

CILJNO ZATIRANJE PLEVELA S POMOJO SISTEMA ZA PODORO PRI ODLO ANJU – DVELETNE IZKUŠNJE Z ZATIRANJEM PLEVELA V KORUZI

Robert LESKOVŠEK¹, Igor ZIDARI², Gregor UREK³

^{1,2,3} Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana

IZVLEČEK

U inkovita raba fitofarmaceutskih sredstev na podlagi preseženih pragov gospodarske škodljivosti je temelj trajnostnega varstva rastlin. Tudi smernice uravnavanja plevelov po na elih integriranega zatiranja se razvijajo v smeri ciljnega zatiranja plevelnih populacij, saj se vrste razlikujejo po obutljivosti na dolo ene vrste herbicidov, kakor tudi škodi, ki jo povzroajo na gojenih rastlinah. Eno izmed orodij, razvitih v okviru projekta PURE, je generi ni model za podporo pri odlo itvah kemi nega zatiranja plevela. Sistem kvantificira dejanske koli ine herbicidov, potrebnih za u inkovito zatiranje plevelnih vrst, ob hkratnem ohranjanju pridelka. Slovenska verzija sistema je sestavljena iz štirih prototipov, v podatkovno bazo pa je vklju enih 19 herbicidov in 17 plevelnih vrst v koruzi. V letih med 2013 in 2014 smo na zemljiš ih Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah pri Mengšu izvajali poljska testiranja izbranih prototipov. Poskus je bil zasnovan po metodi naklju nih blokov in je bil vsako leto izveden na dveh lokacijah. Pri tem smo na podlagi ocenjevanja gostote in razvojne faze plevelov na poskusnem polju s pomo jo sistema za podporo pri odlo anju v obravnavanja vklju ili štiri naju inkovitejše in najcenejše kombinacije herbicidov. Na podlagi dveletnega preizkušanja smo ugotovili, da sta dva izmed štirih prototipov pokazala visoko stopnjo u inkovitosti delovanja. Kljub nekotiki nižji u inkovitosti dveh testiranih prototipov, le-ta ni bistveno vplivala na višino pridelka. Dobre rezultate u inkovitosti delovanja smo ugotovili tudi v obravnavanjih z najcenejšimi pripravki, vendar je bila ugotovljena višja variabilnost v stopnji u inkovitosti. Naši preliminarni izsledki nakazujejo veliko uporabno vrednost sistema za podporo pri odlo anju, vendar bo potrebna nadaljnja optimizacija in dodatna preizkušanja izbranih prototipov pred vpeljavo sistema v prakso.

Ključne besede: sistem za podporo pri odlo anju, herbicidi, pleveli, zatiranje, koruza

ABSTRACT

SITE SPECIFIC WEED MANAGEMENT WITH DECISION SUPPORT SYSTEM - TWO YEARS EXPERIENCE WITH WEED CONTROL IN MAIZE

Decreased inputs of plant protection products and its longterm sustainable use is often based on the economic threshold levels. In the integrated weed management approach site specific weed control measures should be considered, since weed species greatly differ in their susceptibility to herbicides and their ability to compete with the crop. Within the PURE project, a generic decision support system model for chemical weed control in maized was recently developed. The model quantifies the actual herbicide rate needed to sufficiently control the weed species without causing any yield losses. In the slovenian version of the model 19 herbicides and 17 weed species were included. In the years 2013-2014 field validation of selected prototypes was carried out at the experimental station of Agricultural institute of Slovenia in Jablje, Mengeš. Field experiments were arranged in the random block

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

² dipl. ing. agr., prav tam

³ dr., univ. dipl. ing. agr., prav tam

design and conducted at two sites in each year. In the first step, the actual need for weed control was assessed with generic decision support system. Secondly, specific herbicide treatments and their rates were calculated on the basis of field scouting, where weed densities and their growth stages were identified. Two years of validation trials showed that two out of four tested prototypes displayed very high level of weed control. Decreased efficacy was observed in two tested prototypes, however no significant yield losses in maize were determined. Some of the cheapest herbicide treatments displayed adequate level of weed control, however very high variability in their performance was observed. Our preliminary testing indicate, that decision support system could serve as a useful tool in reducing herbicide inputs, however further optimisation and validation of selected prototypes will be needed before its implementation into practice.

