

UČINKOVITOST HERBICIDOV, ZMANJŠANIH ODMERKOV IN MEHANSKEGA ZATIRANJA PLEVELNE VEGETACIJE V OZIMNI PŠENICI

Anže ROVANŠEK¹, Robert LESKOVŠEK²

^{1,2} Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko ekologijo in naravne vire,
Ljubljana

IZVLEČEK

66 Upravljanje plevelne vegetacije je ključen ukrep za zagotavljanje visokih in kakovostnih pridelkov ozimne pšenice. V rastni sezoni 2022/2023 smo na Kmetijskem inštitutu Slovenije izvedli poskus na parceli z veliko naravno zapleveljenostjo, kjer smo primerjali učinkovitost izbranih herbicidov, njihovih polovičnih odmerkov in mehanskega zatiranja s česalom. Vključene aktivne sestavine so bile mešanica pendimetalina, klorotolurona in diflufenikana (PKD), prosulfokarb (PSK), kombinacija diflufenikana, penoksulama in florasulama (DPF) ter jodosulfuron (JDS). Opazili smo statistično značilne razlike med jesenskim in spomladanskim zatiranjem plevela. Jesensko zatiranje je bilo učinkovitejše, kar se je odrazilo v nižji biomasi plevela in višjem povprečnem pridelku ($4,5 \text{ t ha}^{-1}$) v primerjavi s spomladanskim zatiranjem ($3,9 \text{ t ha}^{-1}$). Prav tako smo zabeležili pomembne razlike med kemičnimi in mehanskimi metodami uravnavanjem plevela, pri čemer so kemični postopki dosegli večjo učinkovitost in višje povprečne pridelke zrn ($4,5 \text{ t ha}^{-1}$) v primerjavi z mehanskimi postopki ($3,9 \text{ t ha}^{-1}$). Povprečno število klasov pri uporabi kemičnih postopkih (626 m^{-2}) je bilo večje kakor pri česanju (550 m^{-2}). Najvišji pridelek, $5,0 \text{ t ha}^{-1}$, je bil dosežen s kombinacijo zmanjšanih odmerkov PSK in DPF (PSK+DPF), medtem ko se je pridelek pri uporabi polnega odmerka herbicida pred vznikom neznatno zmanjšal. Uporaba zmanjšanih odmerkov (50 %) herbicidov je pokazala večinoma zadovoljivo učinkovitost z izgubami pridelka med 3,5 do 9 %, vendar se pridelki niso statistično razlikovali od pridelkov pri uporabi polnih odmerkov herbicidov.

Ključne besede: herbicidi, mehansko zatiranje plevela, ozimna pšenica, zmanjšani odmerki

EFFICACY OF HERBICIDES, REDUCED DOSAGES, AND MECHANICAL WEED CONTROL IN WINTER WHEAT

ABSTRACT

Weed management is a crucial measure to ensure high-quality yields of winter wheat, particularly in situations characterized by high weed pressure. During the 2022/2023

¹ mag. inž. agr., Hacquetova ulica 17, SI-1000 Ljubljana, e-pošta: anze.rovanse@kis.si

² dr., prav tam

growing season at the Agricultural Institute of Slovenia, we conducted an experiment in a field known for significant weed pressure. The study compared the effectiveness of various active ingredients (pre- and post-emergence), their reduced doses (50%), and mechanical control using a spring tine harrow. The active ingredients included a mix of pendimetalin, klorotoluron, and diflufenikan (PKD); prosulfokarb (PSK); a combination of diflufenikan, penoksulam, and florasulam (DPF); and jodosulfuron (JDS). Statistically significant differences were observed between autumn and spring treatments. The autumn treatment was more effective, resulting in lower weed biomass and a higher average yield of 4.5 t ha⁻¹, compared to 3.9 t ha⁻¹ for the spring treatment. Furthermore, we noted significant differences between chemical and mechanical weed control methods, with chemical treatments achieving greater effectiveness and higher grain yields (4.5 t ha⁻¹) compared to mechanical treatments (3.9 t ha⁻¹). The number of wheat heads was also higher in the chemical treatments (626 m⁻²) compared to the mechanical treatments (average of 550 m⁻²). The highest yield of 5.0 t ha⁻¹ was accomplished by a treatment combining reduced rates of PSK and DPF (PSK+DPF'), followed by statistically similar treatment using recommended rates of preemergence herbicides. The use of reduced dosages (50%) of herbicides resulted in satisfactory effectiveness with yield losses between 3.5 – 9 %, with no statistical difference from the yields of treatments with recommended rates.

