

UDK 631.348:633.11

*Naučni rad – Scientific paper*

Datum prijema: 17.10.2023.

Datum odobrenja: 20.11.2023.

Doi broj: 10.5937/32ah-47162

## **Primena kombinacije herbicida tritosulfuron i florasulam bespilotnom letelicom u usevu ozime pšenice**

Biljana Bošković<sup>1</sup>, Dragana Božić<sup>1</sup>, Miloš Pajić<sup>1</sup>, Irina Marina<sup>2</sup>, Maša Buđen<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun - Beograd, Srbija

<sup>2</sup>Institut za ekonomiku poljoprivrede, Beograd, Srbija

<sup>3</sup>BioSens Institut, Novi Sad, Srbija

e-mail: biljana.boskovic@agrif.bg.ac.rs

### **REZIME**

Pšenica je jedna od najvažnijih ratarskih kultura na svetu koja se koristi u ishrani ljudi. U zavisnosti od nivoa zakorovljenosti, korovske biljke mogu dovesti do značajnih gubitaka prinosa, koji prema nekim procenama na svetskom nivou iznose do 10%. Bepilotne letelice (UAV) imaju široku primenu u hemijskoj zaštiti useva, ali je za sada efikasnosti herbicida primenjenih pomoću UAV nedovoljno ispitana. Cilj ovog rada bio je da se ispita mogućnost upotrebe bespilotne letelice za primenu kombinacije herbicida tritosulfuron i florasulam u zaštiti pšenice od korova. Efikasnost navedene kombinacije herbicida ispitana je u slučaju primene pomoću UAV, kao i pomoću rataske prskalice.

Kombinacija herbicida tritosulfuron i florasulam primenjena pomoću UAV (norma tretiranja 30 l ha<sup>-1</sup>) je ispoljila visoku efikasnost u suzbijanju korovskih vrsta *Capsella bursa-pastoris*, *Lactuca serriola*, *Sinapis arvensis* i *Viola arvensis*, dok je efikasnosti iste kombinacije bila niža u slučaju primene ratarskom prskalicom. Na osnovu rezultata oglada koji su ukazali na dobru efikasnost herbicida, možemo zaključiti da je sa aspekta uspešnosti zaštite pšenice od korova, upotreba UAV sasvim opravdana.

**Ključne reči:** bespilotna letelica, korovi, herbicidi, hemijska zaštita, pšenica.

## UVOD

Pšenica je jedna od najvažnijih ratarskih kultura sa izuzetnim privrednim značajem. Po značaju u ratarskoj proizvodnji, pšenica u Srbiji zauzima drugo mesto, dok se u razvijenim zemljama uglavnom nalazi na trećem mestu. Od ukupne proizvodnje pšenice u razvijenim zemljama se oko 53% koristi za ishranu ljudi, a u zemljama u razvoju oko 85% (Pena, 2007). Na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku, površine zasejane pšenicom u Republici Srbiji u 2022. godini iznosile su 631.086 ha, uz ostvarenu godišnju proizvodnju od 3.113.085 t i prosečan prinos od 4,9 t ha<sup>-1</sup> (RZS, 2023).

Štete koje korovi nanose usevima su značajne, pre svega u pogledu smanjenja prinosa, usled čega je potrebno redovno istraživati nove mogućnosti zaštite useva od korova. Korovske biljke su u borbi za opstanak vremenom stekle niz bioloških i ekoloških osobina, koje ih čine znatno otpornijim na nepovoljne uslove životne sredine u odnosu na useve. Oni putem brojnosti, prostornog rasporeda, boljeg iskorišćavanja hranljivih materija, dužine vegetacije i dr. stoje u direktnoj konkurenciji sa gajenom biljkom, što se odražava na prinos useva. Istraživanja pokazuju da prisustvo korova u usevu pšenice može dovesti do ozbiljnih gubitaka. Tako npr. Galon i sar. (2019) su utvrdili da zakorovljenost pšenice vrstom *Lolium multiflorum* može uzrokovati gubitak prinosa do 59%. Takođe, *Avena ludoviciana* pri gustini od 10 biljaka m<sup>-2</sup> izaziva gubitak prinosa pšenice 30-40% (Walia and Brar, 2001). Ozima pšenica je najosetljivija na konkurenciju korova u ranim fazama razvoja, tj. u jesenjem periodu, kada travni korovi mogu biti izuzetno konkurentni (Pacanovski, 2018). Moraru i sar. (2016) su utvrdili da sistem obrade zemljišta značajno utiče na stepen zakorovljenosti pšenice. Na području Srbije u usevima pšenice su prisutne brojne korovske vrste, ali najveći problem za ostvarenje visokih prinosa predstavljaju: divlji ovas (*Avena fatua*), vijušac njivski (*Bilderdykia convolvulus*), palamida njivska (*Cirsium arvense*), poponac (*Convolvulus arvensis*), ladolež (*Calystegia sepium*), lepljiva broč (*Galium aparine*), smrdelj čvorasti (*Galeopsis tetrahit*), smrdelj šareni (*Galeopsis ladanum*), mrtva kopriva crvena (*Lamium purpureum*), mrtva kopriva njivska (*Lamium amplexicaule*), engleski ljulj (*Lolium perenne*), bulka (*Papaver rhoeas*), dvornik ptičji (*Polygonum aviculare*), gorušica (*Sinapis arvensis*), čestoslavica bršljenasta (*Veronica hederifolia*), čestoslavica persijska (*Veronica persica*) i td. (Vrbničanin i Božić, 2017).

Pažljivim odabirom i ciljanom primenom raspoloživih herbicida moguće je efikasno suzbijanje korova u usevu pšenice. Pravilnim izborom herbicida ne postiže se samo dobra efikasnost, nego i racionalnost, a time i manje zagađenje životne sredine (Vrbničanin i Božić, 2017). Pored pravilnog izbora odgovarajućih herbicida potrebno je obratiti pažnju i na adekvatno vreme primene i njegovu pravilnu primenu, odnosno odabir odgovarajućih tehničkih sistema za primenu (Pajić i sar., 2019).

Herbicidi se u usevu pšenice najčešće primenjuju pomoću ratarskih prskalica. Na osnovu podataka o popisu mehanizacije iz 2012. godine postoji ukupno 138.084 ratarske prskalice (RZS, 2023). U navedeni broj uračunate su sve prskalice bez obzira na način agregatiranja za traktor i kapacitet rezervoara ratarskih prskalica koje koriste za primenu pesticida. Procentualna zastupljenosti prskalica starijih od deset godina u ukupnom broju prskalica u

Srbiji iznosi 82% (RZS, 2023). Starost poljoprivredne mehanizacije ne predstavlja problem samo u smislu nemogućnosti pravilnog izvođenja agrotehničkih mera, već u velikoj meri ugrožava bezbednost lica koja ih izvode i zagađuje životnu sredinu.

