

VPLIV PODSEVKOV NA IZBRANE TALNE PARAMETRE

Barbara ČEH¹, Matej KNAPIČ², Igor ŠANTAVEC³, Ana KARNIČNIK KLANČNIK⁴,
Bojan ČREMOŽNIK⁵, Monika OSET LUSKAR⁶, Sebastjan RADIŠEK⁷, Jure FERLIN⁸ in
Boštjan NAGLIČ⁹

Strokovni članek / Professional article

Prispelo / Arrived: 11. 11. 2024

Sprejeto / Accepted: 11. 12. 2024

Izvleček

Ena od možnih rešitev za povečanje organske snovi v tleh hmeljišč, varovanje tal, povečanje biološke raznovrstnosti v tleh in varovanje voda je setev in zadelava podsevkov v medvrstni prostor hmeljišč. S tipalnimi poljskimi poskusi v treh različnih hmeljiščih smo želeli ugotoviti, katere rastlinske vrste oziroma njihove mešanice se najbolje obnesejo kot podsevki v hmeljiščih, v kolikšni meri zmanjšajo izgube dušika (N), koliko biomase proizvedejo in ali različno vplivajo na biotsko raznovrstnost v tleh. Poskuse smo zastavili kot bločne poljske poskuse s šestimi obravnavanji (5 različnih podsevkov in kontrola brez podsevka) v treh ponovitvah. Setev je potekala med 4. 7. in 8. 7. 2024 ob hkratni medvrstni obdelavi. V razmerah leta z nadpovprečno toplimi poletnimi meseci in nadpovprečno količino padavin v juliju se je izkazala za najboljšo izbiro na vseh treh lokacijah sudanska trava, ki je uspešno konkurirala plevelom, dosegla največji pridelek biomase in odvzem N. Na lokaciji z bolj odcednimi tlemi je bila obetavna tudi abesinska gizotija. Mešanica bela gorjušica + meliorativna redkev + krmna ogrščica je na bolj odcednih delih posestva in na lažjih tleh dobro uspevala, na težjih tleh jo je prerastel plevel. Vse druge variante v razmerah tega leta niso dobro konkurirale plevelom. Tik pred obiranjem hmelja se vsebnost dostopnega dušika v tleh med obravnavanji in kontrolo, ki jo je sicer prerastel plevel, ni razlikovala, vendar puščanje plevelne vegetacije v hmeljiščih ni priporočljivo zaradi povečanja plevelnih semen. V talni favni so prevladovali skakači (Collembola). Prve ugotovitve tako kažejo na nekatere spremembe mikrobne prisotnosti v tleh (bakterije in glive) v času aktivne rasti podsevkov.

¹ Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS), e-pošta: barbara.ceph@ihps.si

² Mag., IHPS, e-pošta: matej.knapic@ihps.si

³ Asist. dr., Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, e-pošta: igor.santavec@bf.uni-lj.si

⁴ Mag. biotehnol., IHPS, e-pošta: ana.karnicnik@ihps.si

⁵ Dipl. inž. agr. in hort., IHPS, e-pošta: bojan.cremoznik@ihps.si

⁶ Univ. dipl. inž. kmet., IHPS, e-pošta: monika.oset-luskar@ihps.si

⁷ Dr., IHPS, e-pošta: sebastjan.radišek@ihps.si

⁸ Mag. inž. agr., IHPS, e-pošta: jure.ferlin@ihps.si

⁹ Dr., IHPS, e-pošta: bostjan.naglic@ihps.si

Ključne besede: podsevek, sudanska trava, mešanice kot podsevki, zajem dušika s podsevki, mineralni dušik v tleh, večspektralno slikanje, biotska raznovrstnost v tleh

IMPACT OF CATCH CROPS ON SELECTED SOIL PARAMETERS

Abstract

One of the possible solutions for increasing organic matter in the soil of hop fields, protecting the soil, increasing biodiversity in the soil and protecting water is sowing and cultivating catch crops in the inter-row space of hop fields. With conducting field trials in three different hop fields, we wanted to determine which plant species or their mixtures perform best as catch crops in hop fields, to what extent they prevent nitrogen (N) losses, how much biomass they produce and whether they have different effects on soil biodiversity. The experiments were set up as block field trials with six treatments (5 different catch crops and a control without catch crops) in three replications. Sowing took place between 4. 7. and 8. 7. 2024 with simultaneous inter-row cultivation. In the conditions of the year with above-average warm summer months and above-average rainfall in July, Sudan grass proved to be the best choice at all three locations, successfully competing with weeds, achieving the highest biomass yield and N removal. Abyssinian Guizotia was also promising at the location with better drained soils. Mixture of white mustard + melioration radish + fodder rape grew well on better drained parts of the estate and on lighter soils, but was overgrown by weeds on heavier soils. All other variants did not compete well with weeds in the conditions of this year. Just before the hop harvest, the content of available nitrogen in the soil between the treatments and the control, which was overgrown by weeds, did not differ, but leaving weed vegetation in hop fields is not recommended due to the increase in the weed seed bank. The soil fauna was dominated by springtails (Collembola). The first findings indicate some changes in soil microbial (bacteria and fungi) activity during the active growth of cover crop.

Key words: underplanting, catch crops, Sudan grass, mixtures as cover crops, nitrogen uptake by cover crops, mineral nitrogen in the soil, multispectral imaging, biodiversity in soil

1 UVOD

Trajnostni sistemi kmetovanja pridobivajo zaradi potrebe po zaščiti biotske raznovrstnosti in ohranjanju okoljskega ravnovesja veliko pozornosti. Ena od strategij vključuje uporabo dosevkov/podsevkov (Žuk-Gołaszewska et al., 2019). Ker imajo hmeljišča v Sloveniji v glavnem preskrbljenost z organsko snovjo na spodnji priporočeni meji (IHPS, rezultati meritev za naročnike), je potrebno z ustrežno agrotehniko poskrbeti, da se ta nivo vsaj ohranja oziroma počasi povečuje. Povečanje vsebnost humusa v tleh je dolgotrajen proces. Možna rešitev za povečanje organske snovi v tleh hmeljišč je setev in zadelava podsevkov. Drugi cilji vključevanja podsevkov v hmeljišča so povečanje biološke raznovrstnosti v tleh hmeljišč, varovanje podtalnice in drugih voda ob hkratnem ohranjanju velikosti

pridelka in njegove kakovosti. Podsevki nudijo habitate in vir hrane za široko paleto talnih organizmov: mikroorganizmov (gliv, bakterij, arhej, alg, praživali) in nevretenčarjev, ki skupaj tvorijo prehranjevalno verigo tal (Cole in sod., 2023). Posledično raznolikost talnih organizmov pomembno vpliva na rodovitnost tal, produktivnost in splošno odpornost ekosistema na spreminjajoče okoljske vplive (Gayan et al., 2023). Različne vrste podsevkov podpirajo raznolike mikrobne združbe s tem, da imajo različne izločke korenin, ki so koristni za talne mikroorganizme. Nadzemna biomasa služi tudi kot habitat in hrana za nadzemno biotsko raznovrstno favno (Cole in sod., 2023).

