Reakcija *Amaranthus palmeri* W. i *Chenopodium album* L. na kletodim i dikambu pri zajedničkoj primeni

Andrea Rilaković¹, Greg Kruger²

¹Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd, Srbija

²Univeristy of Nebraska – Lincoln, North Platte, NE, USA

E-mail: a.rilakovic@gmail.com

REZIME

Širokolisni korovi *Amaranthus palmeri* W. i *Chenopodium album* L. predstavljaju veliki problem u usevima soje i pamuka na području SAD. Kako bi se poljoprivrednim proizvođačima obezbedile dodatne mogućnosti u sklopu integralnog sistema zaštite useva, početkom 2017. godine na američko tržište uvedeni su novi genotipovi soje (MON 87708) i pamuka (MON 88701) tolerantni na dikambu i glifosat. Gejenje ovih genotipova omogućava veći izbor herbicida različitog mehanizma delovanja. Osim fleksibilnosti u primeni herbicida, na ovaj način, smanjuje se selekcionistički pritisak na široko rasprostranjene biotipove korovskih vrsta, na području Amerike, koje su rezistentne na glifosat. Zajedničkom primenom različitih kompatibilnih herbicida postiže se visoka efikasnost, proširuje se spektar delovanja i smanjuju se troškovi suzbijanja korova. U cilju istovremenog suzbijanja širokolisnih, kao i nekih travnih korovskih vrsta, ispitivana je mogućnost zajedničke primene dikambe i kletodima u suzbijanju *A. palmeri* i *C. album*, kako bi se utvrdilo u kojim količinama dolazi do ispoljavanja njihovog sinergističkog i/ili antagonističkog efekta. U istraživanje je uključeno 49 tretmana, odnosno 7 količina kletodima sa 7 količina dikambe (0x, 0,25x, 0,5x, 1x, 2x, 4x i 8x od preporučene), pri čemu je preporučena količina kletodima bila 0,13 kg ha⁻¹, a dikambe 0,28 kg ha⁻¹. Pri zajedničkoj primeni kletodima i dikambe vrednosti ED₅₀ za suhu masu *A. palmeri* su se kretale između 0,056-0,119 kg dikambe ha⁻¹, dok je pri primeni same dikambe ED₅₀ bila niža (0,051 kg ha⁻¹). Dakle, zajednička primena ova dva herbicida ispoljila je antagonistički efekat na *A. palmeri*. Suprotno ovome, vrednosti ED₅₀ dikambe za suhu masu *C. album* pri zajedničkoj primeni sa kletodimom su se kretale između 0,133-0,235 kg ha⁻¹, a kod primene same dikambe ED₅₀ = 1,490 kg ha⁻¹, što potvrđuje da je došlo do sinergističkog efekta na *C. album* pri njihovoj zajedničkoj primeni.

Ključne reči: *Amaranthus palmeri*, *Chenopodium album*, kletodim, dikamba, zajednička primena, sinergizam, antagonizam.

UVOD

U cilju proširivanja spektra delovanja herbicida, smanjenja troškova goriva i rada, kao i smanjenja razvoja rezistentnosti korova na herbicide, sve češće se primenjuju zajedno dva ili više herbicida (Zhang et al., 1995). Primena herbicida različitih mehanizama i spektra delovanja poželjna je kako bi se u isto vreme suzbile uskolisne, širokolisne, jednogodišnje i višegodišnje korovske vrste. U nekim slučajevima, tolerantnost biljaka prema jednom herbicidu može značajno da menja efekat drugog herbicida. Pored poželjnih efekata ovakvi tretmani mogu da nose i određene rizike. Rezultat interakcije dva i više herbicida kada se primene zajedno može da bude sinergistički, antagonistički i aditivni (Damalas, 2014). Dakle, herbicidi primenjeni zajedno mogu ispoljiti jači (sinergizam), umanjen (antagonizam) efekat ili nema razlika u odnosu na njihovu samostalnu primenu (aditivni efekat) (Green, 1989; Damalas, 2014).