Bespilotne letelice (UAV) su se pojavile kao jedno od mogućih rešenja za primenu pesticida bez obzira na vlažnost zemljišta. UAV se najviše koriste za hemijsku zaštitu useva u Aziji i to pre svega u ratarskim usevima, gde su se pokazale kao efikasni tehnički sistemi za primenu pesticida. To je potvrđeno u eksperimentima na ratarskim usevima u različitim azijskim regionima. Sprovedeni eksperimenti su omogućili utvrđivanje operativnih parametara UAV-a koji mogu značajno uticati na njihovo korišćenje u hemijskoj zaštiti useva. Konkretno, istraženi su efekti visine i brzine leta UAV-a na distribuciju zaštitnog sredstva i to uglavnom u usevima pšenice, pamuka i pirinča (Lou et al., 2018; Qin et al., 2018; Abd Kharim et al., 2019) korišćenjem različitih tipova UAV, odnosno heksakoptera ili multirotora (Wang et al., 2017; Biglia, 2022). Takođe, ispitan je uticaj različitih normi tretiranja i veličine kapljica na usvajanje zaštitnog sredstva od strane tretiranih biljaka (Ahmad et al., 2020). Wang i sar. (2019a) su utvrdili kakav je uticaj režima letenja UAV na usvajanje zaštitnog sredstva od strane biljaka pšenice. Pouzdanost primene bespilotnih letelica u hemijskoj zaštiti ratarskih useva potvrđena je u studijama koje su se bavile ispitivanjem biološke efikasnosti pesticida primenjenih iz vazduha (Qin et al., 2016; Lou et al., 2018; Wang et al., 2019b).

Istraživanja koja su do sada urađena uglavnom su bila fokusirana na primenu insekticida i fungicida pomoću bespilotnih letelica. U manjem broju istraživanja ispitivana je efikasnost herbicida primenjenih pomoću UAV. Kumara i sar. (2022) su potvrdili da se i u slučaju primene herbicida pomoću UAV dodatkom okvašivača povećava njegova efikasnost, pri čemu je istaknuto da treba voditi računa koji se herbicidi koriste za primenu iz vazduha, zbog mogućnosti pojave fitotoksičnosti. Zhang i sar. (2018) utvrdili su da se pri primeni herbicida u pšenici nakon nicanja useva pomoću UAV, smanjuje upotreba herbicida za 37%.

Efekat odabranih tehničkih sistema za primenu pesticida (bespilotne letelice ili ratarske prskalice) na njihovu efikasnost se ispoljava pod tucajem više činilaca (veličina kapljica, distribucija kapljica, zanošenje zaštitnog sredstva, usvajanje zaštitnog sredstva). U prethodnim istraživanjima je dokazano da se primenom herbicida pomoću UAV uz dodatak okvašivača povećava njihova efikasnost (Kumara et al., 2022). Zhang i sar. (2020) su utvrdili da je primena herbicida (sa i bez okvašivača) bespilotnom letelicom efikasnija od primene leđnim prskalicama.

S obzirom da je do sada veća pažnja istraživača bila usmerena na ispitivanje mogućnosti primene insekticida i fungicida pomoću UAV, cilj istraživanja u ovom radu bio je da se obavi uporedna procena efikasnosti kombinacije herbicida tritosulfurona i forasulama (preparat Biathlon 4D) za suzbijanje korova u usevu pšenice primenom UAV i ratarske prskalice.

## MATERIJAL I METODE

Eksperiment je postavljen u Grmovcima (opština Zemun), nedaleko od Dobanovaca (44° 49'22.2" N, 20° 13' 19.2" E, nadmorska visina: 73 m) u usevu ozime pšenice. Pre setve pšenice

urađena je osnovna obrada zemljišta, na dubini od 20 cm, uz dodatak mineralnog đubriva NPK (6:24:12) u količini od 300 kg ha<sup>-1</sup>. Nakon osnovne, usledila je dopunska obrada, predsetvena priprema zemljišta i obeležavanje oglednog polja. Setva pšenice obavljena je pneumatskom sejalicom, 21.10. 2021. godine, a norma setve je bila 240 kg ha<sup>-1</sup>. Sorta pšenice je bila Sofru-RWA, dok je predusev bio kukuruz. Usev pšenice je u toku trajanja oglada tri puta prihranjen mineralnim đubrivom (I prihrana URA 250 kg ha<sup>-1</sup> – početak vlatanja; II prihrana KAN 100 kg ha<sup>-1</sup> - pre početka cvetanja; III prihrana KAN 100 kg ha<sup>-1</sup> – u cvetanju).

U ogled je bilo uključeno tri tretmana: kontrolni tretman – T1 (bez primene herbicida); tretman sa primenom herbicida bespilotnom letelicom – T2 (h<sup>1</sup> = 1 m; v<sup>1</sup> = 3 m s<sup>-1</sup>) i tretman sa primenom herbicida ratarskom prskalicom – T3 (h = 0,5 m; v = 5 m s<sup>-1</sup>). Površina elementarne parcele iznosila je 300 m<sup>2</sup>. Svi tretmani su bili zastupljeni u četiri ponavljanja. Između tretmana ostavljen je izolacioni pojas od 10 m (Wang, 2019a), kako bi se izbeglo zanošenje kapi herbicidnog rastvora na neciljanu površinu. U tretmanima T2 i T3 primenjen je preparat Biathlon 4D (tritosulfuron (714 g kg<sup>-1</sup>) + florasulam (54 g kg<sup>-1</sup>)) u količini od 0,05 kg ha<sup>-1</sup> i okvašivač ES plus u količini od 0,2 l ha<sup>-1</sup>. Norma tretiranja bespilotnom letelicom je iznosila 30 l ha<sup>-1</sup>, dok je norma tretiranja ratarskom prskalicom bila 200 l ha<sup>-1</sup>. Primena herbicida je obavljena u fazi vlatnja (BBCH 29-31), 15. 04. 2022. godine.

Tehnički sistemi za hemijsku zaštitu koji su korišćeni u ovom radu su bespilotna letelica DJI T30 (Slika 1) (Shenzhen DJI Innovation Technologi Co., Ltd., Kina) i vučena traktorska prskalica (Kubota XTS326). Ratarska prskalica je novije generacije i poseduje mogućnost varijabilne hemijske zaštite. UAV ima šest propelera i usvaja kinematičko pozicioniranje u realnom vremenu (RTK). U tabeli 1 je dat opis tehničkih karakteristika bespilotne letelice i ratarske prskalice.

