

Uticaj surfaktanata na efikasnost zajedničke primene kletodima i glifosata u suzbijanju *Abutilon theophrasti* Medik. i *Chenopodium album* L.

Sofija Petrović¹, Isidor Čeperković¹, Greg Kruger²

¹ Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd, Srbija

² Univeristy of Nebraska – Lincoln, North Platte, NE, USA
e-mail: sofija94petrovic@gmail.com

REZIME

Širokolisni korovi *Abutilon theophrasti* Medik. i *Chenopodium album* L. predstavljaju veliki problem u soji tolerantnoj na glifosat, na području SAD. Zajedničkom primenom različitih kompatibilnih herbicida postiže se bolja efikasnost, proširuje se spektar delovanja i smanjuju troškovi suzbijanja korova. U ovom radu bilo je više ciljeva i to: (1) mogućnost suzbijanja korovskih vrsta *A. theophrasti* i *C. album* pri zajedničkoj primeni kletodima i glifosata, (2) uticaj surfaktanata na efikasnost ispitivanih herbicida i (3) da li pri zajedničkoj primeni ovih herbicida dolazi do ispoljavanja sinergističkog i/ili antagonističkog delovanja pri suzbijanju *A. theophrasti* i *C. album*.

Istraživanje je obuhvatilo 29 tretmana. Tretmani su uključivali glifosat formulisan bez surfaktanata (Touchdown HiTech), kletodim (SelectMax) takođe bez surfaktanta, glifosat formulisan sa surfaktantom (Roundup PowerMax) kao i formulacije oba herbicida bez surfaktanata kojima su, u rezervoaru prskalice, dodavani sledeći surfaktanti: ATPlus DRT-EPS 0,25% v.v⁻¹, ATPlus DRT 6000 0,25% v.v⁻¹ i 0,5% v.v⁻¹, Tween 20 0,25% v.v⁻¹, Tween 22 0,5% v.v⁻¹, Tween L5-15 0,5% v.v⁻¹, Tween L10-10 0,5% v.v⁻¹ i Tween L15-5% v.v⁻¹. Ogljed je dizajniran po potpunom slučajnom blok sistemu u pet ponavljanja i ponovljen je dva puta.

Efekti ispitivanih tretmana na *A. theophrasti* pokazali su da nije došlo do značajnih interakcija u većini tretmana. Tretman u kome je primenjen kletodim sa surfaktantom ATPlus DRT 6000 ispoljio je sinergističko delovanje, a sa Tween L10-10 i Tween L15-5 surfaktantima ispoljeno je antagonističko biološko delovanje ka *A. theophrasti*. U tretmanima sa glifosatom formulisanim bez surfaktanta (Touchdown HiTech) konstatovane su dve antagonističke reakcije i to kada su ovoj formulaciji dodati Tween 22 i Tween L5-15 surfaktanti. U biološkom delovanju na *C. album* potvrđeno je da surfaktanti nisu imali uticaja na aktivnost kletodima. Međutim, kada su surfaktanti dodati tretmanima sa glifosatom, utvrđen je sinergizam. To je potvrdio i tretman sa glifosatom formulisanim sa surfaktantima. U zajedničkoj primeni glifosata i kletodima sa

surfaktantima takođe je potvrđeno sinergističko delovanje, osim u tretmanu sa surfaktantom ATPplus DRT-EPS.

Cljučne reči: *Abutilon theophrasti*, *Chenopodium album*, kletodim, glifosat, surfaktanti, zajednička primena, antagonizam, sinergizam.

UVOD

Ograničen spektar delovanja herbicida na određene korovske vrste zahteva upotrebu više različitih herbicida. Primena herbicida sa različitim mehanizmima i spektrom delovanja je poželjna radi: suzbijanja širokolisnih, uskolisnih, jednogodišnjih i višegodišnjih korova u isto vreme, smanjenja troškova suzbijanja korova, pojeftinjenja biljne proizvodnje i usporavanja razvoja rezistentnosti korova na herbicide. Međutim, herbicidi primenjeni zajedno mogu drugačije da se ponašaju nego pri samostalnoj primeni u smislu da dovedu do sinergističkog, antagonističkog ili aditivnog efekta. Dosadašnja istraživanja su potvrdila da je pojava antagonizma između herbicida četiri puta učestalija pojava od sinergizma. Takođe, antagonizam kao oblik interakcije između herbicida je izraženiji kod vrsta koje pripadaju familijama *Poaceae*, *Fabaceae* i *Asteraceae* nego kod predstavnika familija *Convolvulaceae* ili *Chenopodiaceae* (Zhang et al., 1995). Dokazano je da je učestalost pojave antagonizma kod monokotila oko četiri puta veća nego kod dikotila. Za ovu pojavu mogu biti odgovorne morfološke, fiziološke, biohemijske i genetičke razlike između vrsta koje pripadaju različitim familijama (Dalmatas, 2014).