Amaranthus palmeri S. Watson je letnja terofita, C₄ biljka, koja pripada familiji štireva (*Amaranthaceae*). *A. palmeri* je u SAD-u prvi put zabeležen 1915. godine na području Vidžinije. Nekoliko decenija kasnije postao je jedan od najproblematičnijih korova u proizvodnji pamuka u Severnoj i Južnoj Karolini, a od 2014. godine i u usevima kukuruza, soje i pamuka širom SAD-a (Ward et al., 2013). Primećeno je da se ova vrsta spontano hibridizuje sa drugim biljkama istog roda (*Amaranthus*), što stvara dodatni problem zbog genetičke raznovrsnosti koja doprinosi invazivnosti takvim genotipovima (Chahal et al., 2015). Osim toga, ova vrsta je izuzetno jak kompetitor za hranljive materije, vodu, nadzemni životni prostor i svetlost. U optimalnim uslovima za rast i razvoj, može da poraste 5-7,5 cm u toku dana (Legleiter and Johnson, 2013), a u uslovima velike brojnosti može značajno redukovati prinos mnogih useva. Legleiter i Johnson (2013) su potvrdili gubitak prinosa soje od 79% i kukuruza od 91% pri visokoj brojnosti *A. palmeri*. Chahal i sar. (2015) su potvrdili smanjenje prinosa pamuka za 54% pri gustini 10 biljaka *A. palmeri* na površini od 9,1 m². Osim toga, kao posledica intenzivne primene herbicida, ova korovska vrsta je razvila rezistentnost na inhibitore mikrotubula, inhibitore fotosistema II, inhibitore enzima acetolaktat sintetaze (ALS) i 4-hidroksi-fenilpiruvat deoksigenaze (HPPD), kao i na glifosat (Heap, 2018).

Chenopodium album L. pripada familiji pepeljuga (*Chenopodiaceae*). To je jednogodišnja, jednodoma, zeljasta vrsta koji se razmnožava semenom. Biljka je pokrivena brašnastom, beličastom voštanom prevlakom koja se najbolje može uočiti na listovima i cvetovima (Vrbničanin i Šinžar, 2003). *C. album* je kosmopolitska vrsta koja je čest korov okopavina, povrtnjaka, višegodišnjih zasada i strnih žita, a može se naći i na ruderalnim staništima i nepoljoprivrednom zemljištu. Na području SAD-a, kao i *A. palmeri*, pravi velike štete u usevima kukuruza, soje i pamuka. Takođe, potvrđena je rezistentnost *C. album* na inhibitore FS II i ALS inhibitore (Heap, 2018). U odnosu na *A. palmeri*, mogućnosti hemijskog sužijanja *C. album* su znatno raznovrsnije. Međutim, odabir herbicida mora biti pažljiv zbog prisustva izraženih epikutikularnih voskova na epidermisu listova i izdancima koji mogu da otežaju usvajanje herbicida (Burghardt et al., 2006). Primena neadekvatnih herbicida, koji neće imati

visoku efikasnost, će se direktno odraziti na prinos useva. Ngouajio i sar. (1999) su utvrdili da *C. album* redukuje prinos šećerne repe do 72% kada je prisutno 13 biljaka m⁻². Osim toga, ukoliko je ova korovska vrsta prisutna tokom cele vegetacione sezone, pri brojnosti od 4 biljke m⁻², prinos useva soje se smanjuje za 20% (Crook and Renner, 1990). U slučaju kukuruza, kao znatno kompetitivnijeg useva, procenjuje se da je prag štetnosti znatno veći kada je u pitanju *C. album*. Pri ekstremnoj brojnosti pepeljuge (277 biljaka m⁻²) Sibuga i Bandeen (1980) su utvrdili gubitak prinosa kukuruza od 58%. Pri istoj brojnosti biljaka po jedinici površine, ukoliko bi umesto kukuruza bio usev soje, gubitak prinosa bi bio znatno veći. Osim direktne kompeticije ova vrsta može umanjiti prinos gajenih biljaka i alelopatskim delovanjem (Reinhardt et al., 1994), stoga je neophodno njeno permanentno suzbijanje i održavanje brojnosti ispod praga štetnosti.

Pravilan odabir herbicida koji će se koristiti za suzbijanje *A. palmeri* i *C. album* predstavlja jedan od značajnih izbora koje treba napraviti u tehnologiji gajenja useva u kojima se ove vrste učestalo javljaju. U slučaju *A. palmeri* izbor adekvatnih herbicida ima određenih ograničenja prvenstveno zbog rezistentnosti, pa stoga, gajenje genotipova soje i pamuka koji su tolerantni na dikambu predstavlja jedno od rešenja kada se govori o suzbijanju ove korovske vrste.

