

VPLIV PESTROSTI PREKRIVNIH DOSEVKOV IN OBDELAVE TAL NA NJIHOVO PRODUKTIVNOST IN ZMANJŠANJE ZAPLEVELJENOSTI

Robert LESKOVŠEK¹, Anže ROVANŠEK²

¹ Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko ekologijo in naravne vire,
Ljubljana

IZVLEČEK

Prekrivni posevki zagotavljajo številne ekosistemske storitve kot so ohranjanje kakovosti tal, kroženje hranil ter uravnavanje škodljivih organizmov. Zaradi večje zanesljivosti in izboljšanja njihovega učinka med sezonami se v zadnjem obdobju čedalje bolj uveljavljajo vrstno pestre mešanice prekrivnih dosevkov. V letih 2020 in 2022 smo na Kmetijskem inštitutu Slovenije v Jabljah izvedli poljska poskusa, v katerih smo preučevali vpliv sistema obdelave tal na rast in razvoj dosevkov in plevelne vegetacije pri dveh monokulturnih vrstah dosevkov (oljna redkev in aleksandrijska detelja) ter dveh različno vrstno pestrih mešanicah (enostavna 5-vrstna in kompleksna 7-vrstna mešanica). Poskus je bil zasnovan v bločni postavitvi in split-plot zasnovi, kjer so bila glavna obravnavanja način obdelave pred setvijo (CN-konvencionalna s plugom in CS-ohranitvena s krožno brano), pod-parcele pa vrsta prekrivnega dosevka. Dvoletno preizkušanje je pokazalo precejšnjo sezonsko variabilnost tako v doseženi suhi biomasi, kakor učinku zmanjšanja zapleveljenosti. V letu 2020 je bila najbolj produktivna aleksandrijska detelja (2,9 t/ha v CN in 2,5 t/ha v CS), medtem ko smo v letu 2022 najvišje pridelke izmerili pri oljni redkvi in obeh mešanicah (0,82-0,91 t/ha). Tudi vpliv sistem obdelave tal na produktivnost dosevkov se je med letom razlikoval. Dosevki so leta 2020 v CN sistemu v povprečju dosegli 340 kg/ha višje pridelke suhe biomase kot v CS sistemu, medtem ko se le-ti leta 2022 niso razlikovali. V letu 2020, ko smo izmerili višje pridelke suhe mase dosevkov, se je pri vseh preučevanih vrstah biomasa plevela zmanjšala za več kot 90 %, medtem ko je bila stopnja učinkovitosti leta 2022 v razponu med 48 in 55 %. V naših poskusih mešanice dosevkov niso kontinuirano izkazovale višje stopnje učinkovitosti, smo pa ugotovili, da je bila pri aleksandrijski detelji zapleveljenost značilno večja v obeh letih preizkušanja. Prav tako smo v letu 2020, za katerega so bili značilni bolj ugodni rastni pogoji, pri obeh mešanicah ugotovili večji zatiralni učinek na plevela, v primerjavi z obema monokulturnima vrstama.

Ključne besede: prekrivni dosevki, nekemične metode, obdelava tal, varstvo pred pleveli, mešanice

¹ dr., univ. dipl. ing. kmet. Hacquetova ulica 17, SI-1000 Ljubljana, e-pošta: robert.leskovsek@kis.si