Abutilon theophrasti Medik. je jednogodišnja vrsta iz familije *Malvaceae*. Sa Dalekog istoka uneta je u XVIII veku u Severnu Ameriku kao potencijalna tekstilna biljka, međutim ubrzo se počela ponašati kao korov. Veoma je jak kompetitor za životni prostor i prirodne resurse, naročito svetlost (Vrbničanin i sar., 2017). S obzirom da je terofita (T4) razmnožava se i nepovoljan period godine preživljava u obliku semena (Vrbničanin i Božić, 2017). Može da proizvede 17000 semena po biljci (Warwick and Black, 1988). To je kasnoprolećna vrsta, klija i niče aprila-maja meseca, kada se seme nađe na dubini od 10-13 cm (optimalno 1-7 cm), pri optimalnoj temperaturi zemljišta 16-20°C (Vrbničanin i Božić, 2017). Može da klija i ranije u proleće, jer joj je minimum za klijanje oko 8°C (Leon et al., 2004). Reakcije populacija *A. theophrasti* na svetlost, toplotu, vodu, hranljive materije i sadržaj CO₂ u vazduhu ukazuju da ova vrsta ima široku ekološku amplitudu u poređenju sa mnogim drugim korovskim vrstama (Warwick and Black, 1988). Listovi *A. theophrasti* su prekriveni gustim dlakama koje povećavaju površinu koja dolazi u kontakt sa herbicidima, odnosno smanjuju količinu herbicida koja dolazi u kontakt sa površinom lista (Warwick and Black, 1988; Vranješ i sar., 2016). *A. theophrasti* je ekonomski značajna korovska vrsta koja se javlja na obradivim površinama širom sveta (Westerman et al., 2012). Pored okopavina (kukuruz, suncokret, soja, šećerna repa) to je čest korov povrtnjaka, međurednog prostora voćnjaka, a kada se javi na novom području prvo kolonizuje ruderalna staništa (Warwick and Black, 1988). Spencer (1984) je ukazao na velike gubitke u prinosu mnogih okopavina (kukuruz, soja, sirak, pamuk) na

području SAD-a usled visoke zakorovljenosti vrstom *A. theophrasti* i procenio da su troškovi za njeno suzbijanje iznosili oko 343 miliona dolara. Takođe, u brojnim prethodnim istraživanjima (Sterling and Putnam, 1987; Lindquist et al., 1996; Lindquist and Mortensen, 1998) su potvrđeni značajni gubici u usevu kukuruza usled zakorovljenosti Teofrastovom lipicom. Osim toga *A. theophrasti* ima alelopatski uticaj na klijanje semena i izduživanje klijanaca drugih biljaka (Galzina et al., 2011). Negativno alelopatsko delovanje *A. theophrasti* je potvrđeno i prema biljkama kukuruza i soje (Gressel and Holm, 1964).

Chenopodium album L. pripada familiji *Amaranthaceae*. Vodi poreklo iz Evrope, a danas je kosmopolit i javlja se na svim kontinentima, naročito u umerenom klimatu (DiTomaso and Healy", 2007; Bryson and DeFelice, 2010). To je takođe jednogodišnja vrsta koja se razmnožava semenom. Jedna biljka proizvede 3000–20000 semena (maksimalno 70000). Optimalna dubina sa koje seme uspešno klija je 2–2,5 cm, odnosno maksimalna 5 cm (Korsmo et al., 1981). Biljka je pokrivena beličastom, brašnastom, voštanom prevlakom. Smatra se da voštana prevlaka na listovima predstavlja barijeru za usvajanje herbicida (Burghardt et al., 2006; Vranješ i sar., 2016, 2017). *C. album* je jedna od pet najrasprostranjenijih korovskih vrsta u svetu. Može se naći na oranicama, pašnjacima, u povrtnjacima, vinogradima, voćnjacima, ali i na ruderalnim staništima. Sreće se na različitim tipovima zemljišta, a najbolje se razvija na zemljištima bogatim kalcijumom (DiTomaso and Healy, 2007). Izaziva značajne gubitke prinosa u svim usevima u kojima je prisutna, a u usevu kukurza oni mogu dostići do 70% (Sarabi et al., 2012). Jako alelopatsko delovanje ove vrste može smanjiti klijavost i rast drugih vrsta (Jafari et al., 2007).

Kletodim spada u grupu cikloheksandiona (DIM-ovi). Mehanizam delovanja kletodima je inhibicija enzima acetil-KoA karboksilaze (WSSA, 2014), koji je odgovoran za biosintezu lipida. Sprečavanjem sinteze lipida onemogućava se formiranje novih ćelijskih membrana nakon deobe ćelija u meristemskim tkivima, usled čega nema daljeg rasta i to vodi do propadanja biljaka. Kletodim se koristi kao post-em herbicid za suzbijanje jednogodišnjih i višegodišnjih travnih korova u usevima: soje, suncokreta, pamuka, lana, šećerne repe, krompira, lucerke, graška, tikava, paradajza, paprike, luka, kupusa, mrkve itd. Usvaja se listom veoma brzo. U biljkama se translocira ksilemom i floemom. Nakuplja se u korenovom sistemu i meristemskim tkivima u kojima ispoljava delovanje. Simptomi delovanja kletodima su nekroza, pojava crvenkasto-ljubičaste boje na listovima, prestanak rasta nadzemnog izdanka i korena. Nekroza počinje u interkalarnim meristemima, a zatim zahvata celu biljku (Wenger and Niderman, 2007). U zemljištu nije postojan, slabo se vezuje za čestice zemljišta i može se ispirati u dublje slojeve zemljišta.