Dikamba je aktivna supstanca koja pripada derivatima benzoeve kiseline (2-metoksi-3,6 dihlorbenzoeve kiseline) (Roberts et al., 1998). To je selektivni, translokacioni, herbicid koji se primenjuje posle nicanja (post-em), a namenjen je za suzbijanje jednogodišnjih i višegodišnjih širokolisnih korova u većem broju useva. Potencijalna mogućnost zajedničke primene dikambe sa herbicidima koji inhibiraju enzim acetil koenzim A karboksilazu (ACC-aze) nudi šire mogućnosti zaštite useva od korova. Kletodim je jedan od herbicida inhibitora ACC-aza iz grupe cikloheksadiona koji se koristi kao post-em herbicid za suzbijanje jednogodišnjih i višegodišnjih travnih korova u širokolisnim usevima. Zajednička primena dikambe i kletodima, kao herbicida koji imaju različit spektar delovanja, mogla bi da obezbedi određene pogodnosti u suzbijanju korova. Međutim, mešanje i kombinovanje herbicida na ovaj način nosi i izvesne rizike. Jedan od rizika je međusobna interakcija. Tako su Underwood i sar. (2016) utvrdili antagonističko delovanje kletodima i dikambe na samonikli kukuruz u usevu soje. Efikasnost kletodima u količini 30 g a.s. ha⁻¹ u kombinaciji sa 300 i 600 g dikambe ha⁻¹ je iznosila svega 74%, odnosno 73%, dok je sam kletodim ostvario efikasnost od 85%. U istim istraživanjima je utvrđeno da se sa povećanjem količine primene kletodima, antagonizam između ova dva herbicida smanjuje. Do sličnih rezultata su došli Olson i Nelewaja (1981) koji su utvrdili da se efikasnost diklofop-metila u suzbijanju divljeg ova smanjuje za 48-82% kada se primeni zajedno sa MCPA, 2,4-D ili dikambom. S obzirom na nema dovoljno rezultata koja se odnose na pručavanje efikasnosti kletodima i dikambe u suzbijanju *A. palmeri* i *C. album* kada se primene zajedno, neophodno je uraditi dodatna istraživanja, kako bi se bolje razumele prednosti, odnosno nedostaci kombinovanja ova dva herbicida. Cilj ovih istraživanja je bio da se ispituju efekti zajedničke primene različitih količina dikambe i kletodima na *A. palmeri* i *C. album*, kako bi proizvođačima koji gaje soju tolerantnu na dikambu mogle dati pouzdane preporuke za primenu.

MATERIJAL I METODE

Istraživanje je izvedeno u laboratoriji za Primenu pesticida u North Platt na Univerzitetu Nebraska – Linkoln (SAD) tokom 2016. godine. Eksperiment je izveden u kontrolisanim uslovima. Test biljke *Amaranthus palmeri* W. i *Chenopodium album* L. su gajene u specijalnim konusnim sudovima (proizvođač: Stuewe and Sons Inc., Corvalls) dubine 25,5 cm i prečnika 6,5 cm. Za gajenje je korišćen supstrat Promix BX (proizvođač: Premier Tech Horticulture, Canada) u čiji sastav ulazi: treset (75-85%), perlit (15-25%) i vermikulit, čiji je pH 5,5-6,5. Biljke su prihranjivane 0,2% v.v⁻¹ rastvorom NPK 5-1-4 (proizvođač: Wilbur-Ellis Agribusiness). U staklari su vladali sledeći uslovi: vlažnost vazduha 10-30%; temperaturni režim dan/noć 27±2°C/20±1°C i fotoperiod 16/8 h (dan/noć). Tokom noći korišćene su specijalne NeoSol lampe (proizvođač: Illumitex Company, TX 78744) koje emituju ružičastu svetlost. Kada su biljke dostigle visinu 10-15 cm tretirane su u komori za automatsku primenu herbicida sa diznama AI959015EVS (proizvođač: TeeJet, Spraying Systems Co., Wheaton, IL 60189), uz utrošak 94 l ha⁻¹ vode i brzini kretanja radnog tela od 5,5 km ha⁻¹. Ceo eksperiment je izveden dva puta, a tretmani su raspoređeni po potpuno slučajnom blok sistemu. Svaki tretman je urađen u 4 ponavljanja. U ogledu su korišćeni komercijalni preparati SelectMax® (Valent) (a.s. kletodim, 12,6%) i Clarity® (BASF) (a.s. dikamba, 58,1%) koji su primenjeni u količinama 0x, 0,25x, 0,5x, 1x, 2x, 4x i 8x od preporučenih. Preporučena količina za kletodim je bila 0,13 kg a.s. ha⁻¹, a za dikambu 0,28 kg a.s. ha⁻¹. U tretmanima sa kletodimom dodavan je okvašivač COC u količini 1% v.v⁻¹ (Aligare COC®). Ukupno je urađeno 49 kombinacija ova dva herbicida, svaka količina primene jednog herbicida sa svakom količinom primene drugog herbicida. Vizuelne ocene oštećenja su urađene 7, 14, 21 i 28 dana nakon tretiranja (DNT) prema skali 0-100, gde 0 znači da nema oštećenja, a 100 označava potpuno propadanje biljka, a zatim je merena sveža masa biljaka. Suva masa je merena nakon što su biljke sušene 7 dana u sušnici na 65°C. Obrada podataka urađena je u statističkom programu SAS u kome su pored srednjih vrednosti i standardne greške izračunate i efektivne doze ED₅₀ i ED₉₀.