Key words: decision support system, herbicide, weed control, maize

1 UVOD

Sodobni sistemi varstva rastlin temeljijo na na elih integriranega varstva rastlin (IPM), kjer bolezni, škodljivce zatiramo na podlagi opazovanja in preseženih pragov gospodarske škodljivosti. Tudi smernice uravnavanja plevelov po na elih integriranega zatiranja plevelov (IVP) se razvijajo v smeri ciljnega uravnavanja plevelnih populacij, saj se vrste razlikujejo po ob utljivosti na dolo ene vrste herbicidov, kakor tudi škodi, ki jo povzro ajo na gojenih rastlinah.

V nasprotju z zatiranjem drugih škodljivih organizmov, kjer so ukrepi v asu izvajanja usmerjeni na eno vrsto, pri varstvu rastlin pred pleveli pogosto zatiramo populacijo ve razli nih vrst hkrati. Pri tem je znotraj populacije nekaj prevladujo ih plevelnih vrst, druge pa so ve inoma prisotne v manjšem številu.

Priporo ena višina odmerka herbicidov v postopku registracije je ve inoma dolo ena na na in, da zagotavlja u inkovito delovanje v širokem razponu okoljskih razmer, plevelnih vrst in njihovih razvojnih faz. Tako so priporo eni odmerki velikokrat precej višji, kot pa so dejanske potrebe za zatiranje gospodarsko najpomembnejših plevelnih vrst na posamezni lokaciji (Nurse in sod., 2007).

Obstaja precej raziskav o u inkovitosti razli nih odmerkov posameznih skupin herbicidov na posamezne plevelne vrste. Kudsk (2002) na primer poro a, da se je u inkovitost delovanja na pti jo dresen (*Polygonum aviculare* L.) pri uporabi klorsulfurona v odmerkih med 1/16 in 1/1 (polnim odmerkom) gibala med 38 in 96 %. Pri uporabi klorsulfurona v istim razponu odmerkov pa je bila u inkovitost delovanja na perzijski jeti nik (*Veronica persica* L.) med 98 in 100 %. Tudi razvojna faza plevelov ima velik vpliv na u inkovitost delovanja herbicida. V ve ini primerov je u inkovitost herbicidov višja pri nižjih razvojnih fazah plevela, eprav obstajajo tudi izjeme (Kieloch in Domaradzki, 2011).

S stališ a dolgoro no u inkovitega kemi nega zatiranja plevelov je smiseln bolj usmerjen pristop k uravnavanju plevelov, kjer je glavni cilj prepre evanja izgube pridelka. Poleg pove anja zapleveljenosti je potrebno upoštevati tudi tveganje za selekcioniranje na posamezne aktivne skupine odpornih plevelnih vrst. Trenutno raziskave na podro ju uporabe nižanih odmerkov so namre usmerjene predvsem v preu evanje tveganja, da le-ti pove ujejo stopnjo selekcije odpornih biotipov in s tem pospešujejo razvoj odpornosti na posamezne skupine herbicidov (Neve in Powles, 2005; Renton in sod., 2011). Zaradi vsega navedenega obstaja dejanska potreba za optimizacijo porabe herbicidov. Pri tem lahko v znatni meri zmanjšamo neželene u inke uporabe herbicidov na zdravje ljudi in okolje tako, da uporabimo najnižji odmerek, potreben za še u inkovito delovanje (Kudsk in Streibig, 2003). V praksi to pomeni, da dokler je zatiranje plevela z nižanimi odmerki usmerjeno v doseganje visoke u inkovitosti pri dejanskih razmerah delovanja (stopnja zapleveljenosti, vlaga,

priprava zemljiš a, razvojni stadij plevela), le-ti naj ne bi bistveno vplivali na u inkovitost njihovega delovanja (Kudsk, 2014).

V sistemih integrirane pridelave korusa na severu Evrope že danes na ve kot 50 % zemljiš na Nizozemskem in ve ko 80 % zemljiš na Danskem, Nem iji in Franciji uporabljajo 50-80 % nižje odmerke herbicidov v primerjavi s priporo enimi odmerki (Meissle in sod., 2010).