Key words: herbicides, mechanical weed control, reduced rates, winter wheat

67

1 UVOD

Ozimna pšenica (*Triticum aestivum* L.) je za koruzo po površini pridelave druga najpomembnejša poljščina v Sloveniji. Povprečna površina, posejana z ozimno pšenico v Sloveniji v zadnjih 10 letih, znaša dobrih 28.000 ha. Na tej površini se je v poprečju pridelalo 149.000 t zrnja, pri povprečnih pridelkih 5 t ha⁻¹. V letu 2023 je bilo z ozimno pšenico posejanih 28.259 ha, povprečen pridelek v tem letu pa je znašal 5,1 t ha⁻¹ (SURS, 2024).

Učinkovito upravljanje plevelne vegetacije v ozimni pšenici je ključnega pomena za preprečevanje izgub in doseganje visokih pridelkov. Flessner in sod., (2021) so v obsežni 10-letni raziskavi opravljeni v Združenih državah Amerike v ozimni pšenici izračunali povprečne izgube pridelka v višini 26 %. Podobne rezultate so v 115 poskusih zabeležili tudi Italiji, kjer so se izgube gibale med 23 % in 30 % (Zanin in sod., 1992). Precej večje izgube pa so na površinah brez izvedenih ukrepov uravnavanja plevela zabeležili v Ukrajini, kjer so v primerjavi z najučinkovitejšo metodo, zabeležili 59 % izpad pridelka (Gurmanchuk in sod., 2022). Te ugotovitve lepo ponazarjajo negativen vpliv na pridelek pšenice, ki ga lahko povzroči neustrezno upravljanje s plevelno vegetacijo.

V skladu z evropsko direktivo o trajnostni rabi fitofarmaceutskih sredstev (Direktiva 2009/128/ES) se je Slovenija že zavezala k racionalni rabi in zmanjševanju tveganj ter vplivov uporabe fitofarmaceutskih sredstev (FFS) na zdravje ljudi in okolje. Nadaljnje, tudi okviru ciljev Evropskega zelenega dogovora (Green Deal), natančneje s strategijo s kmetij na krožnik, EU načrtuje zmanjšanje uporabe FFS za 50% do leta 2030. Zaradi tega je ena izmed prednostnih nalog kmetijske politike, spodbujanje kmetijskih praks,

ki temeljijo na zmanjšani porabi FFS, in uvajanje integriranega pristopa k uravnavanju plevelne vegetacije (IWM). Ta pristop vključuje tudi uporabo zmanjšanih odmerkov herbicidov, ki lahko ob nepravilni uporabi, pri nekaterih vrstah plevelov, povečajo tveganje za razvoj odpornosti plevelov na herbicide (Manalil in sod., 2011). Problem rezistence na herbicide, ki je večinoma posledica evolucije plevelnih vrst, se pogosteje pojavlja predvsem v državah z obsežno kmetijsko pridelavo, medtem ko je v Sloveniji do sedaj dokumentiran samo en primer. Pri beli metliki (*Chenopodium album* L.) je bila potrjena odpornost na atrazin (Simončič, 1997). Ob upoštevanju preventivnih ukrepov, kot so pravočasno zatiranje, uporaba sredstev z različnimi mehanizmi delovanja in uporaba kombinacije mehanskih in kemičnih ukrepov uravnavanja plevelne vegetacije se možnosti za razvoj odpornosti na herbicide močno zmanjšajo (Norsworthy in sod., 2012).