REZULTATI I DISKUSIJA

Efekat zajedničke primene kletodima i dikambe na *A. palmeri*. Efekat zajedničke primene preporučene količine dikambe i različitih količina kletodima na svežu i suhu masu *A. palmeri* prikazan je u tabeli 1. Najbolji efekat ispitivanih tretmana na svežu i suhu masu postignut je u primeni same dikambe, stepen redukcije, u odnosu na kontrolu, je iznosio 93,3% za svežu i 96,2% za suhu masu. U gotovo svim tretmanima u kojima su dikamba i kletodim primenjeni zajedno utvrđen je niži stepen redukcije sveže i suve mase na *A. palmeri* u odnosu na primenu same dikambe, osim u tretmanu dikamba + količina kletodima 8x veća od preporučene, gde su vrednosti redukcije slične vrednostima dobijenim kada je dikamba primenjena sama (91,2% je redukovana sveža i 93,2% suva masa). Ovi rezultati ukazuju da u zajedničkoj primeni ova dva herbicida može doći do antagonističkog efekta.

Najizraženiji antagonizam je zabeležen u tretmanu preporučene količine dikambe i 0,25x od preporučene količine kletodima, gde je sveža masa redukovana za 58,3%, a suva za 69,9%. Sa povećanjem količine primene kletodima i to za 0,5x, 1x, 2x, i 4x, pri čemu je dikamba primenjena u preporučenoj količini stepen redukcije sveže, odnosno suve mase *A. palmeri* je padao i iznosio je 81,0-74,0%, odnosno 89,2-82,4%, ali je bio ipak znatno izraženiji nego tretman dikamba + 0,25x kletodim.

Tabela 1. Efekti primene različitih količina kletodima sa preporučenom količinom dikambe na svežu i suhu masu *A. palmeri*, 28 DNT (g biljci⁻¹)

Table 1. Effects of application of different clethodim rates with recommended rate of dicamba on fresh and dry mass of *A. palmeri*, 28 DAT (g plant⁻¹)

Parametri Parameters	Kontrola Control	Različite količine kletodima i preporučena količina dikambe Different rates of clethodim and recommended rate of dicamba						
		0x+1x	0,25x+1x	0,5x+1x	1x+1x	2x+1x	4x+1x	8x+1x
Sveža masa	12,29	0,81	5,13	2,33	2,97	2,64	3,07	1,08
% redukcije		93,3	58,3	81,0	75,8	78,5	75,0	91,2
Suva masa	2,79	0,16	0,84	0,3	0,49	0,33	0,41	0,19
% redukcije		96,2	69,9	89,2	82,4	88,2	85,3	93,2

Efekat zajedničke primene preporučene količine kletodima i različitih količina dikambe na svežu i suhu masu *A. palmeri* je prikazan u tabeli 2. Najbolji efekat ispitivanih tretmana na svežu i suhu masu *A. palmeri* postignut je pri primeni 8x dikamba i preporučena količina kletodima. Pored toga, stepen redukcije merenih parametara pri preporučenoj količini kletodima i 4x dikamba iznosio je 96,6% za svežu i 97,5% za suhu masu u odnosu na kontrolu. Najizraženiji antagonizam je zabeležen u tretmanu preporučene količine kletodima i 0,25x dikamba gde je

Tabela 2. Efekti primene različitih količina dikambe sa preporučenom količinom kletodima na svežu i suhu masu *A. palmeri*, 28 DNT (g biljci⁻¹)

Table 2. Effects of application of different dicamba rates with recommended rate of clethodim on fresh and dry mass of *A. palmeri*, 28 DAT (g plant⁻¹)

Parametri Parameters	Kontrola Control	Različite količine dikambe i preporučena količina kletodima Different rates of dicamba and recommended rate of clethodim						
		0x+1x	0,25x+1x	0,5x+1x	1x+1x	2x+1x	4x+1x	8x+1x
Sveža masa	12,29	13,86	8,09	5,97	2,97	0,69	0,42	0
% redukcije		112,8*	34,2	41,4	75,8	94,4	96,6	-
Suva masa	2,79	2,79	1,19	0,76	0,49	0,13	0,07	0
% redukcije		0,0	57,4	72,8	82,6	97,3	97,5	-