² mag. inž. agr., prav tam

ABSTRACT

PRODUCTIVITY AND WEED SUPPRESSION OF SINGLE COVER CROP SPECIES AND MIXTURES INFLUENCED BY TILLAGE PRACTICE

Cover crops (CC) provide numerous ecosystem services, such as maintaining soil quality, nutrient cycling and regulating harmful organisms. Diverse CC mixtures have been suggested to enhance these functions and achieve more stable inter-seasonal performance and effectiveness. In 2020 and 2022, a field experiment was conducted at the Agricultural Institute of Slovenia in Jablje to investigate the impact of soil management systems on the CC productivity and weed development by using two monoculture CC species (oilseed radish and crimson clover) and two levels of species-rich CC mixtures (a simple 5-species and a complex 7-species mixture). The experiment was designed in a randomized block split-plot arrangement. The main treatments were the tillage method (CN-conventional with plowing and CS-conservation with circular harrowing), while the subplots represented the type of CC mixture. The two-year trial showed considerable seasonal variability in both CC dry biomass as well as weed suppression effectiveness. In 2020, crimson clover was the most productive (2.9 t/ha in CN and 2.5 t/ha in CS), while in 2022, the highest yields were observed for oilseed radish and both of the CC mixtures (0.82-0.91 t/ha). The impact of soil management systems on the CC productivity varied between years. In 2020, CC in the CN system, achieved 350 kg/ha higher dry biomass yields compared to the CS system, while in 2022, there was no significant difference. In 2020, characterized by favorable growing conditions and higher CC yields, weeds biomass decreased by more than 90% for all studied CC, while the weed suppression rate in 2022 ranged from 48 to 55%. In our experiments, CC mixtures did not consistently demonstrate higher efficiency, but significantly higher weed infestation was observed in crimson clover in both years. In 2020, characterized with optimal resource supply, both CC mixtures also exhibited a greater weed suppression effect compared to the both monoculture CC species.

665

Keywords: cover crops, non chemical weed management, diverse mixtures, tillage practice

1 UVOD

Učinkovito uravnavanje plevelne vegetacije predstavlja ključen tehnološki ukrep pri zagotavljanju produktivnosti kmetijske pridelave, pri čemer predstavljajo pleveli bistveno večjo grožnjo za izgubo pridelka kot bolezni in škodljivci (Oerke, 2006). Po uvedbi herbicidov v petdesetih letih 20. stoletja je kemično zatiranje plevela hitro postalo eno najpomembnejših orodij za upravljanje plevelne vegetacije, ki je omogočilo hitro povečanje kmetijske proizvodnje (Kudsk in Streibig, 2003; Gianessi, 2013). Vendar pa je to v kombinaciji z drugimi poenostavitvami kmetijske pridelave privedlo do velike odvisnosti od uporabe herbicidov in okoljskih skrbi povezanih z onesnaženostjo vode in zmanjševanjem biotske raznovrstnosti (Riemens in sod., 2008; Rosenbom in sod., 2015).

Obdelava tal je osnovni tehnološki ukrep, ki vključuje mehanske postopke obračanja in mešanja tal za pripravo setvene površine, zatiranje plevela in upravljanja z rastlinskimi

ostanki (Hobbs in sod., 2008). Obdelava tal izboljšuje vodno-zračni režim v tleh in mobilnost mineralov v globlje plasti tal in spodbuja razvoj korenin, vendar je intenzivno izvajanje obdelave tal skozi leta povzročilo obsežno degradacijo talnih virov, zlasti erozijo tal (Fiorini in sod., 2018; Ramesh, 2015; Mhazo in sod., 2016). Zaradi tega je uvajanje alternativnih manj intenzivnih praks upravljanja tal v porastu zaradi številnih koristi za izboljšanje kakovosti tal, ohranjanje vode, stabilnost pridelka, zmanjšanje stroškov dela in povečanje biotske raznovrstnosti (Palm in sod., 2013; Pittelkow in sod., 2015).

Vključitev prekrivnih posevkov v kmetijske pridelovalne sisteme predstavlja pomemben potencial nekemičnega zatiranja plevela, ki hkrati izboljšuje zdravje tal in zmanjšuje odvisnost od uporabe sintetičnih herbicidov (Fernando in Shrestha, 2023). V kmetijski praksi se vse bolj uveljavljajo vrstno pestre mešanice, ki zagotavljajo več ekosistemskih storitev, kot so preprečevanje izpiranja hranil in erozije, povečanje rodovitnosti in biodiverzitete, zmanjšanje zapleveljenosti ter podpora opravevalcem. Raziskave potrjujejo, da pravilna izbira in vzpostavitev prekrivnega posevka omogočata doseganje velikih količin nadzemne biomase, kar je ključnega pomena za zmanjšanje zapleveljenosti (Osipitan in sod., 2019). Mešanice različnih vrst prekrivnih posevkov naj bi bile pri izrabi razpoložljivih virov bistveno učinkovitejše od monokultur posameznih vrst (Cardinale in sod., 2006). Kljub temu pa nekatere raziskave kažejo, da biomasa prekrivnega posevka ni edini dejavnik zatiralnega učinka na plevela. Nekatere raziskave nakazujejo, da mešanice v večini primerov (98 %) niso učinkovitejše pri zmanjšanju zapleveljenosti kot najbolj učinkovite posamezne vrste, ki sestavljajo te mešanice (Florence in MacGuire, 2020; Rouge in sod., 2022). Tudi nedavni predlog Integriranega varstva pred pleveli (IVP, angl. IWM-Integrated weed management) v prihodnosti je poudaril pomen upravljanja tal in omejitve pri zatiranju plevela v okviru posameznih sistemov obdelave tal (Riemens in sod., 2022; Osipitan in sod., 2019). Pri tem so zlasti nasprotujoče informacije primerjave dinamike rasti in proizvodnje biomase pri različnih sistemih obdelave tal. Obstajajo znaki, da je učinek prekrivnih posevkov pri zatiranju plevela bolj izrazit pri ohranitvenem sistemu obdelave tal, medtem ko je mogoče najti tudi poročila o neustreznem zatiranju plevela pri sistemih zmanjšane intenzivnosti obdelave tal (Weber in sod., 2017; Wittwer in van der Heijden, 2020).

