

Uticaj ađuvanata i tipa rasprskivača na suzbijanje samoniklog useva kukuruza kletodimom

Andela Obradović¹, Greg Kruger², Sava Vrbničanin¹, Ryan Henry², Bruno Canela Vieira²

¹Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd, Srbija

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

e-mail: andjela0107@hotmail.com

REZIME

Samonikli kukuruz je problematična korovska vrsta u usevu soje u USA, gde izaziva velike probleme tokom žetve, utiče na prinos i kvalitet zrna soje. To je izrazito kompetitivan korov zato što nadržava usev soje, i poput drugih korova, utiče na prinos putem kompeticije za svetlost, vodu, hraniva i životni prostor. Postoji veći broj herbicida inhibitora enzima ACC-aza sa kojima je moguće suzbijati samonikli kukuruz u soji kao što je npr. kletodim. Stoga cilj istraživanja je bio da se utvrdi da li dodavanjem ađuvanata (koncentrat biljnog ulja 3,33% v/v (COC), nejonski surfaktant 0,25% v/v (NIS), metilisano ulje semena 3,33% v/v (MSO), koncentrovano biljno ulje 1,67% v/v (HSOC)) u kombinaciji sa različitim tipovima rasprskivača (XR110015, AIXR110015, TTI110015) i pri različitom utrošku radne (zaštitne) tečnosti (66 l ha⁻¹, 132 l ha⁻¹) je moguće povećati efikasnost kletodima u suzbijanju samoniklog kukuruza. Eksperiment je izveden u kontrolisanim uslovima u Department of Agronomy and Horticulture, West Central Research and Extension Center, University of Nebraska – Lincoln, Lincoln, NE 69101, USA. Tretmani su organizovani po potpuno slučajnom blok rasporedu sa osam ponavljanja i ceo ogled je ponavljen dva puta. Vizuelne ocene oštećenja su rađene 7, 14, 21 i 28 dana nakon tretiranja (DNT). Najbolja efikasnost u suzbijanju samoniklog kukuruza je postignuta pri manjem utrošku radne tečnosti (66 l ha⁻¹) u tretmanu kletodim+COC, dok izbor rasprskivača nije imao uticaja na postignutu efikasnost (100%). Pri većoj zapremini radne tečnosti (132 l ha⁻¹) izbor ađuvanta, kao i izbor rasprskivača su imali uticaja na efikasnost kletodima. Sa najboljom efikasnošću (98%) pri većoj zapremini radne tečnosti su bili tretmani kletodim+COC i kletodim+HSOC primenjeni XR rasprskivačem, kao i tretman kletodim+COC primenjen sa TTI rasprskivačem. Rezultati ovih istraživanja mogu biti od koristi poljoprivrednim proizvođačima pri suzbijanju samoniklog kukuruza (travnih korova) u širokolisnim usevima.

Ključne reči: samonikli kukuruz, kletodim, ađuvant, rasprskivač, utrošak radne tečnosti, suzbijanje.

UVOD

Gajenje rezistentnih hibrida kukuruza i soje na glifosat (GR) je široko prihvaćena tehnologija gajenja takvih useva od 1996, odnosno 1998. godine u USA-a (Castle et al., 2006). U USA-a oko 94% površina pod sojom i oko 89% površina pod kukuruzom su usevi rezistentni na glifosat (USDA, 2017). Razvoj i komercijalizacija rezistentnih useva je omogućila proizvođačima da primenjuju glifosat kao folijarni, neselektivni herbicid sa kojim se rešava veoma širok spektar korova u takvim usevima (Green, 2014). Uprkos mnogim ekonomskim i agronomskim pogodnostima koje pruža tehnologija gajenja rezistentnih hibrida, njihovo kontinuirano gajenje u rotaciji (soja-kukuruz) gotovo isključivo se oslanja na glifosat kao osnovni herbicid za suzbijanje korova, a to je dovelo do razvoja i širenja rezistentnih korova kao i samoniklog useva rezistentnog na glifosat (GR) (Davis et al., 2008; Marquadt et al., 2012).

Samonikli kukruz je prezimela F1 generacija hibrida kukuruza koji je gajen u prethodnoj godini pa se kao samonikla biljka javlja u narednoj sezoni kao korov (Steckel et al., 2009; Shauck and Smeda, 2012). Pojedinačne, kao i biljke u grupama često niču iz semena opalih sa klipova i oni čine populaciju samoniklog kukuruza. Na poljima gde se gaji soja samonikli kukuruz je često jak kompetitor usevu za vodu, svetlost i hranivo. Redukcija prinosa, otežavanje žetve, uticaj na kvalitet semena i generalno narušavanje izgleda useva, kvalifikuje samonikli kukuruz kao ozbiljan korov (Young and Hart, 1997). U vezi sa ovim potvrđen je veliki broj slučajeva gubitka prinosa soje u uslovima visoke zakorovljenosti samoniklim kukuruzom (Andersen et al., 1982; Beckett and Stoller, 1988; Zimdahl, 2004). Beckett i Stoller (1988) su utvrdili da samonikli kukuruz pri brojnosti od 5-6 biljaka m^{-2} umanjuje prinos soje za 25% ukoliko se ovaj korov na vreme ne suzbije. Takođe, usled neujednačenog klijanja i nicanja samoniklog kukuruza proizvođači često previde problem sa ovom vrstom u usevu soje te štete dođu do izražaja kasnije. Osim toga, ova korovska vrsta često se javlja u naizmenično raspoređenim oazama sa velikom gustinom populacije što umanjuje percepciju o stvarnoj brojnosti ove vrste na parceli (Chahal et al., 2014b; Chahal and Jhala, 2015).