Glifosat je neselektivni i sistemski herbicid. Inhibitor je enzima 5-enolpiruvilšikimat-3-fosfat sintetaze (EPSPS). Pripada hemijskoj grupi derivata glicina. Koristi se za suzbijanje jednogodišnjih i višegodišnjih, uskolisnih i širokolisnih korova na poljoprivrednim i nepoljoprivrednim površinama (WSSA, 2014). Glifosat je post-em herbicid i apsorbuje se preko listova, a zatim translocira kroz celu biljku. U biljkama inhibira biosintezu aromatičnih aminokiselina. Hemijska degradacija glifosata u zemljištu je slabo zastupljena, a glavni degradacioni procesi odvijaju se pod uticajem mikroorganizama (Dick and Quin, 1995). Simptomi delovanja su

hloroza i nekroza listova što vodi ka potpunom sušenju i propadanju biljaka. Prvo se javlja hloroza na mladom lišću u tačkama rasta (WSSA, 2014).

U literaturi postoji dosta podataka o ulozi surfaktanata u ispoljavanju efikasnosti herbicida (Tan and Crabtree, 1994; Devendra et al., 2004; Ramírez-Duarte et al., 2005), međutim, nema podataka o uticaju surfaktanata pri zajedničkoj primeni dva herbicida na ishod interakcije koja može biti sinergistička, antagonistička ili aditivna. S obzirom na probleme vezane za veliku brojnost *A. theophrasti* i *C. album* na oranicama SAD-a i dominantno gajenje GMO (genetski modifikovani organizmi) useva s jedne strane, i tendenciju smanjenja primene glifosata i time ublažavanja mogućnosti razvoja rezistentnosti korova na glifosat s druge strane, cilj istraživanja u ovom radu je bio da se ispita: (1) mogućnost suzbijanja *A. theophrasti* i *C. album* zajedničkom primenom kletodima i glifosata, (2) uticaj surfaktanata na efikasnost ispitivanih a.s. pri samostalnoj i zajedničkoj primeni i (3) da li pri zajedničkoj primeni ovih herbicida dolazi do ispoljavanja sinergističkog, antagonističkog ili aditivnog efekta pri suzbijanju *A. theophrasti* i *C. album*.

MATERIJAL I METODE

Istraživanje je izvedeno u Laboratoriji za Aplikacione tehnologije pesticida u Nort Platu u Nebraski (SAD), tokom 2018. godine. Seme test biljaka *Chenopodium album* i *Abutilon theophrasti* je prikupljeno u prethodnoj sezoni na poljima oko eksperimentalne stanice. U stakleniku su vladali sledeći uslovi: vlažnost vazduha se kretala 10-30%, temperatura dan/noć je bila $27\pm 2^\circ\text{C}/20\pm 1^\circ\text{C}$, a fotoperiod 15,5/8,5 h (dan/noć). Staklenik je opremljen specijalnim NeoSol lampama (Illumitex Company, TX 78744) koje emituju specijalnu ružičastu svetlost koja deluje povoljno na rast i razvoj biljaka. Eksperiment je izveden kao potpuno slučajni blok sistem sa pet ponavljanja i u dva ciklusa. Biljke su tretirane u komori za automatizovanu primenu herbicida sa tri dizne, koja je podešena za utrošak vode od 93 L ha^{-1} , pri brzini kretanja radnog tela od 19 km ha^{-1} i pritisku od 276 kPa. Kada su biljke dostigle visinu 10 – 15 cm, izvršeno je tretiranje. U ispitivanja su bile uključene: dve formulacije glifosata (jedna sa i jedna bez surfaktanta), jedna formulacija kletodima bez surfaktanta i osam surfaktanata pri čemu je jedan primenjen u dve koncentracije. Formulacije herbicida bez surfaktanata su primenjene pojedinačno i zajedno, zatim svaka formulacija sa svakim surfaktantom, kao i formulisani glifosat sa surfaktantom u kombinaciji sa kletodimom, dakle ukupno 29 tretmana (Tabela 1). Isti tretmani su primenjeni na obe test biljke, *A. theophrasti* i *C. album*. Surfaktanti su dodavani kako bi poboljšali pokrovnost lisne površine pri tretiranju, a time i apsorpciju herbicida. Za primenu je korišćen rasprskivač AIXR 11004.