Glavni namen naše raziskave je bil preučiti kratkoročni vpliv različnih načinov predsetvene obdelave tal na medsebojno tekmovalno razmerje med prekrivnimi posevki in pleveli. Poleg tega nas je zanimalo ali so vrstno bogate mešanice prekrivnih posevkov bolj produktivne in učinkovite pri zatiranju plevela kot tipična monokulturna predstavnik iz rodu križnice in metuljnic.

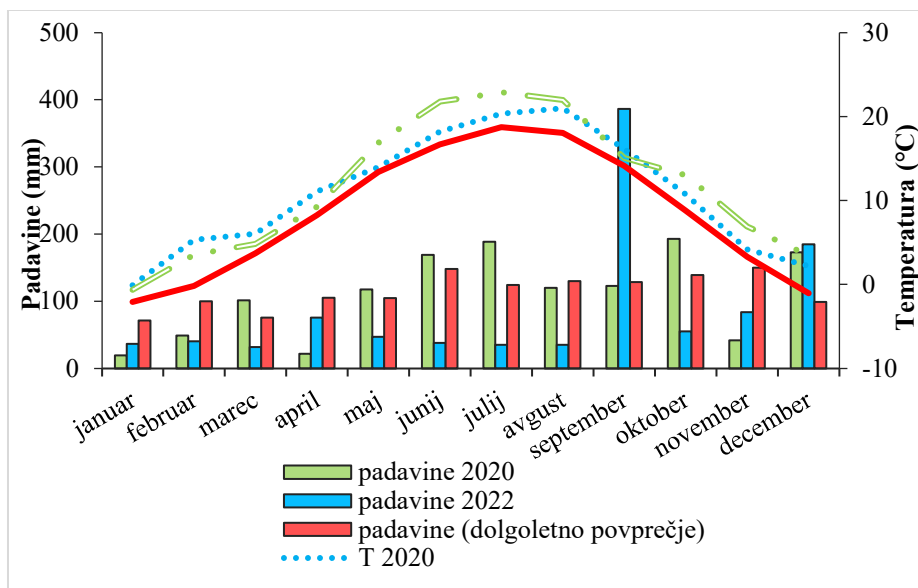
2 MATERIALI IN METODE

2.1 Opis poskusne lokacije

Poljski poskus je bil izveden med leti 2020 in 2022 na površinah Kmetijskega inštituta Slovenije (Infrastrukturni center Jablje pri Mengšu, 46°08'31.5" N 14°34'30.8"E, 309 m n. v.). Za to lokacijo je značilno zmerno celinsko podnebje z dolgoletno srednjo letno