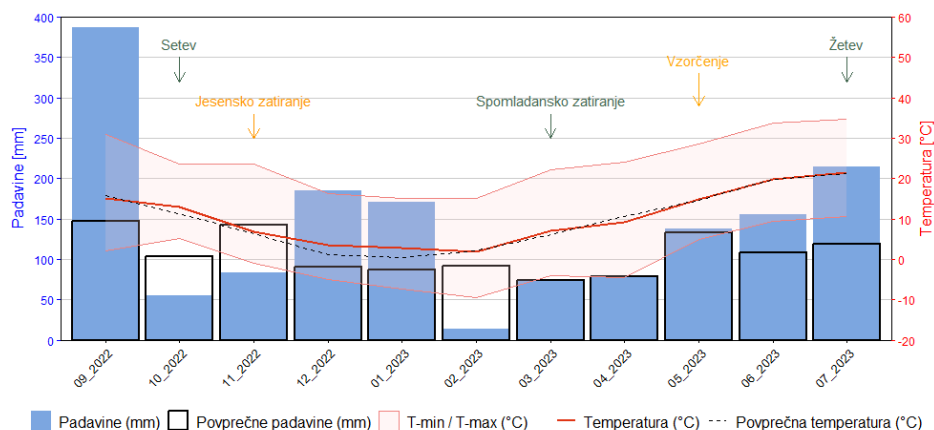
Raziskave kažejo, da lahko z uporabo polovični odmerkov herbicidov še vedno učinkovito obvladujemo plevel, pri tem pa znatno zmanjšamo količino uporabljenih kemičnih sredstev (Soltani in sod., 2009; Travlos, 2012; Zoschke, 1994). Vendar pa je za uspešno izvedbo takšnih strategij potrebno natančno poznavanje lokalnih razmer in dinamike rasti plevelov, kar poudarja pomen lokalno prilagojenih raziskav. Integrirano upravljanje s plevelno vegetacijo, ki vključuje zmanjšane odmerke herbicidov, tako predstavlja pomemben korak proti trajnostnemu kmetovanju (Riemens in sod., 2022). Da bi preizkusili učinkovitost uporabe zmanjšanih odmerkov herbicidov in njihov vpliv na pridelek pšenice v lokalnih pogojih, smo na Kmetijskem inštitutu Slovenije v rastni sezoni 2022/2023 izvedli poskus zmanjšane rabe herbicidov, kjer smo postopke z uporabo izbranih herbicidov primerjali z uporabo polnih odmerkov le-teh, ter mehanskega zatiranja s česanjem.

2 MATERIALI IN METODE

Poskus je potekal v rastni sezoni 2022/2023 na površini infrastrukturnega centra Jablje, Kmetijskega inštituta Slovenije (46°08'14.1"N 14°34'14.6"E, 301 m n. m.) na aluvialnih, plitvih, prodnatih tleh s slabimi vodno zadrževalnim sposobnostmi. Gre za evtrična rjava tla na karbonatnemrodu dobro založena s P₂O₅ (22 mg/ 100g tal) in srednje založena s K₂O (15 mg/100 g tal) ter z vsebnostjo organske snovi (3,5 %).

Po izjemno sušnem obdobju, ki je zaznamovalo leto 2022, je septembra padlo več kot 380 mm dežja (Slika 1). Jesenske in zimske temperature so bile nadpovprečno visoke. Mokro obdobje se je nadaljevalo tudi v spomladanskih mesecih in na začetku poletja.

Prejšnji posevek v letu 2022 je bil krmni grah, ki mu je sledil vmesni dosevek ajde. Tla so bila konec septembra pognojena s hlevskim gnojem (20 t ha⁻¹) in predsetveno obdelana. Poskus z ozimno pšenico sorte Vulkan (220 kg/ha), ki je bila posejana 4.10.2022, je bil zasnovan v naključnih skupinah s 3 do 4 ponovitvami. Dognojevanje je bilo izvedeno v 4 obrokih v februarju, dvakrat v aprilu in v sredini maja, v skupni količini 140 kg N ha⁻¹. Jesensko mehansko zatiranje s česanjem je bilo izvedeno 31.10.2022, jesenska aplikacija herbicidov pa 3.11.2022. Spomladansko česanje in aplikacija herbicidov sta bili izvedeni 23.3. in 24.3.2023. Podatki o uporabljenih herbicidih, apliciranih z volumnom 200 L ha⁻¹, so zbrani v preglednici 1.



Slika 1: Klimadiagram z vremenskimi podatki v rastni sezoni ozimne pšenice (sep. 2022 - jul. 2023).

Preglednica 1: Opis uporabljenih postopkov zatiranja plevela v ozimni pšenici.