-stimulativni efekat

sveža masa redukovana za 34,2%, a suva za 57,4%. Sa povećanjem količine primene dikambe 0,5x, 1x, 2x и 4x u kombinaciji sa preporučenom količinom kletodima stepen redukcije sveže, odnosno suve mase *A. palmeri* je bio u porastu i iznosio je od 41,4-96,6%, odnosno 72,8-97,5%, dok je kod primene samo preporučene količine kletodima došlo do povećanja sveže mase, tj. kletodim je delovao stimulatивно na biljke i izmerena sveža masa *A. palmeri* bila za 12,8% veća nego u kontroli. Ovaj trend nije potvrđen za parametar suva masa, ali s obzirom da je suva masa generalno pouzdaniji pokazatelj reakcije biljaka na delovanje herbicida evidentirano stimulatивно delovanje, samo za svežu masu, može se tumačiti kao statistički artefakt.

Rezultati prikazani na grafiku 1. potvrđuju rezultate iz tabela 1 i 2 i antagonistički efekat kletodima i dikambe na *A. palmeri*. Naime, pri zajedničkoj primeni ova dva herbicida, vrednosti ED_{50} za suhu masu su iznosile 0,056-0,119 kg dikambe ha^{-1} (Tabela 3). Imajući u vidu da su sve izračunate ED_{50} vrednosti za dikambu bile veće pri zajedničkoj primeni sa kletodimom u odnosu na primenu same dikambe ($ED_{50} = 0,051$ kg ha^{-1}), može se konstatovati da je došlo do antagonističkog efekta kletodima i dikambe na *A. palmeri*.

Grafik 1. Redukcija suve mase *A. palmeri* pri zajedničkoj primeni dikambe i kletodima, 28 DNT

Figure 1. Dose response of *A. palmeri* dry biomass reduction (28 DAT) to dicamba and clethodim

Efekat zajedničke primene kletodima i dikambe na *C. album*. Efekat zajedničke primene preporučene količine dikambe i različitih količina kletodima na svežu i suhu masu korovske vrste *C. album* je prikazan u tabeli 4. Na osnovu dobijenih rezultata može se konstatovati da je najbolja efikasnost u smislu redukcije sveže i suve mase *C. album* postignuta pri primeni same dikambe u preporučenoj količini (0,28 kg a.s. ha^{-1}), gde je stepen redukcije iznosio 90,7% za svežu i 88,1% za suhu masu u odnosu na kontrolu. Takođe, u najvećem broju tretmana utvrđen je niži stepen redukcije sveže i suve mase *C. album* u odnosu na primenu same

dikambe. Dobijeni rezultati ukazuju i na blagi sinergizam kada se ova dva herbicida primene u preporučenim količinama. U ovom tretmanu sveža masa je redukovana za 89,9%, a suva za 91,0%, dok je stepen redukcije biljne mase kod same dikambe bio 90,7% i 88,1%.

Tabela 3. Vrednosti efektivnih doza (ED₅₀ i ED₉₀) dikambe u zajedničkoj primeni sa kletodimom za suhu masu *A. palmeri*

Table 3. Values of effective doses (ED₅₀ and ED₉₀) of dicamba applied in combination with clethodim on the dry mass of *A. palmeri*

Količina kletodima (kg a.s. ha ⁻¹) Rate of clethodim (kg ai ha ⁻¹)	ED ₅₀ ±SE	<i>p</i> -vrednost	Dikamba (kg a.s. ha ⁻¹) Dicamba (kg ai ha ⁻¹)	ED ₉₀ ±SE	<i>p</i> -vrednost
0	0,051±0,01307	-		0,165±0,07673	-
0,03	0,056±0,04947	0,86957		3,708±12,9754	0,00002
0,07	0,063±0,01780	0,46880		0,469±0,40184	0,01123
0,13	0,057±0,01718	0,70837		0,598±0,63146	0,08384
0,27	0,104±0,01897	0,00086		0,319±0,14279	0,30410
0,54	0,098±0,04611	0,09899		1,159±1,84019	0,00656
1,07	0,119±0,03035	0,00035		0,393±0,20378	0,21338

Tabela 4. Efekti primene različitih količina kletodima sa preporučenom količinom dikambe na svežu i suhu masu *C. albus*, 28 DNT (g biljci⁻¹)