temperaturo 9,2°C in letno povprečno količino padavin 1355 mm. Med rastno dobo prekrivnih dosevkov (od avgusta do decembra) je bila dolgoletna izmerjena povprečna mesečna temperatura 8,6 °C in 645 mm padavin. Na območju vzorčenja tal prevladujejo plitva do srednje globoka, evtrična rjava tla, meljasto-ilovnate teksture (25 % gline, 37 % melja in 38 % peska). Tla so dobro prepustna, vendar vsebujejo veliko skeleta, zaradi česar imajo v poletnem času omejeno vodo-zadrževalno sposobnost. Rezultati kemične analize tal za globino 0-25 cm so v letu 2020 pokazali dobro založenost s fosforjem (18 mg/kg P₂O₅) in kalijem (21 mg/kg K₂O) ter nevtralno reakcijo tal (pH 6,9). V letu 2022 so bila tla prekomerno založena tako s fosforjem (30 mg/kg P₂O₅) kot kalijem (35 mg/kg K₂O). Vsebnost organske snovi je bila v obeh letih visoka (3,6 % in 4,3 %). Poskus je bil izveden v split-plot zasnovi in sistemu navideznih blokov s petimi ponovitvami.

667



Slika 1: Povprečne dnevne temperature (°C) in povprečna količina padavin (mm) na poskusnem polju v Jabljah v letih 2020 in 2022, v primerjavi z dolgoletnim povprečjem (1951-1994).

Glavna parcela je bila velikosti 80 m x 12 m, podparcele pa so bile velike 10 m x 6 m. Osnovni dejavnik je bil način obdelave tal (konvencionalna - CN in ohranitvena obdelava tal - CS), medtem ko so bile podparcelice različne vrste prekrivnih dosevkov. Setev dosevkov je bila izvedena 11.8.2020 in 5.8.2022. V poskusu so bili uporabljeni štiri različni dosevki – dva monokulturna: oljna redkev (*Raphanus sativus* L.) in aleksandrijska detelja (*Trifolium alexandrinum* L.) ter dve mešanici: mešanica prilagojena na lokalne rastne razmere (Mix) in komercialna mešanica. Lokalno prilagojena mešanica je bila sestavljena iz aleksandrijske detelje, oljne redkve, bele gorjušice, meliorativne redkve, abesinske gizotije in facelije, medtem ko je komercialna mešanica vsebovala aleksandrijsko deteljo, meliorativno redkev, abesinsko gizotijo, jaro grašico, oljni lan, sudansko travo in žafraniko. Tik pred zmrzaljo smo na vsaki podparceli

poželi iz površine 0.5 m² nadzemno biomaso prekrivnih dosevkov. Sveže vzorce smo posušili na 60 °C in po treh dneh stehali njihovo suho maso.

2.2 Vremenske razmere

V času setve in vzpostavitve prekrivnih dosevkov je bila v letu 2020 zadostna količina padavin (120 mm), tudi v celotnem obdobju razvoja dosevkov (avgust-november) padavin ni primanjkovalo (337 mm) (Slika 1). Nasprotno je bila v letu 2022 že od meseca maja precejšnja suša, saj je v 3 tednih po opravljeni setvi padlo le 15 mm padavin, zato sta bila tako kalitev kakor tudi začetni razvoj dosevkov precej omejena. V obeh letih je bila povprečna dnevna temperatura v obdobju razvoja dosevkov z 10,8 °C in 11,6 °C primerljiva z dolgoletnim povprečjem ki znaša 11,1 °C.

2.3 Statistična analiza

Statistična analiza je bila opravljena s programskim orodjem STATGRAPHICS Centurion XVIII (2018, Statpoint Technologies, Warrenton, VA). Predpostavke ANOVE za enakost in normalno porazdelitvijo varianc so bile preverjene z Levenovim testom. Za testiranje značilnosti vpliva sistema obdelave je bila uporabljena dvosmerna ANOVA, povprečja pa so bila primerjana s post-hoc Tukey-jevim HSD testom pri $p < 0,05$.

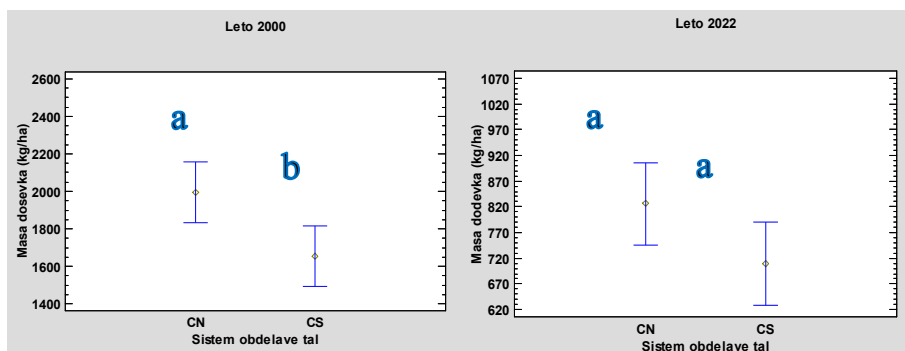
3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Preglednica 1: Analiza variance vpliva načina obdelave tal, vrste dosevka in leta na produkcijo suhe biomase in stopnjo zapleveljenosti prekrivnih dosevkov.