S tipalnimi poljskimi poskusi v treh različnih hmeljiščih smo želeli ugotoviti: katere rastlinske vrste oziroma njihove mešanice se najbolje obnesejo kot podsevki v hmeljiščih glede na vremenske razmere v določenem letu, kako zmanjšajo izgube dušika, koliko biomase proizvedejo in ali različno vplivajo na biološko pestrost v tleh.

Preglednica 1: Podatki o poskusnih lokacijah in zasnova poskusa glede na lokacijo

Lokacija	MVRH	Obnavljanje – vrsta podseвка in setvena norma (kg/ha)					
		A	B	C	D	E	F
a = Grajska vas, sorta hmelja Celeia	3 m 345 m ²	Sudanska trava (55 kg/ha)	Bela gorjušica (33kg/ha)	Mešanica Gorca*	Mešanica Wintergrün*** (90 kg/ha)	Navadni oves (75 %) + rdeča bilnica (25 %) (43 kg/ha)	Kontrola – brez podsevk a
b = Male Braslovče, sorta hmelja Aurora	2,8 m 420 m ²	Sudanska trava (45 kg/ha)	Bela gorjušica (90 %) + meliorativna redkev (10 %) (22 kg/ha)	Mešanica Gorca*	Abesinska gizotija 13 kg/ha	Jara pšenica + jari ječmen (175 kg/ha)	Kontrola – brez podsevk a
c = Ormož, sorta hmelja Aurora	2,4 m 600 m ²	Sudanska trava (56kg/ha)	Bela gorjušica (15 kg/ha)	Mešanica Jeruzalem* (20 kg/ha)	Mešanica Wintergrün*** (107 kg/ha)	Rdeča bilnica (10 kg/ha)	Kontrola – brez podsevk a

MRVH= Medvrstna razdalja (m) in velikost osnovnih parcel

* Mešanica Gorca = podzemna detelja (*Trifolium subterraneum* L.) 8 % + rdeča bilnica (*Festuca rubra rubra* L.) 41 % + trpežna ljuljka - zgodnja sorta, 2n (*Lolium perenne* L.) 24 % + trpežna ljuljka - srednje pozna sorta, 2n (*Lolium perenne* L.) 22 % + ovčja bilnica (*Feastuca ovina duriuscula*) 5 %

** Mešanica posestva Jeruzalem = meliorativna redkev (15 %) + bela gorjušica (75 %) + krmna ogrščica-sorta Starška (10 %)

*** Mešanica Wintergrün = ozimna rž (Antoninskie) 31 % + ozimna rž (Protector) 30 % + panonska grašica (Beta) 27 % + Inkarnatka (Heusers Ostsaat) 7,5 % + Inkarnatka (Tardivo) 2,5 % + Triticala (Trialgo) 2,0 %

2 METODE DELA

2.1 2.1 Postavitev poskusov

Na treh hmeljarskih kmetijah v dveh pridelovalnih območjih (Savinjska dolina in Ormož) smo v letu 2024 zasnovali tipalne poljski poskus s podsevky. Lokacije so se razlikovala glede sorte hmelja (lokacija a - sorta Celeia, lokaciji b in c - sorta Aurora), lastnosti tal in postavitve žičnic (različne medvrstne razdalje) (preglednica 1). Poskus smo na vsaki lokaciji zastavili kot bločni poljski poskus s šestimi obravnavanji (različni podsevky in kontrola brez podsevky) v treh ponovitvah. Velikost osnovnih parcel je bila ena medvrstna razdalja v hmeljišču po celotni dolžini žičnice (preglednica1). Obravnavanja so predstavljala različne rastlinske vrste ter njihove mešanice; vključeni so bili običajni podsevky posameznih kmetij, variante glede na želje vključenih hmeljarjev in nove rastlinske vrste oziroma njihove mešanice. Setev smo izvedli od 4. do 8. julija 2024 pri optimalni vlažnosti tal. Obravnavanja in setvene norme so predstavljeni v preglednici 1. Na lokaciji a je bila setev izvedena 8. 7. 2024 z mehansko sejalnico, kjer količino semena uravnavamo z nastavitvijo širine odgrebal in hitrostjo vrtenja le teh. Seme pada po ceveh prosto. Na lokaciji b smo sejali 4. 7. 2024 s sejalnico z ventilatorjem, ki ima možnost nastavitve z menjavo odgrebalnega valja z različnimi velikostmi odprtin za zajem različne velikosti semena. Setvena količina se nastavi s spreminjanjem hitrosti vrtenja električno gnanega odgrebala preko elektronske krmilne naprave. Na lokaciji c je bila setev izvedena 5. 7. 2024 s sejalnico z ventilatorjem, pri kateri je količina izpadlega semena nastavljava po stopnjah (od 1 do 10). Na vseh treh lokacijah so opisane sejalnice bile prigradjene na stroje za medvrstno obdelavo hmelja. Seme pada po ceveh pri vseh treh sejalnicah prosto pred letvasti valj.