Table 4. Effects of the application of different rates of clethodim, with recommended rate of dicamba on fresh and dry mass of *C. albus*, 28 DAT (g plant⁻¹)

Parametri Parameters	Kontrola Control	Različite količine kletodima i preporučena količina dikambe Different rates of clethodim and recommended rate of dicamba						
		0x+1x	0,25x+1x	0,5x+1x	1x+1x	2x+1x	4x+1x	8x+1x
Sveža masa	11,66	1,08	2,54	4,09	1,18	3,84	2,61	3,44
% redukcije		90,7	79,2	64,9	89,9	67,1	77,6	70,5
Suva masa	3,11	0,37	0,49	0,80	0,28	0,77	0,49	0,66
% redukcije		88,1	84,3	74,3	91,0	75,2	84,3	78,8

Efekat zajedničke primene preporučene količine kletodima i različitih količina dikambe na svežu i suhu masu *C. albus* prikazan je u tabeli 5. Najbolji efekti ispitivanih tretmana na svežu i suhu masu za *C. albus* postignuti su kada su primenjene preporučena količina kletodima i dikambe, stepen redukcije je iznosio 89,9% za svežu i 91,0% za suhu masu u odnosu na kontrolu. Sa smanjenjem količine dikambe od 8x do 0x u kombinaciji sa preporučenom

količinom kletodima ($0,13 \text{ kg a.s. ha}^{-1}$) stepen redukcije sveže, odnosno suve mase za *C. album* je opadao od 92,9%-19,6%. Isti trend je potvrđen i za parametar suva masa. Kod ovog parametra stepen redukcije je opao na 87,8%-17,0%, osim kod tretmana sa kletodimom i dikambom u preporučenim količinama. Dobijeni rezultati ukazuju da se antagonistička interakcija između ova dva herbicida može prevazići povećavanjem količine primene dikambe.

Tabela 5. Efekti primene različitih količina dikambe sa preporučenom količinom kletodima na svežu i suhu masu *C. album*, 28 DNT (g biljci^{-1})

Table 5. Effects of application of different rates of dicamba, with the recommended rate of clethodim on fresh and dry mass of *C. album*, 28 DAT (g plant^{-1})

Parametri Parameters	Kontrola Control	Različite količine dikambe i preporučena količina kletodima Different rates of dicamba with recommended rate of clethodim						
		0x+1x	0,25x+1x	0,5x+1x	1x+1x	2x+1x	4x+1x	8x+1x
Sveža masa	11,66	10,31	7,12	6,06	1,17	1,61	0,86	0,82
% redukcije		19,6	38,9	48,0	89,9	86,2	92,6	92,9
Suva masa	3,11	2,58	1,27	1,21	0,28	0,47	0,41	0,38
% redukcije		17,0	59,2	61,1	91,0	84,9	86,8	87,8

Rezultati prikazani na grafiku 2 su, takođe, u saglasnosti sa rezultatima prikazani u tabelama 3 i 4, što znači da je bilo sinergističkog efekta kletodima i dikambe na *C. album*.

Grafik 2. Redukcija suve mase *C. album* pri zajedničkoj primeni dikambe i kletodima, 28 DNT
Figure 2. Dose response of *C. album* dry biomass reduction (28 DAT) to dicamba and clethodim

Utvrđene vrednosti ED_{50} kod zajedničke primene kletodima i dikambe za *C. album* za suhu masu kretale su se od 0,133 do 0,235 kg dikambe ha^{-1} (Tabela 6). Suprotno efektima na *A. palmeri*, sve izračunate ED_{50} vrednosti dikambe za *C. album* su bile niže kod zajedničke primene sa kletodimom u odnosu na primenu same dikambe ($ED_{50} = 1,490 \text{ kg } ha^{-1}$), što ukazuje na sinergistički efekat ova dva herbicida na *C. album*. Ovi rezultati potvrđeni su i u vizuelnim ocenama.

Kada se kletodimu (30 g a.s. ha^{-1}) doda dikamba u količini od 300 ili 600 g ha^{-1} moguća je antagonistička reakcija između ova dva herbicida koja može umanjiti efikasnost kletodima u suzbijanja glifosat rezistentnog samoniklog useva kukuruza za 12 i 11%. Poznato je da kada se veće količine dikambe primene u kombinaciji sa manjim količinama graminicida, dolazi do antagonizma i smanjenja efikasnosti u suzbijanju travnih korova. S obzirom da nije zabeležen smanjen prinos soje kada se dikamba primeni u mešavini sa različitim količinama kletodima, moguće je efikasno suzbijati rezistentne biotipove samoniklog useva kukuruza na glifosat ukoliko se poveća količina graminicida u smeši sa dikambom (Underwood et al., 2016). Naši rezultati su u skladu sa istraživanjima drugih autora, koji su utvrdili sličan efekat dikambe u kombinaciji sa kletodimom na *A. palmeri*.