Vir variabilnosti	Produkcija suhe biomase		Stopnja zapleveljenosti	
	F statistika	p	F statistika	p
Obdelava tal (A)	4,28	0,0427 *	1,22	0,27 ns
Vrsta dosevka (B)	32,80	0,000 ***	3,28	0,0264 *
Leto (C)	569,26	0,000 ***	217,67	0,000 ***
Interakcija A x B	0,46	0,71 ns	0,86	0,47 ns
Interakcija A x C	11,06	0,0015 **	1,50	0,23 ns
Interakcija B x C	19,46	0,000 ***	3,89	0,013 *
Interakcija A x B x C	0,38	0,77 ns	0,76	0,52 ns

*** $P < 0.001$; ** $P < 0.01$; * $P < 0.05$; ns = nesignifikantno

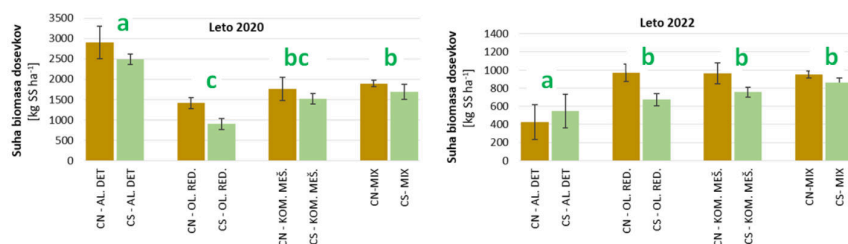
Naši rezultati so pokazali, da se je vpliv obdelave tal na produkcijo nadzemne biomase med leti razlikoval (Preglednica 1). V splošnem je bilo leto 2020 za razvoj relativno ugodno, saj so po setvi sledile ugodne temperature in zadostna količina padavin, zato so do konca sezone dosevki v povprečju tvorili približno 1500 kg SS ha⁻¹ večjo biomaso kot v letu 2022.



Slika 2: Suha biomasa prekrivnih dosevkov (v kg SS/ha) pri posameznem načinu obdelave tal (CN-konvencionalna; CS-ohranitvena) v letih 2020 (levo) in 2022 (desno). Prikazane so povprečne vrednosti z intervali najmanjših značilnih razlik (LSD). Različne črke označujejo statistično značilne razlike v suhi masi prekrivnih dosevkov pri CN in CS načinu obdelave tal (Tukey-test, $p = 0,05$).

669

Način priprave tal za setev dosevkov je imel vpliv na produkcijo nadzemne biomase le v letu 2020, ko so prekrivni dosevki v CN načinu obdelave tal proizvedli 340 kg SS ha^{-1} večjo biomaso kakor pri CS načinu obdelave tal (Slika 2). Tudi produktivnost posameznih vrst dosevkov se je med leti razlikovala. Najbolj stabilno produkcijo v obeh sezonah smo ugotovili pri mešanici Mix z 902 kg SS ha^{-1} in 1799 kg SS ha^{-1} dosežene biomase v letih 2020 in 2022 (Slika 3). Aleksandrijska detelja, ki je v letu 2020 dosegla zelo visok pridelok (2695 kg SS ha^{-1}), je v sušnem letu 2022 v primerjavi z drugimi dosevki dosegla značilno nižjo produkcijo biomase (486 kg SS ha^{-1}). Tudi druge študije so pokazale specifičen odziv posameznih vrst prekrivnih dosevkov glede na okoljske pogoje, ki vplivajo na njihovo rast. Pri tem imajo metuljnice prednost v ugodnih vremenskih razmerah in manjši založenosti s hranili (Hansen in sod., 2023).