2.2 Lastnosti tal, izvedena vzorčenja in analize

Tla na lokaciji a in c uvrščamo med obrečna rjava tla, oglejena na aluviju (meljasto ilovnate teksture), na lokaciji b pa med rjava tla, evtrična, plitva in srednje globoka (glinasto ilovnate teksture). Za tla na lokaciji a in c je značilno, da se v sušnih obdobjih pozneje soočajo s pomanjkanjem vode kot pa tla na območju lokacije b, kjer poleg globine tal, na slabšo vodno-zadrževalno kapaciteto tal vpliva večja skeletnost tal (Hillel, 1998; Naseri, 2019). Tla na vseh lokacijah so dobro oziroma celo prekomerno preskrbljena s fosforjem in kalijem, le vsebnost rastlinam dostopnega kalija je na lokaciji a srednje dobra (razred preskrbljenosti B). Reakcija tal v KCl je 7,1 na lokacijah a in c in 6,5 na lokaciji b.

Tik pred setvijo (začetek julija) smo na vseh treh lokacijah (a, b in c) na vseh parcelah - ponovitvah izvedli vzorčenje tal za hitri talni test na rastlinam dostopni dušik (nitratna in amonijska oblika dušika) s sondo do globine 25 cm v vrstnem (greben ob rastlinah hmelja narejen z osipanjem, ki fiksira rastline hmelja) in medvrstnem prostoru hmeljišča. Vsak vzorec je bil sestavljen iz 20 do 25 podvzorcev - vbodov v tla na vsaki parceli. Naslednje vzorčenje smo izvedli tik pred obiranjem (21. 8. 2024) in sicer na dveh globinah (0-30 cm in 30-60 cm) v medvrstnem prostoru vsake ponovitve obravnavanja na lokaciji a.

Zadnje vzorčenje za hitri talni test rastlinam dostopnih dušik smo izvedli 30. 9. 2024 na lokaciji a z namenom, da ugotovimo ali je potrebna podrobna ocena vsebnosti mineralnih oblik dušika na vseh lokacijah ob koncu poskusa. Namreč na lokaciji a je bila ob prvem vzorčenju največja vsebnost mineralnih oblik dušika, hkrati pa tekstura in struktura tal vplivata na manjši obseg izgub (Mahmud, 2021) kot na lokacijah b ali c. V kolikor bi bila vsebnost mineralnega dušika na lokaciji a majhna oz. zanemarljiva, potem na ostalih lokacijah ne bi nadaljevali z vzorčenjem. Na lokaciji a smo torej določili vsebnost mineralnih oblik dušika v dveh globinah, od 0-30 cm in 30-60 cm v 3 različnih obravnavanjih (B, E in F). Vsebnost nitratne in amonijske oblike dušika smo analizirali po interni metodi z RQ-flexom. Podatke smo obdelali s programom Statgraphics Centurion za dvofaktorski poskus (lokacija - hmeljišče a, b in c ter mest vzorčenja - v vrsti s hmeljem oz. v medvrstnem prostoru). Za zaznavanje razlik med obravnavanji smo uporabili Duncanov test, $p=0,05$.

Mikrobno prisotnost (MA) tal smo določali na osnovi analize splošne populacije gliv in bakterij. Na vsaki lokaciji smo v času tik pred setvijo izvedli vzorčenje v medvrstnem prostoru v obsegu treh vzorcev z namenom določitve začetnega stanja MA tal pred razvojem posameznih podsevkov. Naslednje vzorčenje smo izvedli na vseh 3 parcelah v času obiranja hmelja, ko so bili podsevki še v fazi aktivne rasti. Iz vsake parcele posameznega podsevka smo odvzeli po en vzorec, ki je bil združen iz treh pod-vzorcev v skupni količini tal približno 0,5 kg. Vsa vzorčenja smo izvedli z ročno lopatko na globini 5-20 cm. Vzorci so bili do nadaljnjega procesiranja hranjeni pri temperaturi 4°C, vendar ne več kot dva dni. Mikrobno prisotnost smo določali z metodo serijskih redčitev na specifičnih gojiščih. Za analizo celokupnih bakterij smo uporabili osnovo TSA (tryptic soy agar) gojišče, za določanje gliv pa PDA (krompirjev dekstrozni agar) gojišče z ustreznimi selekcijskimi dodatki (Larkin in sod., 1993). Inkubacija bakterijskih analiz je trajala 4 dni pri temperaturi 25°C, medtem ko pri glivah 7 dni pri sobni temperaturi. Rezultate analiz smo izrazili v enotah CFU (colony-forming units)/g tal.

Za analizo biodiverzitete tal smo pred setvijo izvedli vzorčenje zgornje plasti tal do globine 10 cm in odvzeli vzorce tal v velikosti 10x10 cm. Naslednje vzorčenje smo izvedli na vseh 3 lokacijah na vseh obravnavanih podsevkih v času obiranja hmelja, ko so bili podsevki še v fazi aktivne rasti. Iz vsake parcele posameznega podsevka smo odvzeli po en vzorec, ki je bil združen iz treh pod-vzorcev v skupni količini tal približno 0,5 kg. Vsa vzorčenja smo izvedli z ročno lopatko na globini 5-20 cm. Vzorci so bili do nadaljnjega procesiranja hranjeni pri temperaturi 4°C, vendar ne več kot 2 dni. Na dan ekstrakcije smo iz vrečke vzeli reprezentativen 200 g vzorec vsakega obravnavanja. Za ekstrakcijo organizmov iz vzorcev tal smo uporabili Berlese -Tullgren lijak, ki izkorišča negativno fototropno in pozitivno geotropno vedenje talnih živali. Živali se ob segrevanju zraka in sušenju tal pomikajo v spodnje plasti. Zemlja se suši od zgoraj navzdol. Živali se umikajo pred sušo v globlje plasti in na koncu padejo v lonček s fiksativom, ki smo ga pripravili iz 95 % alkohola. Vzorce smo v laboratoriju stekali in nasuli v posode, na katere smo predhodno namestili mrežico z odprtini (0,3 mm x 0,4 mm). Vzorce zemlje smo nežno razdrli, da smo jih bolje izpostavili sušenju. Pod vsak vzorec smo namestili

lijak, pod lijak pa posodico s fiksativom. Vzorce na mrežicah smo sušili 2 dni. Po končani ekstrakciji smo posodico s fiksativom, v katerem so bili po končani ekstrakciji nevretenčarji previdno odstranili in jo zaprli s pokrovčkom. Vzorce zemlje smo shranili v hladilniku do pregleda pod lupo. Organizme iz vzorca smo zlili v petrijevke in si jih ogledali pod povečavo pod stereomikroskopom Nikon SMZ 745T. Prešteli smo organizme v vzorcu in jih razporedili v taksonomske skupine. Izbrana obravnavanja s podsevky smo med seboj primerjali in ovrednotili na osnovi prisotnosti in pestrosti izbranih skupin talnih živali.