**Tabela 1.** Tehničke karakteristike bespilotne letelice i ratarske prskalice

**Table 1.** Technical characteristics of Unmanned aerial vehicles and tractor-mounted boom sprayer

Osobine Characteristics	Parametri UAVa Parameters of UAV	Parametri ratarske prskalice Parameters of tractor-mounted boom sprayer
Dimenzije (mm)	2858 × 790 × 2685	/
Broj rasprskivača	16	42
Kapacitet rezervoara (l)	30	2600
Radni zahvat (m)	4 – 9 (5)	21
Tip rasprskivača	TJeet XR11001	Lechler IDKT120-05
Protok bespilotne letelice/pumpe ratarske prskalice (l min <sup>-1</sup> )	7,2 *	Klipno membranska pumpa 200
Prečnik kapljica (µm)	130-250	120
Radni pritisak (MPa)	0,5*	0,8
Vreme leta sa praznim rezervoarom(min)	20,5	/
Vreme leta sa punim rezervoarom (min)	7,8	/

\*maksimalni protok i pritisak

1 Gde je h – zadata visina leta UAV (od površine useva); v – brzina kretanja UAV i ratarske prskalice, dok je h kod ratarske prskalice visina na kojoj se nalazila grana sa rasprskivačima tokom primene herbicida.



**Slika 1.** Bespilotna letelica u radu  
**Figure 1.** Unmanned aerial vehicle in action

**Efikasnost herbicida.** Ocena efikasnosti herbicida rađena je u skladu sa EPPO metodama. Pre same primene herbicida urađeno je uzorkovanje korovskih biljaka radi utvrđivanja stanja zakorovljenosti pre primene herbicida (nulta ocena). Ocena efikasnosti je urađena 16 (I ocena) i 31 (II ocena) dan nakon primene herbicida (DNPH), vizuelno (izražena u % i opisno) i uzorkovanjem korovskih biljaka, a zatim izračunavanjem % efikasnosti na osnovu broja i sveže mase preživelih korovskih biljaka po jedinici površine. Uzorkovanje korova vršeno je pomoću drvenih ramova (površine 0,25 m<sup>2</sup>). Sve korovske biljke su pažljivo počupane iz unutrašnjeg prostora rama i razvrstane su po vrstama. Za svaku vrstu je utvrđen broj biljaka i izmerena sveža masa, a zatim su ovi podaci preračunavanjem izraženi po m<sup>2</sup>. Efikasnost ispitivanih tretmana određena je na osnovu broja jedinki korovskih vrsta i njihove sveže mase po jedinici površine.

**Meteorološki uslovi.** Na eksperimentalnim parcelama tokom primene herbicida praćeni su temperatura, vlažnost vazduha (Voltcraft DL-140TH) i brzina vetra (Testo 410i Smart Probe). Pomenuti uređaji su postavljeni na visini leta bespilotne letelice (1 m) kako bi bili usklađeni sa visinom njenog leta. Rezultati u Tabeli 2 pokazuju da su meteorološki uslovi (temperature i vlažnosti vazduha) ostali relativno stabilni tokom primene herbicida. Jačina vetra je bila u granicama dozvoljenim za primenu pesticida iz vazduha.

**Tabela 2.** Meteorološki uslovi tokom primene herbicida  
**Table 2.** Weather conditions during herbicide application

Visina leta (m) Flight height (m)	Brzina leta (m s <sup>-1</sup> ) Flight speed (m s <sup>-1</sup> )	Temperatura (°C) Temperature (°C)	Brzina vetra (m s <sup>-1</sup> ) Wind speed (m s <sup>-1</sup> )	Vlažnost vazduha (%) Relative humidity (%)
1	3	15,94±3,62	0,68±0,72	30,21±3,04

## REZULTATI I DISKUSIJA

U kontrolnom tertmanu (T1), utvrđen je najveći broj korovskih vrsta u odnosu na tretmane T2 i T3 (Tabela 3). Detektovano je ukupno 13 korovskih vrsta od kojih je najbronija bila *V. hederifolia* (126 biljaka m<sup>-2</sup>), potom slede *Consolida regalis* (20 biljaka m<sup>-2</sup>), *L. purpureum* (12 biljaka m<sup>-2</sup>), *P. rhoeas* (8 biljaka m<sup>-2</sup>) i *G. aparine* (6 biljaka m<sup>-2</sup>). Ostale korovske vrste bile su zastupljene u nešto manjem broju, odnosno <5 biljaka m<sup>-2</sup>. U prvoj i drugoj oceni, došlo je do povećanja broja određenih korovskih vrsta (*Anthemis arvensis*, *G. aparine*, *L. serriola*, *L. amplexicaule*, *L. purpureum*, *P. rhoeas*, *Senecio vernalis*, *V. hederifolia*), dok je brojnost vrsta *C. bursa-pastoris*, *S. arvensis* i *V. arvensis* ostala nepromenjena, ali je došlo do povećanja sveže mase biljaka m<sup>-2</sup>. Pri drugoj oceni u kontroli je uočena korovska vrsta *C. arvensis*, koja nije bila zastupljena u prethodnim ocenama. S obzirom na naknadno nicanje ove vrste efikasnost kombinacije tritosulfuron i florasulam za njeno suzbijanje nije mogla biti utvrđena. Osim toga, prethodna istraživanja su potvrdila neefikasnost ove kombinacije herbicida za vrstu *C. arvensis* (Mitkov i sar., 2017).

**Tabela 3.** Brojnost i sveža masa korova u kontroli (T1)

**Table 3.** Number and fresh biomass of weeds in the control (T1)

Vrsta korova Weed species	Nulta ocena Zero assesment		I ocena First assesment		II ocena Second assesment	
	Broj biljaka m <sup>-2</sup> Number of plants m <sup>-2</sup>	Sveža masa m <sup>-2</sup> Fresh weight m <sup>-2</sup>	Broj biljaka m <sup>-2</sup> Number of plants m <sup>-2</sup>	Sveža masa m <sup>-2</sup> Fresh weight m <sup>-2</sup>	Broj biljaka m <sup>-2</sup> Number of plants m <sup>-2</sup>	Sveža masa m <sup>-2</sup> Fresh weight m <sup>-2</sup>
<i>Anthemis arvensis</i>	4	5,36	12	70,68	20	169,72
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	4	3,80	4	7,12	4	10,12
<i>Consolida regalis</i>	20	67,65	20	70,04	20	75,04
<i>Convolvulus arvensis</i>	/	/	/	/	8	9,12
<i>Galium aparine</i>	6	8,25	8	11,76	8	18,22
<i>Lactuca serriola</i>	4	5,40	8	92,64	8	116,12
<i>Lamium amplexicaule</i>	4	25,32	16	87,76	16	90,20
<i>Lamium purpureum</i>	12	63,16	34	125,66	36	28,21
<i>Papaver rhoeas</i>	8	4,48	32	219,24	32	301,28
<i>Sinapis arvensis</i>	4	9,32	4	23,32	4	24,11
<i>Senecio vernalis</i>	4	16,80	18	178,12	20	205,96
<i>Veronica hederifolia</i>	126	1589,40	126	2506,52	126	2732,11
<i>Viola arvensis</i>	4	5,60	4	15,92	4	17,88

