je razvidno, da so v poskusu IOSDV Rakičan stopnje gnojenja z N–min preširoke (razlika med njimi je 100/ha N), da bi lahko brez ustreznih dodatnih izračunov natančneje opredelili najgospodarnejši odmerek N-min. Vendar smo s pomočjo ustreznega programskega paketa BOGU.BAS uspeli izračunati optimalne odmerke N-min, po kriteriju maksimalne neto dodane vrednosti na hektar. Na temelju značilnega priraščanja pridelkov poljščin, v odvisnosti od stopnje N-min, omogoča omenjeni programski paket interpolacijo gibanja pridelkov med poljubnima sosednjima stopnjama gnojenja. Rezultate teh izračunov prikazuje preglednica 11. Iz nje je razvidno, da je pri N2S maksimalna NDV najvišja pri 154 kg/ha N, za kar sta potrebna dva obroka, in da pri N2G le-to vrednost dosežemo pri enem obroku, z odmerkom 100 kg/ha N. Tako je pri N2S odmerek N-min za maksimalno NDV za okoli 100 kg/ha N-min nižji kot ob ciljnem gnojenju za maksimalni pridelek. Pri N2G znaša ta razlika celo 165 kg/ha N.

Preglednica 11: Gospodarska učinkovitost (€/1kg N) srednjih odmerkov N (N1S, N2S, N1G, N2G) , glede na pridelke na mikroparcelah poskusa (IOSDV Rakičan, 2009)

Postopek	Odmerek N za maks. NDV (kg/ha N)	Maksimalni pridelek zrnja (dt/ha)	Odmerek N za maks. pridelek (dt/ha)	Optimalni pridelek zrnja (dt/ha)	Maksimalna NDV na hektar z N (€/ha)	Maksimalna NDV na kilogram N (€/1kg N)
N2S	154	85,2	264	82,8	400,64	2,60
N2G	100	88,0	265	82,2	444,58	4,45

Seveda je gnojenje za maksimalno NDV odvisno od odkupnih cen koruze, cene gnojila in stroškov s trošenjem gnojila (ki se od leta do leta, celo krajšega obdobja, spreminja), vendar pa je treba iskati vzrok za preobilico N v tleh v nestrokovni težnji pridelovalcev, da zaradi prenizkega odmerka N-min ne bi dosegli dovolj visokega pridelka in NDV.

Primerjava preglednic 10 in 11 pokaže, da je pri N2S maksimalna NDV za 68,64 €/ha (pri optimalnem gnojenju, 164 kg/ha N) kot pri gnojenju 200 kg/ha N. Pri N2G je maksimalna NDV celo za 156,58 višja (pri optimalnem gnojenju, 1000 kg/ha N) kot pri gnojenju 200 kg/ha N.

Prikazana analiza ekonomske učinkovitosti gnojenja koruze z N-min pokaže, da v danih razmerah na lahkih peščeno meljastih tleh (do nadaljnega – dokler se vsebnost Nmin v tleh po spravi pridelkov ne bo zmanjšala na 50-70 kg/ha v globini 90 cm) zadošča gnojenje s 100 kg/ha N (ob setvi) in gnojenju 100 dt/ha.a gnoja (1GVŽ/ha). Pri gospodarjenju brez živine, vendar ob podoru slame, je, v danih razmerah najprimerneje, če odmerek 154 kg/ha razdelimo na dva obroka, prvi 100 kg/ha N, ob setvi, in drugi, 54 kg/ha N, v fazi 26 razvoja koruze.

SKLEPI

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

Na območjih z nihajočo vendar v celoti sorazmerno visoko talno vodo je lahko obseg horizontalne migracije Na zelo velik (v intenzivni pridelavi okoli 100 kg/ha N) zlasti v primeru, če želimo v sušnih razmerah za doseganje visokih pridelkov z visokimi odmerki N kompenzirati pomanjkanje vode.

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

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

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

Analiza migracije N, ki smo jo opravili s pomočjo izotopa N¹⁵, je pokazala, da korusa sprejme le 27-39% gnojila, ki smo ji ga pognojili, in le osmino do četrtno celotnega N, ki ga rastlina sprejme. Preostali N izvira iz drugih virov (horizontalna migracija s sosednjih, preobilno gnojenih njiv ali pa je industrijskega izvora).

Analiza vsebnosti N¹⁵ v rastlinah je pokazala, da je prvi obrok gnojila, ob setvi, za koruso bolj izdaten (v rastlini ga najdemo večji delež) kot drugi obrok, v fazi 26.

Odmerek N za maksimalno NDV je znatno nižji (vsaj za 100 kg/ha N) kot odmerek za maksimalni pridelek. Zato je treba prenehati priporočati gnojenje na maksimalni pridelek, ampak je priporočila treba preusmeriti na odmerke za maksimalno NDV. Ob tem je pridelek manjši praviloma le za nekaj odstotkov.

Z uravnoteženimi odmerki ne bomo zmanjšali le obremenitve okolja z nitrati, ampak bomo povečali tudi gospodarnost pridelovanja koruze.

V danih razmerah je bil optimalni odmerek N-min 154 kg/ha, če slamo zaorjemo (100 kg/ha N pognojeno ob setvi in 54 kg/ha N v fazi 26), če zaorjemo gnoj (100 dt/ha.a) pa zadošča en obrok, ob setvi, v višini 100 kg/ha N.

Literatura

Briški, L., Gregorčič A., Kmecl, V., Resnik, M., Sušin, J., Žnidaršič-Pongrac, V. 1998. Izboljšana tehnologija gnojenja koruze z Nom. V: Tajnšek, A. in Šantavec I. (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu '98 : zbornik simpozija, [Dobrna, 3. in 4. december 1998]. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 42-47

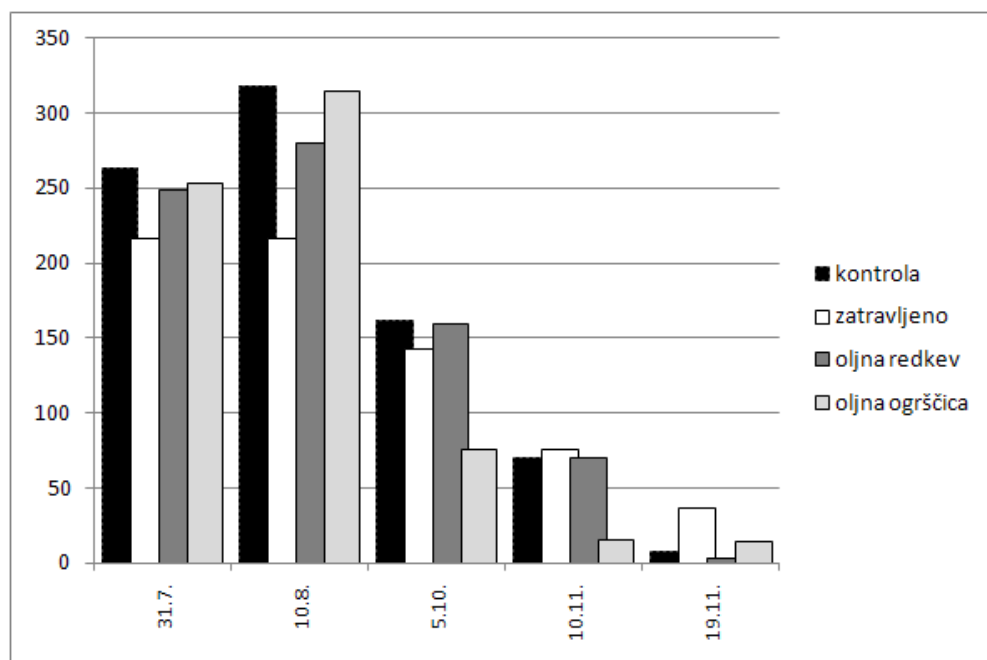
- Cvetkov, M., Šantavec, I., Kocjan Ačko, D., Tajnšek, A. 2010. Soil organic matter content according to different management system within long-term experiment = Vsebnost organske snovi v tleh v odvisnosti od načina gospodarjenja znotraj trajnega poskusa. Acta agric. Slov. [Tiskana izd.], 95, 1: 79-88
- Horst, H., und J. Heyn, 1995. Ein PC Programm zur Errechnung von Ertragskurven nach der Dritten Annäherung an das Ertragsgesetz von E. v. Boguslawski und Schneider (1962, 1963, 1964), Hessische Landwirtschaftliche Versuchsanstalt, Kassel, 10 s.
- Leskošek, M.. 1993. Gnojenje. ČZP Kmečki glas Ljubljana, Ljubljana: 197 s.
- Tajnšek, A. 2003. Namen in cilj trajnih poljskih poskusov IOSDV Jable in IOSDV Rakiča. V: Tajnšek, A. (ur.), Čeh, B. (ur.), Kocjan Ačko, D. (ur.). Deset let trajnih poskusov IOSDV v Sloveniji, Jable in Rakičan 1993-2003 : zbornik posveta, Žalec, [12.] december 2003. Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 7-22
- Tajnšek, A., Udovč, A., Šantavec, I. 1996. Gospodarnost sistemov njivske proizvodnje in njihova ekološka sprejemljivost. V: Šesek, P. (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu '96 : zbornik simpozija, [Radenci, 9. in 10. decembra 1996]. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 25-31
- Tajnšek, A., Čeh, B., Tajnšek, L., Cvetkov, M. 2010. Mechanical resistance of wheat to stem breakage in the late growth period considering mineral nitrogen and organic fertilisation. Archives of Agronomy and Soil Science: 489-497
- Tajnšek, A., Šantavec, I., Čeh, B. 2005. Using "the third approximation of the yield law" for the determination of maximum yield and nitrogen fertilization of winter wheat. Arch. Acker - Pflanzenbau Bodenkd., 51, 5: 501-512
- Vučko, K. 2009. Vpliv gnojenja pšenice (*Triticum aestivum* L.) na njeno absolutno in hektolitrsko maso : diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 41 s.
- Wild, A. 2003. Soils, Land and Food. Cambridge University Press, University of Reading: 93-124
- Žaucer I., 2010. Realni dohodek iz kmetijstva, Slovenija. Metodološka pojasnila. http://www.stat.si/doc/metod_pojasnila/15-073-mp.htm

4.2 Prilaganje tehnologije pridelave hmelja v skladu s cilji projekta

Prvo leto poskusa

Že v prvem letu poskusa (2009) smo konec julija zasledili manjšo koncentracijo nitrata v talni raztopini na globini 60 cm na zatravljenih parcelah v primerjavi z ostalimi obravnavanji (slika 5), kljub temu da smo travo posejali šele v tem letu v začetku aprila. Med kontrolo, oljno ogrščico in oljno redkvijo konec julija ni bilo razlik, saj sta bila ta dva podsevka še v začetnih razvojnih fazah (posejali smo ju v začetku julija).

10. avgusta je bila v talni raztopini na globini 60 cm zopet najnižja vsebnost nitratov na zatravljenih parcelah, nižja v primerjavi s kontrolo pa je bila tudi pri podsevku oljna redkev, ki se je v tem času hitro razvijal. V začetku oktobra, dober mesec dni po obiranju hmelja, je bilo spiranje nitrata še vedno manjše pri zatravljenih obravnavanjih v primerjavi s kontrolo, najmanjše izpiranje pa smo zasledili pri prezimnem podsevku oljne ogrščice, ki se je v tem času lepo razrasla po parcelah in očitno pri tem zajemala v svojo biomaso dušik iz tal. 10. novembra je bila koncentracija nitrata v talni raztopini zopet najmanjša pod podsevkom oljne ogrščice, med ostalimi obravnavanji pa v tem času ni bilo bistvenih razlik (slika 5).

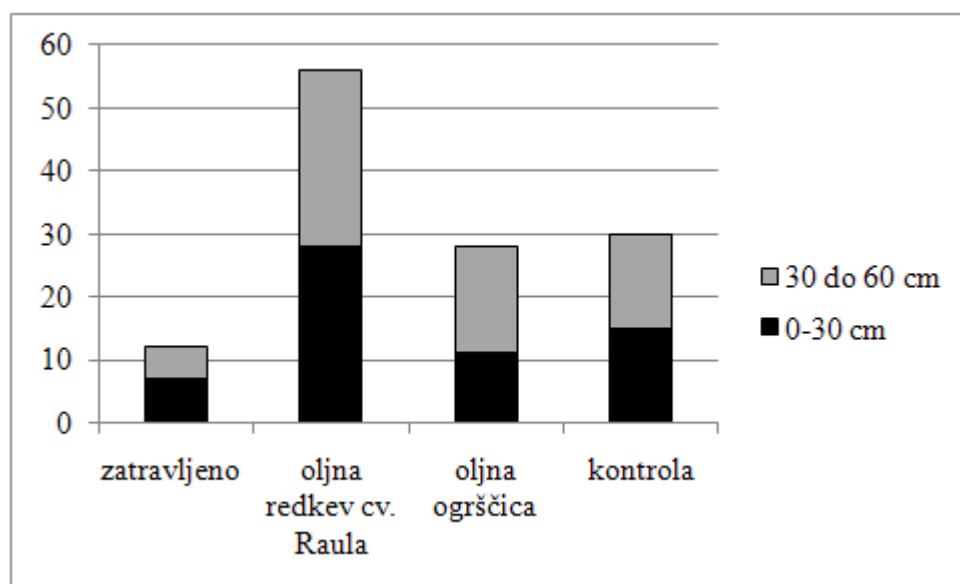


Slika 5: Koncentracija nitratov v talni raztopini glede na datum meritve in podsevek v hmelju v prvem letu poskusa (mg/l)

Po obiranju v letu 2009 je bila v tleh relativno majhna količina rastlinam dostopnega dušika. Najmanj ga je bilo na zatravljenih parcelah, največ pod podsevkom oljne redkve Raule (preglednica 12 in slika 6).

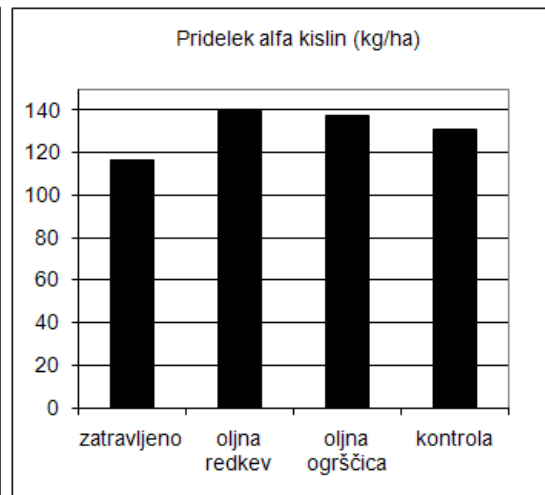
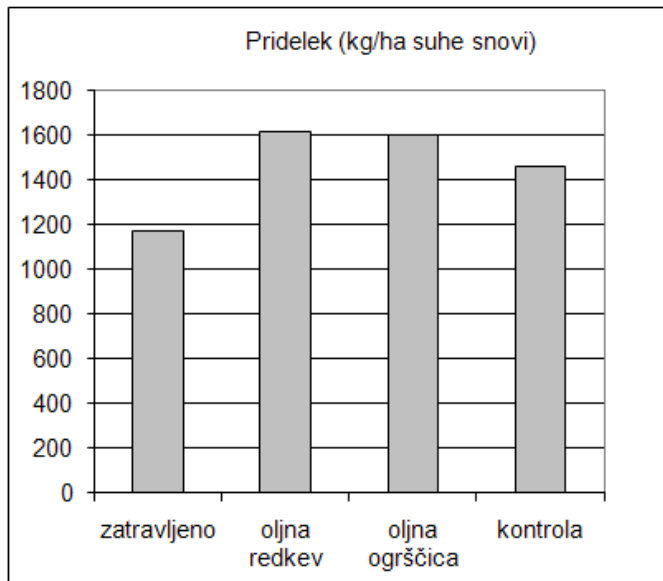
Preglednica 12: Rezultati analize tal na rastlinam dostopni dušik glede na globino tal (0 do 30 cm, 30 do 60 cm) in glede na obravnavanje v letu 2009

Datum vzorčenja	Obravnavanje	NO ₃ – N (kg/ha)	NH ₄ – N (kg/ha)	Skupni rastlinam dostopni N (kg/ha)
9.9.2009	zatravljeno (0-30)	5	3	8
9.9.2009	zatravljeno (30-60)	5	2	7
9.9.2009	oljna redkev cv. Raula (0-30)	28	5	33
9.9.2009	oljna redkev cv. Raula (30-60)	28	5	33
9.9.2009	oljna ogrščica (0-30)	9	3	12
9.9.2009	oljna ogrščica (30-60)	19	2	21
9.9.2009	kontrola (0-30)	14	3	17
9.9.2009	kontrola (30-60)	14	3	17



Slika 6: Vsebnost rastlinam dostopnega dušika v tleh (nitratna in amonijska oblika) v kg/ha po obiranju (9.9.2009)

Že v prvem letu poskusa se je nakazalo, da prezimne pokrovne rastline (trava in oljna ogrščica) pozitivno vplivajo na zajemanje preostalih količin dušika iz tal jeseni in jih predvidoma vežejo v svojo biomaso, saj smo pri teh obravnavanjih zabeležili manjše koncentracije nitrata v talni raztopini na globini 60 cm v jesenskih mesecih. Tudi vsebnost nitratov v storžkih je bila skoraj za polovico manjša v storžkih hmelja pri zatravljenih parcelah v primerjavi z ostalimi obravnavanji (673 mg/100 g SS, pri ostalih obravnavanjih nad 1000 mg/100 g SS). Ker pa smo zabeležili slabši pridelek pri zatravljeni varianti (sliki 7 in 8), smo v poskus v naslednjem letu (2010) vključili še obravnavanje, kjer smo dodali 60 kg/ha N več v primerjavi s kontrolo (zatravljeno+N).