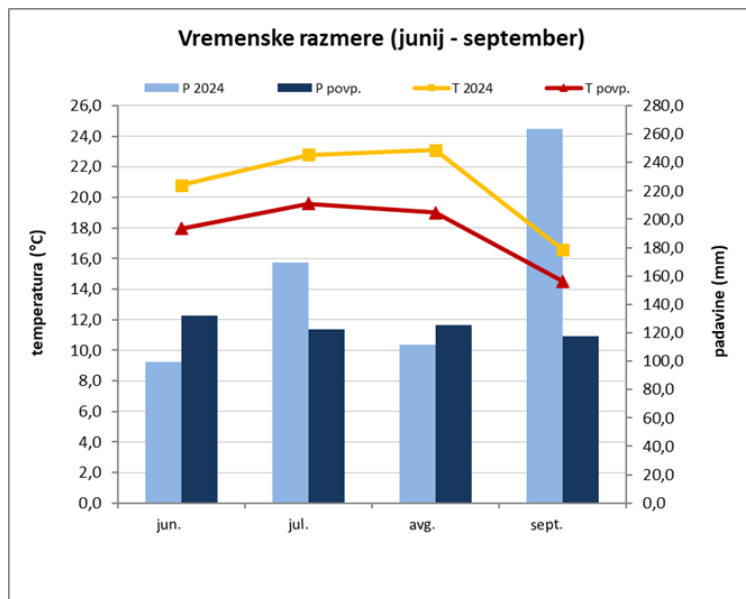
Ob koncu poskusa smo v mesecu oktobru izvedli še vzorčenje biomase podsevky in analizirali vsebnost skupnega dušika po modificirani ISO metodi 11261. Ker so se ostala obravnavanja zelo zaplevelila, smo vzorčili le kontrolno obravnavanje (F) ter nezapleveljene poskusne kombinacije podsevkov, in sicer sudansko travo, abesinsko gizotijo na lokaciji b, na lokaciji a pa le sudansko travo. Na lokaciji c zaradi zapleveljenosti podsevkov nismo vzorčili. Na vsaki parceli izbranih podsevkov smo v 3 ponovitvah na tla položili vzorčne okvirje (0,5 m²), iz katerih smo porezali vse rastline in jih stehali ter odvzeli povprečne vzorce za določitev vlage in analizo vsebnosti celokupnega dušika.

V podporo terenskim ocenam rasti podsevkov smo za oceno razvoja in rasti rastlin ter biomase podsevkov posameznega obravnavanja, poskusne lokacije posneli z brezpilotnim letalnikom z večspektralno kamero (DJI MAVIC 3M). Večspektralna kamera je beležila odboj svetlobe v štirih pasovih, in sicer v zelenem, rdečem, robno rdečem ter bližnje infrardečem delu. Slike smo ustrezno pripravili in obdelali s PIX4D programskim orodjem. Prostorske analize smo naredili s QGIS programsko opremo, kjer smo tudi izračunali ustrezne vegetacijske indekse (IDB - List of available Indices, no date) (NDVI, GNDVI, OSAVI, NDRE, MCARI - razmerja med odboji posameznega pasu valovne dolžine) ter podatke ustrezno vrednotili v Python programskem okolju.

2.3 Vremenske razmere v času poskusov

Meteorološko poletje (junij - avgust) je bilo ekstremno vroče, najtoplejše v zadnjih 20. letih in takoj za letom 2003. Na referenčni postaji Spodnje Savinjske doline so bile maksimalne temperature zraka kar 51 dni nad 30 °C, 60 dni pa so povprečne dnevne temperature zraka dosegale in presegle 22°C. Ekstremno visoke temperature zraka so se nadaljevale tudi v prvih dneh meseca septembra (slika 1). V celotnem obdobju rasti hmelja, od meseca aprila do septembra, smo na vremenski postaji Latkova vas zabeležili 868 mm padavin, na postaji Zgornji Kamenščak, ki je od Ormoža oddaljena okoli 10 km zračne linije, pa 598 mm padavin.

Setev poskusa smo izvedli tik pred začetkom obdobja vročinskega vala v mesecu juliju, ko so bila tla še primerno vlažna, da je bila setev izvedena ob optimalni vlažnosti tal. Po setvi je bilo v Spodnji Savinjski dolini v drugi dekadi julija 100 mm padavin. Do konca meseca je bilo še dodatnih 24 mm padavin. V mesecu avgustu je bilo 111 mm, v septembru pa 264 mm padavin. Na lokaciji Ormož oz. Zgornjem Kamenščaku je v mesecu juliju padlo 115 mm, v avgustu 58 mm in v septembru 165 mm padavin.



Slika 1: Primerjava mesečnih temperatur in višine padavin od junija do septembra 2024 s 30. letnim povprečjem (1981–2010) na postaji Medlog pri Celju (vir podatkov: ARSO) z referenčno postajo Spodje Savinjske doline (Latkova vas).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Opazovanja v poskusu - rast in razvoj podsevkov

Na hmeljišču lokacije a so tla zaradi visoke nivoja podtalnice nekoliko slabše odcedna, hmelj je v tem letu zaostajal v rasti zaradi nadpovprečno mokrega maja in julija. Slabšo rast hmelja lahko pripišemo tudi poplavljenosti hmeljišča v prejšnjem letu (2023). Podsevek sudanske trave je hitro vzniknil, bil že na začetku avgusta visok okrog 1 m in ostal vse do obiranja hmelja skoraj brez plevela. Tudi bela gorjušica je dobro vzniknila, vendar so jo do konca avgusta skoraj popolnoma prerasli termofilni pleveli - leto je bilo izjemno toplo; prevladali so navadna kostreba in različne vrste šiřirov. Kostreba je na takih tleh in pri takšnih vremenskih razmerah tudi sicer zelo konkurenčna in prevlada nad posejanimi rastlinami. V mešanici gorca prevladujejo nizke trave, predvsem rdeča bilnica, ki pa imajo počasno začetno rast; zaradi tega so medvrstni prostor hmeljišča popolnoma prerasli pleveli, tako da rastlin, ki so bile posejane, konec avgusta skoraj ni bilo zaznati. Tudi mešanica wintergrün je počasi vznikala, rastline pa so svojo konkurenčno sposobnost proti plevelom izgubile v drugi polovici avgusta. Tudi to varianto je plevel popolnoma prerasel. Enako je bilo tudi z mešanico rdeče bilnice in ovs. Kontrola je bila močno zapleveljena, s prevladujočo kostrebo, ki je bila visoka več kot meter.

