

Reakcije populacija *Sorghum halepense* L. (Pers.) na nikosulfuron, rimsulfuron i prosulfuron+primisulfuron-metil

Dragana Božić¹, Ibrahim Elezović¹, Marija Sarić¹, Eleonora Onć-Jovanović² i Sava Vrbničanin¹

¹Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080 Beograd, Srbija (dbozic@agrif.bg.ac.rs)

²Institut PKB Agroekonomik, Industrijsko naselje bb, 11213 Beograd, Srbija

Primljen: 8. oktobra 2010.

Prihvaćen: 19. oktobra 2010.

REZIME

Ispitivane su reakcije 8 populacija vrste *Sorghum halepense* L. (Pers.) na herbicide nikosulfuron, rimsulfuron i prosulfuron+primisulfuron-metil u kontrolisanim uslovima. Primena različitih količina (0x; 0,5x; 1x; 1,5x; 2x; 3x od količine koja je preporučena za primenu u poljskim uslovima) ovih herbicida izvedena je kada su biljke bile visine 20-25 cm. Sedam dana nakon primene herbicida mereni su sledeći parametri: površina listova, sveža i suva masa biljaka, a na osnovu dobijenih rezultata su određene ED₅₀ vrednosti.

Reakcije populacija *S. halepense* na nikosulfuron, rimsulfuron i prosulfuron+primisulfuron-metil su bile različite u zavisnosti od populacije, količine primene herbicida i ispitivanog parametra. Nijedna od populacija koja je pre sakupljanja semena preživela primenu navedenih herbicida nije razvila rezistentnost. Samo je kod populacije P₂ potvrđena smanjena osetljivost na nikosulfuron, koja se može smatrati početkom razvoja rezistentnosti.

Ključne reči: *Sorghum halepense* L. (Pers.); populacije; reakcije; sulfoniluree

UVOD

Reakcije biljaka na herbicide su bile predmet proučavanja velikog broja istraživača od njihovog otkrića do danas (Lopez-Ovejero i sar., 2006; Božić i sar., 2007). Selektivnost herbicida, odnosno osetljivost korovskih i istovremeno tolerantnost gajenih biljaka na ova jedinjenja predstavlja osnov za suzbijanje korova herbicidima, odnosno za održavanje zakorovljenosti useva

ispod nivoa koji predstavlja ekonomski prag štetnosti. Reakcije biljaka na herbicide određene su njihovim genetičkim karakteristikama (Solymosi i Nagy, 1998), kao i starošću biljaka, nivoom rasta, morfologijom, fiziologijom, biofizičkim ili biohemijskim procesima (Anderson, 1983).

Sulfoniluree su jedna od najefikasnijih i najviše korišćenih grupa herbicida. Naime, otkriće ove grupe jedinjenja i njihove sposobnosti da zaustave i potisnu

korove pri veoma niskim količinama primene u poređenju sa do tada korišćenim herbicidima privuklo je veliku pažnju i interesovanje. Usled toga što poseduju pozitivne osobine kao što su: niske količine primene, niska toksičnost za sisare i širok spektar korova koje suzbijaju (Volenberg i sar., 2001), ovi herbicidi su našli široku primenu na obradivim površinama. Njihovo delovanje na osetljive biljke ispoljava se kroz redukciju rasta koja je praćena jednim ili više vizuelnih simptoma, kao što su: hloroza, nekroza, izrazito tamno zeleni listovi čije izduživanje je zaustavljeno, ali se na njima ne javlja hloroza, internodije se ne izdužuju, stabla se lome, javljaju se različiti deformiteti listova, listovi opadaju, crvenoljubičasta obojenost, ograničen rast korena i u nekim slučajevima sporo uginuće biljaka (Manley i sar., 1998). Mnoge vrste tretirane herbicidima iz ove grupe ne propadaju, ali ostaju krhke i deformisane.

Reakcije biljaka na sulfoniluree su veoma različite. Hageman i Behrens (1984) su poredili količinu hlorsulfurona koja je potrebna za redukciju rasta dve korovske vrste za 50% i utvrdili razliku od 21000 puta. Osuna i sar. (2002) su potvrdili različitu osetljivost *Echinochloa phyllopogon* (Stapf) Koss na bispiribak-Na i bensulfuron-metil. Hinz i Owen (1996) su utvrdili da je različito delovanje nikosulfurona i primisulfurona na *Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth posledica razlika u metabolizmu ovih herbicida. Osim toga, Manley i sar. (1996) su potvrdili da je osetljivost *Amaranthus hybridus* L., kao i *Amaranthus lividus* L. na šest različitih herbicida ALS inhibitora veoma različita.