69

Oznaka	Opis	Odmerek (%)	Odmerek (L ha ⁻¹)	Čas aplikacije
PKD, PKD'	pendimetalin 300 g L ⁻¹ + klorotoluron 250 g L ⁻¹ + diflufenikan 40 g L ⁻¹	100, 50	2 L ha ⁻¹ , 1 L ha ⁻¹	Jesen
PSK, PSK'	prosulfokarb 800 g L ⁻¹	100, 50	5 L ha ⁻¹ , 2,5 L ha ⁻¹	Jesen
DPF, DPF'	diflufenikan 100 g L ⁻¹ + penoksulam 15 g L ⁻¹ + florasulam 3,75 g L ⁻¹	100, 50	1 L ha ⁻¹ , 0,5 L ha ⁻¹	Jesen
PSK+DPF'	prosulfokarb 800 g L ⁻¹ + diflufenikan 100 g L ⁻¹ + penoksulam 15 g L ⁻¹ + florasulam 3,75 g L ⁻¹	50	2,5 + 0,5 L ha ⁻¹	Jesen
Mjes, Mpom	Mehansko zatiranje (česanje)	-	-	Jesen, Pomlad
JDS	jodosulfuron 100 g L ⁻¹	100	0,1 L ha ⁻¹	Pomlad
K	netretirana kontrola	brez	brez	-

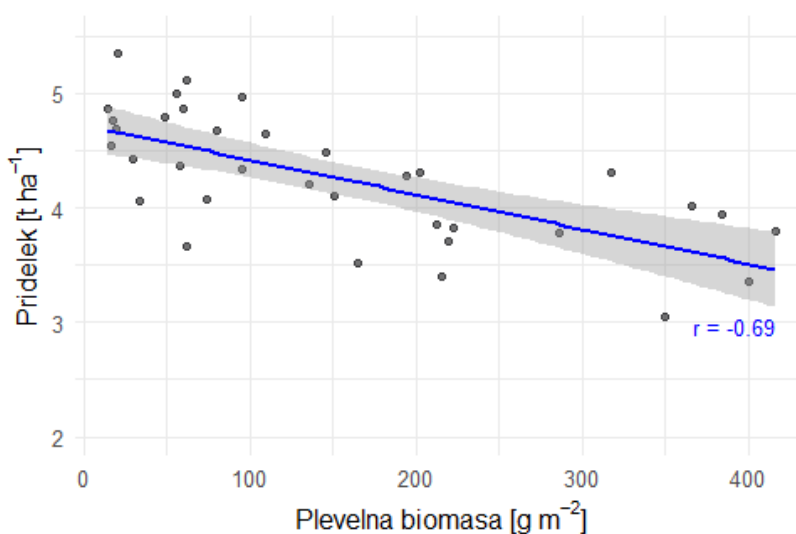
Popisi učinkovitosti, pokrovnosti in vzorčenje plevelne biomase so bili izvedeni 10.5.2023. Žetev je bila izvedena 15.7.2023 s parcelni kombajnom Wintersteiger Quantum, ki omogoča avtomatsko tehtanje pridelka ter merjenje vlažnosti zrnja. Statistična analiza je bila izvedena v programskem okolju R. Za primerjavo povprečij pridelka je bila uporabljena ANOVA in Tukeyev HSD test ter primerjava s kontrasti. Povprečja neparametričnih podatkov biomase plevela smo primerjali z Kruskal-Wallis testi. Za vizualizacije podatkov so bili uporabljeni paketi ggplot2, cowplot in grid.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Statistična analiza je pokazala pomembne razlike v pridelkih med obravnavami ($p < 0,05$). Tukeyjev post hoc test v nadaljevanju ni bil najbolj specifičen, saj smo lahko postopke ločili le v dve skupini, ki sta se med seboj značilno razlikovali. Najvišje pridelke smo zabeležili pri kombinaciji zmanjšanih odmerkov PSK + DPF (5 t ha^{-1}), priporočenih odmerkov PSK in PKD ($4,7 \text{ t ha}^{-1}$) ter DPF in zmanjšanim odmerkom PKD ($4,5 \text{ t ha}^{-1}$). Najnižji pridelki so bili izmerjeni pri postopku z mehanskim zatiranjem plevela jeseni in pri postopku JDS ($3,9 \text{ t ha}^{-1}$; $3,8 \text{ t ha}^{-1}$) pa se statistično niso razlikovali od kontrole ($3,5 \text{ t ha}^{-1}$).