Kot orodje, ki omogo a usmerjeno zatiranje plevela oz. uporabo znižanih odmerkov, se v sodobnem pristopu varstva rastlin uporabljajo razli ni sistemi za podporo pri odlo anju (decision support system-DSS), ki uporabniku olajša odlo itve pri ukrepih varstva rastlin.

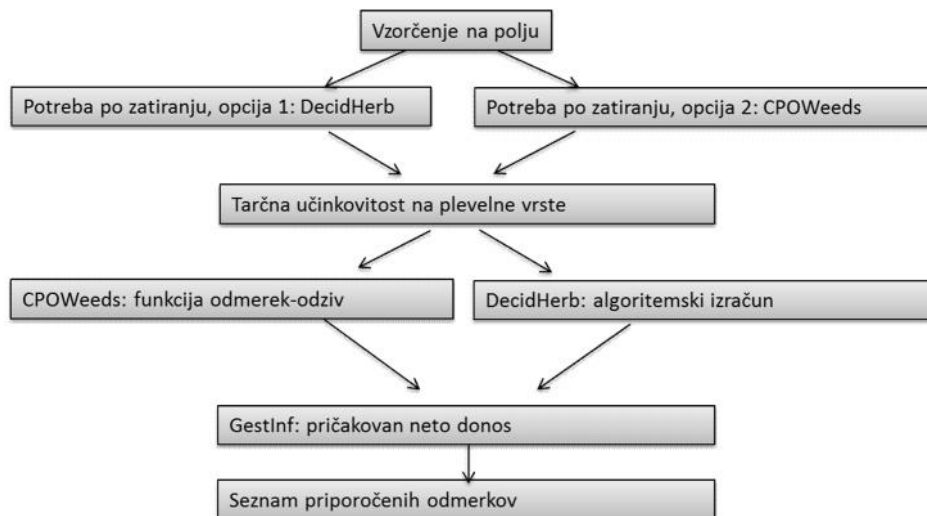
Eno takšnih orodij je tudi DSS, ki je bil razvit v okviru projekta PURE (Pesticide Use-and-risk Reduction in European farming systems with Integrated Pest Management), kjer se odmerki izra unajo glede na gostoto in razvojno fazo plevela ob aplikaciji.

V okviru naše raziskave smo testirali 4 izbrane prototipe DSS, kjer smo preu evali vpliv izbrane strategije (prototipa) kemi nega zatiranja plevelov na u inkovitost njihovega zatiranja v korusi. Nadalje smo z našo raziskavo želeli ugotoviti ali DSS predstavlja dovolj varno orodje, kjer ob uporabi znižanih odmerkov ne prihaja do izgube pridelka.

2 MATERIAL IN METODE

Osnovo sistema za podporo pri odlo anju sestavlja dva modula, to je DecidHerb in pa CPOWeeds. Pri obeh se dolo i tar na u inkovitost na dolo eno plevelno vrsto, ki predstavlja vrednost u inkovitosti, ki še ne predstavlja izgube pridelka. Pri modulu CPOWeeds se odmerki izra unajo z logaritemsko ena bo odmerek-odziv, pri DecidHerb-u pa z algoritemsko funkcije (Slika 1).

185



Slika 1: Shema sistema za podporo pri odlo anju-DSS.

Za potrebe podatkovne baze sistema za podporo pri odlo anju je bilo v letih 2011 in 2012 opravljenih ve preliminarne poljskih in lon nih poskusov, na podlagi katerih smo dolo ili osnovne parametre, potrebne za izra un tar ne u inkovitosti izbrane strategije zatiranja plevelov. Po vzpostavitvi on-line verzije DSS-a smo izbrane 4 prototipe za eli preizkušati v realnih njivskih razmerah.

Poljski poskusi so bili opravljeni v korusi na zemljiš ih Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah pri Mengšu v letih 2013-2014, pri emer smo vsako sezono poskus izvajali na dveh lokacijah. Osnovni podatki o izvedenih poskusih so prikazani v preglednici 1.