Skorija istraživanja su pokazala da registrovani herbicidi za pre-em primenu u usevu soje nisu dali zadovoljavajuće rezultate u suzbijanju GR samoniklog kukuruza (Chahal et al., 2014a). Stoga za rešavanje problema sa ovom korovskom vrstom u usevu soje akcenat je na post-em primeni herbicida. U te svrhe se preporučuje primena herbicida inhibitora acetil-KoA karboksilaze (ACC-aza). Herbicidi inhibitori ACC-aza koji se koriste za suzbijanje samoniklog kukuruza u usevu soje su: kletodim, setoksidim, diklofen, kvizalofop-p-etil, fluazifop-p-etil i drugi (Dale, 1981; Andersen and Geadelmann, 1982; Andersen et al., 1982; Beckett and Stoller, 1988; Young and Hart, 1997). Zajednička svojstva ovim aktivnim supstancama je neophodnost dodavanja aduvanata koji poboljšavaju pokrovnost lisne površine, apsorpciju, a time i efikasnost primenjenog herbicida. Osim toga, aduvanti indirektno smanjuju fotodegradaciju npr. kletodima (ultraljubičasti zraci degradiraju kletodim) tako što pospešuju njegovo usvajanje, odnosno, skraćuju izloženost kletodima ultraljubičastim zracima i time sprečavaju njegovu degradaciju do nefitotoksičnih formi (Ahrens, 1994). Dakle, aduvanti bilo da ulaze u sastav formulacije ili se dodaju u rezervoar prskalice poboljšavaju distribuciju mlaza herbicidnog rastvora, penetraciju, širenje i zadržavanje (retenciju) aktivne materije na

tretiranoj površini, takođe modifikuju osobine rastvora bez direktnog uticaja na efikasnost formulacije (Penner, 2000). Brojna istraživanja ukazuju na pozitivne efekte aduvanata u smislu povećanja aktivnosti herbicida (Zabkiewicz, 2000; Sharma and Singh, 2001; Kudsk and Mathiassen, 2007; Nandula et al., 2007; McCullough and Hart, 2008; Nurse et al., 2008), kao i modifikacije njihove sudbine u spoljnoj sredini (Weinberger and Greenhalgh, 1984). Takođe, učinak aduvanata pri primeni herbicida zavisi i od aktivne supstance kojoj se dodaje, korovske vrste koja se suzbija, kvaliteta vode koja se koristi kao i meteoroloških prilika u vreme primene herbicida (Smith et al., 2000 ; Wilson et al., 2010).

Na efikasnost post-em herbicida značajnu ulogu ima i kvalitet primene koji zavisi od vrste i osobina rasprskivača. S obzirom da rasprskivači određuju veličinu kapljice, oblik i ugao izlaznog mlaza, količinu izbačene tečnosti i kvalitet pokrivanja tretirane površine (Sedlar i sar., 2014) to potvrđuje njihovu važnost za ostvarenje visoke efikasnosti herbicida. Oblik otvora rasprskivača definiše oblik mlaza pri primeni herbicida. U vezi sa ovim mlaz može biti lepezast (kada je otvor eliptičan) ili konusan (otvor okrugao) i spram toga razlikuju se sa prorezom ili T, vrtložni i odbojni hidraulični rasprskivači (Sedlar i sar., 2014).

Polazeći od činjenice kakve sve štete samonikli kukuruz pravi u usevu GR soje na širem području USA-a cilj u ovim istraživanjima je bio da se ispita da li dodavanjem aduvanata u kombinaciji sa različitim tipovima rasprskivača i u različitoj zapremini radne tečnosti se može povećati efikasnost kletodima u suzbijanju ove korovske vrste koja je poslednju deceniju na poljima gde se gaji GR soja i kukuruz u ekspanziji.