Tabela 1. Ispitivani tretmani**Table 1.** Study treatments

Kletodim + surfactant Clethodim + surfactant	Glifosat + surfactant Glyphosate + surfactant	Kletodim + glifosat + surfactant Clethodim + glyphosate + surfactant	Glifosat formulisan sa surfaktantom + kletodim Glyphosate formulated with surfactant + clethodim
SM	TH	SM + TH	
SM + ATPlus DRT-EPS (0,25% v/v)	TH + ATPlus DRT-EPS (0,25% v/v)	SM + TH + ATPlus DRT-EPS (0,25% v/v)	
SM + ATPlus DRT 6000 (0,25% v/v)	TH + ATPlus DRT 6000 (0,25% v/v)	SM + TH + ATPlus DRT 6000 (0,25% v/v)	
SM + ATPlus DRT 6000 (0,5% v/v)	TH + ATPlus DRT 6000 (0,5% v/v)	SM + TH + ATPlus DRT 6000 (0,5% v/v)	RUPM
SM + Tween 20 (0,25% v/v)	TH + Tween 20 (0,25% v/v)	SM + TH + Tween 20 (0,25% v/v)	RUPM + SM
SM + Tween 22 (0,5% v/v)	TH + Tween 22 (0,5% v/v)	SM + TH + Tween 22 (0,5% v/v)	
SM + Tween L5-15 (0,5% v/v)	TH + Tween L5-15 (0,5% v/v)	SM + TH + Tween L5-15 (0,5% v/v)	
SM + Tween L10-10 (0,5% v/v)	TH + Tween L10-10 (0,5% v/v)	SM + TH + Tween L10-10 (0,5% v/v)	
SM + Tween L15-5 (0,5% v/v)	TH + Tween L15-5 (0,5% v/v)	SM + TH + Tween L15-5 (0,5% v/v)	

SM- SelectMax (51 g kletodima ha⁻¹), TH- Touchdown Hitech (630 g glifosata ha⁻¹),

RUPM- Roundup PowerMax (630 g glifosat ha⁻¹) formulisan sa surfaktantom

Biljke su 28. dana nakon tretiranja žrtvovane i sušene 7 dana u sušnici na temperaturi od 65°C, a zatim je merena suva masa biljaka i preračunata u procenat redukcije biljne mase. Kako bi se utvrdio tip interakcije između herbicida i surfaktanata (antagonizam ili sinergizam), korišćena je Kolbijeva jednačina:

$$\frac{100 - (100 \times A) \times 100 - (100 - B) \times 100 - (100 - C)}{10000} \quad [1]$$

gde su:

A – prvi korišćeni herbicid

B – drugi korišćeni herbicid

C – treći korišćeni herbicid

Ukoliko je ostvareni procenat efikasnosti manji od očekivanog (procenjenog), reakcija je antagonistička, ukoliko su jednaki nije bilo interakcije (aditivni efekat) i ukoliko je ostvareni procenat efikasnosti veći od očekivanog (procenjenog), reč je o sinergizmu (Colby, 1967). Obrada podataka rađena je u statističkom programu SAS.

REZULTATI I DISKUSIJA

A. theophrasti. Efekat primene kletodima, glifosata i zajedničke primene ovih herbicida u varijanti sa i bez različitih surfaktanata (sedam, s tim što je jedan primenjen u dve koncentracije) na vrstu *A. theophrasti* prikazani su u tabeli 2. Dobijeni rezultati ukazuju da nije došlo do značajnih interakcija u 20 tretmana (aditivni efekat) od ukupno 29 tretmana, odnosno, kod pet tretmana utvrđena je interakcija pri delovanju na *A. theophrasti*. U tretmanu kletodima (SelectMax) sa surfaktantom ATPlus DRT 6000 evidentirano je sinergističko delovanje iako je kletodim tipični graminicid. Dakle, dodati surfaktant je u izvesnom stepenu pomogao da ovaj tretman ispolji sinergizam pri delovanju na *A. theophrasti*. U varijanti u kojoj su kletodimu dodati Tween L10-10 i Tween L15-5 utvrđena je antagonistička interakcija prema *A. theophrasti*. S druge strane, u tretmanu sa glifosatom formulisanim bez surfaktanta (Touchdown HiTech), evidentirane su dve antagonističke reakcije i to kada su dodati Tween 22 i Tween L5-15 surfaktanti. Svi tretmani zajedničke primene glifosata i kletodima uz dodavanje surfaktanata su ispoljili aditivni efekat. U našim istraživanjima dodati surfaktant je verovatno ublažio antagonizam pri zajedničkoj primeni kletodima i glifosata te je ustanovljen aditivni efekat. Takođe, Underwood i sar. (2016) su potvrdili slabiju efikasnost kletodima u suzbijanju rezistentnih populacija samoniklog kukuruza kada je primenjen zajedno sa dikambom (73% i 74%) nego kada je primenjen samostalno (85%). Isti istraživači tvrde da sa povećanjem količine primene kletodima antagonizam između dikambe i kletodima se smanjuje. U našim istraživanjima su primenjene samo preporučene količine herbicida te se ova tvrdnja ne može razmatrati. Takođe, antagonizam pri zajedničkoj primeni kletodima (uz dodatak aduvanta) i dikambe u suzbijanju *Amaranthus palmeri* su potvrdili Rilaković i Kruger (2018).