Preglednica 1: Osnovni podatki o poskusih.

leto	2013		2014	
lokacija	Jablje (pri Mengšu)			
oznaka parcele	T9	T14	T8	T9
sorta koruze	DKC 3511 F1	Pioneer 9400 F1	Musixx	Ronaldinio FAO 300
datum setve	21. april	27. april	15. april	16. april
zasnova poskusa	naklju ni blok v 4 ponovitvah			
velikost parcelice	15 m ²			
aplikacijska tehnika	AZO sprayers			
šobe	Lechler IDK 120/02			
tlak	3 bari			
poraba vode	290 l/ha			

Poskusi so bili zasnovani po sistemu naklju nih blokov v 4 ponovitvah, pri emer so obravnavanja predstavljali razli ni (odmerki) oz. strategije zatiranja plevela, kot rezultat izra una posameznega prototipa (slika 1). Kot standardni pripravek smo v vseh poskusih uporabili Lumax (pred vznikom, 3,5 L/ha).

186

Conditions for calculation

Crop
Version: SLO maize, TE Tenable
Undersown: None
Expected yield: > 10 ton/ha
Growth stage: 4-4 leaves

Weeds found by field inspection

Weed species (Latin)	Growth stage	Density	Need	Delete
Setaria glauca	0-2 leaves	2 - 10 pl./m ²	90%	<input type="checkbox"/>
Chenopodium album	3-4 leaves	2 - 10 pl./m ²	92%	<input type="checkbox"/>
Chenopodium polyspermum	0-2 leaves	41 - 150 pl./m ²	97%	<input type="checkbox"/>
Polygonum convolvulus	3-4 leaves	11 - 40 pl./m ²	95%	<input type="checkbox"/>
Polygonum persicaria	3-4 leaves	41 - 150 pl./m ²	96%	<input type="checkbox"/>
Convolvulus arvensis	3-4 leaves	2 - 10 pl./m ²	90%	<input type="checkbox"/>
Lamium sp	0-2 leaves	41 - 150 pl./m ²	94%	<input type="checkbox"/>
Select	Select	Select		<input type="checkbox"/>

Save settings for this page in URL
Treatment options >>

Slika 2: Vmesnik vhodnih podatkov testiranega sistema za podporo pri odlo anju (DSS).

Za izra un potrebnih odmerkov potrebuje sistem za podporo pri odlo anju naslednje vhodne podatke (slika 2):

- izbira ustreznega prototipa (1),
- ciljni pridelek (2),
- razvojna faza koruze (3),
- identifikacija plevelnih vrst (4)
- gostota plevelov na enoto površine (5),
- povpre na razvojna faza plevelov (6).

Sistem ponuja na izbiro štiri prototipe. To so TE varno, TE tvegano, WPT varno in WPT zanesljivo. Prototipi se razlikujejo med seboj predvsem glede na stopnjo konzervativnosti pri dolo anju tar ne u inkovitosti. Pred vnosom vhodnih podatkov in izbiro ustreznega prototipa, je potrebno takoj po vzniku plevelov na poskusnem zemljiš u izvesti popis plevelnih vrst, kjer se zabeleži vrsta in število posameznih plevelov ter njihova razvojna faza. V primeru, da je površina ve ja ali pa je plevelna vegetacija mo no neenakomerno razporejena, je potrebno popis ponoviti na ve manjših vzor nih podenotah in nato v DSS vnesti povpre no vrednost popisnih rezultatov.

Treatment options, sorted by Cost					
		< Go back		Print	Control cvcl
No.	Trade names	Dosage (unit/ha)		Cost Euro/ha	Eco. Net Return (Euro/ha)
		Actual	Normal		
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/> 1	Laudis Peak 75 WG Extravon (0,1%) Totals	2,2 l 30 g 0,3 l	2,25 l 30 g	79,2 25,0 3,3 107,6	2867
<input type="checkbox"/> 2	Lumax Peak 75 WG Etafix pro (0,25%) Totals	3,3 l 24 g 0,3 l	3,75 l 30 g	60,1 20,0 7,0 95,1	2742
<input type="checkbox"/> 3	Herbocid Laudis Totals	1,5 l 1,4 l	1,5 l 2,25 l	10,5 50,4 60,9	2733
<input type="checkbox"/> 4	Equip Laudis Totals	1,2 l 2,2 l	2,5 l 2,25 l	44,4 79,2 123,6	2723

187

Slika 3: Rezultat izra una priporo enih odmerkov posameznega modela.