MATERIJAL I METODE

Efikasnost kletodima na samonikli kukuruz je ispitivana u laboratoriji za Tehnologiju primene pesticida u North Platt na Univerzitetu u Nebraska, Lincoln (USA) tokom 2015. godine. Samonikli kukuruz je F1 generacija GR hibrida DKC51 kompanije Dekalb. To je genetski modifikovani hibrid, rezistentan na glifosat i jedan od najčešće gajenih hibrida u USA-a. Biljke su gajene u konusnim sudovima (Stuewe and Sons Inc., Corvalls, OR 97389) dimenzija 6,35 x 35,65 cm, u supstratu Baccto Professional Grower's Mix (Michigan Peat Company, Houston, TX 77098) u čiji sastav ulazi treset (75-85%) i perlit (15-25%), sa kiselosti 5,5-6,5 pH. Biljke su zalivane po potrebi. Jednom nedeljno takođe su zalivane hranljivim rastvorom Scotts Miracle - Gro® LiquaFeed® All purpose (The Scotts Company, Marysville, OH, 43041). U staklari 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 deluju povoljno na rast i razvoj biljaka emitujući specijalnu ružičastu svetlost. Tretiranje je obavljeno kada su biljke bile u fazi tri lista (13 BBCH). Ispitivano je 30 tretmana: 0,2 l ha⁻¹ kletodima (preparat SelectMax®, Valent U.S.A. Corporation sa četiri aduvanta koncentrat biljnog ulja 33,3% v/v (COC), nejonski surfaktant 0,25% v/v (NIS), metilisano ulje semena 3,33% v/v (MSO) i koncentrovano biljno ulje 1,67% v/v (HSOC)), tri rasprskivača (XR110015, AIXR110015, TTI110015) i dve zapremine radne (zaštitne) tečnosti (66 l ha⁻¹,

132 l ha⁻¹) koje su postignute promenom brzine, odnosno 8,2 km h⁻¹ za postizanje zapremine 66 l ha⁻¹ i 4,1 km h⁻¹ za postizanje zapremine 132 l ha⁻¹ (Tabela 1). U svakom tretmanu je bilo 8 konusnih sudova sa po jednom biljkom i ceo eksperiment je ponovljen dva puta.

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

Tretman Treatment	Herbicid Herbicide	Aduvant Adjuvant	Utrošak radne tačnosti Carrier volumes	Rasprskivač Spray nozzle
1				XR
2			66 l ha ⁻¹	AIXR
3		bez aduvanta		TTI
4				XR
5			132 l ha ⁻¹	AIXR
6				TTI
7				XR
8			66 l ha ⁻¹	AIXR
9		koncentrat biljnog ulja 33,3% v/v (COC)		TTI
10				XR
11			132 l ha ⁻¹	AIXR
12				TTI
13				XR
14			66 l ha ⁻¹	AIXR
15	kletodim	nejonski surfaktant 0,25% v/v		TTI
16	(SelectMax®) 0,2 l ha ⁻¹	(NIS)		XR
17			132 l ha ⁻¹	AIXR
18				TTI
19				XR
20			66 l ha ⁻¹	AIXR
21		metilisano ulje semena 3,33% v/v		TTI
22		(MSO)		XR
23			132 l ha ⁻¹	AIXR
24				TTI
25				XR
26			66 l ha ⁻¹	AIXR
27		koncentrovano biljno ulje 1,67% v/v		TTI
28		(HSOC)		XR
29			132 l ha ⁻¹	AIXR
30				TTI

Primena ispitivanih tretmana je rađena u automatskoj komori za prskanje sa jednim od rasprskivača pri radnom pritisku od 276 kPa. Tokom tretiranja biljke su bile u držačima u komori na udaljenosti 30 cm od rasprskivača. Nakon tretiranja sudovi sa biljkama su vraćeni u staklaru, biljke normalno zalivane i prihranjivane jednom nedeljno. Vizuelna ocena efikasnosti ispitivanih tretmana rađena je 7, 14, 21 i 28 dana nakon tretiranja (DNT) prema skali 0-100% (Tabela 2).

Tabela 2. Skala za vizuelnu ocenu oštećenja od herbicida
Table 2. The scale for the visual assessment of herbicide injury

Oštećenje/efikasnost (%) Injury/efficacy (%)	Opis oštećenja Description of injury
0	-bez simptoma oštećenja
2	-slabo uočljivi znaci hloroze na mladim listovima
5	-uočljiva hloroza mladih listova
10	-značajna hloroza i slaba inhibicija porasta biljaka
20	-uočljiva inhibicija porasta, hloroza i umerene deformacije listova, naboranost ivica listova koje isčezavaju posle 30 dana
30	-značajna hloroza i naboranost listova, njihovo slepljivanje, jasno uočljiv zastoj u porastu cele biljke
45	-jaka inhibicija porasta biljaka, pojava antocijan boje na listovima, intenzivna pojava sekundarnih izdanaka/zaperaka, većina listova je slepljena u "petlje" koje se zadržavaju do kraja vegetacije
70	-slično sa prethodnim ali sa znatno jačim oštećenjima i inhibicijom porasta biljaka
100	-potpuno propadanje biljaka prethodno praćeno pojavom antocijan boje, a potom nekrozom listova

Dobijeni rezultati su obrađeni u softveru *Sigmaplot* pri čemu je rađena ANOVA a za statističku značajnost razlika je korišćen LSD test.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati efikasnosti preporučene količine kletodima u kombinaciji sa ili bez ađuvanata primenjenih u dve različite zapremine radne tečnosti i sa tri različita rasprskivača na samonikli kukuruz (F1 generacija GR hibrida DKC51) su prikazani u tabelama 3-5.