Korelacija med pridelkom in suho biomaso plevela je bila izrazito negativna (Pearsonov koeficient = $-0,688$). Tak rezultat nakazuje, da večja biomasa plevela izrazito zmanjšuje pridelke pšenice (Slika 2) in sovпада z ugotovitvami raziskave Adeux-a in sod., (2019). Podobna pozitivna korelacija med pridelkom in učinkovitostjo postopka ($k = 0,698$) kaže, da bolj učinkovito zatiranje plevela pozitivno vpliva velikost pridelka ozimne pšenice.

70

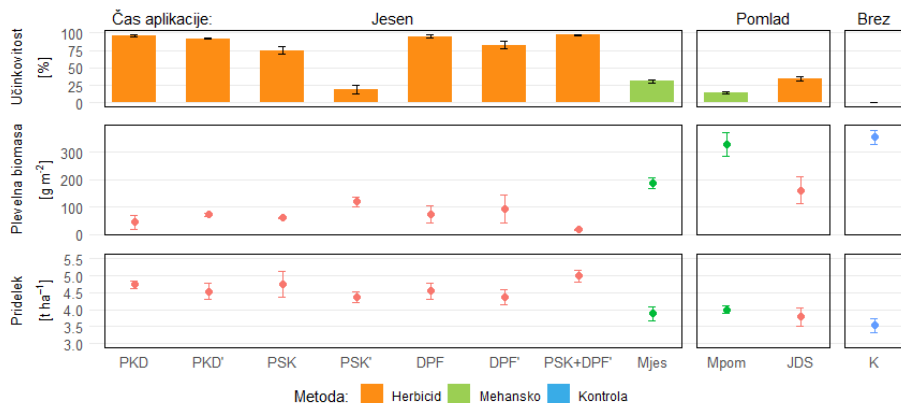


Slika 2: Razsevni diagram vpliva suhe plevelne biomase na pridelek ozimne pšenice.

Uporaba zmanjšanih odmerkov (50 %) herbicidov je pokazala večinoma zadovoljivo učinkovitost z izgubami pridelka med 3,5 do 9 %, vendar analiza primerjave učinkovitosti polnih in zmanjšanih odmerkov s kontrasti ni pokazala statističnih razlik med pridelki.

V analizi pridelka, ki je vključevala dejavnik metode zatiranja, je uporaba kemičnih sredstev uravnavanja plevela prispevala k večjemu povprečnemu pridelku ($4,5 \text{ t ha}^{-1}$) v

primerjavi z mehanskimi metodami (3,9 t ha⁻¹) in kontrolo (3,5 t ha⁻¹). Tudi povprečno število klasov je bilo pri kemičnih postopkih (626 m⁻²) večje kakor pri uporabi česala (550 m⁻²). Jesensko zatiranje plevela se je pokazalo kot bolj primerno, saj je bila plevelna biomasa manjša, pridelki pa večji kakor pri podobnih postopkih (herbicid, česanje) uporabljenih spomladi (Slika 3). Tudi Lotz in sod., (1990) so ugotovili, da imajo jesenski pleveli bistveno večji vpliv na pridelek pšenice.



71

Slika 3: Grafikon prikazuje učinkovitost postopkov (%), suho plevelno biomaso (g m⁻²) in pridelek ozimne pšenice (t ha⁻¹) v različnih postopkih uravnavanja plevelne vegetacije (PKD - Pendimetalin, Klorotoluron, Diflufenikan; PSK - Prosulfokarb; DPF - Diflufenikan, Penoksulam, Florasulam; Mjes, Mpom - Mehansko zatiranje (česanje); JDS - Jodosulfuron; K - Netretirana kontrola, ' – zmanjšan odmerek). Okvirji ločujejo čas aplikacije in barve metodo.

4 SKLEPI

Učinkovito obvladovanje plevelne vegetacije je ključno za doseganje visokih pridelkov ozimne pšenice. Naša študija potrjuje, da so izgube pridelka pšenice tesno povezane z velikostjo plevelne biomase.