Na osnovu statističke analize značajnosti razlika između tretmana konstantovano je da se tretmani sa kletodimom primenjenim sa i bez surfaktanata (devet tretmana) značajno razlikuju od svih tretmana zajedničke primene kletodima i glifosata, kao i većine tretmana samog glifosata osim između tretmana kletodim + ATPlus DRT 6000 0,25% v/v i tretmana kada je glifosat primenjen zajedno sa surfaktantima Tween 22 0,5% v/v, Tween L5-15 0,5% v/v i Tween L10-10 0,5% v/v. Takođe, tretmani u kojima je glifosat primenjen samostalno sa ili bez surfaktanata se statistički ne razlikuju od tretmana sa zajedničkom primenom kletodima i glifosata bez obzira da li su ili ne primenjeni sa surfaktantima (Tabela 2). Svi tretmani zajedničke primene kletodima i glifosata sa surfaktantima su ispoljili aditivno delovanje u suzbijanju *A. theophrasti*. Ovo potvrđuje hipotezu da surfaktanti imaju to svojstvo da ublaže antagonizam koji se može ispoljiti pri zajedničkoj primeni graminicida (kletodim) i negraminicida, odnosno neselektivnog herbicida kao što je glifosat. S tim u vezi, ovo je u saglasnosti sa rezultatima do kojih su došli Jordan i sar. (2017) pri zajedničkoj primeni bentazona i setoksidima, utvrdivši smanjenu apsorpciju ovih herbicida pri njihovoj zajedničkoj primeni, dok je sa dodavanjem surfaktanta apsorpcija i translokacija bila slična kao kod zasebne primene svakog herbicida.

Tabela 2. Reakcije *Abutilon theophrasti* na zajedničku primenu kletodima i glifosata u varijanti sa i bez surfaktanata**Table 2.** *Abutilon theophrasti* response to tank mixtures of clethodim and glyphosate in variant with and without of surfactants

Tretman Treatment	Ostvarena efikasnost Observed control %	Očekivana efikasnost Expected control %	Tip interakcije Type of interaction
SM	12 c		
SM + ATPlus DRT-EPS (0,25% v/v)	10 c	22	Aditivna reakcija
SM + ATPlus DRT 6000 (0,25% v/v)	33 b c	16	Sinergizam
SM + ATPlus DRT 6000 (0,5% v/v)	11 c	18	Aditivna reakcija
SM + Tween 20 (0,25% v/v)	12 c	16	Aditivna reakcija
SM + Tween 22 (0,5% v/v)	15 c	25	Aditivna reakcija
SM + Tween L5-15 (0,5% v/v)	12 c	21	Aditivna reakcija
SM + Tween L10-10 (0,5% v/v)	10 c	24	Antagonizam
SM + Tween L15-5 (0,5% v/v)	6 c	21	Antagonizam
TH	75 a		
TH + ATPlus DRT-EPS (0,25% v/v)	86 a	78	Aditivna reakcija
TH + ATPlus DRT 6000 (0,25% v/v)	81 a	76	Aditivna reakcija
TH + ATPlus DRT 6000 (0,5% v/v)	80 a	76	Aditivna reakcija
TH + Tween 20 (0,25% v/v)	86 a	76	Aditivna reakcija
TH + Tween 22 (0,5% v/v)	61 b a	78	Antagonizam
TH + Tween L5-15 (0,5% v/v)	63 b a	77	Antagonizam
TH + Tween L10-10 (0,5% v/v)	66 b a	78	Aditivna reakcija
TH + Tween L15-5 (0,5% v/v)	83 a	77	Aditivna reakcija
SM + TH	80 a		
SM + TH + ATPlus DRT-EPS (0,25% v/v)	74 a	80	Aditivna reakcija
SM + TH + ATPlus DRT 6000 (0,25% v/v)	74 a	79	Aditivna reakcija
SM + TH + ATPlus DRT 6000 (0,5% v/v)	77 a	79	Aditivna reakcija
SM + TH + Tween 20 (0,25% v/v)	87 a	79	Aditivna reakcija
SM + TH + Tween 22 (0,5% v/v)	81 a	81	Aditivna reakcija
SM + TH + Tween L5-15 (0,5% v/v)	72 a	80	Aditivna reakcija
SM + TH + Tween L10-10 (0,5% v/v)	77 a	81	Aditivna reakcija
SM + TH + Tween L15-5 (0,5% v/v)	79 a	80	Aditivna reakcija
RUPM	86 a		
RUPM + SM	86 a	87	Aditivna reakcija