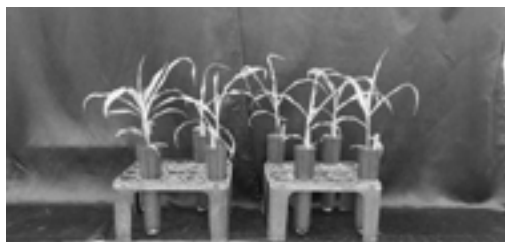
U prvoj oceni (7 DNT) u svim tretmanima zabeležen je postepeni prestanak rasta biljaka samoniklog kukuruza u odnosu na kontrolu. Generalno, tretirane biljke su bile lošijeg fitnesa i manjeg habitusa od netretiranih biljaka. Osim toga, boja listova u tretmanu je od tamno zelene polako prelazila u svetlu, zelenožučkastu boju (Slika 1). Efekti primenjenih tretmana u drugoj oceni (14 DNT) bili su još evidentniji, tj. manifestovali su se pojavom ljubičaste boje od rubova ka centru liske (Slika 2), s tim što se intenzitet oštećenja razlikovao između tretmana. Izraženija oštećenja su bila u tretmanima kada je kletodim primenjen u kombinaciji

sa adjuvantima i pri manjoj zapremini radne tečnosti (66 l ha^{-1}). Takođe i tip rasprskivača, naročito pri manjoj zapremini radne tečnosti, je imao uticaja na stepen oštećenosti samoniklog kukuruza. U trećoj oceni, tj. 21 DNT konstatovan je potpuni prestanak rasta biljaka a ljubičasta boja na listovima je postepeno prelazila u tamnobraon i biljke su postepeno venule i sušile se (Slika 3). Veliki broj biljaka u ovoj fazi je bio polomljen usled propadanja tkiva pri osnovi izdanka. Za razliku od prethodne ocene, vizuelna oštećenja 28 DNT su bila gotovo izjednačena u svim tretmanima. Takođe, i u poslednjoj oceni nije bilo razlika između tretmana u stepenu oštećenosti samoniklog kukuruza tj. došlo je do potpunog sušenja biljaka (Slika 4) osim kontrolnih.



Slika 1. Pojava žute boje na samoniklom kukuruзу 7 DNT kletodimom+COC pri utrošku radne tečnosti od 66 l ha^{-1} primenjene XR rasprskivačem

Figure 1. Occurrence of yellow coloration on volunteer corn 7 DAT by clethodim+COC, at a consumption rate of 66 l ha^{-1} of carrier volume, applied with a XR spray nozzle



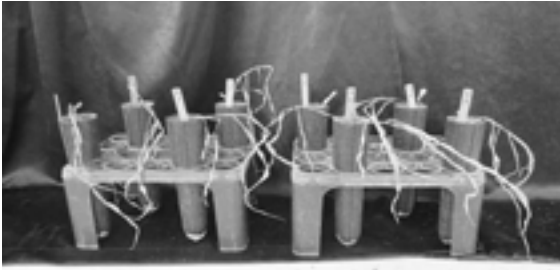
Slika 2. Razlika u intenzitetu oštećenja kod samoniklog kukuruзу 14 DNT kletodimom pri utrošku radne tečnosti od 66 l ha^{-1} (levo) i 132 l ha^{-1} (desno) primenjene sa TTI rasprskivačem

Figure 2. Differences in the level of injury of volunteer corn 14 DAT by clethodim, at a consumption rate of 66 l ha^{-1} (left) and 132 l ha^{-1} (right) of carrier volume, applied with a TTI spray nozzle



Slika 3. Simptomi oštećenja na samoniklom kukuruзу 21 DNT kletodim+NIS pri utrošku radne tečnosti od 66 l ha^{-1} primenjene TTI rasprskivačem

Figure 3. Symptoms of injury on volunteer corn 21 DAT by clethodim+NIS, at a consumption rate of 66 l ha^{-1} of carrier volume, applied with a TTI spray nozzle



Slika 4. Simptomi oštećenja na samoniklom kukuruza 28 DNT kletodimom pri utrošku radne tečnosti 132 l ha⁻¹ primenjene TTI rasprskivačem

Figure 4. Symptoms of injury on volunteer corn 28 DAT by clethodim, at a consumption of 132 l ha⁻¹ of carrier volume, applied with a TTI spray nozzle

Tretmani sa XR rasprskivačem. U periodu od prve do četvrte ocene (7, 14, 21, 28 DNT) tretmani kletodim+COC i kletodim+HSOC su ispoljili jača oštećenja na samoniklim biljkama kukuruza pri utrošku radne tečnosti od 66 l ha⁻¹ primenjene sa XR rasprskivačem. Procenat oštećenja kretao se u rasponu 57-100% (period 7-28 DNT) za prvi navedeni tretman, odnosno 41-97% za isti period za drugi navedeni tretman. Razlike između ovih i preostala tri tretmana (kletodim, kletodim+NIS, kletodim+MSO) su tokom prve dve ocene bile statistički značajne ($P \leq 0,01$), dok u trećoj i četvrtoj oceni značajnih razlika između tretmana nije bilo (Tabela 3). Sličan trend oštećenja je evidentiran u periodu od prve do četvrte ocene u svim tretmanima primenjenim u zapremini radne tečnosti od 132 l ha⁻¹ sa XR rasprskivačem, s tim što su ta oštećenja bila nešto blaža (44-98%) nego kada su isti tretmani primenjeni u manjoj zapremini radne tečnosti. Generalno, najslabija oštećenja na samoniklom kukuruza su dobijena pri samoj primeni preporučene doze kletodima i to 21-94% kada su primenjeni pri manjem, odnosno 21-89% pri većem utrošku radne tečnosti.