Na hmeljišču lokacije b so tla težje teksture (glinasto ilovnate), vendar zaradi manjše globine in večje skeletnosti dobro odcedna. Na lokaciji b se je sudanska

trava pokazala kot dober podsevek, saj je bil posevek skoraj brez plevelov in gost. Mešanico bele gorjušice in meliorativne redkve je do konca avgusta plevel popolnoma prerasel, posejanih rastlin skoraj ni bilo najti v visokem plevelu. Tudi mešanice gorca je na tem poskusnem mestu pokazala svojo slabo konkurenčno sposobnost v vremenskih razmerah tega leta; pred obiranjem hmelja so bile poskusne parcelice gosto preraščene s plevelom. Kot perspektiven lahko označimo podsevek abesinske gizotije, ki je ostal vse do obiranja hmelja skoraj brez plevela. Tudi mešanica jare pšenice in ječmena je do obiranja hmelja ostala skoraj nezapleveljena. V kontroli (brez podsevka) se je medvrstni prostor do konca avgusta močno zaplevelil, vegetacija je bila visoka do 40 cm. Prevladovali so ščiri, metlike, drobnocvetni rogovilček, od plevelnih trav pa so prevladovali muhviči in srakonje, ki rastejo na takih plitvih tleh.

Na lokaciji c je bil hmelj bolj razvit in je bil medvrstni prostori bolj senčen kot na lokacijah v Savinjski dolini (a in b). Na tej lokaciji ob obilnem deževju prihaja do zastajanja vode. Sudanska trava je tudi tu pokazala svojo prednost v toplih razmerah. Bela gorjušica je slabo vzniknila oziroma ni rasla v kolesnicah; zanj je značilno, da hitro zaostane v rasti in propade, če so tla močno zbita. Ob zgodnji julijski setvi bela gorjušica sicer hitro preide v generativno fazo, zato rastline ostanejo nižje in se posevek ob visokem pritisku plevela močno zapleveli. Tako je bilo tudi na tej lokaciji. Mešanica treh križnic, ki jo sicer sejejo kot običajno prakso na tem posestvu, se je prav tako zaplevelila, vendar je bilo opaziti, da pa je na bolj odcedni delih hmeljišča izven poskusa ta podsevek zelo dobro rasel po spravilu hmelja, vidno so bile prisotne rastline meliorativne redkve in krmne ogrščice. Redkev je tvorila tudi zelo dolge korene, ki so na rahlih delih hmeljišča dosegli dolžino 30 cm v globino tal. Mešanica wintergrün se je tudi na tej lokaciji zaradi svoje slabe konkurenčnosti hitro zaplevelila. Rdeča bilnica pa niti ni vzniknila, tako da se je površina hitro zaplevelila. Tudi tu je bila kontrola zapleveljena, vendar je bila višina plevelov nekaj nižja kot v Savinjski dolini.

3.2 Vsebnost mineralnega dušika v tleh

Vsebnost mineralnega dušika v tleh pred postavitvijo poskusa – setvijo podsevkov (to je bilo od 5. do 8. julija) se je značilno razlikovala med lokacijami in tudi glede na pozicijo v hmeljišču (v vrsti s hmeljem oziroma v medvrstnem prostoru). Vsebnost amonijske oblike dušik je bila značilno večja na lokaciji c v primerjavi z lokacijama a in b, obenem pa se ni značilno razlikovala v vrstnem in medvrstnem prostoru. Vsebnost nitratnega dušika v tleh in skupnega mineralnega dušika v tleh pa je bila značilno najmanjša na lokaciji b in značilno največja na lokaciji a, obenem je bila značilno večja v vrstah s hmeljem v primerjavi z medvrstnim prostorom (preglednica 2).

Tretje dognojevanje z dušikom je potekalo pred vzorčenjem tal, ki smo za izvedli tik pred setvijo v juliju, in sicer na lokaciji a 18. junija z gnojilom UREA v količini 78 kg N/ha, na lokaciji b 15. junija v količini 55 kg N/ha z gnojilom UREA in na lokaciji c 3. julija z gnojilom KAN v količini 43 kg N/ha.

Preglednica 2: Vsebnost mineralnega dušika (N) v tleh glede na lokacijo – hmeljišče in glede na pozicijo vzorčenja (v vrsti s hmeljem oziroma v medvrstnem prostoru) v začetku julija – pred setvijo podsevkov (vzorčenje na globini 0-25 cm)

Dejavnik		Nitratna oblika N (kg/ha)	Amonijska oblika N (kg/ha)	Skupaj mineralni N (kg/ha)
Lokacija	a	385 b*	7,2 a	392 b
	b	199 a	6,8 a	206 a
	c	276 ab	12,7 b	289 ab
Prostor vzorčenja na njivi	V vrsti	427 b*	7,3 a	435 b
	V medvrstnem prostoru	146 a	10,4 a	156 a

*Enaka črka v stolpcu znotraj istega dejavnika (Lokacija, Prostor vzorčenja na njivi) pomeni, da med obravnavanjema ni značilne razlike.

Tik pred obiranjem hmelja (21. 8. 2024) se na lokaciji a vsebnost nobene oblike mineralnega dušika ni značilno razlikovala ne glede na obravnavanje in ne glede na globino (preglednica 3). Tudi v kontroli (brez podsevka - obravnavanje F) ni bilo značilne razlike; obrazložitev je močna zapleveljenost tega obravnavanja, torej je plevel vezal dušik v svojo biomaso. Tega sicer ne želimo zaradi tega, ker bujnost plevelov omogoča njihovo boljše razmnoževanje, tako semenskih kot koreninskih plevelov in semensko banko plevela za vse okoliške površine, kar poveča potrebo po zatiranju plevela.