Slika 8: Pridelek alfa kislin glede na obravnavanje v poskusu v letu 2009

Slika 7: Pridelek suhe snovi storžkov glede na obravnavanje v poskusu v letu 2009

Količina rastlinam dostopnega dušika v tleh v drugem letu poskusa

ZAČETEK MAJA

Stanje v maju 2010 kaže sliko dogajanja iz leta 2009. Na parcelah, kjer sta bili v letu 2010 obravnavani kontrola in Sirflor, je bila v letu prej kontrola. Količina rastlinam dostopnega dušika v tleh je bila pri teh dveh obravnavanjih v maju 2010 podobna (okrog 90 kg/ha do globine 60 cm; slika 9). V primerjavi s kontrolo je bila pri obravnavanju zatravljeno v sredini maja manjša količina rastlinam dostopnega dušika (okrog 40 kg/ha). Dejstvo je, da so bile parcele zatravljene že v lanskem letu in je trava že spomladi absorbirala iz tal rastlinam dostopne oblike dušika. Tudi v poskusih z zatravljanjem celotnega hmeljišča (niso obdelovali celotne površine hmeljišča - tudi v vrsti ne) so v poskusih v 90-tih letih spomladi ugotavljali manjšo količino nitratnega dušika v tleh zatavljenih variant v primerjavi z obdelovanimi parcelami (Majer, 1996). Obravnavani prezimni podsevek oljna ogrščica in neprezimni podsevek olja redkev sta bili v obeh letih na istih parcelah. Vpliv podsevka na količino rastlinam dostopnega dušika v tleh je razviden s slike 9; le ta je večja kot pri kontroli.

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

JUNIJ

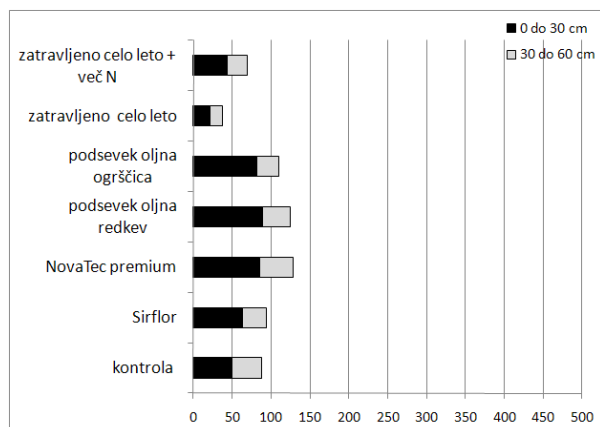
10. junija 2010 je bilo v tleh do globine 60 cm od 70 do 490 kg/ha rastlinam dostopnega dušika glede na obravnavanje (slika 10). Med kontrolo in parcelami, ki so bile v prejšnjem letu zasejane s podsevkoma olja ogrščica in oljna redkev, konec junija ni bilo večjih razlik. Pri obravnavanju NovaTec premium je bila v tem času v tleh relativno velika količina rastlinam dostopnega dušika (490 kg/ha; slika 10), medtem ko je bila količina rastlinam dostopnega dušika v tleh pri drugem obravnavanju z dušikovim gnojilom s podaljšanim delovanjem (Sirflor) le za 30 kg/ha večja v primerjavi s kontrolo. Na zatravljenih parcelah je bila zopet majhna količina rastlinam dostopnega dušika v tleh v primerjavi z drugimi obravnavanji. Na zatravljenih parcelah, kjer smo dodali 60 kg/ha več dušika, pa je bilo za okrog 30 kg/ha več rastlinam dostopnega dušika v zgornjem sloju tal v primerjavi z zatravljenim obravnavanjem, kjer je bila količina pognojenega dušika enaka kot pri kontroli (slika 10).

V spodnji preučevani plasti (30 do 60 cm) je bila količina rastlinam dostopnega dušika med obravnavanji podobna (med 20 in 40 kg/ha), v zgornji plasti (0 do 30 cm) pa so bile razlike večje (slika 10).

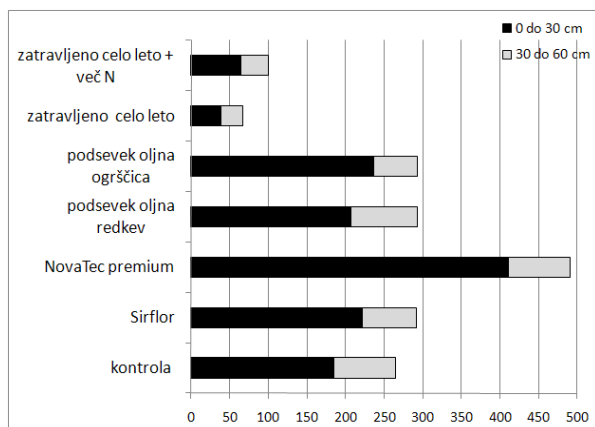
ZAČETEK JULIJA

V prvih dneh julija, pred tretjim dognojevanjem, je bila količina rastlinam dostopnega dušika v tleh za 90 kg/ha večja pri obravnavanju prezimni podsevek oljna ogrščica kot pri kontroli (slika 11). Poskusni kombinaciji NovaTec premium in neprezimnega podsevka oljne redkve se v tem obdobju nista bistveno razlikovali od kontrole. Na zatravljenih parcelah in pri obravnavanju Sirflor je bila količina rastlinam dostopnega dušika v tleh manjša, in sicer za okrog 130 kg/ha pri obravnavanju Sirflor, za 150 kg/ha na zatravljenih parcelah in za 100 kg/ha na parcelah obravnavanja zatravljeno+60N. Vzrok manjše vsebnosti rastlinam dostopnega dušika v zatravljenih obravnavanjih je možno pojasniti s povečanim odvzemom dušika zaradi rasti trave, medtem ko je manjšo vsebnost dostopnega dušika v obravnavanju Sirflor najbrž potrebno iskati v formulaciji gnojila Sirflor. Sirflor je kot NovaTec premium gnojilo, ki vsebuje počasi sproščujoč dušik, vendar je bila vsebnost dostopnega dušika v tleh pri tem obravnavanju vseskozi manjša. Vzroka za takšno sta lahko dva: v prvem mesecu po aplikaciji se je sprostil večji del dušika, ki se je kasneje, do 20. junija, izpral iz zgornjega dela tal (globine do 60 cm) ali pa je dušik v gnojilu vezan močnejše, da se sprošča dlje in postopoma ter v manjšem obsegu kot v primeru gnojila NovaTec premium, kar je bolj verjetna razlaga glede na rezultat višine pridelka, ki je bil med obravnavanjema primerljiv (med njima ni bilo statistično značilne razlike).

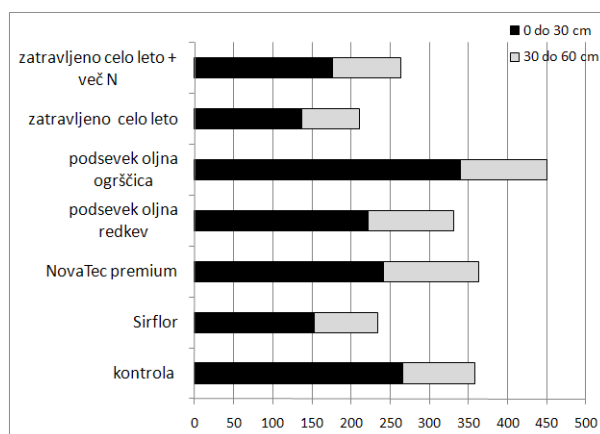
Razlike v količini rastlinam dostopnega dušika v tleh so bile tudi v tem času v glavnem v zgornjem sloju 0 do 30 cm tal, medtem ko v naslednjem sloju (30 do 60 cm globine) razlike niso bile tako očitne (slika 11). Takšno stanje je posledica sušnih razmer v tleh v juliju; 14. julija, ko še zdaleč ni bila dosežena najnižja točka vsebnosti vlage v tleh, je bilo v tleh po meritvah IHPS že pod 50% celotne rastlinam dostopne vode. Pri takšnih razmerah glede talne vlage sta topnost in migracija dodanega dušika minimalna.



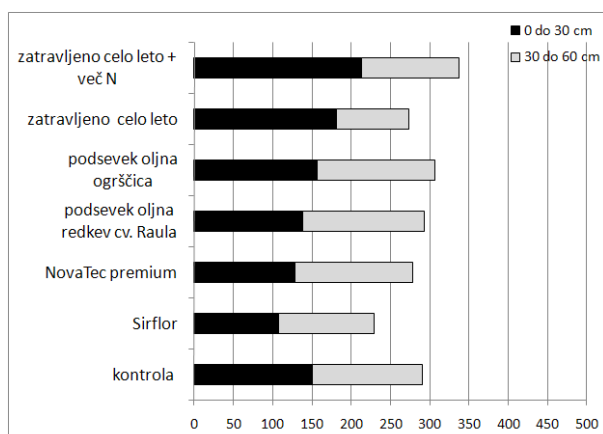
Slika 9: Količina rastlinam dostopnega dušika ($\text{NO}_3\text{-N}$ in $\text{NH}_4\text{-N}$) na globini 0-30 cm in 30 do 60 cm v sredini maja 2010 glede na obravnavanje v kg/ha



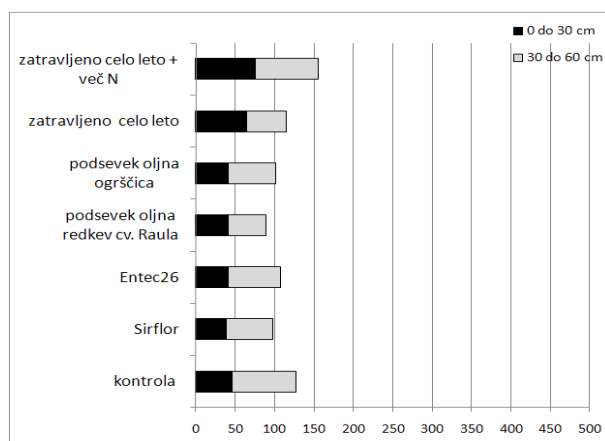
Slika 10: Količina rastlinam dostopnega dušika ($\text{NO}_3\text{-N}$ in $\text{NH}_4\text{-N}$ v kg/ha) na globini 0 do 30 cm in 30 do 60 cm 10. junija 2010 glede na obravnavanje v kg/ha



Slika 11: Količina rastlinam dostopnega dušika ($\text{NO}_3\text{-N}$ in $\text{NH}_4\text{-N}$) na globini 0-30 cm in 30 do 60 cm v začetku julija 2010 glede na obravnavanje v kg/ha



Slika 12: Količina rastlinam dostopnega dušika ($\text{NO}_3\text{-N}$ in $\text{NH}_4\text{-N}$) na globini 0 do 30 cm in 30 do 60 cm v začetku avgusta 2010 glede na obravnavanje v kg/ha



Slika 13: Količina rastlinam dostopnega dušika ($\text{NO}_3\text{-N}$ in $\text{NH}_4\text{-N}$) na globini 0 do 30 cm in 30 do 60 cm po obiranju (september 2010) v kg/ha

ZAČETEK AVGUSTA

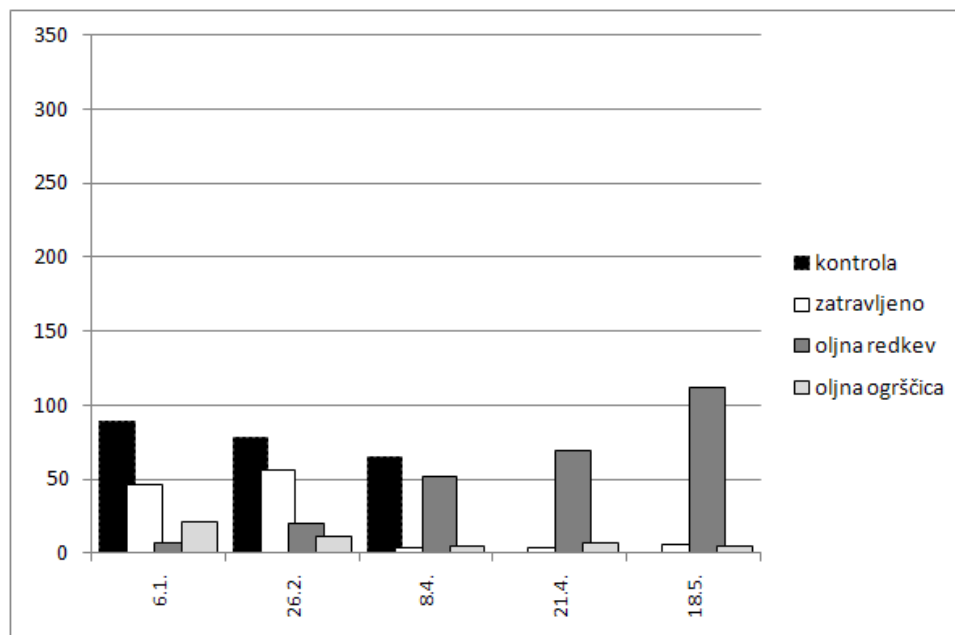
Razlike v količini rastlinam dostopnega dušika v tleh so se do sredine avgusta zmanjšale, pri vseh obravnavanjih pa se je povečala količina rastlinam dostopnega dušika v globini 30 do 60 cm (slika 12), kar gre pripisati padavinam ob koncu julija in v prvi polovici avgusta, ki so verjetno izprale preostale količine dušika iz obdelovalnega horizonta. Največja količina rastlinam dostopnega dušika v tleh je bila v kombinaciji zatravljenja in povečane količine dušika, kar je verjetno posledica sušnih razmer v juliju, ki so poleg počasne topnosti zadnjega obroka dušika preprečevale tudi intenzivnejšo rast trave. Tako dodan dušik ni mogel pripomoči k boljši rasti in pridelku hmelja.

PO OBIRANJU

Po obiranju v začetku septembra smo v tleh do globine 60 cm ugotovili od 90 do 156 kg/ha rastlinam dostopnega dušika. Od kontrole (127 kg/ha) so imela vsa ostala obravnavanja manjšo količino rastlinam dostopnega dušika v tleh, razen obravnavanja zatravljeno+N, pri katerem je bila v primerjavi s kontrolo v tem času za 30 kg/ha več rastlinam dostopnega dušika v tleh (slika 13). V vseh obravnavanjih, razen pri zatravljenih, je bilo v tleh manj kot 50 kg/ha rastlinam dostopnega dušika v zgornjem sloju tal (0 do 30 cm), kar je bila manjša količina kot na začetku spremljanja vsebnosti rastlinam dostopnega dušika.

Izpiranje dušika

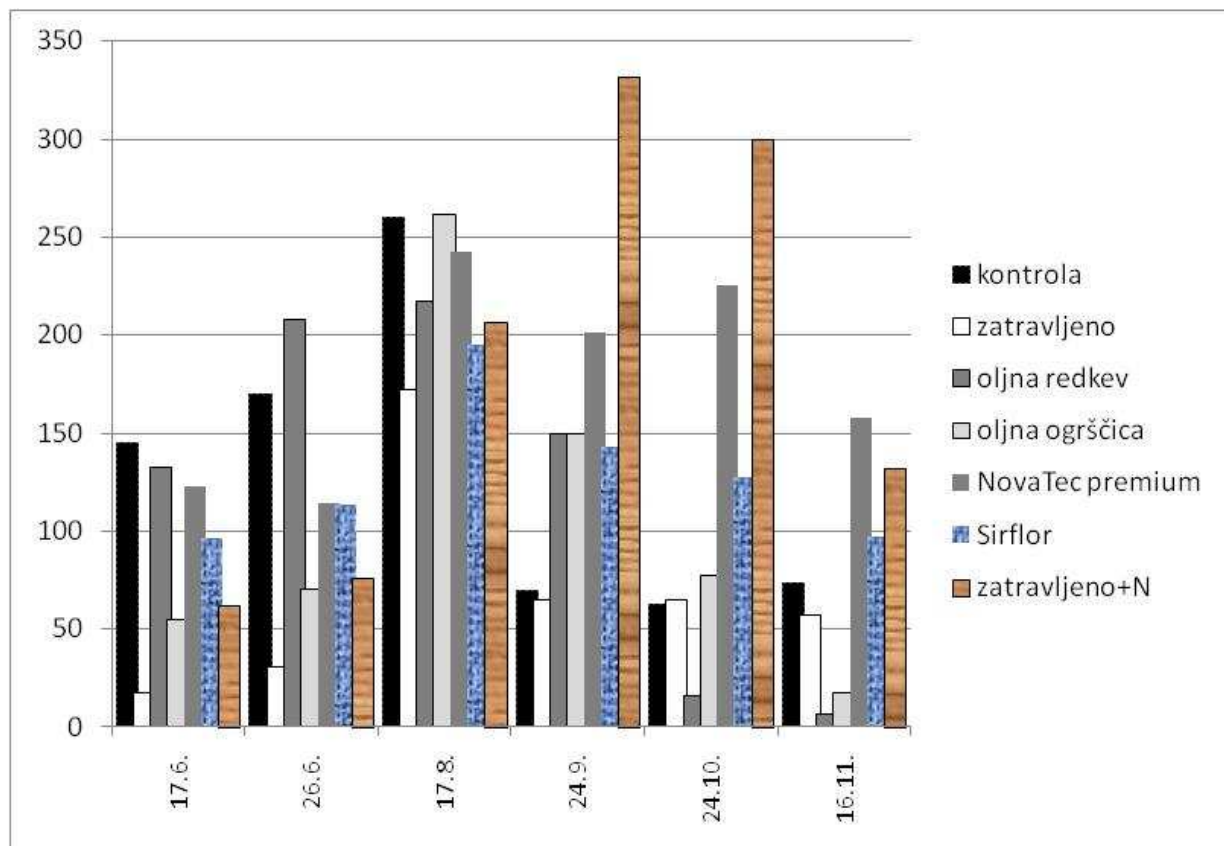
Čez zimo smo pri v letu 2009 preučevanih obravnavanjih pustili svečke v tleh, tako da smo lahko z vzorčenjem talne raztopine na globini 60 cm nadaljevali po taljenju snega in večjih padavinah tudi v prvih mesecih naslednjega leta (2010).