Po vnosu vhodnih podatkov DSS izra una potrebne koli ine herbicidov ali njihovih mešanic, potrebnih za doseganje tar ne u inkovitosti na plevelno populacijo. Sistem razvrsti ustrezne rešitve glede na vrednost neto donosa (economic net return), prav tako pa je pri vsaki strategiji prikazan tudi strošek priporo enih kemi nih sredstev. V naših poskusih smo za testiranje vedno uporabili priporo eno kombinacijo, ki bi predvidoma dosegla najvišjo vrednost neto donosa. Ocenjevanje vizualne u inkovitosti po EPPO smernicah smo izvedli 8 tednov po aplikaciji. Statisti na analiza rezultatov je bila opravljena s programskim orodjem STATGRAPHICS Centurion XVI (2011, Statpoint Technologies, Warrenton, VA). Za testiranje zna ilnosti vpliva obravnavanj je bila uporabljena enosmerna ANOVA, povpre ja pa so bila primerjana s post-hoc Duncan-ovim testom pri $P < 0,05$.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Pri izvajanju testiranja DSS-a že sam izra un oziroma seznam priporo enih herbicidov predstavlja rezultat, saj je sistem v ve ini primerov predlagal kombinacije dveh herbicidov. Za razliko od DSS-a, se pri klasi nem pristopu kemi nega zatiranja plevela v praksi ve inoma uporabljajo polne, priporo ene vrednosti odmerka, za katere so bili pripravki registrirani.

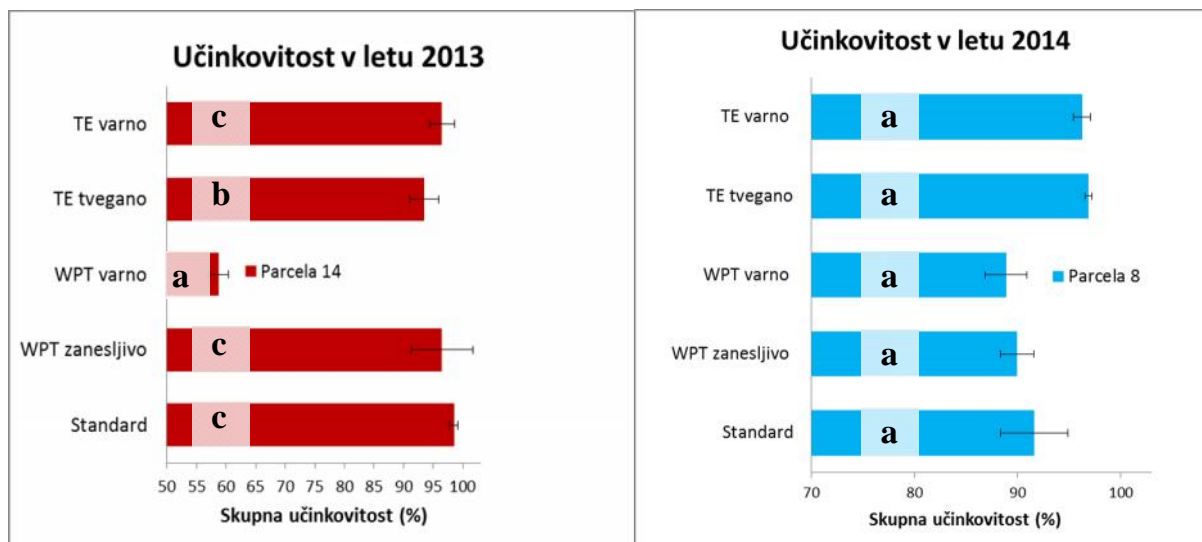
Preglednica 2: Vpliv izbrane strategije (prototipa) na u inkovitost zatiranja plevela in pridelek zrnja v letih 2013 in 2014.

Leto	Lokacija	Dejavnik	Parameter	P-vrednost
2013	14	prototip (strategija)	u inkovitost	0,0000 ***
2014	8	prototip (strategija)	u inkovitost	0,1261
2014	9	prototip (strategija)	u inkovitost	0,1448
2014	8	prototip (strategija)	pridelek zrnja	0,0933
2014	9	prototip (strategija)	pridelek zrnja	0,1811

Rezultat enosmerne ANOVE; Signifikantnost *** (P<0,001), ** (P<0,01), * (P<0,05)

Rezultati analize variance rezultatov u inkovitosti zatiranja plevelov v letu 2013 so pokazali, da obstajajo statisti no zna ilno razlike med izbranimi strategijami zatiranja plevelov (P 0.001) (preglednica 2). Pri strategiji prototipa WPT varno smo na parceli 14 ugotovili statisti no zna ilno slabšo u inkovitost delovanja (58 %) v primerjavi z ostalimi strategijami. Najvišjo u inkovitost je z 98 % pokazala strategija standard (Lumax), podobno dobro delovanje pa smo ugotovili pri prototipih TE varno (96 %), TE tvegano (96 %) in WPT zanesljivo (95 %) (slika 4).