Preglednica 3: Vsebnost mineralnega dušika (N) v tleh glede na obravnavanje na lokaciji a in glede na globino vzorčenja (0-30 cm, 30-60 cm) pred obiranjem hmelja (21. 8. 2024) v medvrstnem prostoru

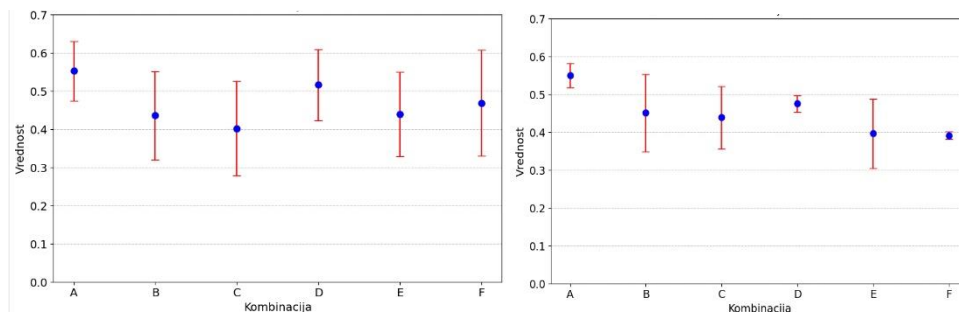
Dejavnik		Nitratna oblika N (kg/ha)	Amonijska oblika N (kg/ha)	Skupaj mineralni N (kg/ha)
Obravnavanje	A	32 a*	8 a	40 a
	B	34 a	8 a	42 a
	C	40 a	8 a	48 a
	D	37 a	8 a	45 a
	E	33 a	8 a	41 a
	F	40 a	8 a	48 a
Globina	0-30 cm	37 a*	8 a	45 a
	30-60 cm	35 a	8 a	43 a

* Enaka črka v stolpcu znotraj istega dejavnika (Lokacija, Prostor vzorčenja na njivi) pomeni, da med obravnavanjema ni značilne razlike.

Vzorčenje tal za določitev mineralnih oblik dušika na lokaciji a v dveh globinah pred koncem poskusa (30. 9. 2024), 0-30 cm in 30-60 cm, je bil na meji detekcije ali pod njo v vseh treh obravnavanjih (B, E in F), kjer so bili odvzeti vzorci. Ker je bila plevelna vegetacija še vedno prisotna in živa, lahko predvidevamo, da je sprejela dušik, ki je bil v tleh v avgustovskem vzorčenju. Kot je bilo že opisano v točki 2.2, zaradi tega nismo nadaljevali z vzorčenjem na drugih lokacijah poskusa.

3.3 Rezultati večspektralnega slikanja in odvzem dušika s podsevki

Prvo slikanje smo izvedli 31. julija 2024, ko so že bile opazne razlike v vzniku in razvoju rastlin med posameznimi obravnavanji. Na lokacijah a in b je bil razvoj hmelja nekoliko slabši in hmelj ni močno prekrival medvrstnega prostora, zato je bila analiza stanja rasti podsevkov neovirana, medtem ko je bil hmelj na lokaciji c nekoliko bolje razvit, hkrati pa smo morali zaradi daljnovoda leteti na večji višini. Oba dejavnika sta vplivala, da analize o razlikah podsevkih na lokaciji c nismo ovrednotili. Razlike v vzniku in razvoju podsevkov smo vrednotili z vegetacijskimi indeksi. Čeprav je večina njih podobno razvrščala uspešnost vznika in rast podsevkov, se je kot najprimernejši za razvrščanje izkazal vegetacijski indeks OSAVI. Med razvitostjo podsevkov, ki jo predstavlja fotosintetsko aktivna listna površina in smo jo vrednotili z vegetacijskim indeksom OSAVI, so bile na obeh lokacijah a in b, statistično značilne razlike (slika 2).



Slika 2: Povprečne vrednosti in standardne deviacije OSAVI indeksa v obravnavanjih - levo lokacija a in desno lokacija b

Kot je razvidno s slike 2, je bil na obeh lokacijah najbolj razvit podsevek sudanske trave. Na lokaciji b je bil le nekoliko manj razvit podsevek abesinske gizotije. Med lokacijama je opazna razlika v stanju kontrolnega obravnavanja, saj je bilo kontrolno obravnavanje že dokaj zapleveljeno na lokaciji b, medtem ko je bilo plevelne vegetacije na lokaciji a malo, saj je bila v vmesnem času od setve še enkrat obdelana.

Naslednje slikanje smo opravili pred koncem poskusa, 7. oktobra 2024, pred vzorčenjem biomase podsevkov na lokacijah a in b. Po snemanju smo v vsaki ponovitvi obravnavanja odvzeli tri vzorce biomase ter njihove lokacije natančno označili s GNSS (globalni navigacijski satelitski sistemi) sprejemnikom centimetrske natančnosti. Vzorce smo stehali ter odvzeli podvzorce za določitev suhe snovi in vsebnost dušika. Podobno kot v prvem primeru, ko smo z večspektralnim slikanjem ocenili rast in razvoj podsevkov, smo preizkusili, ali lahko z modelom, ki vključuje iste vegetacijske indekse, kot smo jih uporabili v prvem primeru, ocenimo obseg biomase na večji površini in na ta način morda bolj zanesljivo ocenimo variabilnost pridelka podsevka. Na lokaciji a je velikost površine za obdelavo večspektralnih podatkov posamezne ponovitve znašala 67 m² in na lokaciji b 79 m². Determinacijski koeficient modela (R^2) za oceno biomase plevelne vegetacije kontrolnega obravnavanja je na obeh lokacijah pojasnil večji del variance in sicer, 0,9 na lokaciji a in 0,86 na lokaciji b. Uspešnost modela za napovedovanje biomase podsevka sudanske trave je bil 0,7 na lokaciji a in 0,84 na lokaciji b, medtem ko je bil model za napoved biomase podsevka abesinske gizotije na lokaciji b nekoliko manj zanesljiv, $R^2=0,7$.