Tabela 3. Stepen oštećenja samoniklog kukuruza od preporučenih količina kletodima primenjene u kombinaciji sa i bez dodatka adjuvanata pri utrošku radne tečnosti 66 i 132 l ha⁻¹ primenjene sa XR rasprskivačem

Table 3. Level of injury to volunteer corn from the recommended rates of clethodim, applied with or without the adjuvants, at carrier volumes of 66 and 132 l ha⁻¹, applied with a XR spray nozzle

Tretman Treatment	Dani nakon tretiranja (DNT) Days after treatment (DAT)							
	7		14		21		28	
	Utrošak radne tečnosti (l ha ⁻¹) Carrier volume (l ha ⁻¹)							
	66	132	66	132	66	132	66	132
Kletodim	21c	21c	69b	63b	85a	83b	94a	89ab
Kletodim + COC	57a	32b	91a	86a	93a	96a	100a	98a
Kletodim + NIS	31bc	31b	78ab	70b	90a	84b	94a	91ab
Kletodim + MSO	35bc	40ab	84ab	69b	90a	80b	95a	83b
Kletodim + HSOC	41ab	44a	93a	89a	95a	95a	97a	98a

Tretmani primenjeni sa AIXR rasprskivačem. Oštećenja na biljkama samoniklog kukuruza pri istim tretmanima i oba utroška radne tečnosti (66 i 132 l ha⁻¹) primenjene sa AIXR rasprskivačem su bila slična po tretmanima kao kod XR rasprskivača tokom celog ocenjivanog perioda tj. 7-28 DNT. Kao i u prethodnom slučaju jača oštećenja u startu (7

DNT) su evidentirana u tretmanima kletodim+COC (54% oštećenje) i kletodim+HSOC (44%) primenjenim pri manjem utrošku radne tečnosti (66 l ha⁻¹). U narednim ocenama u ovim tretmanima su konstatovana još jača oštećenja na tretiranim biljkama samoniklog kukuruza i stepen oštećenja se kretao u rasponu 97-100%, odnosno 99-100%. Iako su ostali tretmani izazvali nešto blaža oštećenja razlike između tretmana najčešće nisu bile statistički značajne ($P > 0,05$) tokom svih ocena osim između same primene kletodima i zajedničke primene kletodima sa adjuvantima. Sličan trend u pogledu oštećenja je dobijen u svim tretmana i pri većem utrošku radne tečnosti (132 l ha⁻¹), s tim što su oštećenja na samoniklom kukuruza bila generalno slabija (maksimalno oštećenje od 45-97% je evidentirano u tretmanu kletodim+HSOC) nego u istim tretmanima pri manjem utrošku radne tečnosti. Za razliku od tretmana sa XR rasprskivačem, u varijanti sa AIXR rasprskivačem već u drugoj oceni (14 DNT) u većini tretmana sa adjuvantima evidentirana su jača oštećenja na biljkama samoniklog kukuruza. Takođe, kada je kletodim primenjen sam sa AIXR rasprskivačem, pri oba utroška radne tečnosti, izazvao je slabije oštećenje (25-87% u varijanti utroška 66 l ha⁻¹ radne tečnosti, odnosno 23-88% pri utrošku 132 l ha⁻¹ radne tečnosti) na samoniklom kukuruza (Tabela 4).

Tabela 4. Stepen oštećenja samoniklog kukuruza od preporučenih količina kletodima primenjene u kombinaciji sa i bez dodatka adjuvanata pri utrošku radne tečnosti 66 i 132 l ha⁻¹ primenjene sa AIXR rasprskivačem

Table 4. Level of injury to volunteer corn from the recommended rates of clethodim, applied with or without the adjuvants, at carrier volumes of 66 and 132 l ha⁻¹, applied with an AIXR spray nozzle

Tretman Treatment	Dani nakon tretiranja (DNT) Days after treatment (DAT)							
	7		14		21		28	
	Utrošak radne tečnosti (l ha ⁻¹) Carrier volume (l ha ⁻¹)							
	66	132	66	132	66	132	66	132
Kletodim	25b	23c	64c	59c	80b	79c	87a	88a
Kletodim + COC	54a	38ab	97a	83ab	99a	93ab	100a	95a
Kletodim + NIS	43a	32bc	87ab	74b	93ab	87bc	96a	88a
Kletodim + MSO	39ab	44a	79c	76b	87ab	85abc	94a	86a
Kletodim + HSOC	44a	45a	99a	91a	100a	96a	100a	97a