Jesensko zatiranje plevela se je izkazalo za učinkovitejše od spomladanskega, kar poudarja pomembnost pravočasnega izvajanja ukrepov varstva pred pleveli. Kemično zatiranje plevela se je izkazalo za precej učinkovitejše od mehanskega, kar kaže na prednosti uporabe herbicidov v pridelavi ozimne pšenice. Tudi zmanjšani odmerki herbicidov so učinkovito zmanjšali zapleveljenost brez značilnih izgub pridelka, kar lahko pripomore k zmanjšanju stroškov pridelave in vplivov na okolje.

5 ZAHVALA

Zahvala sodelavki Sergeji Adamič Zamljen za pomoč pri vzdrževanju in vzorčenju poskusa, Blažu Ferjanu za izvedbo škropljenj ter oddelku za infrastrukturo, raziskave in prenos znanja (KIS) za pomoč pri vzpostavitvi poskusa in izvedbi agrotehničnih ukrepov.

6 LITERATURA

- Adeux, G., Vieren, E., Carlesi, S., Bärberi, P., Munier-Jolain, N., Cordeau, S., 2019. Mitigating crop yield losses through weed diversity. *Nat Sustain* 2, 1018–1026.
- Direktiva 2009/128/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. oktobra 2009 o vzpostavitvi okvira za ukrepanje Skupnosti za doseganje trajnostne rabe pesticidov. Uradni list Evropske unije, L 309, 24. november 2009, str. 71–86
- Flessner, M.L., Burke, I.C., Dille, J.A., Everman, W.J., VanGessel, M.J., Tidemann, B., Manuchehri, M.R., Soltani, N., Sikkema, P.H., 2021. Potential wheat yield loss due to weeds in the United States and Canada. *Weed Technol* 35, 916–923.
- Gurmanchuk, O., Plotnytska, N., Nevmerzhytska, O., Pavlyuk, I., Moshkivska, A., 2022. Effectiveness of Herbicides in Winter Wheat Crops. *Scientific Horizons* 24, 35–42.
- Lotz, L.A.P., Kropff, M.J., Groeneveld, M.W., 1990. Modelling weed competition and yield losses to study the effect of omission of herbicides in winter wheat. *NJAS* 38, 711–718.
- Manail, S., Busi, R., Renton, M., Powles, S.B., 2011. Rapid Evolution of Herbicide Resistance by Low Herbicide Dosages. *Weed sci.* 59, 210–217.
- Norsworthy, J.K., Ward, S.M., Shaw, D.R., Llewellyn, R.S., Nichols, R.L., Webster, T.M., Bradley, K.W., Frisvold, G., Powles, S.B., Burgos, N.R., Witt, W.W., Barrett, M., 2012. Reducing the Risks of Herbicide Resistance: Best Management Practices and Recommendations. *Weed sci.* 60, 31–62.
- Riemens, M., Sønderkov, M., Moonen, A.-C., Storkey, J., Kudsk, P., 2022. An Integrated Weed Management framework: A pan-European perspective. *European Journal of Agronomy* 133, 126443.
- Simončič A., 1997. Pojav in pomen odpornosti bele metlike na atrazin v Sloveniji. Izvlečki referatov na 3. slovenskem posvetovanju o varstvu rastlin 33.
- Soltani, N., Vyn, R.J., Van Eerd, L.L., Shropshire, C., Sikkema, P.H., 2009. Effect of reduced herbicide rates on weed control, environmental impact and profitability of corn. *Can. J. Plant Sci.* 89, 969–975.
- SURS, Statistični urad RS. 2024. Pridelava poljščin (ha, t, t/ha), Slovenija, letno. <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1502402S.px/table/tableViewLayout2/> (1.2.2024)
- Travlos, I.S., 2012. Reduced herbicide rates for an effective weed control in competitive wheat cultivars. *International Journal of Plant Production* 6.
- Zanin, G., Berti, A., Giannini, M., 1992. Economics of herbicide use on arable crops in north-central Italy. *Crop Protection* 11, 174–180.
- Zoschke, A., 1994. Toward Reduced Herbicide Rates and Adapted Weed Management. *Weed technol.* 8, 376–386.