Na eksperimentalnoj parceli koja je tretirana bespilotnom letelicom (T2) utvrđeno je prisustvo 10 korovskih vrsta (Tabela 4). Najbrojnija vrsta u tretmanu T2 je bila *L. purpureum* (100 biljaka m<sup>-2</sup>), što je značajno veća brojnost nego u kontroli (T1). Potom sledi *V. hederifolia* (91 biljka m<sup>-2</sup>), dok je broj biljaka ostalih prisutnih korova bio značajno niži. Tokom prve ocene može da se primeti blagi porast brojnosti vrsta *L. purpureum* (104 biljke m<sup>-2</sup>) i *V. hederifolia* (93 biljke m<sup>-2</sup>). Nakon druge ocene broj pomenutih korovskih vrsta počinje blago da opada, ali je i dalje veći nego u kontroli (T1). Može se konstatovati da je efikasnost primenjenog herbicida za ove vrste bila niska, uprkos tome što vrsta *L. purpureum* pripada spektru delovanja korišćene kombinacije herbicida. Objašnjenje za slabu efikasnost primenjenog herbicida prema ovim vrstama jeste činjenica da su te vrste u vreme primene herbicida bile u fazi cvetanja, tj. izvan optimalne faze u kojoj se preporučuje primena herbicida. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa rezultatima do kojih su došli Mitkov i sar. (2017) kao i Yanev (2022) pri ispitivanju istog herbicida. Tokom druge ocene, odnosno mesec DNPH utvrđeno je prisustvo *C. arvensis*, koja je naknadno nikla i u kontroli. Inače, ova korovska vrsta može uzrokovati značajne ekonomske gubitke, smanjujući prinos useva. Uled konkurencije za hranljivim materijama i vodom, često dolazi do gušenja useva s obzirom na brzinu kojom se ova korovska biljka razvija. Žitarice i leguminoze su posebno osetljive na njeno prisustvo, pa gubitak prinosa može biti od 20 do 80% (Black et al., 1994).

**Tabela 4.** Brojnost i sveža masa korova u tretmanu sa bespilotnom letelicom (T2)

**Table 4.** Number and fresh biomass of weeds in the treatment with an unmanned aerial vehicle (T2)

Vrsta korova Weed species	Nulta ocena Zero assesment		I ocena First assesment		II ocena Second assesment	
	Broj biljaka m <sup>-2</sup> Number of plants m <sup>-2</sup>	Sveža masa m <sup>-2</sup> Fresh weight m <sup>-2</sup>	Broj biljaka m <sup>-2</sup> Number of plants m <sup>-2</sup>	Sveža masa m <sup>-2</sup> Fresh weight m <sup>-2</sup>	Broj biljaka m <sup>-2</sup> Number of plants m <sup>-2</sup>	Sveža masa m <sup>-2</sup> Fresh weight m <sup>-2</sup>
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	4	3,11	/	/	/	/
<i>Convolvulus arvensis</i>	/	/	/	/	4	10,20
<i>Lactuca serriola</i>	4	5,00	/	/	/	/
<i>Lamium amplexicaule</i>	4	29,36	/	/	/	/
<i>Lamium purpureum</i>	100	269,04	104	297,36	80	132,56
<i>Papaver rhoeas</i>	4	2,18	/	/	/	/
<i>Senecio vernalis</i>	4	7,52	/	/	/	/
<i>Sinapis arvensis</i>	8	54,60	1	6,47	/	/
<i>Veronica hederifolia</i>	91	578,29	93	1731,56	52	140,44
<i>Viola arvensis</i>	2	2,56	/	/	/	/

U tretmanu sa ratarskom prskalicom (T3) pojavilo se ukupno 12 korovskih vrsta (Tabela 5). Osim vrsta prisutnih u tretmanu T2 utvrđeno je prisustvo još dve korovske vrste: *A. arvensis* i *C. regalis*. Kao i u ostalim tretmanima u I oceni je uočena vrsta *C. arvensis*, koja je nikla nakon primene herbicida. Najzastupljenija korovska vrsta u tretmanu T3 je *V. hederifolia* (112 biljaka m<sup>-2</sup>) i njena brojnost počinje da opada nakon prve ocene, odnosno bila je značajno smanjena mesec DNPH (66 biljaka m<sup>-2</sup>). Druga najzastupljenija korovska vrsta u tretmanu T3 je *L. purpureum* (28 biljaka m<sup>-2</sup>), s tim da se broj ove korovske vrste povećao u prvoj i drugoj oceni (36 biljaka m<sup>-2</sup>). Takođe, sa nešto većom brojnošću je bila zastupljena i *C. regalis* (16 biljaka m<sup>-2</sup>), čija brojnost se povećala pri prvoj (20 biljaka m<sup>-2</sup>) i drugoj (24 biljke m<sup>-2</sup>) oceni. Međutim, to nije slučaj i u kontroli, gde je došlo do stagnacije broja biljaka ove vrste po jedinici površine (20 biljaka m<sup>-2</sup>). Slična situacija je uočena i za vrstu *A. arvensis*, gde je broj biljaka nakon primene herbicida ostao nepromenjen, što ukazuje da ovaj herbicid nije efikasan u suzbijanju ove korovske vrste. Ostale vrste su bile zastupljene u znatno manjem broju i nakon prve ili druge ocene nisu bile prisutne u tretmanu sa ratarskom prskalicom, tj. herbicid je doveo do njihovog potpunog propadanja.