Kot je razvidno iz rezultatov modeliranja, je zanesljivost za napovedovanje biomase plevelne vegetacije zelo dobra na obeh lokacijah. Manjšo zanesljivost, a še vedno uporabno, daje modelna napoved za oceno biomase sudanske trave in abesinske gizotije. Iz podatkov modelne napovedi smo preračunali, kolikšna je masa podsevkov sudanske trave in abesinske gizotije ter plevelne vegetacije. Iz podatkov vsebnosti skupnega dušika v vzorcih biomase (iz vzročne ploskve 0,5 m²) smo preračunali skupni odvzem dušika s posameznim podsevkom ali plevelno vegetacijo. Rezultati so prikazani v preglednicah 4 in 5. Za tista obravnavanja, ki so se močno zaplevelila, smo si pri dovolili prevzeti podatke za plevelno vegetacijo, saj je bila le ta v teh obravnavanjih prevladujoča.

Kot je razvidno iz preglednic 4 in 5, je vsebnost dušika v biomasi večja na lokaciji a kot na lokaciji b, kar je po vsej verjetnosti odraz različne vsebnosti mineralnih oblik dušika v tleh v času setve; v začetku poskusa je bila vsebnost mineralnih oblik dušika na lokaciji a skorajda enkrat večja kot na lokaciji b. Po drugi strani talne lastnosti lokacije b (skeletnost, makroporoznost in plitvost tal) omogočajo večji obseg izpiranja, kar je najbrž prav tako pripomoglo k še manjšim količinam mineralnega dušika v tleh v času intenzivne rasti podsevkov.

Preglednica 4: Povprečna ocena pridelka biomase in odvzema dušika na lokaciji a

Obravnavanje	Pridelek (kg s.s./ha)	Vsebnost dušika (%)	Odvzem N (kg/ha)
A: Sudanska trava	8153	1,24	101
B: Bela gorjušica	3939	1,89	74
C: Gorca	4005	1,89	76
D: Wintergrün	3955	1,89	75
E: rdeča bilnica + oves	3907	1,89	74
F: Kontrola - brez podsevka	3994	1,89	76

Preglednica 5: Povprečna ocena pridelka biomase in odvzema N na lokaciji b

Obravnavanje	Pridelek (kg s.s./ha)	Vsebnost dušika (%)	Odvzem N (kg/ha)
A: Sudanska trava	2662 (11747)*	0,34	9 (40)
B: Bela gorjušica + meliorativna redkev	2667	0,74	20
C: Gorca	2666	0,74	20
D: Abesinska gizotija	5967	0,84	50
E: Jara pšenica + jari ječmen	2678	0,74	20
F: Kontrola - brez podsevka	3770	0,74	28

* Očitno napačna modelna ocena in je v oklepajih preračun iz vzorcev 0,5 m².

3.4 **Biotska raznovrstnost favne v tleh pred setvijo podsevkov in pred obiranjem hmelja glede na podsevek**

Tipalno vzorčenje tal za biotsko raznovrstnost v tleh je pokazalo, da sta bili najštevilčnejši taksonomski skupini mezofavne tal ne glede na obravnavanja in lokacije pršice (Acarina) in skakači (Collembola) (preglednica 6). Skakači so v vseh obravnavanih številčno najbolj zastopana skupina, kar kaže na njihov potencial kot ključnih bioindikatorjev tudi za nadaljnje raziskave vpliva podsevkov na talno favno v hmeljiščih. Na lokaciji a je bilo število skakačev največje in v vseh variantah podsevkov večje kot pred setvijo podsevkov. Na lokacijah b in c pa je bila številčnost skakačev v avgustu manjša kot pred setvijo dosevkov. Pri pršicah in ostalih te relacije niso enoznačne. Manj zastopane taksonomske skupine smo združili pod oznako "ostali". Bile so bile redke in so se pojavljale v manjšem številu. Tudi njihova dinamika med obravnavanji v avgustu pred obiranjem hmelja in stanjem pred setvijo podsevkov ni enoznačna. Za bolj natančno razlago povezav med podsevki in talno favno bomo v prihodnjih poskusih izvedli vzorčenja v več ponovitvah, da bomo lahko podatke statistično vrednotiti.

Preglednica 6: Mezofavna v 200 g vzorca. Vzorčeno v medvrstnem prostoru; legenda v preglednici 1.

LOKACIJA a		Število v avgustu glede na obravnavanje (A do F)					
TAKSONOMSKA SKUPINA	Pred setvijo podsevkov v začetku julija	A	B	C	D	E	F
Skakači (Collembola)	16	24	25	18	37	47	31
Pršice (Acarina)	4	8	1	1	5	5	2
Ostale	3	1	8	7	5	6	3
LOKACIJA b		Število v avgustu glede na obravnavanje (A do F)					
TAKSONOMSKA SKUPINA	Pred setvijo podsevkov v začetku julija	A	B	C	D	E	F
Skakači (Collembola)	15	4	14	9	2	10	3
Pršice (Acarina)	5	3	3	4	0	1	4
Ostale	2	1	1	0	0	0	0

* nadaljevanje preglednice na naslednji strani

LOKACIJA c		Število v avgustu glede na obravnavanje (A do F)					
TAKSONOMSKA SKUPINA	Pred setvijo podsevkov v začetku julija	A	B	C	D	E	F
Skakači (Collembola)	11	8	5	3	3	5	13
Pršice (Acarina)	1	2	3	2	2	1	4
Ostale	0	2	0	9	1	7	6

3.5 Mikrobna prisotnost v tleh pred setvijo podsevkov in pred obiranjem hmelja glede na podsevek

Analize so na vseh lokacijah pokazale primerljive vrednosti skupne zastopanosti gliv v tleh med posameznimi obravnavanji (preglednica 7), kar kaže na zelo stabilno stanje populacije gliv, ne glede na različne podsevke in kontrolo brez podsevka. Populacija gliv, določena v avgustu, je bila primerljiva tudi med posameznimi lokacijami.