Tretmani sa TTI rasprskivačem. U okviru tretmana sa TTI rasprskivačem, kao i sa prethodna dva rasprskivača, najveći stepen oštećenosti na samoniklom kukuruza je postignut kada je kletodim primenjen sa COC adjuvantom (stepen oštećenja se kretao od 50-100% pri manjem i 34-98% pri većem utrošku radne tečnosti), odnosno, primenjen sa HSOC adjuvantom (43-93% i 45-97%). Razlike između tretmana najčešće nisu bile statistički značajne osim u prvoj oceni (7 DNT), retko u drugoj i trećoj između same primene kletodima i njegovih kombinacija sa adjuvantima. U poslednjoj oceni (28 DNT), efekti primenjenih tretmana u pogledu oštećenosti biljaka su bili manje-više slični i razlike između tretmana nisu bile statistički značajne ($P > 0,05$) u varijanti sa manjim i većim utroškom radne tečnosti. Kao i u prethodnim slučajevima, sam kletodim je u manjem stepenu izazvao oštećenja (26-94% i 28-86%) na biljkama samoniklog kukuruza, tj. ispoljio je lošiju efikasnost u suzbijanju ovog

korova u svim ocenama i pri oba utroška radne tečnosti u odnosu na većinu, ili gotovo sve tretmane gde je kletodimu dodat adjuvant (Tabela 5).

Tabela 5. Stepen oštećenja samoniklog kukuruza od preporučenih količina kletodima primenjene u kombinaciji sa i bez dodatka adjuvanata pri utrošku radne tečnosti 66 i 132 l ha⁻¹ primenjene sa TTI rasprskivačem

Table 5. Level of injury to volunteer corn from the recommended rates of clethodim, applied with or without the adjuvants, at carrier volumes of 66 and 132 l ha⁻¹, applied with a TTI spray nozzle

Tretman Treatment	Dani nakon tretiranja (DNT) Days after treatment (DAT)							
	7		14		21		28	
	Utrošak radne tečnosti (l ha ⁻¹) Carrier volume (l ha ⁻¹)							
	66	132	66	132	66	132	66	132
Kletodim	26b	28c	69b	60b	87a	79b	94a	86a
Kletodim + COC	50a	34bc	97a	82a	99a	93a	100a	98a
Kletodim + NIS	37a	34bc	77b	81a	87a	85ab	89a	90a
Kletodim + MSO	41a	38ab	81ab	80a	85a	91ab	90a	95a
Kletodim + HSOC	43a	45a	87ab	87a	93a	94a	93a	97a

Generalno, svi tretmani primenjeni sa manjim utroškom radne tečnosti (66 l ha⁻¹) su uglavnom izazvali jača oštećenja (pokazali bolju efikasnost) na biljkama samoniklog kukuruza u odnosu na iste tretmane kada je utrošak radne tečnosti bio duplo veći (132 l ha⁻¹). Razlike su naročito bile izražene tokom prve tri ocene (7, 14, 21 DNT). Međutim, u poslednjoj oceni (28 DNT) razlike između tretmana su se smanjile ($P > 0,05$) bez obzira na vrstu dodatog adjuvanta i količinu utroška radne tečnosti kod sva tri rasprskivača (XR1, AIXR, TTI). Naime, u svim tretmanima efikasnost je bila $\geq 90\%$ i najveći deo biljaka je potpuno propao (Slika 4). Slična efikasnost pri suzbijanju samoniklog kukuruza herbicidima inhibitorima ACC-aza je potvrđena od strane više istraživača. Chahal i sar. (2014) su utvrdili efikasnost kletodima, fenoksapropa, kvizalofopa i setoksidima (primenjenih sa adjuvantima) u prvoj oceni (7 DNT) od 48-75% a u poslednjoj (28 DNT) od 85-97%, u zavisnosti od faze razvoja samoniklog kukuruza, što je u koincidenciji sa rezultatima naših istraživanja. Andersen i sar. (1982), potom Young i Hart (1997), kao i Deen i sar. (2006) su potvrdili sličnu efikasnost inhibitora ACC-aza (diklofop, setoksidim, kvizalofop) u suzbijanju samoniklog kukuruza ($> 90\%$) i preporučuju dodavanje adjuvanata radi postizanja bolje efikasnosti u suzbijanju ovog korova.

U našim istraživanjima je potvrđeno da kletodim primenjen sa adjuvantima u prve tri nedelje dovodi do izraženijih oštećenja na biljkama samoniklog kukuruza u odnosu na samu primenu kletodima i te razlike su bile statistički značajne. Sama primena kletodima je ispoljila slabiju efikasnost tokom svih ocena (7-28 DNT). Deen i sar. (2006) takođe preporučuju primenu inhibitora ACC-aza uz dodatak adjuvanata, naročito pri nižim količinama primene herbicida u cilju postizanja visoke efikasnosti.

Na osnovu dobijenih rezultata može se konstatovati da adjuvanti mogu značajno uticati na efikasnost herbicida. Iako je intenzitet oštećenja tj. efikasnost u suzbijanju samoniklog kukuruza, bez obzira na prisustvo/odsustvo ili vrstu adjuvanata 28 DNT bio biološki prihvatljiv

(80-100%), ne može se reći da su svi tretmani ipak doveli do istog efekta. Razlika je evidentna u brzini reakcije korova na primenjeni herbicid jer nije isto da li su efekti primene evidentni posle 14, 21 ili 28 DNT. Ranije uklanjanje korova (propadanje usled visoke efikasnosti) sa parcele korespondira sa ranijim oslobađanjem useva od kompetitivnog pritiska korova te je dalji razvoj useva bezbedniji i time ostvareni preduslovi za visok prinos.