**Tabela 5.** Brojnost i sveža masa korova u tretmanu sa ratarskom prskalicom (T3)

**Table 5.** Number and fresh biomass of weeds in the treatment with a tractor-mounted boom sprayer (T3)

Vrsta korova Weed species	Nulta ocena Zero assesment		I ocena First assesment		II ocena Second assesment	
	Broj biljaka m <sup>-2</sup> Number of plants m <sup>-2</sup>	Sveža masa m <sup>-2</sup> Fresh weight m <sup>-2</sup>	Broj biljaka m <sup>-2</sup> Number of plants m <sup>-2</sup>	Sveža masa m <sup>-2</sup> Fresh weight m <sup>-2</sup>	Broj biljaka m <sup>-2</sup> Number of plants m <sup>-2</sup>	Sveža masa m <sup>-2</sup> Fresh weight m <sup>-2</sup>
<i>Anthemis arvensis</i>	10	8,56	12	66,36	16	48,52
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	4	3,13	2	2,40	/	/
<i>Consolida regalis</i>	16	54,12	20	72,04	24	66,08
<i>Convolvulus arvensis</i>	/	/	4	5,60	4	9,80
<i>Lactuca serriola</i>	4	5,00	4	9,80	2	6,40
<i>Lamium amplexicaule</i>	4	28,32	/	/	/	/
<i>Lamium purpureum</i>	28	119,04	36	204,36	36	111,76
<i>Papaver rhoeas</i>	8	4,18	/	/	/	/
<i>Sinapis arvensis</i>	8	51,60	/	/	/	/
<i>Senecio vernalis</i>	4	12,80	4	12,56	/	/
<i>Veronica hederifolia</i>	112	535,00	112	2156,36	66	585,00
<i>Viola arvensis</i>	4	5,96	1	0,49	1	1,12

Poređenjem tretmana T2 i T3 može se uočiti da je brojnost korovskih biljaka *L. purpureum* i *V. hederifolia* visoka u oba tretmana. Razlika je u tome što je nakon druge ocene u tretmanu

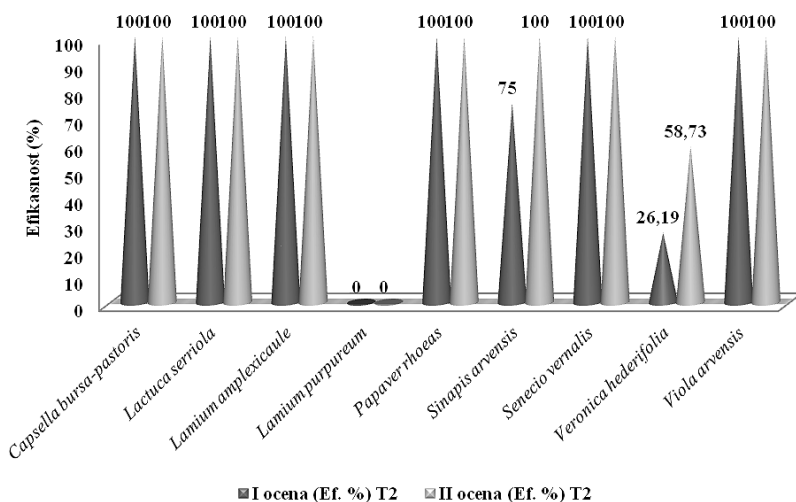


T2 broj biljaka vrste *L. purpureum* opao, a u tretmanu T3 se povećao. Uočene razlike između tretmana mogu se dovesti u vezu sa načinom primene herbicida (UAV ili ratarska prskalica), sa čime su se složili Chenten i sar. (2019) koji ukazuju da posebnu pažnju treba obratiti na odabir tehničkih sistema za primenu pesticida. Ono što je zajedničko za oba tretmana jeste prisustvo korovske vrste *V. hederifolia* u velikoj brojnosti, koja je ispoljila slabu osetljivost na primenjeni herbicid.

Grafici 1 i 3 prikazuju efikasnost herbicida primenjenog bespilotnom letelicom na osnovu broja biljaka i sveže mase. Korovske vrste koje su bile prisutne u kontroli, a do njihove pojave nije došlo u tretmanu T2 su: *A. arvensis*, *C. regalis*, *G. aparine*. Na grafiku 1 može se uočiti da je efikasnost primenjenog herbicida bila najlošija za korovsku vrstu *L. purpureum* (Ef. = 0%). Loša efikasnost herbicida za korovsku vrstu *L. purpureum* može da se pripíše kasnoj primeni herbicida za ovu vrstu (u vreme primene bila je u fazi cvetanja), što su potvrdili i Mitkov i sar. (2017), kada su utvrdili da preparat Biathlon 4D ima nešto lošije dejstvo na navedenu korovsku vrstu. Slične rezultate su dobili Wyszumek i Ciesielska (2012), kao i Rouag i sar. (2015). Yanev (2022) je ispitivao efikasnost različitih herbicida na korove i došao do zaključka da Biathlon 4D ima značajno nižu efikasnost za *L. purpureum* u odnosu na ostale ispitivane herbicide (1. Quelex (104,232 g kg<sup>-1</sup> halauksifen-metil + 100 g kg<sup>-1</sup> florasulam) – 37,5 g ha<sup>-1</sup> + Trend 90 (90% etoksilat-izodecil alkohol + 10% vode) – 0,1%; 2. Quelex – 50 g ha<sup>-1</sup> + Trend 90 – 0,1%; 3. Quelex – 37,5 g ha<sup>-1</sup> + Aminopielik 600 SL (600 g l<sup>-1</sup> 2,4 D) – 0,4 l ha<sup>-1</sup>; 4. Quelex + Aminopielik 600 SL – 50 g ha<sup>-1</sup> + 0,4 l ha<sup>-1</sup>; 5. Quelex – 37,5 g ha<sup>-1</sup> + Mustang 306,25 SC (6,25 g l<sup>-1</sup> florasulam + 300 g l<sup>-1</sup> 2,4 D) – 0,3 l ha<sup>-1</sup>; 6. Derby Super One (150 g kg<sup>-1</sup> florasulam + 300 g kg<sup>-1</sup> aminopiralid) – 33 g ha<sup>-1</sup> + Trend 90 – 0,1%; 7. Mustang 306,25 SC – 0,6 l ha<sup>-1</sup>; 8. Sekator OD (25 g l<sup>-1</sup> jodosulfuron-metil-natrijum + 100 g l<sup>-1</sup> amidosulfuron + 250 g l<sup>-1</sup> mfenpir-dietil) – 1,25 l ha<sup>-1</sup>; 9. Sekator OD – 1,50 l ha<sup>-1</sup>). Naime, izvesno smanjenje brojnosti ove vrste je uočeno tek 60 DNPH Biathlon 4D, kao što je bio slučaj i u našem ispitivanju. Iako je efikasnost primenjenog herbicida pri drugoj oceni bila veća nego pri prvoj, njegova efikasnost za vrstu *V. hederifolia* i dalje nije bila zadovoljavajuća. Takođe, Mitkov i sar. (2017) navode da Biatlon 4D nije bio dovoljno efikasan za korovsku vrstu *V. hederifolia*. Njegova efikasnost se povećala (75%) tek pri većoj količini primene (0,14 kg ha<sup>-1</sup>) u slučaju kada je primenjen u fenofazi vlatanja pšenice (Mitkov et al., 2017).