SM – SelectMax, TH – Touchdown Hitech, RUPM – Roundup PowerMax

C. album. Efekti samostalne primene kletodima, glifosata i njihove zajedničke primene u kombinaciji sa i bez surfaktanata na *C. album* prikazani su u Tabeli 3. Dobijeni rezultati potvrđuju da je kod polovine ispitivanih tretmana (15 od ukupno 29) konstatovana pozitivna interakcija (sinergizam) pri delovanju na *C. album*, a što nije bio slučaj u odnosu na *A. theophrasti*. Takođe, ni u jednom tretmanu nije utvrđeno negativno delovanje (antagonizam) pri zajedničkoj ili samostalnoj primeni kletodima i glifosata sa surfaktantima. Tretmani kletodima sa surfaktantima su imali nepromenjeno delovanje u odnosu na samostalnu primenu kletodima (aditivno delovanje). Imajući u vidu da je kletodim graminicid i nije namenjen za suzbijanje širokolisnih korova, kao što je *C. album*, za očekivanje je bilo da i ne dođe do interakcije. Nasuprot tome, svi tretmani glifosata sa surfaktantima su ispoljili sinergističko delovanje na *C. album*, što se moglo i očekivati s obzirom da glifosat, kao neselektivni herbicid u svom spektru ima *C. album* i čiji efekat uz dodatak surfaktanata je samo poboljšan. Naime, ostvareno biološko delovanje na *C. album* je bilo znatno veće od očekivanog, odnosno kada je glifosat primenjen bez surfaktanata. To je potvrđeno i u tretmanu sa glifosatom formulisanim sa surfaktantom, gde je ostvareni procenat delovanja bio značajno veći od ostvarenog efekta u tretmanima sa glifosatom formulisanim bez surfaktanta. Do slične konstatacije je došao Faiz (1998) potvrđivši blago poboljšanu efikasnost različitih količina glifosata na *Imperata cylindrica* kada su tretmanima dodati različiti katjonski surfaktanti.

U tretmanima zajedničke primene kletodima i glifosata, uz dodatak surfaktanata, takođe je utvrđeno sinergističko delovanje na *C. album* osim u tretmanu u kojem je dodat surfaktant ATPlus DRT-EPS i u kome je utvrđena aditivna reakcija. Međutim, iako je kod ovog tretmana procenat ispoljenog efekta bio veći od očekivanog, ta razlika nije bila statistički značajna (Tabela 3). I u slučaju zajedničke primene kletodima sa glifosatom formulisanim sa surfaktantom potvrđena je veća aktivnost na *C. album* (ali je bila u novou aditivnog delovanja) nego pri samoj primeni glifosata formulisanog sa surfaktantom, mada razlike nisu bile statistički značajne.

Statistička analiza podataka je pokazala da se svi tretmani koji uključuju kletodim, bilo sa ili bez dodatka surfaktanata, zatim tretman koji uključuje zajedničku primenu kletodima i glifosata uz dodatak surfaktanta ATPlus DRT-EPS, kao i tretman zajedničke primene glifosata sa surfaktantom i kletodima statistički značajno razlikuju od svih ostalih tretmana. To potvrđuje da surfaktanti mogu pojačati biološku efikasnost ne samo glifosata, već i kada se primene zajedno sa kletodimom (iako je u pitanju graminicid) u suzbijanju *C. album*.

Generalno, povećanje efikasnosti herbicida zahteva povećanje količine koja dospeva do primarnog mesta delovanja herbicida, a to se može postići dodatkom surfaktanata, koji ubrzavaju usvajanje i povećavaju propustljivost membrana čak i za krupnije molekule herbicida (Burghardt et al., 2006). Stoga, kako bi se ostvario maksimalni efekat herbicida u suzbijanju *C. album*, uključujući i pravilan odabir surfaktanata, pored poznavanja ostalih karakteristika ove vrste, korisno je poznavati i anatomsku građu listova, kao i njene promene sa starenjem biljke. Dakle, poboljšanje efikasnosti u hemijskom suzbijanju otpornijih korovskih vrsta se može postići ukoliko se formulacijama dodaju adekvatni "poboljšivači" kao što su surfaktanti i adjuvanti. Takođe, ovo može biti i opcija za suzbijanje rezistentnih korovskih populacija

herbicidima koji nisu visoko efikasni kada se primene bez surfaktanata, a čiji efekat uz njih može biti poboljšan i time rezistentne populacije korova stavljene pod kontrolu.

ZAKLJUČAK

Pri zajedničkoj primeni herbicida, od izuzetne važnosti je poznavanje kako će se svaki od herbicida ponašati, tj. da li će doći do antagonističkog ili sinergističkog delovanja. Potencijalni antagonizam između aktivnih supstanci može dovesti do smanjene efikasnosti herbicida i stvaranja rezistentnih populacija korovskih vrsta, ukoliko se takva praksa dugi niz godina primenjuje. U našim istraživanjima je potvrđeno da su nejonski surfaktanti (ATPlus DRT-EPS, ATPlus DRT 6000, Tween 20, Tween 22, Tween L5-15, Tween L10-10, Tween L15-5) bili od suštinskog značaja za poboljšano delovanje glifosata na *C. album*. Tretmani sa kletodimom nisu ispoljili značajniji antagonistički niti sinergistički efekat na obe korovske vrste, što je bilo i za očekivanje s obzirom da je to graminacid, a *A. theophrasti* i *C. album* pripadaju dikotilama.

Generalna preporuka može da glasi da je poželjno dodavati surfaktante formulacijama koje u sebi ne sadrže takvu vrstu aditiva poboljšivača ukoliko je evidentiran problem sa otpornijim i rezistentnim korovskim populacijama. Takođe, pri zajedničkoj primeni herbicida (radi proširenja spektra delovanja), naročito graminicida i herbicida za suzbijanje širokolisnih korova, potrebno je pre primene proveriti da li postoji antagonističko delovanje tj. umanjeni efekat u odnosu na samostalnu primenu herbicida.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se prof. Savi Vrbničanin za korisne sugestije kod pisanja i interpretacije rezultata u ovom radu.