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata može se konstatovati da je ključni faktor koji dovodi do povećanja efikasnosti kletodima u suzbijanju GR samoniklog kukuruza prisustvo ađuvanata. Efikasnost tretmana koji nisu imali ađuvant se statistički značajno razlikuju od efikasnosti tretmana sa ađuvantom. Takođe, utrošak radne tečnosti je imao udela u efikasnosti tretmana. Pri manjoj zapremini radne tečnosti (66 l ha^{-1}), a pri istim drugim parametrima, postignuta je bolja efikasnost u suzbijanju samoniklog kukuruza. Pri manjoj zapremini radne tečnosti najefikasniji tretman je bio kletodim+COC, dok izbor rasprskivača nije imao uticaja na postignutu efikasnost (100%). Pri većoj zapremini radne tečnosti (132 l ha^{-1}) izbor ađuvanta, kao i izbor rasprskivača su imali uticaja na efikasnost kletodima. Sa najboljom efikasnošću (98%) pri većoj zapremini radne tečnosti su bili tretmani kletodim+COC i kletodim+HSOC primenjeni XR rasprskivačem, kao i tretman kletodim+COC primenjen sa TTI rasprskivačem.

Dakle, može se zaključiti da je veoma važno razvijati tehnologije primene herbicida da bi poljoprivredni proizvođači uz preporučene ili manje količine primene herbicida mogli da postignu visoku efikasnost u suzbijanju GR korova. Kvalitet primene herbicida, osim efikasnosti i ekonomičnosti, važan je i sa aspekta očuvanja životne sredine čemu se poslednjih decenija pridaje sve veći značaj.

LITERATURA

- [USDA-NASS] U.S. Department of Agriculture. Acreage, ed. Washington, DC: USDA-NASS. 6-15, 2017.
- Ahrens, W. H.:** Herbicide Handbook. 7th edition. Champaign, EUA: WSSA, 352 p., 1994.
- Andersen, R. N., Ford, J. H., Lueschen, W. E.:** Controlling volunteer corn (*Zea mays*) in soybeans (*Glycine max*) with diclofop and glyphosate. Weed Science, 30, 132–136, 1982.
- Andersen, R. N., Geadelmann, J. L.:** The effect of parentage on the control of volunteer corn (*Zea mays*) in soybeans (*Glycine max*). Weed Science, 30, 127–131, 1982.
- Beckett, T. H., Stoller, E. W.:** Volunteer corn (*Zea mays*) interference in soybeans (*Glycine max*). Weed Science, 36, 159–166, 1988.
- Castle, L. A., Wu, G. S., McElroy, D.:** Agricultural input traits: past, present and future. Current Opinion in Biotechnology, 17, 105–112, 2006.
- Chahal, P. S., Bernardis, M. L., Kruger, G. R., Blanco-Canqui, H., Jhala A. J.:** Impact of glyphosate-resistant volunteer corn density, control timing, and late season emergence on soybean yield. In the Proceedings of 55th Annual Meeting of Weed Science Society of America (WSSA), Lexington, KY, 2014a.
- Chahal, P. S., Jhala, A. J.:** Herbicide Programs for Control of Glyphosate-Resistant Volunteer Corn in Glyphosate-Resistant Soybean. Weed Technology, 29 (3), 431-443, 2015.