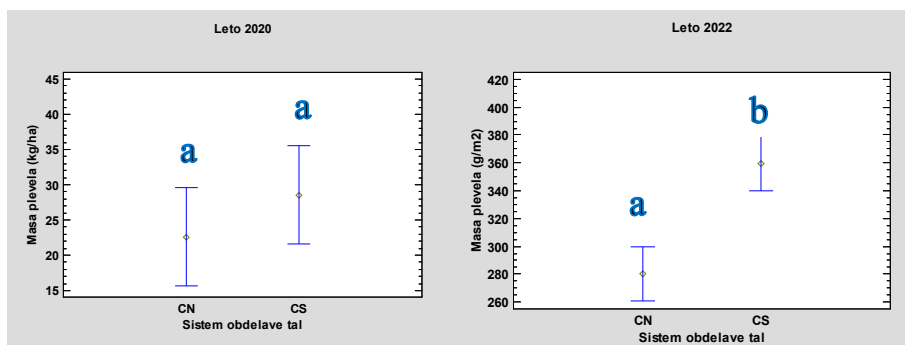


Slika 3: Pridelok nadzemne biomase (v kg SS ha^{-1}) posameznih vrst in vrstno bogatih mešanic prekrivnih dosevkov v odvisnosti od sistema obdelave tal v letu 2020 (levo) in 2022 (desno). Oznake posameznega sistema obdelave tal (CN-konvencionalna; CS-ohranitvena) ter preučevanih prekrivnih dosevkov (AL.DET-aleksandrijska detelja; OL.RED.-oljna redkev; KOM.MEŠ.-komercialna mešanica; MIX-rastnim razmeram prilagojena mešanica). Prikazana so povprečja in standardne napake, različne črke pa označujejo statistično značilne razlike v suhi masi med različnimi prekrivnimi dosevki in (Tukey-test, $p = 0,05$).

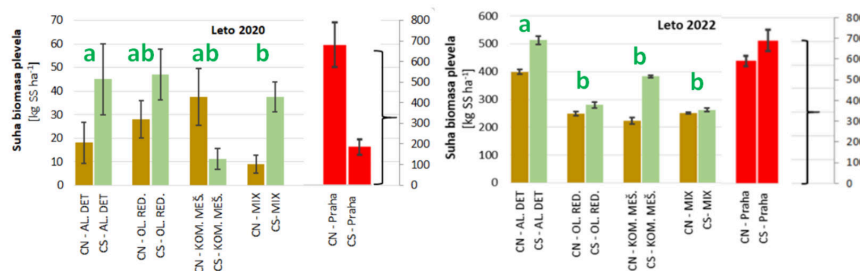
Razvoj plevela na parcelah, kjer prekrivnih dosevkov nismo posejali (praha) se je med letoma razlikoval ($P \leq 0,001$). V letu 2020 je bilo na parcelah praha v CN načinu priprave tal značilno večja plevelna biomasa ($667 \text{ kg SS ha}^{-1}$) kakor v CS načinu obdelave tal ($181 \text{ kg SS ha}^{-1}$). Nasprotno pa sta si bili v letu 2022 stopnji zapleveljenosti podobni s $528 \text{ kg SS ha}^{-1}$ in $637 \text{ kg SS ha}^{-1}$ v CN in CS postopku (podatki niso prikazani).

Tudi način priprave tal za setev dosevkov je imel med letoma različen vpliv ($P < 0,01$). V letu 2020 smo na CN in CS postopkih z dosevki izmerili podobne velikosti plevelnih biomas (23 kg SS ha^{-1} in 29 kg SS ha^{-1}) (Slika 4). V letu 2022 je bila zapleveljenost skoraj trikrat večja, v CS postopku pa smo ugotovili značilno večjo količino plevelne biomas ($360 \text{ kg SS ha}^{-1}$) v primerjavi s CN načinom priprave tal ($280 \text{ kg SS ha}^{-1}$).

670



Slika 4: Povprečna zapleveljenost (v kg SS/ha) pri posameznem načinu obdelave tal (CN-konvencionalna; CS-ohranitvena) v letih 2020 (levo) in 2022 (desno). Prikazane so povprečne vrednosti z intervali najmanjših značilnih razlik (LSD) brez postopkov praha. Različne črke označujejo statistično značilne razlike v suhi biomas plevela med CN in CS načinu obdelave tal (Tukey-test, $p = 0,05$).