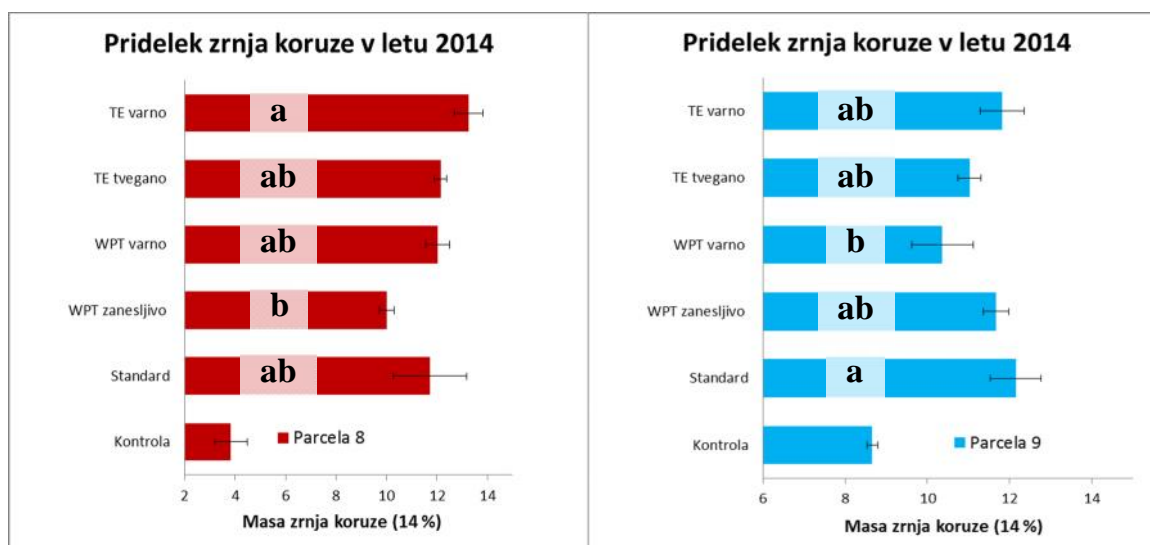
188



Slika 4: Skupna u inkovitost delovanja testiranih prototipov DSS 8 tednov po aplikaciji v letih 2013 in 2014. Prikazane so povpre ne vrednosti in standardne napake (\pm SE). Obravnavanja, ozna ena z razli nimi rkami, se statisti no zna ilno razlikujejo (Duncan-ov test pri P = 0.05).

Analiza variance za leto 2014 na parceli 8 ni pokazala statisti no zna ilnega vpliva strategije na u inkovitost zatiranja plevela. Najvišje u inkovitosti smo ugotovili pri prototipih TE tvegano (97 %) in TE varno (96 %), ki sta bili tudi po testu mnogoterih primerjav statisti no podobno u inkoviti kot ostale strategije (slika 4).

Podobno tudi na lokaciji 9 v letu 2014 nismo ugotovili statisti no zna ilnega vpliva strategije na u inkovitost zatiranja plevela. Je pa post-hoc primerjava sredin pokazala, da je strategija standard (Lumax) pokazala statisti no zna ilno boljše delovanje (99 %) kot pa strategija TE tvegano (78 %) (podatki niso prikazani).



Slika 5: Pridelek zrnja koruze v letih 2013 in 2014. Prikazane so povprečne vrednosti in standardne napake (\pm SE). Obravnavanja označena z različnimi črkami se statistično značilno razlikujejo (Duncan-ov test pri $P = 0.05$).