- Chahal, P. S., Jruger, G., Blanco-Canqui, H., Jhala, A. J.:** Efficacy of pre-emergence and post-emergence soybean herbicides for control of glufosinate-, glyphosate-, and imidazolinone-resistant volunteer corn. *Journal of Agriculture Science*, 6 (8), 131-140, 2014b.
- Dale, J. E.:** Control of johnsongrass (*Sorghum halepense*) and volunteer corn (*Zea mays*) in soybean (*Glycine max*). *Weed Science*, 29, 708–711, 1981.
- Davis, V. M., Marquardt, P. T., Johnson, W. J.:** Volunteer corn in northern Indiana soybean correlates to glyphosate-resistant corn adoption. *Crop Management* DOI: 10.1094/ CM-2008-0721-01-BR, 2008.
- Deen, W., Hamill, A., Shropshire, C., Soltani, N., Sikkema, P. H.:** Control of glyphosate-resistant corn (*Zea mays*) in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, 20, 261-266, 2006.
- Green, J. M.:** Current state of herbicides in herbicide-resistant crops. *Pest Management Science*, 70 (9), 1351-1357, 2014.
- Hatzios, K. K., Penner, D.:** Interactions of herbicides with other agro-chemicals in higher plants. *Reviews of Weed Science*, 1, 163-168, 1985.
- Kudsk, P., Mathiassen, S. K.:** Analysis of adjuvant effects and their interactions with variable application parameters. *Crop Protection*, 26, 328-334, 2007.
- Marquardt, P., Krupke, C., Johnson, W. G.:** Competition of Transgenic Volunteer Corn with Soybean and the Effect on Western Corn Rootworm Emergence. *Weed Science*, 60 (2), 193-198, 2012.
- McCullough, P. E., Hart, S. E.:** Spray adjuvants influence bispyribac-sodium efficacy for annual bluegrass (*Poa annua*) control in cool-season turf grass. *Weed Technology*, 22, 257-262, 2008.
- Nandula, V. K., Poston, D. H., Reddy, K. N., Koger, C. H.:** Formulation and adjuvant effects on uptake and translocation of clethodim in bermudagrass (*Cynodon dactylon*). *Weed Science*, 55, 6-11, 2007.
- Nurse, R. E., Hamilla, A. S., Kellsb, J. J., Sikkema, P. H.:** Annual weed control may be improved when AMS is added to below-label glyphosate doses in glyphosate-tolerant maize (*Zea mays* L). *Crop Protection*, 27, 452-458, 2008.
- Penner, D.:** Activator adjuvants. *Weed Technology*, 14, 785-791, 2000.
- Sedlar, A., Bugarin, R., Đukić, N.:** Tehnika aplikacije pesticida. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 57-116, 2014.
- Sharma, S. D., Singh, M.:** Surfactants increase toxicity of glyphosate and 2,4-D to Brazil pusley. *Horticultural Science (Calcutta)*, 36, 726-728, 2001.
- Shauck, T. C., Smeda, R. J.:** Control of glyphosate-resistant corn (*Zea mays*) with glufosinate or imazethapyr plus imazapyr in a replant situation. *Weed Technology*, 26, 417–421, 2012.
- Smith, D. B., Askew, S. D., Morris, W. H., Shaw, D. R., Boyette, M.:** Droplet size and leaf morphology effects on pesticide spray deposition. *Transactions of the ASAE*, 43 (2), 255-259, 2000.
- Steckel, L. E., Thompson, M. A., Hayes, R. M.:** Herbicide options for controlling glyphosate-tolerant corn in a corn replant situation. *Weed Technology*, 23, 243–246, 2009.
- Weinberger, P., Greenhalgh, R.:** Ecotoxicity of Adjuvants Used in Aerial Spraying. *Chemical and Biological Controls in Forestry. ACS Symposium Series*, 238. Chapter 23, 351-363, DOI: 10.1021/bk-1984-0238.ch023, 1984.
- Wilson, R., Sandell, L. D., Klein, R., Bernards, M.:** Volunteer corn control. In the *Proceedings of 2010 Crop Production Clinics*. Lincoln, NE: University of Nebraska-Lincoln Extension, pp. 212-215, 2010.
- Young, B. G., Hart, S. E.:** Control of volunteer sethoxydim-resistant corn (*Zea mays*) in soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, 11, 649–655, 1997.
- Zabkiewicz, J. A.:** Adjuvants and herbicidal efficacy-present status and future prospects. *Weed Research*, 40, 139-149, 2000.
- Zimdahl, R. L.:** *Weed–Crop Competition A Review*. 2nd edition, Ames, IA: Blackwell. 220 p., 2004.

The effect of adjuvants and nozzle type on the control of volunteer corn by clethodim

SUMMARY

Volunteer corn is a problematic weed in soybean fields in the USA, where it causes harvest problems and reduces the yield and seed quality of soybean crops. It is a competitive weed, as it grows taller than the soybean plants, and like many other weeds, causes yield reduction by competing with the crop for light, moisture, nutrients and space. There are a number of herbicide inhibitors of the enzyme ACCase, such as clethodim, which are a possible control substance for volunteer corn in soybean. The objective of this study was to determine the influence of adjuvants (crop oil concentrates 3.33% v/v (COC), non-ionic surfactants 0.25% v/v (NIS), methylated seed oil 3.33% v/v (MSO), high surfactant oil concentrate 1.67% v/v (HSOC)), spray nozzles (XR110015, AIXR110015 or TTI110015) and carrier volumes (66 l ha^{-1} and 132 l ha^{-1}) with clethodim in the control of volunteer corn. The experiment was conducted in controlled conditions at the Department of Agronomy and Horticulture, West Central Research and Extension Center, University of Nebraska – Lincoln, Lincoln, NE 69101, USA. The treatments were in a factorial arrangement, with a randomized complete block design with eight replicates, in two experimental repetitions. Visual injury assessments were recorded at 7, 14, 21 and 28 days after the treatment (DAT). The results have indicated that control of the volunteer corn was maximal (100%) at 66 l ha^{-1} , in clethodim+COC treatments, with the nozzle selection not influencing control at this carrier volume. At greater carrier volume (132 l ha^{-1}), the selection of adjuvants, as well as nozzles, has influenced the clethodim efficacy. The highest efficacy (98%), at greater carrier volume, was recorded in cases where clethodim+COC and clethodim+HSOC treatments were applied by a XR spray nozzle, and in the clethodim+COC treatment, applied by a TTI spray nozzle. Data from this study will be useful to agricultural producers attempting to control volunteer corn (grass weeds) in broadleaf cropping systems.

Keywords: volunteer corn, clethodim, adjuvant, spray nozzles, carrier volume, control.