LITERATURA

- Bryson, C. T., DeFelice, M. S.: Weeds of the Midwestern United States and Central Canada. The University of Georgia Press. Pp. 440, 2010.
- Burghardt, M., Friedmann, A., Schreiber, L., Riederer, M.: Modelling the effects of alcohol ethoxylates on diffusion of pesticides in the cuticular wax of *Chenopodium album* leaves. Pest Management Science, 62, 137–147, 2006.
- Colby, S. R.: Calculating Synergistic and Antagonistic Responses of Herbicide Combinations. Weeds, 15, 20-22, 1967.
- Dalamas, A. C.: Herbicide Tank Mixtures: Common Interaction. International Journal of Agriculture and Biology, 6 (1), 209-212, 2014.
- Galzina, N., Scepanovic, M., Gorsic, M., Turk, I.: Allelopathic effect of *Abutilon theophrasti* Med. on lettuce, carrot and red beet. Herbologia, 12 (2), 125-131, 2011.
- Gressel, I. B., Holm, L. G.: Chemical inhibition of crop germination by weed seeds and the nature of inhibition by *Abutilon theophrasti*. Weed Research, 4, 44-53, 1964.

- Devendra, R., Umamahesh, V., Ramachandra-Prasad, T. V., Prasad, T. G., Asha, S. T.:** Influence of surfactants on efficacy of different herbicides in control of *Cyperus rotundus* and *Oxalis latifolia*. *Current Science*, 86, 1148-1151, 2004.
- Dick, R. E., Quinn, J. P.:** Glyphosate-degrading isolates from environmental samples: occurrence and pathways of degradation. *Applied Microbiology Biotechnology*, 43 (3), 545-50, 1995.
- DiTomaso, J. M., Healy, E. A.:** Weeds of California and Other Western States. Oakland: University of California, Agricultural and Natural Resources, 2007.
- Faiz, M. A. A.:** Effects of Herbicide Mixtures, Surfactants and Spray Volumes on the Control of *Imperata cylindrica* (L.) Raeuschel. *Journal of Rubber Research*, 1 (3), 179-189, 1998.
- Jafari, L., Kholdebarin, B., Jafari, E.:** Phytotoxic effects of a *Chenopodium album* L. water extract on higher plants. *American Journal of Plant Physiology*, 2, 221-226, 2007.
- Jordan, D. L., York, A. C., Corbin, F. T.:** Effect of Ammonium Sulfate and Bentazon on Sethoxydim Absorption. Published online by Cambridge University Press, DOI: <https://doi.org/10.1017/S0890037X00033029>, 12 June, 2017.
- Korsmo, E., Torstein, V., Fykse, H.:** Korsmos' Ugras Plansjer. Oslo, Norway: Norsk Landbruk/Landbruks Forlaget L. *Canadian Journal of Plant Science*, 58, 1061-1072, 1981.
- Leon, R. G., Knapp, A., Owen, M. D. K.:** Effect of Temperature on the Germination of Common Waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*), Giant Foxtail (*Setaria faberi*), and Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Science*, 52 (1), 67-73, 2004.
- Lindquist, J. L., Mortensen, D. A.:** Tolerance and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) suppressive ability of two old and two modern corn (*Zea mays*) hybrids. *Weed Science*, 46, 569-574, 1998.
- Lindquist, J. L., Mortensen, D. A., Clay, S. A., Schmenk, R., Kells, J. J., Howatt, K., Westra, P.:** Stability of corn (*Zea mays*) – velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference relationships. *Weed Science*, 44, 309-313, 1996.
- Ramírez-Duarte, W. F., Rondón-Barragán, N. I. S., Eslava-Mocha, P. R.:** Surfactants associated to herbicides: Effects in aquatic organisms. *Revista Orinoquia*, 9 (2), 45-59, 2005.
- Rilaković, A., Kruger, G.:** Reakcija *Amaranthus palmeri* W. i *Chenopodium album* L. na kletodim i dikambu pri zajedničkoj primeni. *Acta herbologica*, 27 (2), 97-109, 2018.
- Sarabi, V., Mahallati, M. N., Nezami, A., Mohassel, M. H. R.:** Competitive Interaction of Common Lambsquarters (*Chenopodium album* L.) and Maize (*Zea mays* L.) at Different Time of Emergence and Density. *International Conference on Applied Life Sciences*, Turkey, 351-356, 2012.
- Spencer, N. R.:** Velvetleaf, *Abutilon theophrasti* (Malvaceae), history and economic impact in the United States. *Economic Botany*, 38, 407-416, 1984.
- Sterling, T., Putnam, A.:** Possible role of glandular trichome exudates in interference by velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Science*, 35, 308-314, 1987.
- Tan, S., Crabtree, G. D.:** Cuticular penetration of 2,4-D as affected by interaction between a diethylene glycol monooleate surfactant and apple leaf cuticles. *Pesticide Science*, 41 (1), 35-39, 1994.
- Underwood, M. G., Soltani, N., Hooker, D. C., Robinson, D. E., Vink, J. P., Swanton, C. J., Sikkema, H. P.:** The Addition of Dicamba to POST Applications of Quizalofop-p-ethyl or clethodim Antagonizes Volunteer Glyphosate-Resistant Corn Control in Dicamba-Resistant Soybean. *Weed Technology*, 30 (3), 639-647, 2016.
- Vranješ, F., Arsenijević, N., Božić, D.:** Osetljivost *Chenopodium album* i *Abutilon theophrasti* na mezotriion u zavisnosti od fenofaze razvoja. *Acta herbologica*, 25, 27-34, 2016.
- Vranješ, F., Božić, D., Rančić, D., Anđelković, A., Vrbničanin, S.:** Proučavanje anatomske građe lista *Chenopodium album* u funkciji osetljivosti na herbicide. *Acta herbologica*, 26, 31-40, 2017.
- Vrbničanin, S., Božić, D.:** *Abutilon theophrasti* Medik. – lipica Teofrastova. *Acta herbologica*, 26 (1), 5-21, 2017.
- Vrbničanin, S., Onć-Jovanović, E., Božić, D., Sarić-Krsmanović, M., Pavlović, D., Malidžba, G., Jarić, S.:** Velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medik.) productivity in competitive conditions. *Archives of Biological Sciences*, 69 (1), 157-166, 2017.
- Warwick, S. I., Black, L. D.:** The biology of Canadian weeds. 90. *Abutilon theophrasti*, *Canadian Journal of Plant Science*, 68, 1069-1085, 1988.