Slika 14: Koncentracija nitratov v talni raztopini glede na datum meritve in podsevek v hmelju v začetku drugega leta (2010) poskusa (mg/l)

Koncentracije nitratov v talni raztopini pozimi in zgodaj spomladi niso bile tako visoke kot med sezono, pa vendarle smo zaznali med obravnavanji razlike (slika 14). V januarju in februarju je bila koncentracija nitratov največja pri kontroli (80 do 90 mg/l), manjša pod zatravljenimi parcelami (okrog 50 mg/l) in najmanjša pod podsevkoma oljna redkev in oljna ogrščica (10 do 20 mg/l), kljub temu da je bila oljna redkev jeseni zaorana, oljna ogrščica pa je še vedno rastla. Kot je razvidno s slike 14, pa sta spomladi (april, maj) trava in oljna ogrščica začeli rasti in očitno vezali dušik v svojo biomaso, tako da je bila vsebnost nitratov v talni raztopini na globini 60 cm minimalna (5 oziroma 6 mg/l). Največja koncentracija nitratov je bila spomladi v tleh pod jeseni zaorano oljno redkvijo (111 mg/l). Zaradi težav s svečkami podatkov za kontrolo v spomladanskih mesecih (april in maj) ni.

V letu 2010 smo dodali v poskus še tri obravnavanja (preglednica 2) in nadaljevali z meritvami vsebnosti nitratov v talni raztopini (slika 15).



Slika 15: Koncentracija nitratov (mg/l) v talni raztopini glede na datum meritve in podsevek v hmelju oziroma vrsto dušičnega gnojila v drugem letu (2010) poskusa od junija do novembra

V juniju (17.6.2010) je bila koncentracija nitratov v talni raztopini v primerjavi s kontrolo (145 mg/l) pri vseh ostalih obravnavanjih manjša (slika 15). Kontrolni sta sledili obravnavanji oljna redkev in NovaTec premium. Manjša koncentracija od 100 mg/l je bila pri obravnavanjih, pri katerih so tla preko zime in še spomladi pokrivala pokrovne rastline (oljna ogrščica in zatravljene varianti). Najmanjša koncentracija nitrata v talni raztopini na globini 60 cm je bila pri obravnavanju zatravljeno (18 mg/l).

Pri podsevku oljna ogrščica je bila manjša koncentracija nitratov v tleh na globini 60 cm skozi celo rastno sezono hmelja, jeseni pa je bila višja (slika 15). Torej je potrebno v vsakem letu poleti posejati podsevek, da zajame dušik, ki se še jeseni sprošča z mineralizacijo ostankov iz prejšnjih sezon.

Pri gnojilih z dušikom s podaljšanim delovanjem je bila koncentracija nitrata na globini 60 cm v tleh v juniju in avgustu manjša v primerjavi s kontrolo, jeseni pa smo pri teh dveh obravnavanjih zabeležili večje vrednosti, predvsem pri obravnavanju NovaTec premium (slika 15). V prihodnje bi morali preizkusiti, če bi morda lahko zmanjšali količino dušika, ki ga damo v obliki gnojil z dušikom s podaljšanim delovanjem, da do tega jeseni ne bi prihajalo, oziroma bi bilo smiselno preizkusiti kombinacijo teh obravnavanj in setve podsevkov, ki bi jeseni te preostale količine dušika v tleh zajeli v svojo biomaso. Dejstvo je namreč, da so bile koncentracije nitratov v globini 60 cm v tleh pri obravnavanjih z gnojili z N s podaljšanim delovanjem skozi rastno sezono vseskozi manjše v primerjavi s kontrolo, za trosenje teh gnojil pa smo po njivi naredili le en prehod v maju, v primerjavi s kontrolo, kjer smo dognojevali s KANom trikrat in pri tem torej naredili tri prehode po njivi (večji stroški za gorivo, večja poraba goriva in delovnih ur), razlike v pridelku hmelja pa ni bilo (slika 16).

Pri obravnavanju zatravljeno smo tudi v drugem letu izmerili pri vsakem merjenju manjšo koncentracijo nitrata v talni raztopini na globini 60 cm v primerjavi z drugimi obravnavanji. Zato bo smiselno to obravnavanje v prihodnje dodelati v smeri ustreznega pridelka hmelja in njegove kakovosti.

Nenavaden rezultat se je nakazal pri obravnavanju zatravljeno+N, kjer smo jeseni namerili največje koncentracije nitrata na globini 60 cm (slika 15). Takšna kombinacija uporabe zatavljanja in dušikovega gnojila, kot je bila pri tem obravnavanju v letu s sušnimi obdobji, ni ustrezna, kar se je pokazalo tudi v manjšem pridelku.

Pridelek in kakovost pridelka v drugem letu poskusa

Med kontrolo in obravnavanji NovaTec premium, Sirflor ter prezimni podsevek oljna ogrščica in neprezimni podsevek olja redkev nismo ugotovili statistično značilnih razlik v količini pridelka. V pozitivno smer sta se nakazovali obravnavanji oljna redkev in kontrola (slika 16). Obravnavanje oljna redkev je nakazovalo pozitiven učinek mineralizacije zaorane oljne redkve iz preteklega leta, kjer je večja količina dušika v juliju očitno najbolj pripomogla k večjemu pridelku (sliki 16 in 11).

Rezultati o pridelku hmelja pri obravnavanju NovaTec premium s kontrolo so primerljivi z rezultati poskusa v prejšnjih letih (2008 in 2009), ko med kontrolo, kjer smo dognojevali trikrat v obliki KANA z enakim odmerkom dušika kot pri varianti NovaTec premium (dušik v isti obliki kot v NovaTec premium) v enem obroku, ni bilo značilnih razlik (Čeh in Čremožnik, 2009).

Manjši pridelek je bil, kot pričakovano, pri zatravljeni varianti, nepričakovano pa je bil pridelek še značilno manjši pri zatravljeni varianti, kjer smo v sezoni dodali dodatnih 60 kg/ha dušika (slika 16). Največji vzrok odstopanja od pričakovanega pridelka v tej poskusni kombinaciji gre po vsej verjetnosti pripisati času in količini obrokov dognojevanja ter okoljskim dejavnikom.

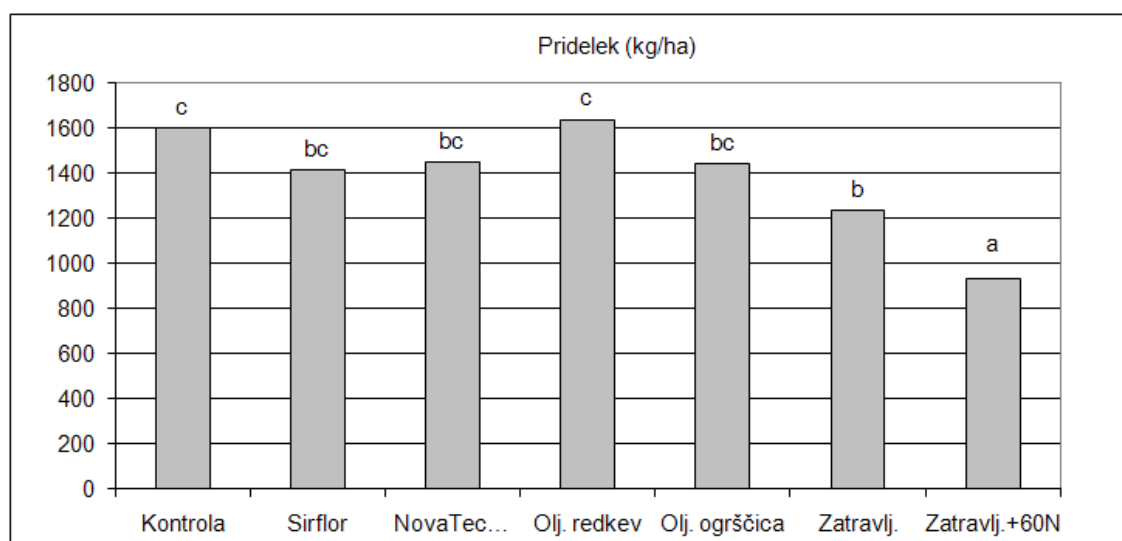
Očitno je bila učinkovitost prvih dveh obrokov dodanega dušika manjša, ker ga trava in hmelj nista uspela v večji meri izkoristiti, kasneje v juniju pa so ga padavine izprale iz območja korenin ali ga je uporabila trava. Učinkovitost tretjega obroka pa je bila manjša zaradi sušnih razmer v juliju (gnojilo se dolgo ni stopilo in ni prišlo v tla). V zatravljeni poskusni kombinaciji, kjer je bila količina dodanega dušika enaka tisti v kontrolni kombinaciji, je bil drugi obrok dušika dodan deset dni kasneje kot v drugi zatravljeni kombinaciji. Očitno je bila učinkovitost dodanega dušika v drugem obroku zaradi boljše usklajenosti z rastjo hmelja in okoljskimi dejavniki večja, kar se je pokazalo v nekoliko večjem pridelku kot v zatravljenem obravnavanju s povečano količino dodanega dušika.

Zaradi večjih razlik med bloki med obravnavanji nismo mogli dokazati razlik v vsebnosti alfa kislin v storžkih in pridelku alfa kislin (preglednica 13).

Preglednica 13: Pridetek hmelja, pridelok alfa kislin, vsebnost alfa kislin in nitratov v storžkih glede na obravnavanje v drugem letu poskusa (2010)

	Pridetek storžkov (kg/ha suhe snovi)	Pridetek na rastlino (kg)	Pridetek na vodilo (kg)	Vsebnost alfa kislin (% v suhi snovi)	Pridetek alfe (kg/ha)
Kontrola	1604 c*	0,45 b	0,21 b	9,3 a	149 a
Zatravljeno	1237 b	0,39 ab	0,18 ab	9,9 a	123 a
Zatravljeno+60N	936 a	0,27 a	0,13	8,7 a	84 a
Olj. redkev	1641 c	0,50 b	0,24	9,8 a	160 a
Olj. ogrščica	1444 bc	0,44 b	0,20	8,7 a	126 a
Sirflor	1416 bc	0,44 b	0,21	8,5 a	121 a
Nova Tec premium	1450 bc	0,44 b	0,21	8,8 a	128 a

*Enaka črka v stolpcu pomeni, da med obravnavanjema ni statistično značilne razlike (Duncanov test, $p=0,08$).



Slika 16: Pridetek hmelja (kg/ha suhe snovi) v poskusu s podsevki v letu 2010 glede na obravnavanje; Enaka črka nad stolpcema pomeni, da med obravnavanjema ni statistično značilne razlike (Duncanov test, $p=0,05$).

Opažanje po obiranju

V začetku oktobra je bilo v hmeljišču videti razlike med obravnavanji, kjer so parcele zatravljene že dve leti, in obravnavanji, kjer je obdelava medvrstnega prostora klasična (slika 17). Kolesnice so bile zažete v tla med 10 do 15 cm na nezatravljenih parcelah, na zatravljenih pa je bila ta globina za dve tretjini manjša.



Slika 17: Kolesnice po obiranju na parceli z oljno redkvijo (spredaj) in plitvejše na zatravljeni parceli (zadaj)

SKLEPI

Za intenzivno rast hmelj potrebuje v sorazmerno ozkem časovnem obdobju dovolj razpoložljivega dušika, sicer se pomanjkanje hitro pokaže tudi na pridelku. Na razpoložljivost dušika v tleh močno vpliva tudi ustrezna oskrbljenost tal z vodo, ki v mesecu juliju v drugem letu poskusa, ko se naj bi dejansko odrazili preučevani agrotehnični ukrepi, ni bila ustrezna. Zaradi tega dejstva so bili pridelki navkljub ustreznim količinam dodanega dušika manjši od dolgoletnih povprečnih pridelkov. Sušne razmere so se zrcalile tudi na dinamiki razpoložljivih količin dušika v tleh.

Spomladi (april in maj 2010, tudi junij) se je najbrž začela mineralizacija ostankov oljne redkve v tleh in zaradi nepokritosti tal je prihajalo do večjih izgub nitratov v globino v primerjavi z drugimi obravnavanji. Vendar pa se je jasno izrazil pozitiven učinek mineralizacije tega podsevka, zaoranega v jeseni 2009, na pridelek hmelja že v prihodnjem letu (2010).

V pozno jesenskih, zimskih in spomladanskih mesecih so se pozitivno na zmanjšanje izgub dušika v nižje plasti tal nakazala obravnavanja, pri katerih so v tem času podsevki prekrivali tla (zatravljeni obravnavanji in oljna ogrščica). Spomladi (april, maj) sta trava in oljna ogrščica začeli rasti in očitno vezali dušik v svojo biomaso, tako da je bila vsebnost nitratov v talni raztopini na globini 60 cm minimalna (5 oziroma 6 mg/l).

Pri podsevu oljna ogrščica je bila manjša koncentracija nitratov v tleh na globini 60 cm tudi skozi celo rastno sezono hmelja, jeseni pa je bila višja. Torej je potrebno v vsakem letu poleti posejati podsevek, da jeseni zajame dušik, ki se sprošča z mineralizacijo ostankov iz prejšnjih sezon. Z meritvami v prihodnje bi bilo smiselno ugotoviti dolgoročen vpliv na karakteristike tal, saj je bil pridelek primerljiv s kontrolo.

Pri obravnavanju zatravljeno smo tudi v obeh letih izmerili pri vsakem merjenju manjšo koncentracijo nitrata v talni raztopini na globini 60 cm v primerjavi z drugimi obravnavanji, po obiranju pa se je nakazal manjši vpliv gaženja s traktorjem (kolesnice traktorjev za 2/3 plitvejše na zatravljenih parcelicah v primerjavi s tistimi, ki smo jih med sezono klasično obdelovali). Zato bo smiselno to obravnavanje v prihodnje dodelati v smeri ustreznega pridelka hmelja in njegove kakovosti ter ustreznimi meritvami vpliva na stabilnost, strukturo, zbitost, prekoreninjenost,... tal. Med drugim bo pomembno natančno slediti rasti in razvoju hmelja in predvsem napovedi padavin, ki omogočajo, da dodano gnojilo pride v območje korenin. Poskus bi bilo miselno nadaljevati na istih parcelah, saj se vpliv na parametre tal pokaže šele po daljšem obdobju izvajanja določenega agrotehničnega ukrepa, preučevano obravnavanje pa se je nakazalo kot obetajoče v smislu ohranjanja rodovitnosti tal in izgub dušika iz sistema tla-rastlina.

Nepričakovana razlika v pridelku hmelja med zatravljenima obravnavanjema (pri enem smo dognojevali z odmerkom 170 kg/ha N kot pri kontroli, pri drugem smo količino povečali za 60 kg/ha N) je posledica okoljskih dejavnikov, ki so vplivali na izpiranje in topnost oziroma na dostopnost dušika za rast hmelja v kritičnih razvojnih fazah hmelja. Dodelava agrotehnik pri zatravljanju medvrstnega prostora torej ni smiselna (le) s povečevanjem odmerka dušika glede na datum, ampak bo potrebno med drugim preučiti kombinacijo povečanega odmerka in natančnega sledenja vremenski napovedi ter razvoju hmelja.

Struktura življenja v tleh (razmerja med številom bakterij, gliv, praživk, nematod, členonožcev in deževnikov) je zelo različna pri različnih ekosistemih, načinih rabe tal, itd. V primeru, ko zmanjšamo število obdelovanj, uporabljamo direktno setev, se izognemo oranju,... se naj bi sčasoma spremenilo razmerje med bakterijami in glivami, povečalo pa število deževnikov in členonožcev. V okviru projekta smo na posameznih poskusnih parcelah z različno obdelavo zasledovali število različnih vrst členonožcev. V letu 2009 se je na vabe ulovilo nekaj členonožcev, vendar zelo malo, prav tako tudi v drugem letu poskusa nismo zasledili nobenega trenda. Poskus bi bilo najbrž potrebno izvajati dlje časa, da bi se spremenilo tudi življenje v/ta tleh, zamenjati pa bi morali tudi metodologijo detekcije.

Obravnavanji s počasi sproščujočim dušikom sta bili po pridelku hmelja primerljivi s kontrolo, kljub temu da smo pognojili celoten odmerek dušika pri kontroli v treh obrokih (večji stroški za gorivo, večja poraba goriva in delovnih ur), pri obravnavanjih z gnojiloma z dušikom s podaljšanim delovanjem pa v enem obroku, način sproščanja dušika pa je bil različen. Koncentracija nitrata na globini 60 cm v tleh je bila med rastno sezono pri obeh variantah manjša v primerjavi s kontrolo, jeseni pa smo pri teh dveh obravnavanjih zabeležili večje

vrednosti, predvsem pri obravnavanju NovaTec premium. V prihodnje bi morali preizkusiti, če bi morda lahko zmanjšali količino dušika, ki ga damo v obliki gnojil z dušikom s podaljšanim delovanjem, da do tega jeseni ne bi prihajalo, oziroma bi bilo smiselno preizkusiti kombinacijo teh obravnavanj in setve podsevkov, ki bi jeseni preostale količine dušika v tleh zajeli v svojo biomaso.