Do sličnih rezultata su došli i Zollinger i sar. (2018). Oni su konstatovali da kada se herbicidi za suzbijanje travnih i širokolisnih korova primene zajedno ili u kratkom vremenskom intervalu dolazi do smanjenja efikasnosti u suzbijanju travnih korova. U cilju prevazilaženja antagonizma između herbicida može se dati nekoliko preporuka. Prvo, može se povećati količina primene graminicida, zatim graminicid se može primeniti nekoliko dana pre herbicida za širokolisne korove, ili se graminicid može primeniti 7 dana nakon herbicida za širokolisne korove.

Tabela 6. Vrednosti efektivnih doza (ED_{50} i ED_{90}) dikambe u zajedničkoj primeni sa kletodimom za suhu masu *C. album*

Table 6. Values of effective doses (ED_{50} and ED_{90}) of dicamba applied in combination with clethodim on the dry mass of *C. album*

Količina kletodima (kg a.s. ha^{-1}) Rate of clethodim (kg ai ha^{-1})	Dikamba (kg a.s. ha^{-1}) Dicamba (kg ai ha^{-1})			
	$ED_{50} \pm SE$	<i>p</i> -vrednost	$ED_{90} \pm SE$	<i>p</i> -vrednost
0	1,490 $\pm$ 2,36820	-	20,504 $\pm$ 56,565	-
0,03	0,133 $\pm$ 0,06390	0,01225	1,429 $\pm$ 2,21489	0,21756
0,07	0,073 $\pm$ 0,02128	0,01370	0,588 $\pm$ 0,57358	0,28970
0,13	0,064 $\pm$ 0,01802	0,03971	0,332 $\pm$ 0,20019	0,45582
0,27	0,099 $\pm$ 0,31271	0,10639	0,281 $\pm$ 0,09137	0,71235
0,54	0,079 $\pm$ 0,01547	0,03810	0,220 $\pm$ 0,10850	0,64985
1,07	0,235 $\pm$ 0,06771	0,12261	0,405 $\pm$ 0,11042	0,96003

ZAKLJUČAK

Poznavanje potencijalnog antagonističkog i sinergističkog delovanja između herbicida je od izuzetne važnosti kod njihove zajedničke primene. Pri zajedničkoj primeni kletodima i dikambe vrednosti ED_{50} dikambe za suhu masu *A. palmeri* iznosile su 0,056-0,119 kg ha⁻¹. Sve izračunate ED_{50} vrednosti za dikambu su bile veće pri zajedničkoj primeni sa kletodimom u odnosu na primenu same dikambe ($ED_{50} = 0,051$ kg ha⁻¹), što znači da je bilo antagonističkog efekta kaletodima i dikambe na *A. palmeri* pri njihovoj zajedničkoj primeni. Kod vrste *C. album* pri zajedničkoj primeni ova dva herbicida utvrđene ED_{50} vrednosti za suhu masu su iznosile 0,133-0,235 kg dikambe ha⁻¹. S obzirom da su sve izračunate ED_{50} vrednosti za dikambu bile niže pri zajedničkoj primeni sa kletodimom u odnosu na primenu same dikambe ($ED_{50} = 1,490$ kg ha⁻¹) može se zaključiti da je došlo do sinergističkog efekta ova dva herbicida na *C. album*.

Dobijeni rezultati ukazuju da i pored nekih prednosti zajedničke primene različitih herbicida (ekonomičnost, ušteda vremena, rada, goriva, herbicida, proširivanje spektra delovanja itd.), postoje i određeni nedostaci koje treba ozbiljno razmotriti, a to je prvenstveno antagonističko delovanje. Zbog toga je pre zajedničke primene herbicida neophodno ispitati da li i u kojoj meri dolazi do ove pojave, kako u odnosu na korovske vrste, tako i u odnosu na sam usev.