Slika 5: Povprečna zapleveljenost (v kg SS ha⁻¹) posameznih vrst in vrstno bogatih mešanic prekrivnih dosevkov v odvisnosti od sistema obdelave tal v letu 2022. Oznake posameznega sistema obdelave tal (CN-konvencionalna; CS-ohranitvena) ter preučevanih prekrivnih dosevkov (AL.DET-aleksandrijska detelja; OL.RED.-oljna redkev; KOM.MEŠ.-komercialna mešanica; MIX-rastnim razmeram prilagojena mešanica) in praha. Različne črke označujejo statistično značilne razlike v suhi masi plevela med različnimi prekrivnimi dosevki (Tukey-test, $p = 0,05$).

Rezultati vpliva posamezne vrste dosevka na stopnjo zapleveljenosti kažejo, da se je učinek posameznega dosevka med leti razlikoval (Preglednica 1). V letu 2020 je bila najbolj učinkovita na lokalne razmere prilagojena mešanica Mix, pri kateri smo izmerili več kot trikrat manjšo količino suhe plevelne biomase kakor pri oljni redkvi in aleksandrijski detelji (Slika 5). Slednja se je v letu 2022 izkazala najslabše, saj je bil njen zatiralni učinek značilno manjši tako od oljne redkve, kakor tudi obeh mešanic. Tako smo v povprečju obeh načinov obdelave tal pri aleksandrijski detelji izmerili plevelno biomaso $456 \text{ kg SS ha}^{-1}$, medtem ko je stopnja zapleveljenosti pri oljni redkvi in dveh mešanicah dosevkov ni presegla $300 \text{ kg SS ha}^{-1}$. Tudi Adeux in sod. (2021) so ugotovili, da lahko križnice, kot je oljna redkev, izkazujejo večji učinek zatiranja plevela v primerjavi z metuljnicami pri nižjih stopnjah produktivnosti (npr. 2 t SS ha^{-1}), kar se pripisuje kombinaciji aleopatije, nitrofilnih lastnosti in hitrega prekritja tal. Tudi naši rezultati so v skladu s temi opažanji, saj kljub znatni končni biomasi aleksandrijske detelje le-ta ni dosegla ravni zadušitve plevela, primerljive z učinkom zatiranja plevela oljne redkve (Slika 3 in Slika 5).

4 SKLEPI

V obdobju intenzifikacije kmetijstva novi pristopi upravljanja tal in gojenih rastlin stalno povzročajo spremembe v plevelni vegetaciji. Različni načini predsetvene priprave tal (CN in CS), ki smo jih preučevali v naši raziskavi so imeli sicer sezonski vpliv, vendar je bila stopnja zapleveljenosti pri CS načinu priprave tal značilno večja tako v kontrolnih postopkih brez prekrivnih dosevkov (prahe), kakor tudi posameznih obravnavanj z vključenimi prekrivnimi dosevki. Tudi produktivnost in učinek na zmanjšanje zapleveljenosti posameznih vrst prekrivnih dosevkov so med leti pričakovano nihali. Najbolj stabilno produkcijo biomase med sezonami pa smo ugotovili pri prilagojeni mešanici na lokalne razmere. Naši rezultati so pokazali, da so v času vse manjše razpoložljivosti herbicidov, zmanjševanja njihove uporabe in omejenega obsega uporabe nekemičnih ukrepov za zatiranje plevela prekrivni dosevki eno izmed glavnih orodij diverzifikacije in zagotavljanja trajnostnega upravljanja plevela v prihodnosti.

5 ZAHVALA

Zahvala za finančno pomoč pri izvedbi raziskave gre Javni agenciji za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS) in programski skupini Kmetijstvo naslednje generacije (P4-0431).

6 LITERATURA

- Adeux, G., Munier-Jolain, N., Meunier, D., Farcy, P., Carlesi, S., Bàrberi, P., Cordeau, S., 2019. Diversified grain-based cropping systems provide long-term weed control while limiting herbicide use and yield losses. *Agron. Sustain. Dev.* 39, 42. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0587-x>.
- Fernando, M.; Shrestha, A. The Potential of Cover Crops for Weed Management: A Sole Tool or Component of an Integrated Weed Management System? *Plants* 2023, 12, 752. <https://doi.org/10.3390/plants12040752>.