Poskus smo v letu 2009 postavili, nadaljevali pa smo ga v naslednjem letu, ko smo pričakovali dejanske rezultate glede na zastavljena obravnavanja (učinek podsevka iz prejšnjega leta, dobro zakoreninjena trava,...). Sicer so se že v prvem in drugem letu nakazale razlike med obravnavanji, vendar pa bi ga morali nadaljevati še v prihodnjih letih, da bi lahko dobili trdnejše sklepe glede vpliva podsevkov in različnih dušikovitih gnojil na izpiranje nitratov, vpliv na lastnosti tal in pridelek hmelja ter njegovo kakovost in karakteristike tal.

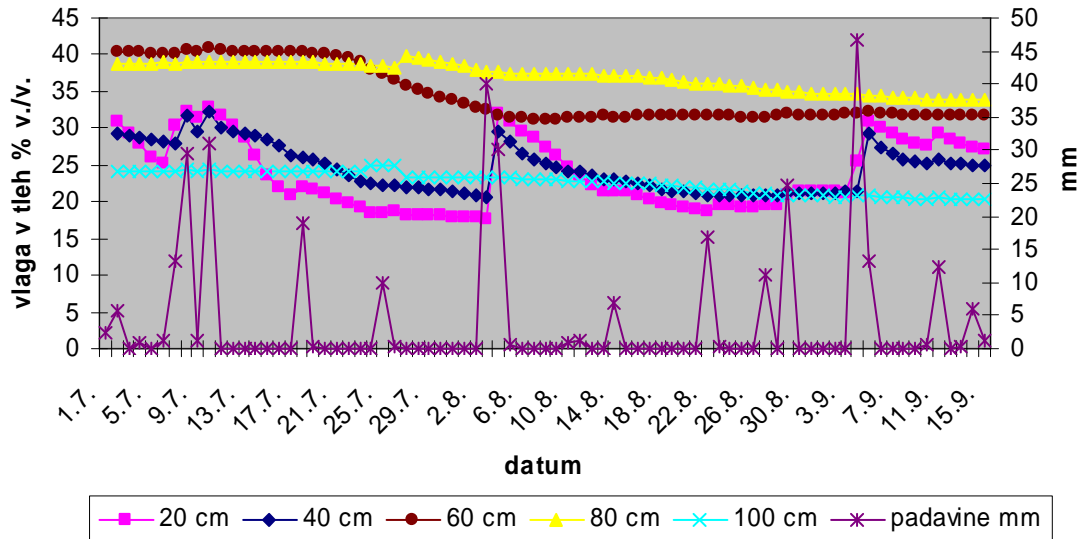
4.3 Vpliv različnih režimov zapleveljenosti hmeljišča na izkoristek dušika iz mineralnega gnojila ter vpliv na rast hmelja

4.3.1 Rastna sezona 2009

V letu 2009 smo v poskusu uporabili izotopsko označeno gnojilo dušika. Za leto 2009 je značilno, da je bilo junija in prvo dekada julija sorazmerno veliko padavin, tako da smo imeli precej težav z lovljenjem termina za aplikacijo gnojila. Gnojilo smo dodali vedno v terminu dognojevanja površin, ki jih je obdeloval IHPS. Za zagotavljanje ustrezne zapleveljenosti v poskusnih kombinacijah visoke zapleveljenosti smo v začetku junija posejali semena bele metlike (*Chenopodium album* L.), ki smo jo po vzklitju ustrezno zredčili. Zaradi varnostnega faktorja zagotavljanja ustrezne zapleveljenosti smo v okolico posameznih rastlin hmelja na podparceli, presadili po 6 sadik rastlin metlike na kvadratni meter. Kot rečeno smo v poskus vgradili precej raziskovalne opreme. V vrstni in medvrstni prostor smo vgradili lizimetske svečke. Svečke so bile vgrajene na globino 50 do 60 cm. Svečke smo vgradili na vsa obravnavanja v dveh ponovitvah. Žal se je med sezono pokazalo, da približno tretjina svečk ni delovala kot bi bilo potrebno. Vzroka sta bila dva: prvi razlog gre na račun zelo skeletnih tal na delu poskusa in se je del svečk med vgrajevanjem v tla poškodoval. Drugi razlog je, da je bila vsebnost vlage v vrstnem prostoru občutno nižja kot v medvrstnem prostoru in je zato v drugem delu sezone, ko ni bilo več tako obsežnih padavin in je bila transpiracija hmelja večja, bila tudi voda v tem ravnem prostoru pogosteje vezana z večjo silo kot 0,4 bare. Volumni raztopin, kjer smo uspeli vzorčiti talno raztopino so bili v ponovitvah tako različni, da so bili rezultati na koncu praktično neuporabni. V svečkah smo vzdrževali podtlak 0,4 bar-a. Rezultati vzorčenja talne raztopine v letu 2009 niso bili najbolj povedni.

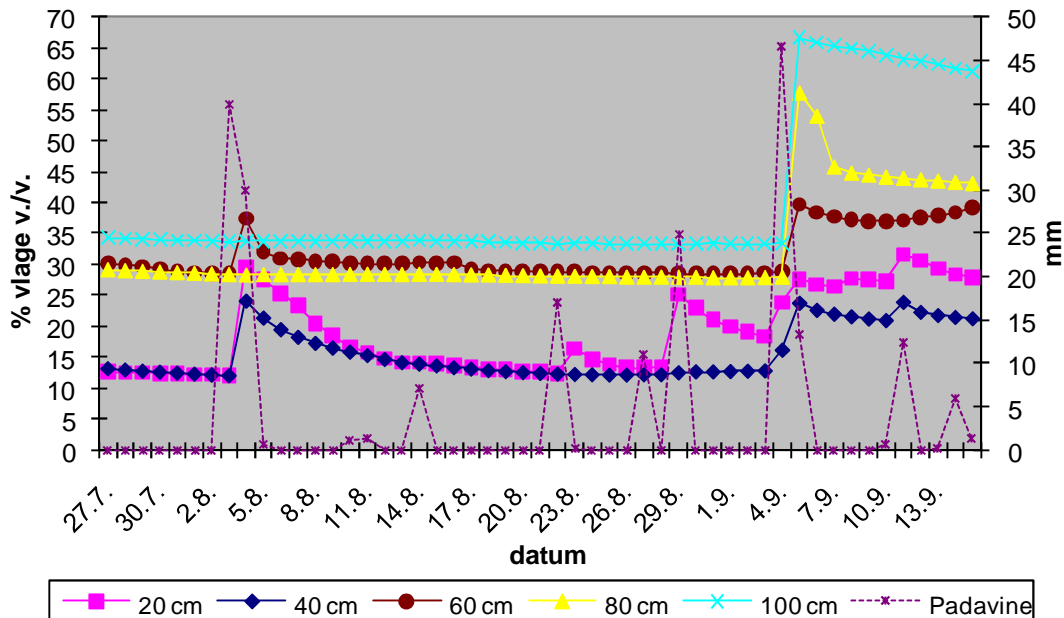
V začetku julija smo vgradili sistem Enviroscan za kontinuirano merjenje vlage v tleh. Od začetka inštalacije je bila v funkciji le ena sonda (A), do konca julija nam je uspelo usposobiti še eno sondo (B). Obe sondi sta bili postavljeni v vrsto hmelja in kažeta na pestrost razmer v hmeljišču. Iz obeh grafikonov je moč razbrati, da je največja dinamika gibanja vode omejena na prvih 40 cm. Medtem, ko sonda A ni zabeležila velikega toka vode v globlje plasti, je sonda B zabeležila velik porast vsebnosti vode v tleh na globini 100 cm, takoj po obilnejših padavinah po spravi hmelja (5. september). Potrebno je poudariti, da je bila vsebnost vlage celotno rastno sezono dobro razporejena in rastline hmelja niso bile izpostavljene sušnemu stresu. V mesecu juniju je bilo 174 mm padavin, kar je povzročilo tudi večje pomike vode v tleh. Tako smo v zadnji dekadi junija z občasnimi merjenji s tenziometri zaznali tudi premik vode do 100 cm, kar kaže tudi na določen obseg izpiranja nitrata. Iz slike 18 lahko ugotovimo tudi malenkosten dvig vsebnosti vode v globini 80 in 100 cm med 25. julijem in 27. julijem. Obilne padavine so povzročile opazno zaskorjenost tal, in poslabšanje strukture tal na njeni površini. Dodatno so na gibanje vode v tleh vplivale kolesnice, ki so se formirale, ko se je izvajali ukrepi varstva rastlin oziroma ostali agrotehnični ukrepi. Oblikovanje kolesnic ima poleg absutja rastlin (grebena v vrsti rastlin) velik vpliv na vsebnost vlage v vrstnem prostoru hmelja. Z ustvarjenim grebenom se zmanjša ravna površina za infiltracijo vode, naklon stranic (brežin) grebena ima tudi neposreden vpliv na povečan površinski odtok v času intenzivnejših padavin. Iz območja grebena voda in z njo tudi del hranil odteče v območje kolesnice, ki ima zaradi zbitih tal močno spremenjeno poroznost, ki močno zmanjša sposobnost tal za vpijanje (infiltracijo) in prevajanje vode. Zato tudi ni redka slika, ko po obilnejših padavinah v kolesnicah stoji voda.

Poslabšanje strukture in anoksični pogoji v območju kolesnic so lahko vzrok za slabši izkoristek dodanega dušika. Izpran dušik v tem območju, se lahko v odsotnosti kisika skozi proces denitrifikacije, izgubi v ozračje. Ta opažanja smo želeli podkrepiti z merjenji tension infiltrimetra v različnih delih ravnega prostora hmelja, ki omogoča poleg določitve obsega prevajanja vode tudi velikost por, ki sodelujejo v prevajanju vode.



Slika 18: Gibanje vode v profilu tal tleh, kot jo je zabeležila sonda A.

Vlaga v profilu tal v vrsti hmelja v 2009



Slika 19: Gibanje vode v profilu tal, kot jo je zabeležila sonda B.

Preglednica 14: Rezultati merjenja hidravlične prevodnosti tal v hmeljišču pred obiranjem

Pozicija in globina	Prevodnost tal za vodo ob nasičenju (m/dan)	Delež toka vode po makroporah (%)	Opombe
Kolesnica, površina	0,005	0	
Kolesnica, površina	0,12	11	2 večji razpoki v zaskorjeni kolesnici
Medkolesni, površina	1,99	92,9	večja razpoka
Medkolesni, površina	0,09	25	zaskorjena tla
Medkolesni, 30 cm	0,32	35	
Kolesnica, 30 cm	0,6	82,5	

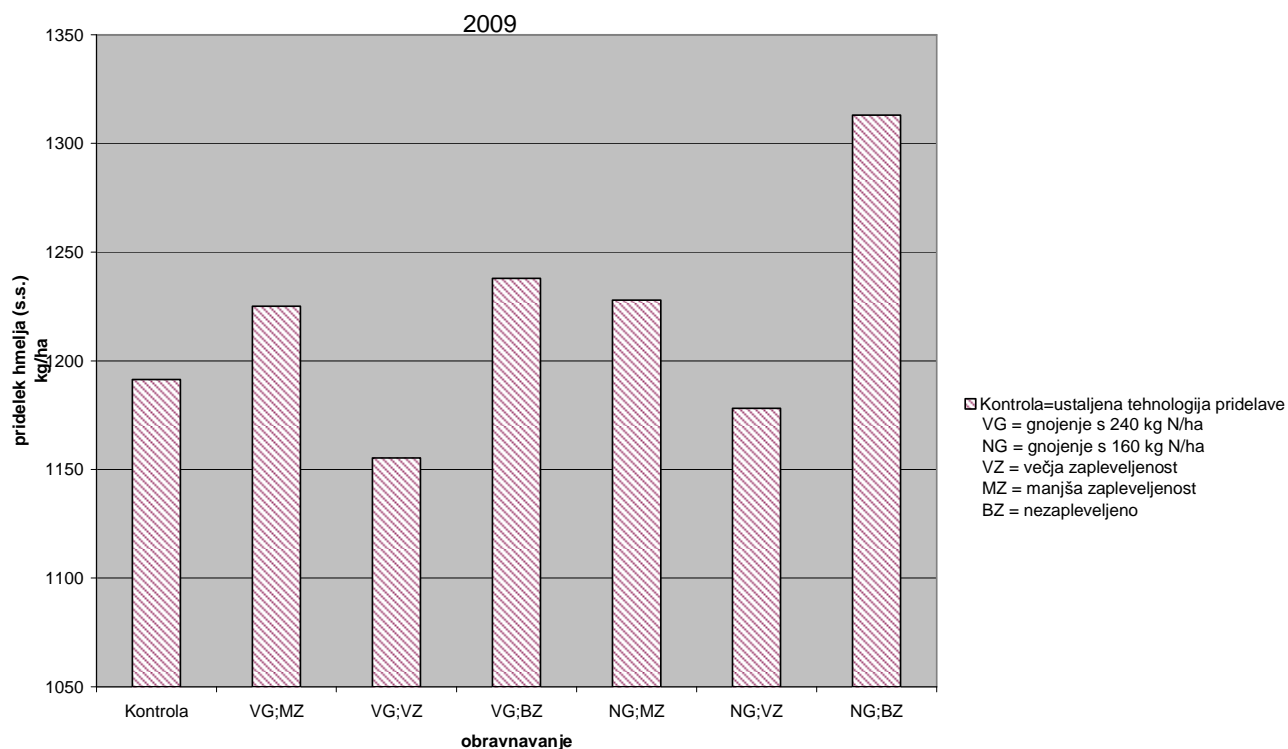
4.3.1.1 Pridelek hmelja

Zadostna preskrbljenost z vlago je botrovala sorazmerno ugodnim pogojem za rast hmelja. Navkljub razlikam v zapleveljenosti in dodani količini dušika med pridelki posameznih obravnavanj ni bilo statistično značilnih razlik. Opazen je trend zniževanja pridelka v variantah z visoko zapleveljenostjo na obeh nivojih dušika. Presenetljivo je le, da so bili pridelki na nižjem nivoju dušika (160 kg N/ha) nekoliko višji od pridelkov hmelja, kjer smo variante pognojili s 240 kg N/ha. Takšen rezultat težko pojasnimo tudi na osnovi predpostavke, da se je zaradi večjih padavin izprala večja količina dušika.

Zanimivo sliko pokaže analiza vpliva poskusnih obravnavanj na vsebnost alfa kislin v hmelju kot merila kvalitete hmelja. Statistična analiza je pokazala, da obstaja statistično značilna razlika ($P < 0,01$) med vsebnostjo alfa kislin v odvisnosti od gnojenja. Vzorci hmelja iz obravnavanj, ki so bila pognojena s 160 kg N/ha, so imeli za približno odstotek večjo povprečno vrednost vsebnosti alfa kislin kot obravnavanja z večjim odmerkom dušika. Trend zmanjševanja vsebnosti alfa kislin s povečanim odmerkom je očiten, ko v primerjavo vključimo kontrolno obravnavanje, saj je vmesna količina dodanega dušika (200 kg N/ha) v kontrolni poskusni kombinaciji botrovala tudi vmesni povprečni vsebnosti alfa kislin v hmelju (preglednica 15). Zapleveljenost oziroma interakcija gnojenja in zapleveljenosti ni statistično značilno vplivala na vsebnost alfa kislin v hmelju.

Preglednica 15: Primerjava statistično značilnih razlik med povprečji vsebnosti alfa kislin (Duncan, 95%)

Obravnavanje	Število	povprečje	Homogene skupine
240 kg N/ha	15	6,73	X
200 kg N/ha	5	7,02	X
160 kg N/ha	15	7,73	X



Slika 20: Povprečni pridelek hmelja poskusnih kombinacij v 2009

4.3.1.2 Zapleveljenost in bilanca dušika

Kot je bilo že opisano, smo v poskusu vzdrževali dvoje različnih obravnavanj zapleveljenosti in seveda obravnavanja brez zapleveljenosti. Zaradi tega smo s statistično analizo preverili, ali smo uspeli zagotoviti primerne razlike med glavnima faktorjema zapleveljenosti. V letu 2009 smo ugotovili statistično značilen vpliv stopnje zapleveljenosti na maso suhe snovi vseh, malo in visoko konkurenčnih plevelov ($P < 0.001$), ter stopnjo gnojenja na maso malo konkurenčnih plevelov ($P < 0.05$). Tako je bila masa suhe snovi skupnega plevela pri mali zapleveljenosti in nižji stopnji gnojenja 132 g s.s./m^2 , pri visoki zapleveljenosti pa statistično značilno višja, 249 g s.s./m^2 . Podoben trend se je pokazal tudi pri višji stopnji gnojenja, kjer se je masa suhe snovi skupnega plevela povišala iz 141 na 276 g s.s./m^2 pri mali in visoki zapleveljenosti. Tudi masa suhe snovi visoko konkurenčnih plevelov je bila v obravnavanjih z višjo zapleveljenostjo statistično značilno višja ($P < 0,05$). Pri nižji stopnji gnojenja smo pri mali in veliki zapleveljenosti namerili 62 in 145 g s.s./m^2 , ter pri višji stopnji gnojenja 72 in 196 g s.s./m^2 . V letu 2009 smo najnižje suhe mase skupnega plevela izmerili na kontrolnih parcelah, kjer smo gnojili z 200 kg N/ha (74 g s.s./m^2) (preglednica 16).