- Weed Science Society of America*: Herbicide Handbook, 10th Edition. 810 E. 10th Street. Lawrence, KS. 66044-8897 U.S.A. ISBN 978-0-615-98937-20000000000, 2014.
- Wenger, J., Niderman, T.: Acetyl-CoA Carboxylase Inhibitors. In: Modern Crop Protection Compounds, Vol 1. (Eds. Krämer, W., Schirmer, U.). Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, pp. 335-359, 2007.
- Westerman, P. R., Diesterheft, J., Gerowitz, B.: Phenology of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic.) populations grown in northern Germany. In: Book of Abstracts. 25th German Conference on Weed Biology and Weed Control, Braunschweig, Germany, 595–600, 2012.
- Zhang, J., Hamill, A., Weaver, S.: Antagonism and synergism between herbicides. *Weed Technology*, 9 (1), 86-90, 1995.

Effect of surfactants on the efficacy of clethodim and glyphosate tank-mixtures in the control of *Abutilon theophrasti* Medik. and *Chenopodium album* L.

SUMMARY

Broadleaf weeds, *Abutilon theophrasti* Medik. and *Chenopodium album* L. are a major problem in glyphosate tolerant soybeans in the US. By applying compatible herbicides with different modes of action together, better efficiency is achieved, weed spectrum is expanded and the cost of weed control is reduced. This study was conducted with several goals: (1) to test the possibility of controlling weed species *A. theophrasti* and *C. album* with clethodim and glyphosate tank-mixtures, (2) to study the impact of surfactants on the efficacy of applied herbicides and (3) to determine whether synergistic and/or antagonistic interactions occur between clethodim and glyphosate in the control of velvetleaf and common lambsquarters.

The study included 29 treatments. Treatments included glyphosate formulated without a surfactant (Touchdown HiTech), clethodim (SelectMak) formulated without a surfactant, glyphosate formulated with a surfactant (Roundup PoverMak) and formulations of both surfactant-free herbicides in a tank-mixtures with the following surfactants: ATPlus DRT-EPS 0.25% vv⁻¹, ATPlus DRT 6000 0.25% vv⁻¹ and 0.5% vv⁻¹, Tween 20 0.25% vv⁻¹, Tween 22 0.5% vv⁻¹, Tween L5-15 0, 5% vv⁻¹, Tween L10-10 0.5% vv⁻¹ and Tween L15-5% vv⁻¹. The study was arranged as a completely randomized block design with four replications and two independent experimental runs.

The effects of treatments on *A. theophrasti* showed that there were no significant interactions in most treatments. Treatments with clethodim and ATPlus DRT 6000 showed a synergistic effect, while treatments with clethodim and Tween L10-10 and clethodim and Tween L15-5 showed antagonistic effects on *A. theophrasti*. Two antagonistic reactions were observed in treatments where surfactants Tween 22 and Tween L5-15 were added to glyphosate formulated without a surfactant (Touchdown HiTech). None of the surfactants had an impact on the activity of clethodim in the case of *C. album*. However, when the surfactants were added to glyphosate, synergism occurred. That was confirmed in treatments with glyphosate formulated with surfactants. Synergistic interactions have also been confirmed when surfactants were added to the tank-mixtures of glyphosate and clethodim, with the exception of ATPlus DRT-EPS.

Keywords: *Abutilon theophrasti*, *Chenopodium album*, clethodim, glyphosate, surfactants, tank-mixture, antagonism, synergism,