Efikasnost primenjenog herbicida u odnosu na broj prisutnih korovskih vrsta za tretman sa ratarskom prskalicom prikazana je na grafiku 2. Može se uočiti da je efikasnost herbicida u tretmanu T3 najniža za korovsku vrstu *A. arvensis* (druga ocena – Ef. = 20%). Takođe, efikasnost za korovske vrste *C. regalis* i *L. purpureum* je 0%, čak se broj biljaka za pomenute vrste nakon prve i druge ocene povećao. Visoka efikasnost primenjenog herbicida je utvrđena za vrste *C. bursa-pastoris*, *L. amplexicaule*, *P. rhoeas*, *S. arvensis*, *S. vernalis* (Ef. = 100%). Nešto niža efikasnot (Ef. = 75%) je utvrđena za vrstu *V. arvensis*.

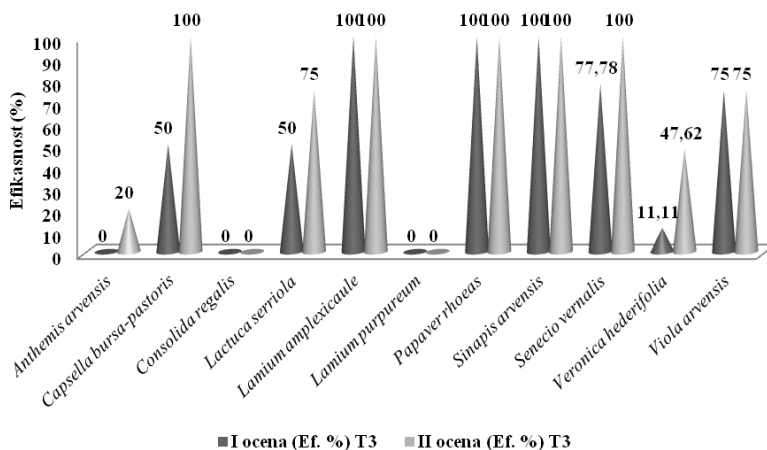
Poređenjem efikasnosti tretmana T2 i T3 za iste korovske vrste može se zaključiti da je efikasnost herbicida primenjenog bespilotnom letelicom pri prvoj oceni za korovske vrste *C. bursa-pastoris*, *L. serriola*, *S. arvensis*, *V. hederifolia* i *V. arvensis* je značajno bolja u odnosu na efikasnost istog herbicida primenjenog ratarskom prskalicom. U oba tremana efikasnost



**Grafik 1.** Efikasnost herbicida na osnovu brojnosti korova u tretmanu sa bespilotnom letelicom  
**Figure 1.** Herbicide efficacy based on the number of weeds in an unmanned aerial vehicle treatment

primenjenih herbicida je potpuno izostala (Ef. = 0%) za korovsku vrstu *L. purpureum*, što može da se prepíše samom herbicide, ali i fenofazi razvoja biljaka ove vrste u vreme njegove primene, dok uticaj mašina nema značajanog efekta.

Iz grafika 3 može da se primeti da je na osnovu parametra sveža masa efikasnost herbicida za većinu prisutnih korovskih vrsta bila visoka, odnosno Ef. = 100%. Pri prvoj oceni efikasnost je bila niža za korovsku vrstu *S. arvensis* (Ef. = 72,26%), ali se pri drugoj oceni povećala na 100%. Efikasnost herbicida na osnovu sveže mase za vrstu *V. hederifolia* bila je nešto bolja

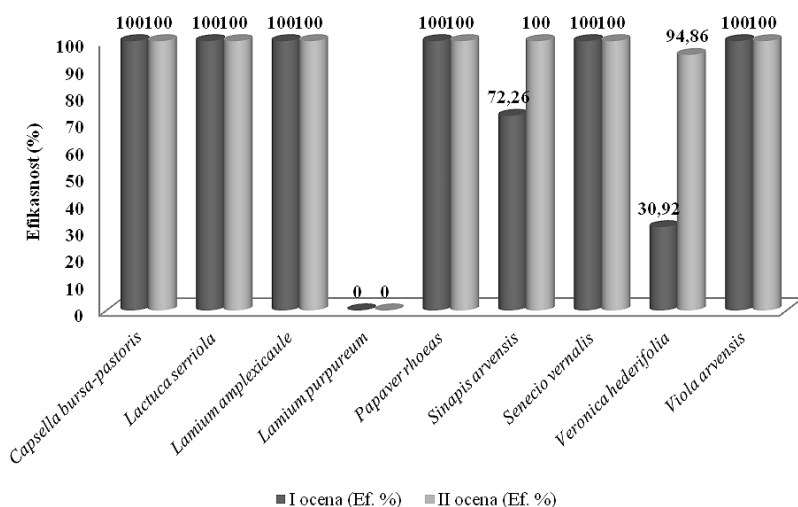


**Grafik 2.** Efikasnost herbicida na osnovu brojnosti korova u tretmanu sa ratarskom prskalicom  
**Figure 2.** Herbicide efficacy based on the number of weeds in the field sprayer treatment

nego na osnovu broja biljaka, gde se efikasnost pri drugoj oceni značajno povećala (Ef. = 94,86%). Međutim, za vrstu *L. purpureum* primenjeni herbicid je bio neefikasan i na osnovu sveže mase biljaka (Ef. = 0%). Kao što je već navedeno loša efikasnost za navedenu vrstu može se pripisati i samom herbicidu, ali i poodmakloj fazi razvoja korovske vrste što je zabeleženo pri vizualnoj oceni. Sve ostale prisutne korovske vrste su uspešno suzbijene, što pokazuje da primena bespilotne letelice ima značajnu tendenciju primene u suzbijanju korova u pšenici uz evidentno smanjenje utroška vode i vremena rada po jedinici površine.