Kljub temu da smo vzpostavili dovolj velike razlike med razredi zapleveljenosti in bi pričakovali razlike v pridelkih, so bili le-ti statistično značilno enaki. Eden izmed razlogov bi lahko bile zelo dobre vremenske razmere za rast in razvoj hmelja, saj sta bila pozna pomlad in začetek poletja bolj topla in mokra od dolgoletnega povprečja in pritisk zapleveljenosti na izgube pridelka ni bil dovolj izrazit.

Preglednica 16: Vpliv dušika in zapleveljenosti na srednje vrednosti skupnih mas ter mas malo, srednje in zelo konkurenčnih plevelov pri gnojenju s 160 kg N/ha in 240 kg/ha

Leto	Faktor		Skupna masa plevelov g s.s./m ²	Masa N plevelov g s.s./m ²	Masa S plevelov g s.s./m ²	Masa V plevelov g s.s./m ²
	Dušik (kg)/ha	Zapleveljenost				
2009	160	mala	132 a	42 a	28 a	62 a
		velika	249 b	18 b	85 a	145 b
2009	240	mala	141 a	18 a	51 a	72 a
		velika	276 b	8 a	72 a	196 b
Leto	Signifikanca		Skupna masa plevelov g s.s./m ²	Masa N plevelov g s.s./m ²	Masa S plevelov g s.s./m ²	Masa V plevelov g s.s./m ²
2009	Dušik		ns	*	ns	ns
	Zapleveljenost		**	*	ns	*
	Interakcija		ns	ns	ns	ns

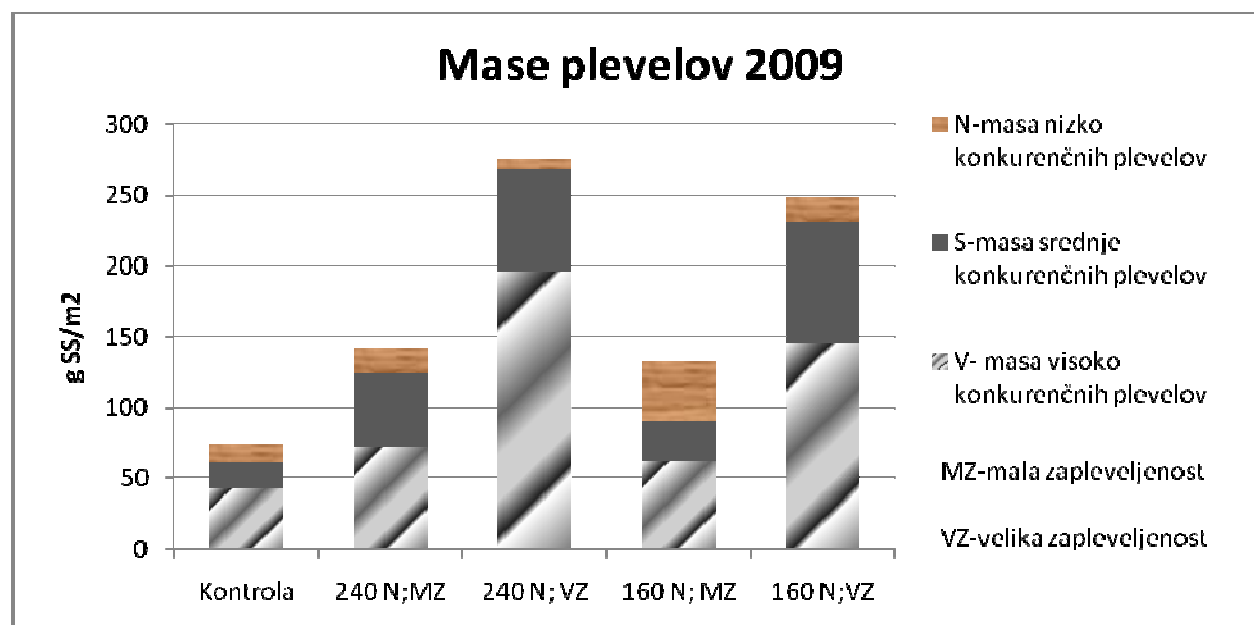
Vrednosti, označene z različnimi črkami v stolpcih z isto skupino podatkov, se statistično značilno razlikujejo pri 5% tveganju po Duncanovem testu.

Signifikanca *** (P<0.001), ** (P<0.01), * (P<0.05)

N- nizko konkurenčni pleveli

S-srednje konkurenčni pleveli

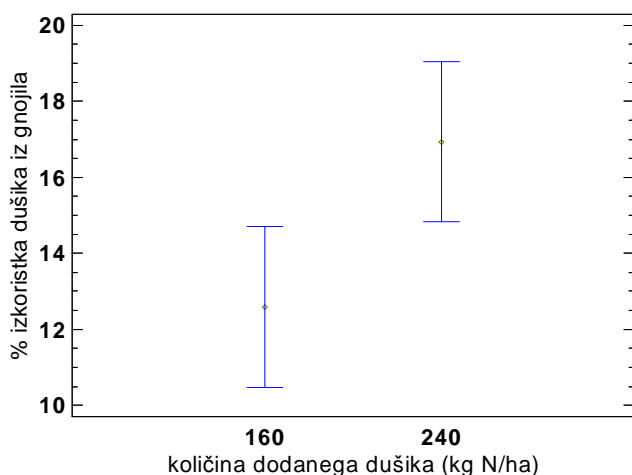
V-visoko konkurenčni pleveli



Slika 21: Mase suhe snovi nizko, visoko in srednje konkurenčnega plevela v letu 2009

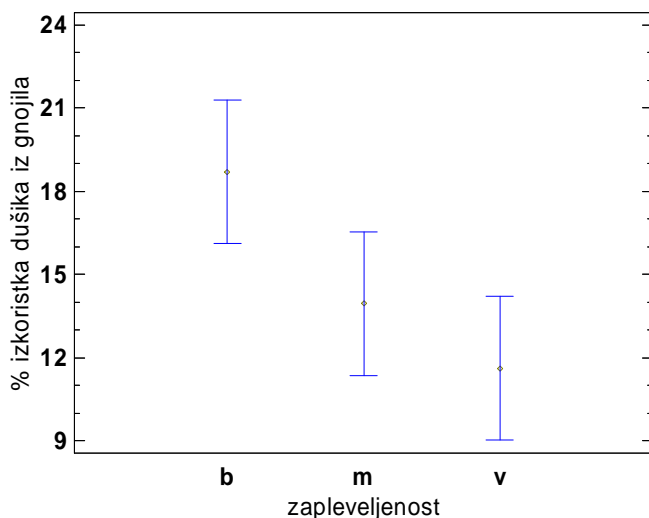
Statistična analiza izkoristka gnojila pokaže zanimivo sliko. Dvostranska ANOVA vpliva zapleveljenosti in gnojenja na izkoristek dušika iz gnojila v hmelju pokaže, da obstajajo statistično značilne razlike med izkoristkom dušika iz gnojila glede na režim zapleveljenosti kot tudi na količino dodanega gnojila. Kot je razvidno s slik 22 in 23 je izkoristek dušika iz gnojila večji pri večjem odmerku gnojila, medtem ko analiza vpliva zapleveljenosti pokaže, da je le ta največji v obravnavanju brez zapleveljenosti. Temu sledi izkoristek v obravnavanjih manjše zapleveljenosti, medtem ko je bil najslabši izkoristek dušika v obravnavanjih z veliko zapleveljenostjo.

Povprečje in meje zaupanja (95% verjetnost)



Slika 22: Povprečje in meje zaupanja za izkoristek dušika za hmelj ob različnem gnojenju

Povprečje in meje zaupanja (95% verjetnost)

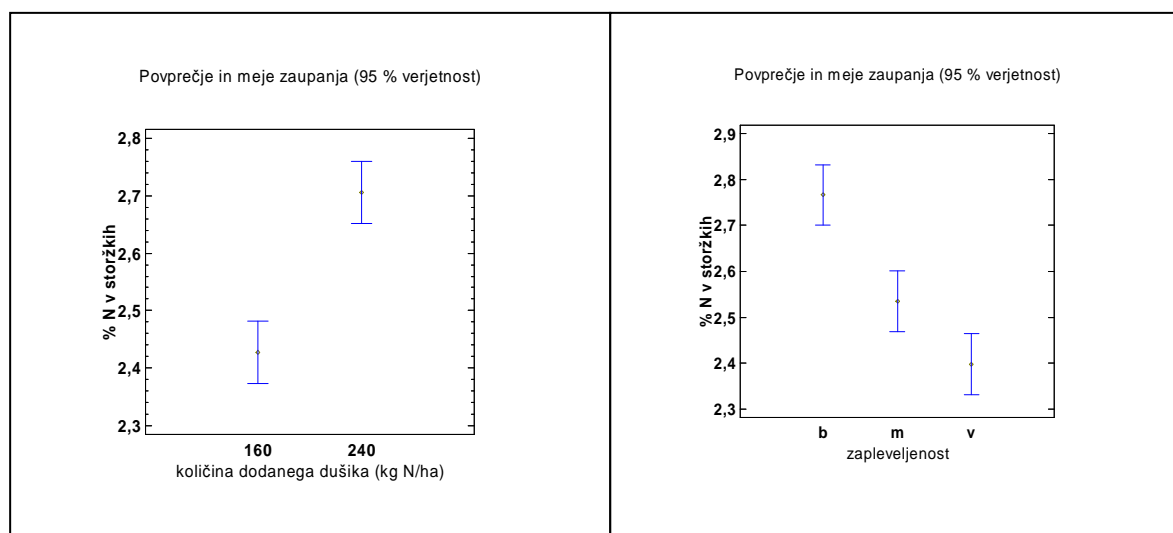


Slika 23: Povprečje in meje zaupanja za izkoristek dušika za hmelj ob različni zapleveljenosti (b=brez; m=majhna zapleveljenost; v=velika zapleveljenost)

Preglednica 17: Rezultat dvosmerne ANOVE vpliva gnojenja in zapleveljenosti za izkoristek dušika iz gnojila v hmelju

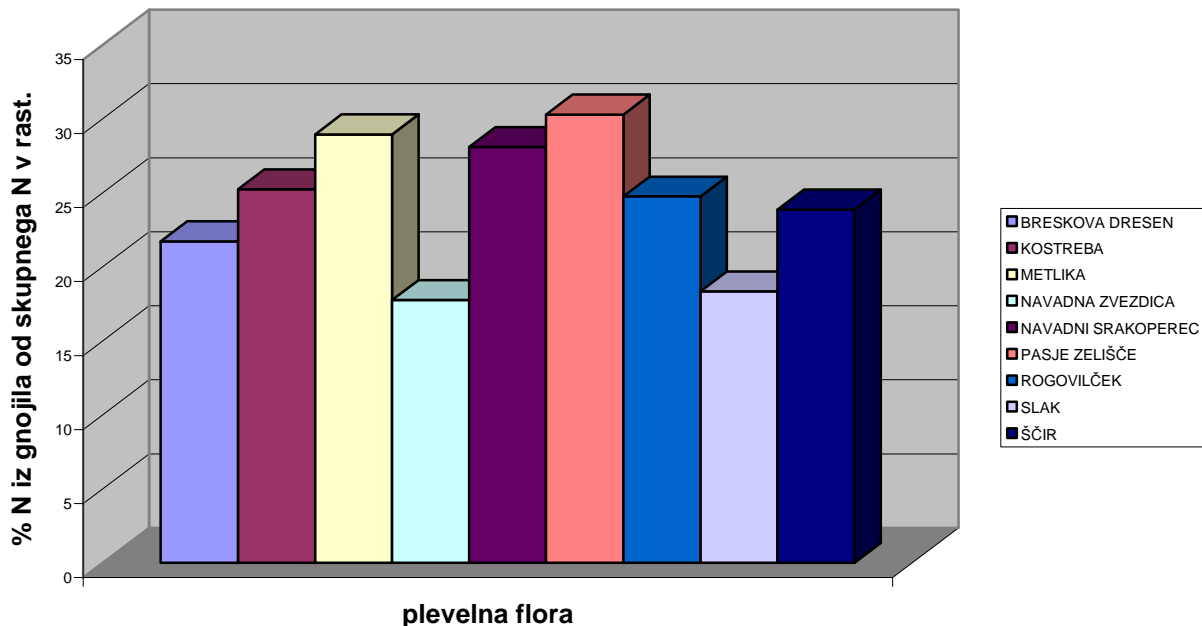
Vir variabilnosti	Vsota kvadriranih odklonov	Stopinje prostosti	Srednji kvadrirani odklon	F-statistika	P-vrednost
GLAVNI VPLIVI					
A: gnojenje	141,863	1	141,863	4,53	0,0438
B: zapleveljenost	261,046	2	130,523	4,17	0,0280
INTERAKCIJA					
AB	19,344	2	9,67201	0,31	0,7372
OSTANEK	751,826	24	31,3261		
SKUPAJ	1174,08	29			
(KORIGIRANO)					

Rezultati, ki so prikazani na sliki 23, kažejo, da je stopnja zapleveljenosti vplivala na vsebnost dušika iz gnojila v hmelju, in sicer večja kot je bila zapleveljenost, manj je bilo dušika iz gnojila v hmelju. Na osnovi teh rezultatov bi lahko sklepali, da je bil plevel konkurenčen za dušik iz gnojila. Vendar obdelava rezultatov skupnega izkoristka dušika iz gnojila, to je plevela in hmelja na pognojeni površini, pokaže, da ne gre zgolj za enostaven mehanizem konkurenčnosti plevela in hmelja za dušik, saj vpliv zapleveljenosti na skupen izkoristek dušika ni statistično značilen. Z drugimi besedami lahko zaključimo, da je zapleveljenost vplivala na razpoložljivost dušika za rast hmelja oziroma je z vplivom na rastne pogoje hmelja spremenila dostopnost dušika. To do neke mere potrjuje tudi statistična analiza skupne vsebnosti dušika v hmelju, kjer je bila potrjena visoka stopnja statistično značilnih razlik ($P < 0,001$) za vsebnost skupnega dušika v odvisnosti od gnojena ali zapleveljenosti za vse rastlinske dele hmelja – trta, listi in storžki. Njun medsebojni vpliv ni pokazal statistično značilnih razlik. Na sliki 24 so ilustrirane razlike vsebnosti skupnega dušika v storžkih hmelja.

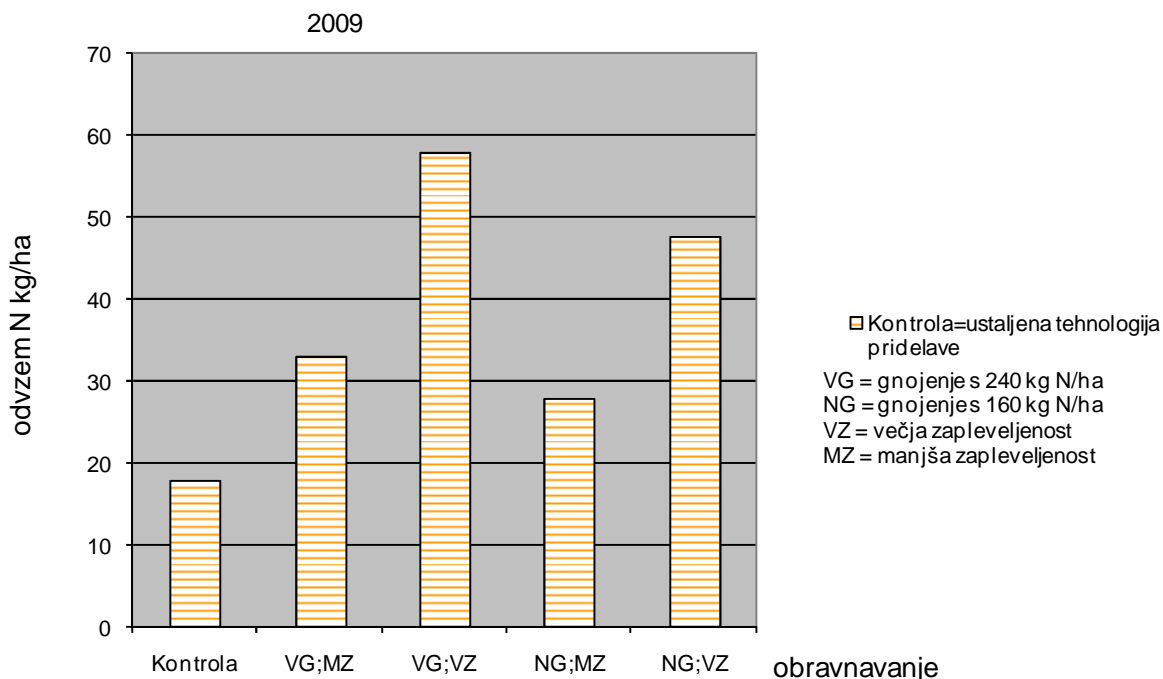


Slika 24: Povprečje in meje zaupanja skupne vsebnosti dušika v storžkih hmelja ob različnem gnojenju in zapleveljenosti (b = brez; m = majhna zapleveljenost; v = velika zapleveljenost)

Žal pa ni možno natančneje potrditi, kateri od spremenjenih rastnih pogojev je vplival na sprejem dušika iz gnojila s hmeljem. Glede na podatke o padavinah in vsebnosti vode v tleh težko sklepamo, da bi spremenjene vsebnosti vode v tleh zaradi večje zapleveljenosti vplivale na sprejem dušika.