Številčnost bakterij se je na lokacijah a in b v avgustu močno povečala v vseh proučevanih variantah in kontroli glede na stanje pred setvijo podsevkov v začetku julija. V primeru bakterij so bile na lokaciji a vrednosti bakterij povišane pri mešanici gorca, v primeru lokacije b pa pri mešanici bela gorjušica+meliorativna redkev+krmna ogrščica in mešanici wintergrün. Pri tem je potrebno poudariti, da uporabljena analitika določa celokupno zastopanost gliv in bakterij v tleh, ne pa spremembe v zastopanosti posameznih vrst ali rodov. Prve ugotovitve tako kažejo na nekatere spremembe mikrobne prisotnosti tal v času aktivne rasti podsevkov. Ker je MA odvisna tudi od gnojenja in vsebnosti organske snovi v tleh, pa bi lahko v primeru analiz, ki bi se izvedle po zadelanju podsevkov v tla, pričakovali razlike, predvsem v odvisnosti od količine biomase in rastlinske vrste ali mešanice vrst.

Ob tem je potrebno izpostaviti, da gre za rezultate enoletnega poskusa, katerega dolgoročne posledice na mikrofloro tal še niso popolnoma opredeljene. Za natančnejšo oceno vplivov pridelave dosevkov v medvrstnem prostoru hmelja so potrebna večletna opazovanja in analize, ki bodo omogočile bolj celostno razumevanje vpliva različnih vrst podsevkov na mikrobno sestavo tal.

Preglednica 7: Vrednosti celokupne populacije gliv in bakterij glede na lokacijo, izražene v enotah CFU X 10⁶/g tal; legenda za obravnavanja v preglednici 1.

LOKACIJA a							
Podsevek	Pred setvijo podsevkov v začetku julija	A	B	C	D	E	F: Kontrola - brez podsevka
BAKTERIJE	11*	38	31	82	49	46	43
GLIVE	0,066*	0,030	0,029	0,027	0,026	0,022	0,032
LOKACIJA b							
Podsevek	Pred setvijo podsevkov v začetku julija	A	B	C	D	E	F: Kontrola - brez podsevka
BAKTERIJE	4*	27	72	54	54	48	65
GLIVE	0,023*	0,010	0,026	0,020	0,025	0,025	0,0213
LOKACIJA c							
Podsevek	Pred setvijo podsevkov v začetku julija	A	B	C	D	E	F: Kontrola - brez podsevka
BAKTERIJE	32*	29	6	124	89	35	32
GLIVE	0,088*	0,031	0,022	0,030	0,032	0,033	0,0112

*CFU X 10⁶/G TAL

4 **ZAKLJUČKI**

Na vseh treh lokacijah se je v razmerah leta 2024 kot najbolj perspektivna za setev v medvrstne prostore v hmeljiščih pokazala sudanska trava. Na lokaciji b, kjer so tla bolj odcedna, se je kot perspektivna pokazala še abesinska gizotija. Mešanica treh križnic (bela gorjušica + krmna ogrščica + meliorativna redkev) je bila na lokaciji c preraščena s plevelom, vendar pa je na bolj odcednih delih poskusa in na parceli z lažjimi tlemi dobro rasla in bila nezapleveljena še pozno v oktobru. Tik pred obiranjem hmelja, v avgustu, se na lokaciji a vsebnost mineralnega dušika v tleh ni razlikovala med različnimi variantami podsevkov in kontrolo (brez podsevka). To lahko pripišemo močni zapleveljenosti kontrole, saj je plevel vezal

dušik v svojo biomaso. Kljub temu puščanje plevelne vegetacije v medvrstnem prostoru hmeljišč ni zaželen zaradi povečanja semenske banke plevelnih semen. Na lokacijah a in b smo s pomočjo večspektralnega slikanja potrdili opazovanja rasti podsevkov. Največji modeliran pridelek biomase in odvzema dušika je bil pri sudanski travi. Na lokaciji b izstopa po pridelku biomase in odvzemu dušika še abesinska gizotija.

V talni favni so povsod prevladovali skakači (Collembola). Z enoletnimi rezultati ne moremo natančno razložiti odnosov med podsevki in talno favno. Za natančnejšo oceno vplivov pridelave dosevkov v medvrstnem prostoru hmelja na mikrobno sestavo tal bodo potrebna večletna opazovanja in analize, ki omogočajo bolj celostno razumevanje vpliva različnih vrst podsevkov.

5 VIRI

- Beltrán, O. B., Urbaneja, A., Eiras, M., Pérez-Hedo, M., & Daròs, J. A. (2023). [RNAi-mediated silencing of Mediterranean fruit fly \(*Ceratitis capitata*\) endogenous genes using orally-supplied double-stranded RNAs produced in *Escherichia coli*](https://doi.org/10.1002/ps.7839). Pest Management Science. <https://doi.org/10.1002/ps.7839>
- Cole L., Dromph K., Boaglio V, Bardgett R. 2003. [Effect of density and species richness of soil mesofauna on nutrient mineralisation and plant growth](https://doi.org/10.1007/s00374-003-0702-6). Biology and Fertility of Soils, 1, 39: 337–343, <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0702-6>
- Gayan A., Borah P., Nath D., Kataki R. Chapter 4 - Soil microbial diversity, soil health and agricultural sustainability. Sustainable Agriculture and the Environment, 2023, Pages 107-126
- Hillel D. 1998. Environmental soil physics. San Diego, Academic Press
- IDB - [List of available Indices](https://www.indexdatabase.de/db/i.php) (no date). Dostopno na: <https://www.indexdatabase.de/db/i.php> (Dostopano: 4. december 2024).
- Larkin, R. P., Hopkins, D. L., and Martin, F. N. 1993. Ecology of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* in soils suppressive and conducive to *Fusarium* wilt of watermelon. Phytopathology 83:1105-1116.
- Mahmud, K., Panday, D., Mergoum, A., & Missaoui, A. 2021. [Nitrogen Losses and Potential Mitigation Strategies for a Sustainable Agroecosystem](https://doi.org/10.3390/su13042400). Sustainability, 13(4), 2400. <https://doi.org/10.3390/su13042400>
- Naseri, M., Iden, S.C., Richter, N. and Durner, W. 2019. [Influence of Stone Content on Soil Hydraulic Properties: Experimental Investigation and Test of Existing Model Concepts](https://doi.org/10.2136/vzj2018.08.0163). Vadose Zone Journal, 18: 1-10 180163. <https://doi.org/10.2136/vzj2018.08.0163>
- Žuk-Golaszewska K., Wanic M., Orzech K. 2019. The role of catch crops in field plant production – A review. J. Elem., 24(2) 575-587. DOI: 10.5601/jelem.2018.23.3.1662