- Fiorini A, Boselli R, Amaducci S, Tabaglio V. 2018. Effects of no-till on root architecture and root-soil interactions in a three year crop rotation. *Eur J Agron.* 99:156–166.
- Florence A., McGuire A. 2020. Do diverse cover crop mixtures perform better than monocultures? A systematic review. *Agron. J.*, 112, str. 3513-3534, <https://doi.org/10.1002/agj2.20340>.
- Cardinale, B.J., D.S. Srivastava, J.E. Duffy, J.P. Wright, A.L. Downing, M. Sankaran, and C. Jouseau. 2006. Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. *Nature* 443:989–992. doi:10.1038/nature05202.
- Gianessi LP., 2013. The increasing importance of herbicides in worldwide crop production. *Pest Manag Sci.*69(10):1099-105. <https://doi.org/10.1002/ps.3598>.
- Hansen, V., Meilvang, L.V., Magid, J., Thorup-Kristensen, K., Stoumann Jensen, L., 2023. Effect of soil fertility level on growth of cover crop mixtures and residual fertilizing value for spring barley. *Eur. J. Agron.* 145, 126796. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126796>.
- Hobbs P. R., Sayre K., Gupta R. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Royal Science*, 363: 543-555, <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2169>.
- Kudsk, P. and Streibig, J.C., 2003. Herbicides-A Two-Edged Sword. *Weed Research*, 43, 90-102. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00328.x>
- Mhazo N., Chivenge P., Chaplot V. 2016. Tillage impact on soil erosion by water: discrepancies due to climate and soil characteristics. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 230, 231-241, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.033>.
- Nichols, R.N., Holland J., M., Goulson, D. 2022. Can novel seed mixes provide a more diverse, abundant, earlier, and longer-lasting floral resource for bees than current mixes? *Basic and Applied Ecology*, 60. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2022.02.002>.
- Oerke E. C. 2006. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144: 31-43, <https://doi.org/10.1017/s0021859605005708>.
- Osipitan O.A., Dille J.A., Assefa Y., Radicetti, E., Ayeni A., Knezevic, S.Z. 2019. Impact of cover crop management on level of weed suppression: a meta-analysis, *Crop Sci.*, str. 833-842. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.09.0589>.
- Palm C., Blanco-Canqui H., De Clerck F., Gatere P. Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. 2013. *Agric. Ecosyst. Environ.* 187, 87-105, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.010>.
- Pittelkow C.M., Linquist B.A., Lundy M.E., Liang X., Van Groenigen K.J., Lee J., van Gestel N., Six J., Venterea R.T., van Kessel C. 2015. When does no-till yield more? A global meta-analysis. *Field Crops Res.*, 183, 156-168, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.020>.
- Ramesh K. Weed problems, ecology, and management options in conservation agriculture: issues and perspectives. 2015. *Adv. Agron.*, 131, 251-303, <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.12.003>.
- Riemens M., Sønderskov M., Moonen A.-C., Storkey J., Kudsk P. 2022. An integrated weed management framework: A pan-European perspective. *European Journal of Agronomy*, 133: 126443, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126443>.
- Rosenbom, A.E., Olsen, P., Plauborg, F., Grant, R., Juhler, R.K., Brüsch, W., Kjær, J., 2015. Pesticide leaching through sandy and loamy soils – long-term lessons learnt from the Danish pesticide leaching assessment.
- Rouge A., Adeux G., Busset H., Hugard R., Martin J., Matejicek A., Moreau D., Guillemin J.P., Cordeau S. 2022 Weed suppression in cover crop mixtures under contrasted levels of resource availability, *European Journal of Agronomy*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126499>.
- Weber, J.F., Kunz, C., Peteinatos, G.G., Zikeli, S., Gerhards, R., 2017. Weed control using conventional tillage, reduced tillage, and cover crops in organic soybean. *Agriculture* 7 (5), 43. <https://doi.org/10.3390/agriculture7050043>.
- Wittwer, R.A., van der Heijden, M.G.A., 2020. Cover crops as a tool to reduce reliance on intensive tillage and nitrogen fertilization in conventional arable cropping systems. *Field Crops Res.* 249, 107736. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107736>.