Slika 25: Delež dušika iz gnojila od skupne vsebnosti dušika v najpogostejših plevelnih vrstah



Slika 26: Povprečni odvzem dušika s plevelno floro v 2009 (kg/ha)

Analiza deleža dušika iz gnojila v rastlinah posamezne plevelne vrste lahko služi kot posredno merilo konkurenčnosti posamezne plevelne vrste za dodani dušik. Kot je razvidno

s slike 25, se povprečni deleži markiranega dušika v posamezni plevelni vrsti zelo ne razlikujejo. Opazno je le, da navadna zvezdica in slak zaradi plitvosti koreninskega sistema in termina rasti nista zelo konkurenčna za dušik iz gnojila. Največji delež dušika iz gnojila je bilo v rastlinah metlike, pasjega zelišča in navadnega srakoperca. Seveda ima odločujoč vpliv na bilanco dušika v hmeljišču skupna masa plevelne vrste in vsebnost celokupnega dušika. Tako je iz preglednice 18 razviden minimalen, maksimalen in povprečen odzem dušika posamezne plevelne vrste v kg/ha, ki odraža tudi oziroma predvsem razširjenost posamezne plevelne vrste v poskusu (slika 26).

Preglednica 18: Minimalen, maksimalen in povprečni odzem dušika najpogostejših plevelnih vrst

Plevelna vrsta	MIN odzem N (kg /ha)	MAKS. odzem N (kg/ha)	POVPR. odzem N kg/ha
BRESKOVA DRESEN	1,1	3,1	2,4
KOSTREBA	1,4	38,1	12,6
METLIKA	3,1	61,9	19,4
NAVADNA ZVEZDICA	0,7	1,5	1,1
NAVADNI	1,9	2,0	1,9
PASJE ZELIŠČE	0,5	0,7	0,6
ROGOVILČEK	0,4	14,1	3,7
SLAK	0,7	2,0	1,2
ŠČIR	0,6	10,1	3,1

4.3.2 Rastna sezona 2010

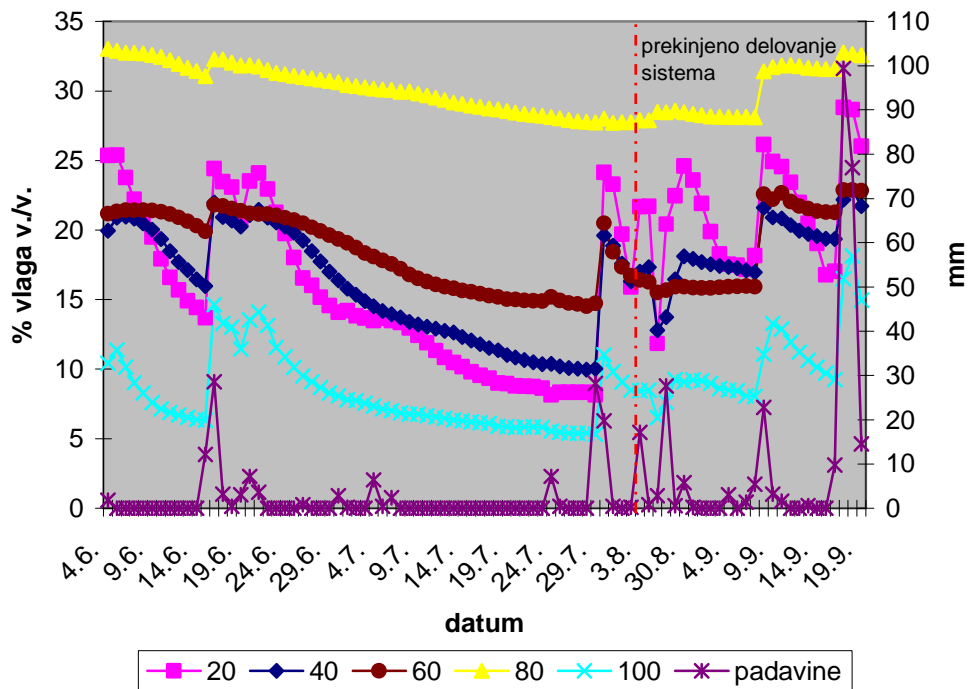
V rastni sezoni 2010 smo na povsem isti lokaciji izvedli identičen poskus kot v letu 2009, le da nismo uporabili označenega gnojila, saj nam proračun projekta tega ni omogočal. Na poskusna obravnavanja smo konec maja posadili rastline metlike, medtem ko je bil pritisk lanskoletne semenske banke zadosti močan, da smo lahko vzpostavili zelene oblike zapleveljenosti.

V medvrstni prostor vsakega obravnavanja smo v paralelkah vgradili svečke za spremljanje vsebnosti dušika v talni raztopini na globini 50 do 60 cm.

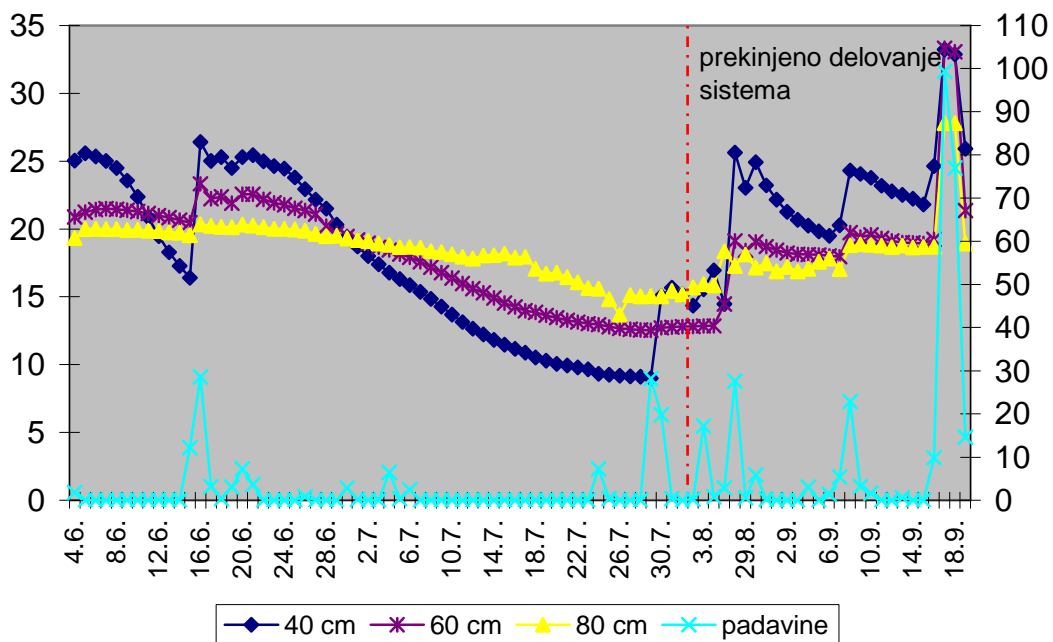
V začetku junija smo vgradili sistem za kontinuirano spremljanje vlage v tleh. Založenost tal z vodo je bila v času vgradnje dobra, čeprav je bilo opaziti občutno razliko v vsebnosti vode v tleh med medvrstnim in vrstnim prostorom. Zaradi manjše vsebnosti vlage v vrstnem prostoru nam je uspelo vgraditi v vrsten prostor le eno sondo, saj je v nekoliko skeletnih tleh težko vgraditi sondo ob manjši vlažnosti tal. V medvrstnem prostoru praviloma ni bilo teh težav, saj je bila vsebnost vlage v tem delu tal občutno večja.

Tako smo vgradili tri sonde v medvrsten prostor, od tega eno v neposredno bližino kolesnice ter eno v vrsto hmelja. Občasno so bile težave z delovanjem nekaterih senzorjev. Tako ni deloval senzor na globini 20 cm sonde B2, t.j. sonde, ki je bila inštalirana v neposredni bližini kolesnice ter senzorji sonde v vrsti (B1) na globini 100 cm. Ena od sond v medvrstnem prostoru je imela šibko odzivnost in rezultati niso bili uporabni. 5. avgusta je nevihta poškodovala sistem, tako da sistem ni beležil podatkov od 5. do 27.8, ko smo sistem zopet

usposobili. Kljub vsemu smo uspeli dobiti nekatere zanimive podatke, kako se je odzivala rastlina hmelja na pomanjkanje vlage v drugi polovici julija.



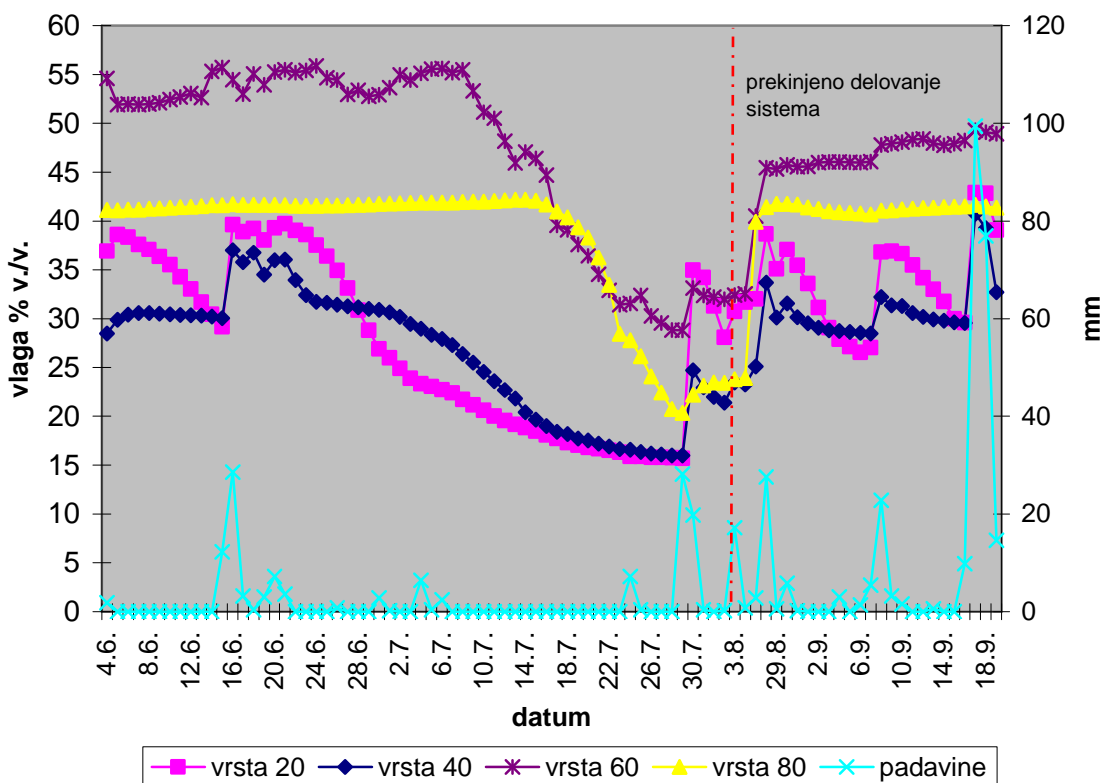
Slika 27: Gibanje vlage v profilu tal medvrstnega prostora – sonda A1



Slika 28: Gibanje vlage v profilu tal medvrstnega prostora – neposredna bližina kolesnice (sonda B2)

Padavine so bile v maju in juniju lepo porazdeljene. Kot je razvidno iz slik 27 in 28 so bili v obdobju 4.6. do 4.8. trije dogodki, kjer so padavine bile tako obilne in intenzivne, da se je dvignila vsebnost vode v tleh na globini 100 cm, kar lahko povežemo tudi z izpiranjem nitrata

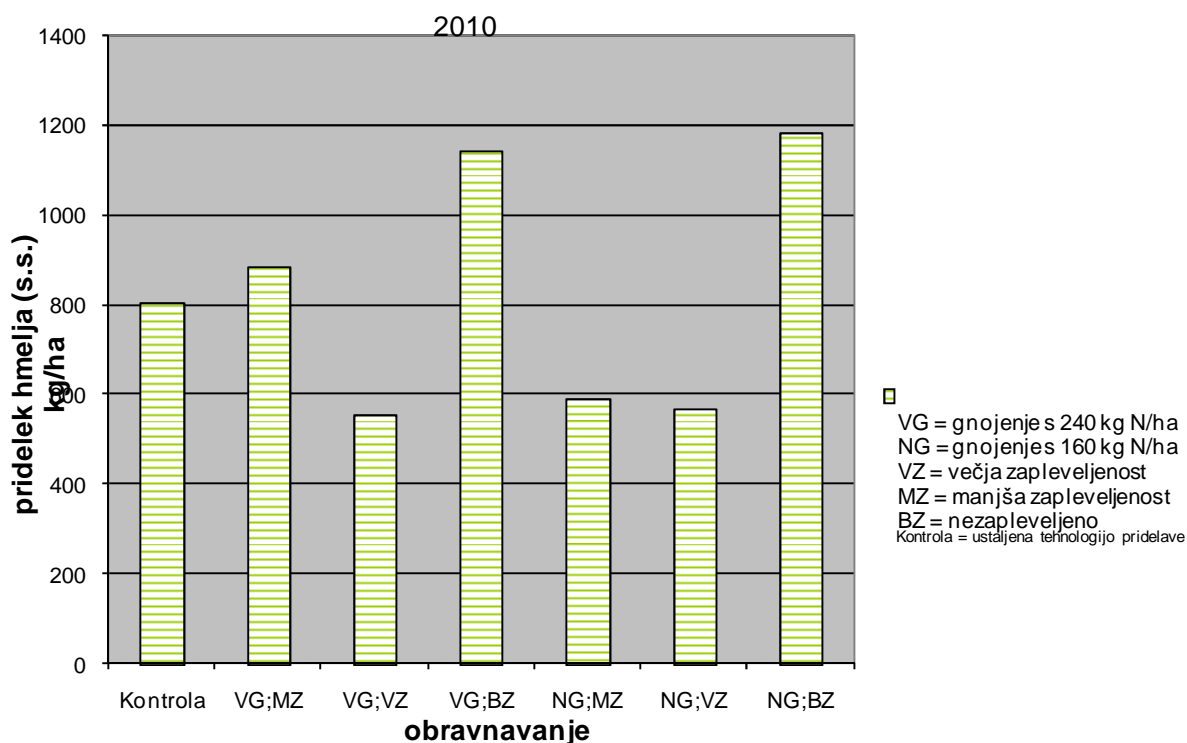
iz območja glavnine korenin (16. in 17. junij, 29. in 30. julij in 4. avgust). Kot je razvidno iz slike 29, kjer so prikazani podatki gibanja vsebnosti vode v vrstnem prostoru hmelja, je aktivnost korenin za črpanje vode povezana z vsebnostjo vode v določeni globini. Namreč dokler je zadovoljiva vsebnost vode v globini do 40 cm, glavnino vode zagotavljajo korenine te globine. Ko se zmanjša vsebnost vode v tleh na tej globini, se vključijo v črpanje vode korenine na 60 cm (10. julij). V našem primeru so se v črpanje vode vključile tudi korenine na 80 cm (17. julij), ko se je nadaljevalo sušno obdobje in je vlaga v zgornjih 40 cm padla na kritično raven.



Slika 29: Gibanje vlage v profilu tal vrstnega prostora – neposredna bližina kolesnice (sonda B1)

4.3.2.1 Pridelek hmelja v 2010

Čeprav so bila tla v mesecu juniju dobro preskrbljena z vlago, pa je imel deficit vlage v tleh v juliju očitno velik vpliv in je močno zmanjšal pridelke hmelja, čeprav so majhni hektarski pridelki tudi odsev drugačne tehnologije spravila. V letu 2010 so bile za razliko od leta 2009 statistično značilne razlike v pridelku v odvisnosti od zapleveljenosti. Tudi v tem letu ni bilo statistično značilnih razlik med nivojema gnojenja. Opazno je odstopanje obravnavanj brez zapleveljenosti, ki imajo na obeh nivojih dodanega dušika zelo podobne pridelke, ki so hkrati tudi največji (slika 30).