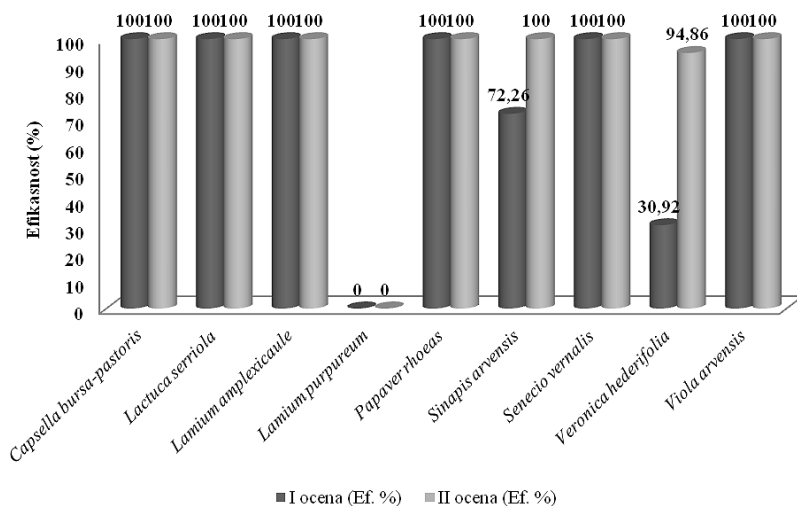
Efikasnost herbicida primenjenog ratarskom prskalicom na osnovu sveže mase korovskih biljaka prikazana je na grafiku 4. Slična situacija je kao i kod efikasnosti na osnovu broja korovskih biljaka prikazana u tabeli 5. Efikasnost izostaje kod vrsta *C. regalis* i *L. purpureum* (Ef. = 0%). Niska efikasnost pri prvoj oceni zabeležena je za korovske vrste *A. arvensis* (Ef. = 6,11%) i *V. hederifolia* (Ef. = 13,97%), dok se pri drugoj oceni značajno povećala (*A. arvensis*- Ef. = 71,41%; *V. hederifolia*- Ef. = 78,59%). Za korovske vrste *L. amplexicaule*, *P. rhoeas* i *S. arvensis* u tretmanu sa ratarskom prskalicom utvrđena je najbolja efikasnost (Ef. = 100% pri prvoj i drugoj oceni).

Efikasnost herbicida primenjenog pomoću različitih tehničkih sistema (UAV i ratarskom prskalicom) u odnosu na svežu masu korovskih biljaka pri drugoj oceni je bila ista za pojedine vrste (*C. bursa-pastoris*, *L. amplexicaule*, *L. purpureum*, *P. rhoeas*, *S. arvensis*, *S. vernalis*), pri čemu je u oba slučaja najbolja efikasnost (Ef. = 100%) utvrđena za vrste *L. amplexicaule* i *P. rhoeas*. Efikasnost pri primeni ratarskom prskalicom je bila niža (Ef. = 79,59%) za vrstu *V. hederifolia* u odnosu na primenu pomoću UAV (Ef. = 94,86%). Razlike u efikasnosti mogu se dovesti u vezi sa samim herbicidom, ali i sa karakteristikama mašine kojom se herbicid primenjuje. Stoga su neophodna dalja ispitivanja kako bi se utvrdilo da li na efikasnost herbicida utiču rasprskivači ili sam proces rada mašine kojom se primenjuje.



**Grafik 3.** Efikasnost herbicida na osnovu sveže mase korova u tretmanu sa bespilotnom letelicom

**Figure 3.** Herbicide efficacy based on the fresh biomass of weeds in the unmanned aerial vehicle treatment



**Grafik 4.** Efikasnost herbicida na osnovu sveže mase korova u tretmanu sa ratarskom prskalicom  
**Figure 4.** Efficacy of herbicides based on fresh weed biomass in the field sprayer treatment

## ZAKLJUČAK

Kombinacija herbicida tritosulfuron i florasulam (Biathlon 4D) je ispoljila visoku efikasnost za više širokolisnih korovskih vrsta prisutnih u usevu pšenice, pri čemu se nivo efikasnosti za pojedine vrste razlikovao u zavisnosti od tehničkog sistema koji je korišćen za primenu (UAV ili ratarska prskalica). Tehnički parametri UAVa poput brzine leta i visine leta podešeni su na osnovu dosadašnjih istraživanja i pokazali su se kao odgovarajući za primenjeni herbicid. Herbicid primenjen pomoću UAV i ratarske prskalice ispoljio je visoku efikasnost za većinu korovskih vrsta, koje su bile zastupljene na eksperimentalnoj parceli. Međutim, primenjeni herbicid nije ispoljio delovanje na vrstu *L. purpureum* (Ef. = 0%, u odnosu na brojnost i svežu masu biljaka) u slučaju primene oba tehnička sistema. Razlog loše efikasnosti primenjenog herbicida za ovu vrstu može se pripisati herbicidu, za koji je ustanovljeno da ima nešto lošiju efikasnost za pomenutu korovsku vrstu, ali i tome da je ova vrsta u vreme primene herbicida bila u fazi cvetanja i da je njen broj bio značajno veći u tretmanu sa UAV (T2) u odnosu na kontrolu (T1). Primena herbicida pomoću UAV obezbedila je veću efikasnost herbicida u odnosu na primenu ratarskom prskalicom za određene korovske vrste (*L. serriola*, *V. hederifolia*, *V. arvensis*), što ukazuje na potrebu daljeg ispitivanja UAV sistema i njegovog uticaja na efikasnost herbicida. Srbija je trenutno na početku primene bespilotnih letelica u primeni herbicida, što ostavlja dosta prostora za dalje ispitivanje i usavršavanje načina primene. U narednim istraživanjima potrebno je sagledati i ostale značajne aspekte opravdanosti njihove primene, među kojima su: kvalitet hemijske zaštite, ekonomska isplativost, radna i energetska efikasnost mašine, uticaj na životnu sredinu i čoveka.

## ZAHVALNICA

Istraživanja u ovom radu realizovana su na osnovu ugovora o realizaciji i finansiranju naučno-istraživačkog rada NIO, evidencioni broj: 451-03-47/2023-01/200116.