V letu 2013 pridelki koruze niso bili ovrednoteni, saj so bili le-ti zaradi hude suše zelo nizki. Pridelki koruze v letu 2014 so bili nadpovprečni, vendar na nobeni lokaciji nismo ugotovili statistično značilnega vpliva strategije na višino pridelka suhega zrnja koruze. Je pa test mnogoterih primerjav rezultatov pridelka koruze na parceli 8 pokazal, da je pridelok strategije TE varno (13,26 t/ha) statistično značilno višji kot pa v obravnavanju WPT zanesljivo (10,02 t/ha). Pridelki so do neke mere sledili rezultatom u inkovitosti, saj je bil pridelok pri najbolj u inkovitih TE strategijah prav tako najvišji. Nasprotno pa pri najmanj u inkoviti strategiji WPT varno na parceli 8 v letu 2014 nismo izmerili najnižjega pridelka (slika 4 in slika 5). Na lokaciji 9 smo v letu 2014 po testu mnogoterih primerjav ugotovili, da je pridelok koruze, kjer smo uporabili strategijo standard, statistično značilno višji (12,16 t/ha) kot pa pri strategiji WPT varno (10,37 t/ha). Tudi v tem primeru smo pri najbolj u inkoviti strategiji (standard) na koncu izmerili tudi najvišji pridelok (slika 5).

4 SKLEPI

Na podlagi preliminarne preizkušnje sistema za podporo pri odločitvi kemičnega zatiranja plevelov v koruzi lahko zaključimo, da smo pri strategiji TE varno ugotovili visoke stopnje u inkovitosti, medtem ko smo pri obeh WPT prototipih ugotovili nižjo in bolj variabilno u inkovitost ter, da bo pred vpeljavo sistema v prakso potrebna nadaljnja optimizacija in dodatna preučevanja vpliva izbranih prototipov na pridelok koruze.

5 ZAHVALA

Raziskava je bila financirana v okviru FP 7 PURE projekta (Pesticide Use-and-risk Reduction in European farming systems with Integrated Pest Management). Za pomoč pri izvedbi poskusov se zahvaljujemo vsem sodelavcem in tehničnemu osebju Kmetijskega inštituta Slovenije.

6 LITERATURA

- Hamill A.S., Zhang J. 1995. Quackgrass control with glyphosate and SC-0224 in corn and soybean. *Canadian Journal of Plant Science* 75: 293–299.
- Kieloch R., Domaradzki K, 2011. The role of the growth stage of weeds in their response to reduced herbicide doses. *Acta Agrobotanica* 64: 259-266.

- Kudsk, P. 2002. Optimising herbicide performance. V: Weed Management Handbook. R. E. L. Naylor, Oxford, UK, Blackwell Publishing: 323-344.
- Kudsk, P., 2014. Reduced herbicide rates: present and future. *Julius-Kühn-Archiv*, 443: 37-44.
- Nurse, R.E., Hamill, A.S., Swanton, C.J., Tardif, F.J., Sikkema, P.H. 2007. Weed control and yield response to foramsulfuron in corn. *Weed Technology* 21: 453-458.
- Meissle, M., Mouron, P., Musa, T., Bigler, F., Pons, X., Vasileiadis, V.P., Otto, S., Antichi, D., Kiss, J., Pálinkás, Z., Dorner, Z., van der Weide, R., Groten, J., Czembor, E., Adamczyk, J., Thibord, J.B., Melander, B., Cordsen Nielsen, G., Poulsen, R.T., Zimmermann, O., Verschwele, A., Oldenburg, E., 2010. Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. *Journal of Applied Entomology* 134: 357-375.
- Neve P., Powles S.B. 2005. Recurrent selection with reduced herbicide rates results in the rapid evolution of herbicide resistance in *Lolium rigidum*. *Theoretic and Applied Genetics* 110: 1154-1166.
- Nurse R.E., Hamill, A.S., Swanton, C.J., Tardif, F.J., Sikkema, P.H. 2007. Weed control and yield response to foramsulfuron in corn. *Weed Technology*, 21: 453–458
- Renton, M., Diggle A., Manalil S., Powles S. B. 2011. Does cutting herbicide rates threaten the sustainability of weed management in cropping systems? *Journal of theoretical biology*, 283: 14-27.
- Steckel, L.E., DeFelice M.S., Sims B.D. 1990. Integrating reduced rates of postemergence herbicides and cultivation for broadleaf weed control in soybeans (*Glycine max*). *Weed Science*, 38: 541-545.