Slika 30: Povprečni pridelek hmelja poskusnih kombinacij v 2010

Preglednica 19: Vpliv dušika in zapleveljenosti na pridelek hmelja v 2010

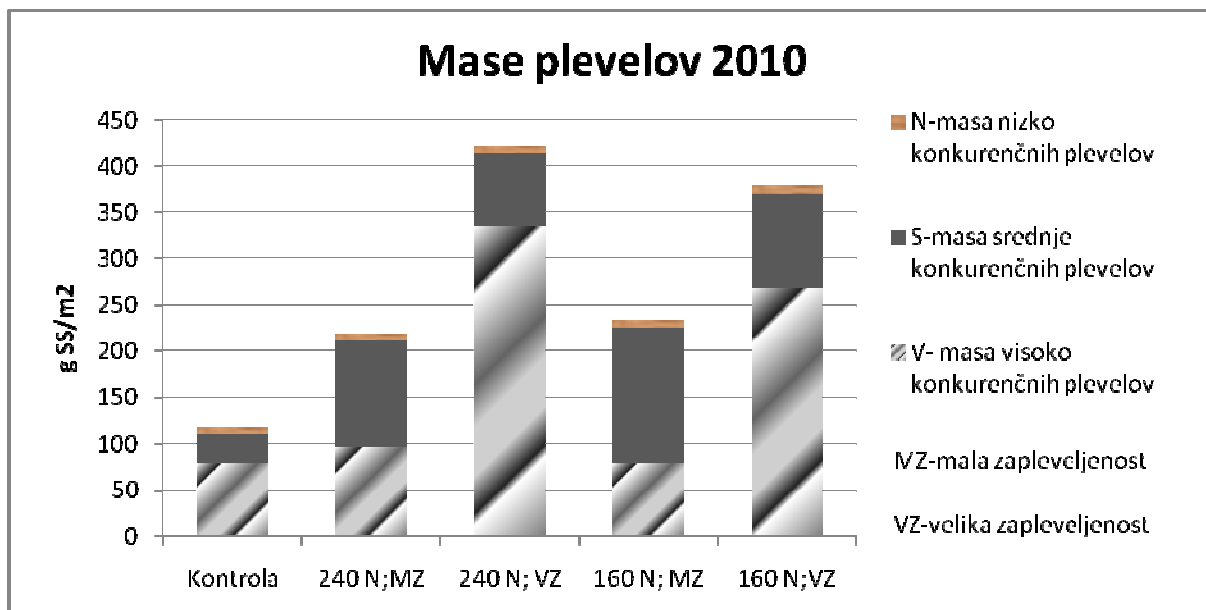
Leto	Obravnave	Faktor		Pridelek kg SS/ha
		Dušik (kg)/ha	Zapleveljenost	
2010	1	200	kontrola	801 ab
	2	240	mala	883 ab
	3		velika	552 a
	4		brez	1141 b
	5	160	mala	588 a
	6		velika	567 a
	7		brez	1179 b
Leto	Signifikanca			Pridelek kg/ha SS
2010	Dušik			ns
	Zapleveljenost			**
	Interakcija			ns

Čeprav so statistično značilne razlike odraz pridelkov poskusnih kombinacij brez prisotnosti plevelne flore, je nadaljnja analiza pridelkov zanimiva zaradi nekaterih trendov, ki so razvidni iz pridelka. V poskusni kombinaciji manjše zapleveljenosti in večjega odmerka dušika je bil pridelek celo nekoliko višji kot v kontrolni varianti in občutno večji kot v varianti večje zapleveljenosti in večjega odmerka dušika (240 kg N/ha). Večja zapleveljenost je skozi konkurenčnost za rastne pogoje (hranila, voda,...) bila tako moteča, da je povzročila velik

padec pridelka. Če bi sklepali na osnovi razlike pridelkov obravnavanj majhne in večje zapleveljenosti pri nižjem odmerku dušika (160 kg N/ha), lahko sklepamo, da je bila konkurenca za dušik že pri nizki zapleveljenosti tako velika, da je pridelek padel na raven obravnavanja večje zapleveljenosti. Med obravnavanji večje zapleveljenosti pri obeh nivojih dodanega dušika ni opaznejših razlik.

4.3.2.2 Zapleveljenost in bilanca dušika v 2010

Analiza zapleveljenosti v letu 2010 je pokazala statistično značilen vpliv stopnje zapleveljenosti na maso suhe snovi vseh kot tudi visoko konkurenčnih plevelov ($P < 0.001$), kar pomeni, da je bil proučevani faktor zapleveljenosti v ustreznih velikostnih razredih. Različno gnojenje z dušikom tudi v tem letu ni vplivalo na količino mase suhe snovi plevelnih vrst kot tudi na pridelek hmelja. V splošnem lahko rečemo, da so bile vse mase suhe snovi plevela, razen nizko konkurenčnega, v letu 2010 statistično značilno višje ($P < 0.001$). Sestava plevelne mase v letu 2010 je prikazana na sliki 31. V letu 2010 smo pri nižji stopnji gnojenja in mali zapleveljenosti namerili 33% delež mase suhe snovi zelo konkurenčnih plevelov in pri višji stopnji gnojenja in veliki zapleveljenosti 79% delež. Razlika v višji masi visoko konkurenčnih plevelov med obravnavanji male in velike zapleveljenosti se je odrazila tudi na statistično značilno razliko med skupnima masama plevela, saj so mase nizko in srednje konkurenčnih plevelov ostale podobne. Z višjim pritiskom zapleveljenosti v letu 2010 so se pokazale tudi razlike v pridelkih. Ugotovili smo statistično značilen vpliv stopnje zapleveljenosti na višino pridelka ($P < 0.01$). Najvišja pridelka (1179 in 1141 kg SS/ha) smo izmerili pri obravnavanjih brez plevela in obeh stopnjah gnojenja, najvišje izgube pa smo zabeležili pri vseh obravnavanjih visoke stopnje zapleveljenosti in kombinaciji 240 kg N/ha in visoke zapleveljenosti.



Slika 31: Mase suhe snovi nizko, visoko in srednje konkurenčnega plevela v letu 2010

V rastni sezoni 2010 nismo uporabili označenega gnojila, zato o neposrednem izkoristku dušika iz gnojila ne moremo sklepati. Zanimiva je analiza vsebnosti skupnega dušika in

nitrate v hmelju. V primerjavi z letom 2009 je skupna vsebnost dušika v posameznem rastlinskem delu hmelja (trta, listi, storžki) prav tako močno statistično značilna v odvisnosti od gnojenja in režima zapleveljenosti, vendar je za razliko od prejšnje rastne sezone, statistično značilen tudi medsebojni vpliv obeh proučevanih dejavnikov na vsebnost dušika v hmelju. Enake rezultate je dala statistična analiza vsebnosti nitrata v hmelju. Rezultati obeh analiz so prikazani v preglednicah 21 in 22 ter sliki 32.

Iz rezultatov analiz in primerjave z rezultati 2009 lahko sklepamo, da je odvzem dušika s plevelno vegetacijo poskusnih kombinacij visoke zapleveljenosti povzročil občuten padec pridelka in to predvsem zaradi vpliva na skupno bilanco dušika. Četudi lahko iz podatkov poskusa iz leta 2009 sklepamo, da plevel ni bil zelo konkurenčen za dušik iz gnojila, lahko ugotovimo, da ima skupna bilanca dušika poglobljen vpliv na višino pridelka. V letu 2010 so bili rastni pogoji za rast plevelne vegetacije ugodnejši kot v 2009, zato so skupni odvzemi dušika bili približno enkrat večji, kar je pomenilo, da je bil v poskusnih kombinacijah visoke zapleveljenosti presežen minimalni prag potrebnih količin dušika za dvig pridelka (slika 33).

Preglednica 20: Vpliv dušika in zapleveljenosti na srednje vrednosti skupnih mas ter mas malo, srednje in zelo konkurenčnih plevelov pri gnojenju s 160 kg N/ha in 240 kg/ha v 2010

Leto	Faktor		Skupna masa plevelov g SS/m ²	Masa N plevelov g SS/m ²	Masa S plevelov g SS/m ²	Masa V plevelov g SS/m ²
	Dušik (kg)/ha	Zapleveljenost				
2010	160	mala	234 a	8 a	147 a	79 a
		velika	378 b	9 a	99 a	269 b
2010	240	mala	192 a	9 a	95 a	89 a
		velika	422 b	8 a	79 a	335 b
Leto	Signifikanca		Skupna masa plevelov g SS/m ²	Masa N plevelov g SS/m ²	Masa S plevelov g SS/m ²	Masa V plevelov g SS/m ²
2010	Dušik		ns	ns	ns	ns
	Zapleveljenost		**	ns	ns	***
	Interakcija		ns	ns	ns	ns

Vrednosti, označene z različnimi črkami v stolpcih z isto skupino podatkov, se statistično značilno razlikujejo pri 5% tveganju po Duncanovem testu.

Signifikanca *** (P<0.001), ** (P<0.01), * (P<0.05)

N- nizko konkurenčni pleveli

S-srednje konkurenčni pleveli

V-visoko konkurenčni pleveli

Če primerjamo bilanci dušika poskusne kombinacije visoke zapleveljenosti in večjega odmerka dušika (240 kg N/ha) s poskusno kombinacijo manjše zapleveljenosti in manjšega obroka dušika (160 kg N/ha) lahko ugotovimo, da je bila bilanca dušika praktično enaka, saj je razliko med velikostjo odvzema dušika s plevelno vegetacijo nadomestila razlika med

večjim in manjšim obrokom gnojenja. Očitno je bil prag ustrezne bilance dušika presežen tudi v poskusni kombinaciji nižjega obroka dušika in večje zapleveljenosti, saj so bili pridelki hmelja zelo podobni, čeprav je bila bilanca manj ugodna za približno 37 kg N/ha kar lahko tudi pomeni, da bi bil pridelek negnojene variante v tem velikostnem razredu.

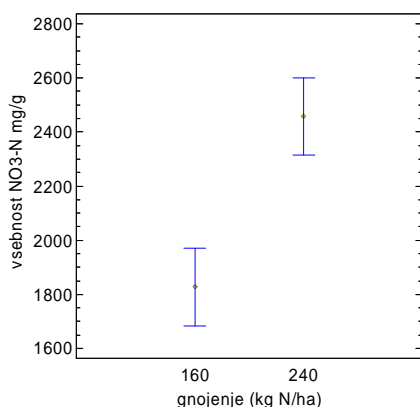
Preglednica 21: Rezultat dvosmerne ANOVE vpliva gnojenja in zapleveljenosti na vsebnost nitrata v storžkih hmelja

Vir variabilnosti	Vsota kvadriranih odklonov	Stopinje prostosti	Srednji kvadrirani odklon	F-statistika	P-vrednost
GLAVNI VPLIVI					
gnojenje	2,98305E6	1	2,98305E6	20,57	0,0001
zapleveljenost	1,13733E7	2	5,68665E6	39,21	0,0000
INTERAKCIJA					
AB	1,56371E6	2	781853,	5,39	0,0117
OSTANEK	3,48112E6	24	145047,		
SKUPAJ(KORIGIRANO)	1,94012E7	29			

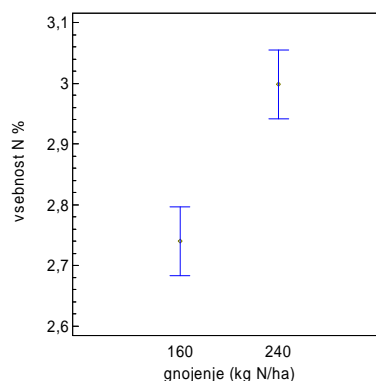
Preglednica 22: Rezultat dvosmerne ANOVE vpliva gnojenja in zapleveljenosti na vsebnost dušika v storžkih hmelja

Vir variabilnosti	Vsota kvadriranih odklonov	Stopinje prostosti	Srednji kvadrirani odklon	F-statistika	P-vrednost
GLAVNI VPLIVI					
gnojenje	0,49923	1	0,49923	22,01	0,0001
zapleveljenost	1,08728	2	0,54364	23,97	0,0000
INTERAKCIJA					
AB	0,22688	2	0,11344	5,00	0,0153
OSTANEK	0,54428	24	0,0226783		
SKUPAJ(KORIGIRANO)	2,35767	29			

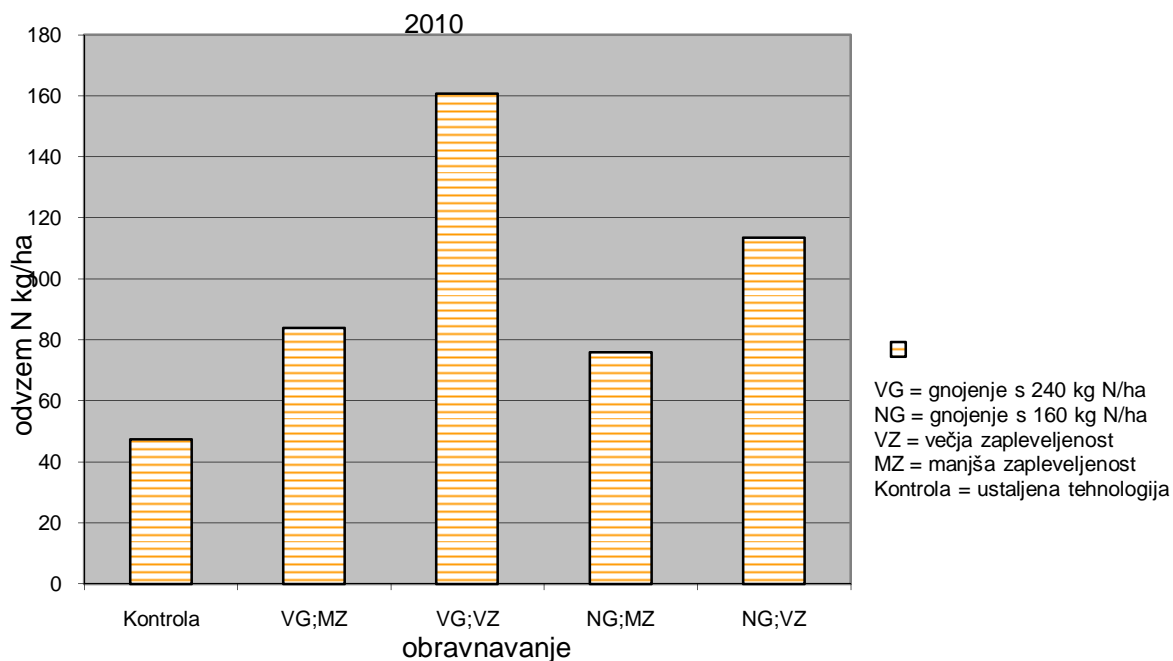
Povprečne vrednosti NO₃ in meje zaupanja (95% verjetnost)



Povprečne vsebnosti N in meje zaupanja (95% verjetnost)



Slika 32: Povprečne vsebnosti skupnega dušika in nitrata v storžkih hmelja v 2010



Slika 33: Povprečni odvzem dušika (kg/ha) s plevelno vegetacijo v 2010

4.3.3 SKLEPI

Rezultati uporabe označenega (markiranega) dušika so pokazali, da je izkoristek gnojenja hmelja z dušikom zelo majhen, saj je bila povprečna vrednost izkoristka dušika iz gnojila nekoliko manjša kot 20 %. Običajno je učinkovitost dodanega dušika z gnojili med 40 in 50 %. Tudi ob upoštevanju odvzema dušika iz gnojila s plevelno vegetacijo ustreznih poskusnih kombinacij povprečni izkoristek dušika iz gnojila ni bil večji od 25 %. Del slabšega izkoristka najbrž lahko pripišemo večji količini padavin v rastni sezoni 2009, čeprav nam procesa izpiranja dušika z monitoringom talne raztopine ni uspelo dokazati. Posredno smo z meritvami s tenziometri in kasneje s sistemom Enviroscan potrdili dvig vsebnosti vlage na globini 80 ali 100 cm, kar posredno pomeni tudi gibanje lahko gibljivega nitrata v profilu tal.

Prav tako menimo, da je lahko zelo verjeten in vpliven faktor izgub dušika tudi proces denitrifikacije, kjer obilnejše padavine iz grebena tal v vrsti hmelja izpere določen delež dušika v območje slabo propustne kolesnice, kjer se oblikujejo pogoji za povečan obseg pretvorbe nitrata do plinskih oblik dušika (denitrifikacija). Na poskusni ploskvi je bilo tudi opazna tendenca zaskorjevanja tal oziroma izgube strukture tal na površini, kar je zopet pripomoglo k oblikovanju razmer, ki bi lahko povzročale tudi povečan obseg denitrifikacije v medvrstnem prostoru.

V obeh letih smo opazili tudi veliko manjše vsebnosti vlage v vrstnem prostoru, kar pripomore k slabšemu izkoristku razpoložljivih hranil. Razloga za večja odstopanja sta dva in sicer se zaradi večje aktivnosti korenin v vrstnem prostoru iz tega prostora izčrpa več vode, drugi zelo pomemben razlog pa je slabši izkoristek padavin, ki, če so intenzivnejše, odtečejo po grebenu, v primeru manj intenzivnih padavin pa določeno izgubo predstavlja tudi habitus rastlinske odeje.

Plevelna vegetacija lahko ob večji zapleveljenosti močno vpliva na bilanco dušika. Čeprav je bil delež dušika iz gnojila v plevelni vegetaciji majhen, je lahko skupen odvzem dušika tako velik (leto 2010), da v veliki meri spremeni skupno bilanco in nenazadnje razpoložljivost dušika kot glavnega gradnika pri hitri rasti rastline. Zapleveljenost z manj konkurenčnimi pleveli lahko pripomore k omilitvi nevarnosti izpiranja dušika iz tal in hkrati nima negativnega učinka na pridelek hmelja (leto 2009). V kolikor pa je masa manj in srednje konkurenčnih plevelnih vrst velika, ima tudi negativen vpliv na pridelek hmelja, saj močno zmanjša razpoložljive količine dušika (leto 2010). Obseg plevelne vegetacije lahko dokaj uspešno nadziramo s kultiviranjem medvrstnega prostora in osipavanjem vrstnega prostora. Z opuščanjem enega ali dveh kultiviranj, ki sicer vplivata na estetski videz obdelanosti hmeljišč, bi lahko delno omilili obseg izpiranja ter zmanjšali obseg mineralizacije dušika zaradi pretiranega zračenja tal. Za zmanjšanje obsega plevelne vegetacije lahko uporabimo tudi fitofarmacevtska sredstva na osnovi glifosata, vendar je navkljub manjši ekološki spornosti tega ukrepa vprašljiv ekonomski učinek takšnega uravnavanja obsega plevelne vegetacije v hmeljišču.