ZAHVALNICA

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

LITERATURA

- 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, 46 (2), 137-147, 2006.
- Chahal, P. S., Aulakh, J. S., Jugulam M., Jhala, A. J.: Herbicide-Resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri* S. Wats.). In: The United States Mechanisms of Resistance, Impact, and Management. InTech, 1-29, 2015.
- Dalamas, A. C.: Herbicide Tank Mixtures: Common Interaction. International Journal of Agriculture and Biology, 6 (1), 209–212, 2014.
- Heap, I.: The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Monday, September 10. www.weedscience.org., 2018.
- Green, J. M.: Herbicide antagonism at the whole plant level. Weed Technology, 3, 217-226, 1989.
- Sibuga, K. P., Bandeen, J. D.: Effects of green foxtail and lambsquarters interference in field maize. Canadian Journal of Plant Science, 60, 1419–1425, 1980.
- Legleiter, T., Johnson, B.: Palmer Amaranth Biology, Identification and Management. Purdue Extension, 1-13, 2013.
- Ngouajio, M., Lemieux, C., Leroux, G. D.: Prediction of corn (*Zea mays*) yield loss from early observations of the relative leaf area and the relative leaf cover of weeds. Weed Science, 47 (3), 297-304, 1999.
- Olson, W. A., Nalewaja, J. D.: Antagonistic effects of MCPA on wild oat (*Avena fatua*) control with diclofop. Weed Science, 5, 566–571, 1981.

- Reinhardt, C. F., Meissner, R., Labuschagne, N.: Allelopathic interaction between *Chenopodium album* L. and certain crop species. South African Journal of Plant and Soil, 11 (1), 45-49, 1994.
- Roberts, R., Huston, D., Lee, P., Nicholls, P., Plimmer, J.: Metabolic Pathways of Agrochemicals. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1998.
- 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.
- Crook, T. M., Renner, K. A.: Common lambsquarters (*Chenopodium album*) competition and time of removal in soybeans (*Glycine max*). Weed Science, 38, 358-364, 1990.
- Vrbničanin, S., Šinžar, B.: Elementi herbologije sa praktikumom. Zavet i Poljoprivredni fakultet, Beograd, 2003.
- Ward, S., Webster, M., Steckel, M.: Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*). Weed Technology, 27 (1), 12-27, 2013.
- Zhang, J., Hamill, A., Weaver, S.: Antagonism and sinergism between herbicides. Weed Technology, 9 (1), 86-90, 1995.
- Zollinger, R., Christoffers, M., Dalley, C., Endres, G., Gramig, G., Howatt, K., Jenks B., Keene, C., Lym R., Ostlie, M., Peters, T., Robinson, A., Thostenson, A., Valenti, H. H.: North Dakota Weed Control Guide, January, 2018.

The reaction of *Amaranthus palmeri* W. and *Chenopodium album* L. to tank-mixtures of clethodim and dicamba

SUMMARY

Broadleaf weeds *Amaranthus palmeri* W. and *Chenopodium album* L. are a big problem for soybean and cotton crops in the US. In order to provide agricultural producers with additional provisions of an integral crop protection system, new soybean (MON 87708) and cotton (MON 88701) cultivars tolerant to dicamba and glyphosate were introduced in the US market at the beginning of 2017. Planting these soybean and cotton cultivars will provide farmers with a wider range of herbicides which have an alternative mode of action. In addition to the flexibility in the application of herbicides, another benefit will be a lower selection pressure to widespread weed species biotypes, which are glyphosate resistant in the territory of the US. Using different type herbicides can improve the efficiency, broaden the spectrum of weed control and reduce the cost of weed control in crops. Related to this, in order to provide control of broadleaf weeds and some grasses, dicamba was tested when tank-mixed with clethodim and applied on *A. palmeri* and *C. album*, with the aim to determine at which rates synergism or antagonism will occur in the control of these weed species. The experiment included 49 treatments, 7 rates of clethodim with 7 rates of dicamba (0x, 0.25x, 0.5x, 1x, 2x, 4x, and 8x from recommended rate), where 1x of clethodim was 0.13 kg ha⁻¹, and dicamba was 0.28 kg ha⁻¹. When dicamba and clethodim were applied together in a tank-mix, ED₅₀ values for the dry weight in *A. palmeri* were between 0.056-0.119 kg dicamba ha⁻¹, but when dicamba was applied alone, ED₅₀ was lower (0.051 kg ha⁻¹). Therefore, this tank-mix had an antagonistic effect on *A. palmeri*. However, the values of ED₅₀ for dry weight of *C. album* were between 0.133-0.235 kg ha⁻¹. When a tank-mix was applied, ED₅₀ for dicamba was 1.490 kg ha⁻¹, which means that this tank-mix had a synergistic effect on *C. album*.

Keywords: *Amaranthus palmeri*, *Chenopodium album*, clethodim, dicamba, tank-mix, synergistic, antagonistic.