## LITERATURA

- Abd Kharim, M. N., Wayayok, A., Shariff, R. M., Abdullah, A. F., Husin, E. M.:** Droplet deposition density of organic liquid fertilizer at low altitude UAV aerial spraying in rice cultivation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 167, 2019.
- Biglia, A., Grella, M., Bloise, N., Comba, L., Mozzanini, E., Sopegno, A., Pittarello, M., Dicembrini, E., Eloi Alcatrão, L., Guglieri, G., Balsari, P., Ricauda Aimonino, D., Gay, P.:** UAV-spray application in vineyards: Flight modes and spray system adjustment effects on canopy deposit, coverage, and off-target losses. *Science of The Total Environment*, 845, 2022.
- Black, I., Matic, R., Dyson, C.:** Competitive effects of field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) in wheat, barley and field peas. *Plant Protection Quarterly*, 9, 12-14, 1994.
- Galon, L., Basso, F. J. M., Chechi, L., Pilla, T. P., Santin, C. O., Bagnara, M. A. M., Franceschetti, M. B., Castoldi, C. T., Perin, G. F., Forte, C. T.:** Weed interference period and economic threshold level of ryegrass in wheat. *Bragantia*, 78 (3), 409-422, 2019. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20180426>
- Kumara, S., Singh, M., Singh, S. K., Bhullar, M. S.:** Droplet Distribution and Weed Control Efficacy of Unmanned Aerial Vehicle Sprayer in Wheat Crop. *Journal of Agricultural Engineering*, 59, 126-136, 2022.
- Lou, Z., Xin, F., Han, X., Lan, Y., Duan, T., Fu, W.:** Effect of Unmanned Aerial Vehicle Flight Height on Droplet Distribution, Drift and Control of Cotton Aphids and Spider Mites. *Agronomy*, 8, 187, 2018. <https://doi.org/10.3390/agronomy8090187>
- Mitkov, A., Neshev, N., Yanev, M., Tonev, T.:** Efficacy and selectivity of herbicides for broadleaf weeds control at winter wheat (*Triticum aestivum* L.). 52. Hrvatski i 12. Međunarodni simpozij agronoma, Hrvatska, 2017.
- Moraru, I. P., Rusu, T., Bogdan, I., Lech, W. S., Pop, A. L.:** Effects of soil tillage system on yield and weeding level in wheat crop. *Acta herbologica*, 25 (2), 81-91, 2016. <https://doi.org/10.5937/ActaHerb1602081M>
- Pacanoski, Z.:** Efficacy of PRE-EM herbicides in grass weed control in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta herbologica*, 27, 21-33, 2018.
- Pajić, M., Oparnica, S., Oljača, M., Gligorević, K., Dražić, M., Zlatanović, I., Bošković, B.:** Mapiranje tretmana hemijske zaštite u proizvodnji ječma korišćenjem tehnika precizne poljoprivrede. *Poljoprivredna tehnika*, 44, 47-55, 2019.
- Pena, R. J.:** Current and future trends of wheat quality needs. Wheat production in stressed environments. In the Proceedings of the 7<sup>th</sup> International wheat conference, Argentina, pp. 411-424, 2007
- Qin, W. C., Qiu, B. J., Xue, X. Y., Chen, C., Xu, Z. F., Zhou, Q.:** Droplet deposition and control effect of insecticides sprayed with an unmanned aerial vehicle against plant hoppers. *Crop Protection*, 85, 79-88, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.03.018>.
- Qin, W. C., Xue, X. Y., Zhang, S. M., Gu, W., Wang, B. K.:** Droplet deposition and efficiency of fungicides sprayed with small UAV against wheat powdery mildew. *International Journal of Agriculture and Biological Engineering*, 11 (2), 27-32, 2018.
- RZS.** <https://www.rzs.rs.ba/>, preuzeto 29.03.2023.
- Vrbničanin, S., Božić, D.:** Korovi useva pšenice i mogućnosti njihovog suzbijanja. *Biljni lekar*, 44, 547-570, 2017.
- Walia, U. S., Brar, L. S.:** Competitive ability of wild oats (*Avena ludoviciana* Dur.) and broad leaf weeds with wheat in relation to crop density and nitrogen levels. *Indian Journal of Weed Science*, 33, 120-123, 2001.

- Wang, G., Lan, Y., Yuan, H., Qi, H., Chen, P., Ouyang, F., Han, Y.: Comparison of spray deposition, control efficacy on wheat aphids and working efficiency in the wheat field of the unmanned aerial vehicle with boom sprayer and two conventional knapsack sprayers. *Applied Sciences*, 9, 2019a.
- Wang, G., Lan, Y., Qi, H., Chen, P., Hewitt, A., Han, Y.: Field evaluation of an unmanned aerial vehicle (UAV) sprayer: Effect of spray volume on deposition and the control of pests and disease in wheat. *Pest Management Science*, 75, 1546-1555, 2019b.
- Wang, S., Song, J., He, X., Song, L., Wang, X., Wang, C., Wang, Z., Ling, Y.: Performances evaluation of four typical unmanned aerial vehicles used for pesticide application in China. *Journal of Agriculture and Biological Engineering*, 10, 22-31, 2017.
- Wysmuck, A., Ciesielska, A.: The efficacy of new herbicide BAS 812 00 H (tritosulfuron+florasulam) in winter cereals. *Progress in Plant Protection*, 52 (4), 2012.
- Yanev, M.: Herbicidal weed control in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LXV (1), 613-624, 2022. <https://agronomyjournal.usamv.ro/>
- Zhang, K., Chen, J., Wang, C., Han, L., Shang, Z., Wang, G., Wang, M., Deng, X., Zhang, Y., Wang, X., Li, P., Wei, Y., Wang, J., Xu, X., Lan, Y., Guo, R.: Evaluation of herbicides aerially applied from a small unmanned aerial vehicle over wheat field. *International Journal of Precision Agricultural Aviation*, 1, 49-53, 2018.
- Zhang, X. Q., Song, X. P., Liang, Y. J., Qin, Z. Q., Zhang, B. Q., Wei, J. J., Li, Y. R., Wu, J.M.: Effects of Spray Parameters of Drone on the Droplet Deposition in Sugarcane Canopy. *Sugar Tech*, 22, 583-588, 2020.

## Application of the herbicide combination tritosulfuron and florasulam by an unmanned aerial vehicle in the winter wheat

### SUMMARY

Wheat is one of the most important agricultural crops used in human nutrition worldwide. Depending on the level of weediness, weedy plants can lead to significant yield losses, which according to some estimates can reach up to 10% worldwide. Unmanned aerial vehicles (UAVs) are widely used in chemical crop protection, but so far the effectiveness of herbicides applied by UAVs has not been sufficiently studied. The aim of this work was to investigate the possibility of using UAVs in the application of the herbicide combination tritosulfuron and florasulam in the protection of winter wheat from weeds. Efficacy of the abovementioned combination of herbicides was tested in the case of application of a low volume of treatment by UAV, as well as by means of a field sprayer.

Combination of herbicides tritosulfuron and florasulam applied by an UAV (volume rate 30 l ha<sup>-1</sup>) showed high efficiency in controlling the weed species *Capsella bursa-pastoris*, *Lactuca serriola*, *Sinapis arvensis* and *Viola arvensis*, while the efficiency of the same combination was lower in the case of application with a field sprayer. Based on the results of the experiment, which indicated good efficacy of the tested herbicide mixture, we can conclude that from the aspect of successful protection of winter wheat from weeds, the use of UAV is fully justified.

**Keywords:** unmanned aerial vehicle, weeds, herbicides, chemical protection, wheat