Za boljši izkoristek gnojil bi veljalo razmisliti o nekaterih prilagoditvah tehnologije pridelave. Menimo, da bi gnojenje širšega vrstnega prostora (opustitev gnojenja celotnega medvrstnega prostora) z uvedbo kapljičnega namakalnega sistema v vrsti zelo izboljšal izkoristek gnojenja z dušikom in hkrati zmanjšal obseg izpiranja dušika. Z uvedbo takšne tehnologije bi se pridelava hmelja lažje odzivala na spreminjajoče se klimatske pogoje.

4.3.4 Reference

- Blackman J.D., L. Rees and P.J. Glendinning (1996): The effects of alternatives to soil residual herbicides on weed control, yield and quality of hops. *Journal of Horticultural Science*, 71 (4), 629-638.
- Bukun B. (2004): Critical periods for weed control in cotton in Turkey. *Weed Research*, 44:404-412.
- Cerjak M. (1991): Plevelna flora v hmeljiščih v Spodnji Savinjski dolini. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BTF VTOZD za agronomijo: 1-105.
- Dolar M., N. Ferant, M. Žolnir, A. Simončič, V. Knapič (2002): Bolezni, škodljivci in pleveli v hmeljskih nasadih. In: *Priročnik za hmeljarje*. Majer D. (ed.). Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Žalec: 51-101.
- Freyman S. (1989): Living mulch ground covers for weed control between raspberry rows. *Acta Horticulturae*, 262: 349-354
- Heisel T., C. Andreasen, S. Christensen (2002): Sugarbeet yield response to competition from *Sinapis arvensis* or *Lolium perenne* growing at three different distances from the beet and removed at various times during early growth. *Weed Research*, 42: 406-413.
- Kač M. (1982): Raziskave plevela v hmeljiščih Slovenije. *Proceedings of V. Yugoslav Hop Symposium*. V. Yugoslav Hop Symposium, jun. 1982. Kač M. (ur.). Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Žalec: 265-276
- Kač M. (1983): Plevelna vegetacija v hmeljiščih. V: *Poročilo o delu v letu 1983*. Žalec, IHP Žalec: 28-39
- Kač M. (1984): Plevelna vegetacija v hmeljiščih. V: *Poročilo o delu za leto 1984*. Žalec, IHP Žalec: 33-56
- Knezevic S.Z., S.P. Evans, E.E. Blankenship, R.C Van Acker, J.L Lindquist (2002): Critical period for weed control: the concept and data analysis. *Weed science*, 50: 773-786.
- Kišgeci J., A. Mijavec, M. Aćimović, P. Spevak, N. Vučić (1984): *Hmeljarstvo*. Novi Sad, Poljoprivredni fakultet - Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad: 1-374.

- Koch W. (1970): Unkrautbekämpfung. Stuttgart, Ulmer: 1-374.
- Lešnik M. (1999): Ekološke in fitocenološke razmere tekmovalnega odnosa med plevelom baržunasti oslez (*Abutilon theophrasti* Med.) in poljščinami v Sloveniji in možnosti za njegovo zatiranje. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani: 254 str.
- Majer D. (2002): Prehrana hmeljnih rastlin. In: Priročnik za hmeljarje. Majer D. (ed.). Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Žalec: 103-135.
- Merwin I.A., D.A. Rosenberger, C.A. Engle, D.L. Rist, M. Fargione (1995): Comparing mulches, herbicides, and cultivation as orchards groundcover management systems. HortTechnology, 5, 2: 151-158.
- Michael J.L., et al. 1992. The critical period of weed control in grain corn (*Zea mays*). Weed Science, 40: 441-447
- Parrish J.A.D., F.A. Bazzaz (1982): Responses of plants from three successional communities to a nutrient gradient. Journal of Ecology, 70: 233-248.
- Pool R.M., R.M. Dunst, A.M. Lakso (1990): Comparison of sod, mulch, cultivation and herbicide floor management practices for grape production in nonirrigated vineyards. Journal of the American Society for Horticultural Science, 115: 872-877
- Radišek S., J. Jakše, A. Simončič, B. Javornik (2003): Characterization of *Verticillium albo-atrum* field isolates using pathogenicity data and AFLP analysis. Plant dis., vol. 87, no. 6, 633-638.
- Sanderson K.R., J.A. Cutcliffe (1988): Effect of inter-row soil management on growth and yield of red raspberry. Canadian Journal of Plant Science, 68: 283-285
- Santos B.M., J.A. Dusky, W.M. Stall, J.P. Gilreath (2004): Influence of common lambsquarters (*Chenopodium album*) densities and phosphorus fertilization on lettuce. Crop protection, 23: 173-176.
- Walsh B.D., S. Salmins, D.J. Buszard, A.F. MackKenzie (1996): Impact of soil management systems on organic dwarf apple orchards and soil aggregate stability, bulk density, temperature and water content. Canadian Journal of Soil Science, 76, 2: 203-209.
- Zimdahl R.L. (1993): Fundamentals of weed science. San Diego, Academic Press, Inc.: 450 str.

5. Naziv nosilne raziskovalne organizacije:

Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije

5.1. Seznam sodelujočih raziskovalnih organizacij (RO):

Kmetijski inštitut Slovenije
Univerza v Ljubljani - Biotehniška fakulteta
Inštitut za okolje in prostor

6. Sofinancer/sofinancerji:

MKGP
ARRS

7. Šifra ter ime in priimek vodje projekta:

18132

Barbara Čeh

Datum: 28. januar 2011

Podpis vodje projekta:

dr. Barbara Čeh

Podpis in žig izvajalca:

Martina Zupančič, direktorica IHPS

II. Vsebinska struktura zaključnega poročila o rezultatih raziskovalnega projekta v okviru CRP

1. Cilji projekta:

1.1. Ali so bili cilji projekta doseženi?

- a) v celoti
 b) delno
 c) ne

Če b) in c), je potrebna utemeljitev.

/

1.2. Ali so se cilji projekta med raziskavo spremenili?

- a) da
 b) ne

Če so se, je potrebna utemeljitev:

/

2. Vsebinsko poročilo o realizaciji predloženega programa dela¹:

Priloga A.

¹ Potrebno je napisati vsebinsko raziskovalno poročilo, kjer mora biti na kratko predstavljen program dela z raziskovalno hipotezo in metodološko-teoretičen opis raziskovanja pri njenem preverjanju ali zavračanju vključno s pridobljenimi rezultati projekta.

3. Izkoriščanje dobljenih rezultatov:

3.1. Kakšen je potencialni pomen² rezultatov vašega raziskovalnega projekta za:

- a) odkritje novih znanstvenih spoznanj;
- b) izpopolnitev oziroma razširitev metodološkega instrumentarija;
- c) razvoj svojega temeljnega raziskovanja;
- d) razvoj drugih temeljnih znanosti;
- e) razvoj novih tehnologij in drugih razvojnih raziskav.

3.2. Označite s katerimi družbeno-ekonomskimi cilji (po metodologiji OECD-ja) sovpadajo rezultati vašega raziskovalnega projekta:

- a) razvoj kmetijstva, gozdarstva in ribolova - Vključuje RR, ki je v osnovi namenjen razvoju in podpori teh dejavnosti;
- b) pospeševanje industrijskega razvoja - vključuje RR, ki v osnovi podpira razvoj industrije, vključno s proizvodnjo, gradbeništvom, prodajo na debelo in drobno, restavracijami in hoteli, bančništvom, zavarovalnicami in drugimi gospodarskimi dejavnostmi;
- c) proizvodnja in racionalna izraba energije - vključuje RR-dejavnosti, ki so v funkciji dobave, proizvodnje, hranjenja in distribucije vseh oblik energije. V to skupino je treba vključiti tudi RR vodnih virov in nuklearne energije;
- d) razvoj infrastrukture - Ta skupina vključuje dve podskupini:
 - transport in telekomunikacije - Vključen je RR, ki je usmerjen v izboljšavo in povečanje varnosti prometnih sistemov, vključno z varnostjo v prometu;
 - prostorsko planiranje mest in podeželja - Vključen je RR, ki se nanaša na skupno načrtovanje mest in podeželja, boljše pogoje bivanja in izboljšave v okolju;
- e) nadzor in skrb za okolje - Vključuje RR, ki je usmerjen v ohranjevanje fizičnega okolja. Zajema onesnaževanje zraka, voda, zemlje in spodnjih slojev, onesnaženje zaradi hrupa, odlaganja trdnih odpadkov in sevanja. Razdeljen je v dve skupini:
- f) zdravstveno varstvo (z izjemo onesnaževanja) - Vključuje RR - programe, ki so usmerjeni v varstvo in izboljšanje človekovega zdravja;
- g) družbeni razvoj in storitve - Vključuje RR, ki se nanaša na družbene in kulturne probleme;
- h) splošni napredek znanja - Ta skupina zajema RR, ki prispeva k splošnemu napredku znanja in ga ne moremo pripisati določenim ciljem;
- i) obramba - Vključuje RR, ki se v osnovi izvaja v vojaške namene, ne glede na njegovo vsebino, ali na možnost posredne civilne uporabe. Vključuje tudi varstvo (obrambo) pred naravnimi nesrečami.

² Označite lahko več odgovorov.

3.3. Kateri so **neposredni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Neposredne rezultate našega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje lahko strnemo v naslednjih alineah:

- Ugotovili smo, da ima v danih razmerah lokacije (lahka tla, Prekmurje) gnojenje koroze z več kot 100-150 kg/ha N (mineralnega in organskega izvora skupaj!) majhen vpliv na pridelek koroze.
- Od odmerka 100-200 kg/ha N-min, ki ga korozi neposredno pognojimo, sprejme koroza v istem letu majhno količino (12,8-26%), čeprav pa celotna količina N v rastlini praviloma presega količino pogojenega N.
- Izdelali smo priporočilo za najbolj gospodarno gnojenje koroze z N; odmerek za podjetje oz. kmetijo z živino (1 GVŽ/ha) in uporabo gnoja znaša okoli 100 kg/ha N-min, za gospodarstva brez živine (podor stranskih pridelkov: slame koruznice, podorina) pa okrog 150 kg/ha N-min. Ta odmerek je znatno nižji, kot ga pridelovalci v povprečju namenjajo korozi.
- Z uporabo izotopsko označenega dušičnega gnojila smo potrdili slab izkoristek dodanega dušičnega gnojila ter na osnovi teh rezultatov pripravili nadaljne usmeritve pri optimizaciji pridelave hmelja.
- V pozno jesenskih, zimskih in spomladanskih mesecih so se v hmeljišču pozitivno na zmanjšanje izgub dušika v nižje plasti tal nakazala obravnavanja, pri katerih so v tem času podsevky prekrivali tla (zatravljen medvrstni prostor ter oljna ogrščica).
- Podsevek je v hmeljišču smiselno posejati vsako leto, da jeseni zajame dušik, ki se sprošča z mineralizacijo ostankov iz prejšnjih sezon.
- Pri obravnavanju zatravljeno smo v obeh letih izmerili pri vsakem merjenju manjšo koncentracijo nitrata v talni raztopini na globini 60 cm v primerjavi z drugimi obravnavanji, po obiranju pa se je nakazal manjši vpliv gaženja s traktorjem (kolesnice traktorjev za 2/3 plitveje na zatravljenih parcelicah v primerjavi s tistimi, ki smo jih med sezono klasično obdelovali). Zato bo smiselno to obravnavanje v prihodnje dodelati v smeri ustreznega pridelka hmelja in njegove kakovosti, saj se je zatravljanje medvrstnega prostora nakazalo kot obetajoče v smislu ohranjanja rodovitnosti tal in izgub dušika iz sistema tla-rastlina.
- Dodelava agrotehnik pri zatravljanju medvrstnega prostora ni smiselna (le) s povečevanjem odmerka dušika, ampak bo potrebno med drugim preučiti kombinacijo povečanega odmerka dušika in natančnega sledenja vremenski napovedi ter razvoju hmelja.
- Gnojili s počasi sproščujočim dušikom sta se odrazili v primerljivem pridelku s kontrolo (KAN), kljub temu da smo pognojili odmerek dušika pri kontroli v treh obrokih (večji stroški za gorivo, večja poraba goriva in delovnih ur), z gnojiloma z dušikom s podaljšanim delovanjem pa v enem obroku. Smiselno pa bi bilo ugotoviti še, če bi lahko zmanjšali količino dušika, ki ga apliciramo v obliki gnojil z dušikom s podaljšanim delovanjem, in preizkusiti kombinacijo teh gnojil in setve podsevkov, ki bi jeseni preostale količine dušika v tleh zajeli v svojo biomaso.
- S kontinuiranim spremljanjem vlage v profilu tal smo dokazali heterogenost gradienta vsebnosti vode - predvsem v razlikah vrstnega in medvrstnega prostora.
- S poskusi smo potrdili, da manjše količine manj konkurenčnih in nekonkurenčnih plevelnih vrst ne vplivajo na zmanjšanje pridelka hmelja ter hkrati pripomorejo k manjšemu obsegu izpiranja dušika.

3.4. Kakšni so lahko **dolgoročni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Glede na dejstvo, da smo ugotovili, da omogočajo omenjena globoka, a lahka, peščeno meljasta tla ne le globinsko ampak tudi horizontalno migracijo nitratov s parcele na parcelo izpod globine 70 cm, in sicer po gradientu pretoka vode, tudi v poletnih mesecih, ko so sicer sušne razmere, se je pokazalo, da so omenjena tla okoljsko mnogo bolj ranljiva, kot se je domnevalo in predvsem ravnalo z njimi do sedaj.

Količina N-min v tleh do globine 90 cm je občutna - celo jeseni je v tleh parcel, ki že 17 let niso bila gnojene z N, neposredno po spravilu koruze količina N v tleh tolikšna, da zadošča za normalni odmerek N.

Izdelali smo ciljna priporočila za gnojenje z N za maksimalno neto dodano vrednost in ne (kot je v navadi) za maksimalni pridelek.

Z raziskavami smo postavili temelj za optimizacijo tehnologije pridelave hmelja, ki bo omogočala ustrezno prilagajanje klimatskim spremembam ter manjši obremenitvi okolja. Dvoleten cikel poljskih poskusov je prekratko obdobje za dokončno prilagoditev sedanje tehnologije pridelave hmelja, vendar so rezultati projekta omogočili, da se je postavila smer iskanja nadaljnjih optimizacij tehnologije predvsem v manjšem obsegu izpiranja dušika, ohranjanja rodovitnosti tal in učinkovite rabe vode.

3.5. Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- a) v domačih znanstvenih krogih;
- b) v mednarodnih znanstvenih krogih;
- c) pri domačih uporabnikih;
- d) pri mednarodnih uporabnikih.

3.6. Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?

Kmetovalci, pridelovalci koruze in drugih žit, ki potrebujejo tehnologije za čim nižje stroške na enoto pridelka.

Strokovna javnost in hmeljarji.

3.7. Število diplomantov, magistrrov in doktorjev, ki so zaključili študij z vključenostjo v raziskovalni projekt?

1 doktor (Monika Cvetkov)
1 diplomant (univ. dipl. inž.) Vučko
Pred zaključkom je 1 doktorat in 1 magisterij

4. Sodelovanje z tujimi partnerji:

4.1. Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi inštitucijami.

Internationale Arbeitsgemeinschaft für Bodenfruchtbarkeit (IOSDV v okviru International Society for soil Science (ISSS)
Konzultativna srečanja v okviru VDLUFA (Verband deutscher landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungs-Anstalten)
International Atomic Energy Agency (IAEA)
Mednarodna skonzultativna kupina strokovnjakov s področja prehrane rastlin iz srednje in vzhodno evropskih držav (KT MOEL) za usklajevanje kmetijske regulative za področje gnojenja, kontrole gnojenja in varstvo voda na kmetijskih območjih.
International fertilizer society

4.2. Kakšni so rezultati tovrstnega sodelovanja?

- Vključitev v mednarodno raziskovalno delo, aktivno sodelovanje na tematskih konferencah, posvetih in kongresih (vsakoletni kongresi VDLUFA in posveti IOSDV) opravljanje laboratorijskih analiz v tujih laboratorijih po nižjih cenah, članstvo v recenzijskem odboru v časopisu z IF (Arch. Agron. & Soil Sci.).
- Dodelitev priznanja za status častnega dopisnega člana VDLUFA.
- Prenos znanja in rezultatov ter sodelovanje s sorodnimi raziskovalnimi inštituti in fakultetami.

5. Bibliografski rezultati³ :

Za vodjo projekta in ostale raziskovalce v projektni skupini priložite bibliografske izpise za obdobje zadnjih treh let iz COBISS-a) oz. za medicinske vede iz Inštituta za biomedicinsko informatiko. Na bibliografskih izpisih označite tista dela, ki so nastala v okviru pričujočega projekta.

6. Druge reference⁴ vodje projekta in ostalih raziskovalcev, ki izhajajo iz raziskovalnega projekta:

Vzgoja 4 sort žit, tri sorte pšenice trenutno vpisane v slovensko (EU) sortno listo poljščin. Predavanje z delavnico na terenu julija 2010 za hmeljarje v okviru tehnološkega sestanka hmeljarjev (navedeno v poročilu - priloga A).

³ Bibliografijo raziskovalcev si lahko natisnete sami iz spletne strani: <http://www.izum.si/>

⁴ Navedite tudi druge raziskovalne rezultate iz obdobja financiranja vašega projekta, ki niso zajeti v bibliografske izpise, zlasti pa tiste, ki se nanašajo na prenos znanja in tehnologije.

Navedite tudi podatke o vseh javnih in drugih predstavitev projekta in njegovih rezultatov vključno s predstavitvami, ki so bile organizirane izključno za naročnika/naročnike projekta.