Sorghum halepense L. (Pers.) je višegodišnja korovska vrsta i jedan od najznačajnijih korova okopavina, voćnjaka, vinograda, a sreće se i na parlozima, međama, travnjacima i ruderalnim staništima. Prisutan je

na celoj teritoriji Srbije, s tim što je učestaliji i brojniji u intenzivnim poljoprivrednim područjima, naročito u Vojvodini (Vrbničanin i sar., 2009). Za njegovo suzbijanje je registrovan veći broj preparata na bazi aktivnih materija iz grupe sulfonilurea.

Cilj istraživanja u ovom radu je da se utvrde reakcije osam populacije *S. halepense* na nikosulfuron, rimsulfuron i prosulfuron+primisulfuron-metil na osnovu morfoloških parametara u kontrolisanim uslovima.

MATERIJAL I METODE

Za ispitivanje reakcija osam populacija *S. halepense* na nikosulfuron, rimsulfuron i prosulfuron+primisulfuron-metil semena su prikupljena tokom jeseni 2005. godine na lokalitetima Novi Beograd, Dobanovci, Surčin, Ovča, Omoljica i Smederevo. Podaci o ispitivanim populacijama i istoriji primene herbicida dati su u tabeli 1. Od 8 ispitivanih populacija samo P₁ populacija potiče sa površine koja nikada nije bila izložena primeni herbicida. Ostale populacije su bile izložene višegodišnjoj primeni herbicida ALS (acetolaktat-sintetaza) inhibitora, a u godini sakupljanja semena su preživele njihovu primenu, što je navelo na pretpostavke o postojanju rezistentnosti. Sakupljena semena su očišćena i čuvana na temperaturi 22±2°C.

Za ispitivanje reakcije na herbicide biljke su gajene u fitotronu u plastičnim posudama površine 38 cm² u komercijalnom supstratu (Flora Gard TKS1, Germany), pri sledećim uslovima: fotoperiod 16^h/8^h, temperatura 24°C, vlažnosti 60-70% i intenziteta svetlosti 300 μE/m²s. Biljke su zalivane redovno kako bi se održala zadovoljavajuća vlažnost zemljišta, a nakon nicanja su proređene tako da u svakoj posudi ostanu po dve jedinke.

Tabela 1. Osnovi podaci o ispitivanim populacijama *S. halepense* i istoriji primene herbicida

Populacija	Lokalitet	Primena herbicida ALS inhibitora (godina)	Herbicid primenjen u 2005. godini
P ₁	Novi Beograd	0	–
P ₂	Surčin-tabla 12	5	nikosulfuron
P ₃	Surčin-tabla 13	6	nikosulfuron
P ₄	Surčin-tabla 14	3	nikosulfuron
P ₅	Smederevo	5	rimsulfuron
P ₆	Omoljica	4	rimsulfuron
P ₇	Dobanovci	3	rimsulfuron
P ₈	Ovča	4	prosulfuron+primisulfuron-metil

Izbor herbicida za ispitivanje reakcija populacija *S. halepense* izvršen je na osnovu istorije primene herbicida, odnosno odabrani su herbicidi koji su primenjeni u godini kada je sakupljeno seme. Kod populacije koja

nikada nije bila izložena primeni herbicida analizirane su reakcije na sve herbicide koji su bili uključeni u ispitivanje. Korišćeni su preparati za komercijalnu upotrebu i njihove karakteristike su date u tabeli 2.

Tabela 2. Osnovne karakteristike herbicida korišćenih u ogledu

Herbicid	Preparat	Sadržaj aktivne supstance
Nikosulfuron	Motivell	40 g l ⁻¹
Prosulfuron+primisulfuron-metil	*Ring 80-WG	500 g kg ⁻¹ +300 g kg ⁻¹
Rimsulfuron	*Tarot 25-WG	250 g kg ⁻¹

*prep. Tarot 25-WG i Ring 80-WG su primenjeni uz dodatak 0,1% okvašivača Trend-90

Primena herbicida je obavljena kada su biljke dostigle visinu 20-25 cm. Ispitivani herbicidi su primenjeni u

količinama 0x; 0,5x; 1x; 1,5x; 2x; 3x od količine koja je preporučena za primenu u poljskim uslovima (Tabela 3).

Tabela 3. Količine primene herbicida

Herbicid	Količina primene herbicida (g ha ⁻¹)					
	0x	0,5x	1x	1,5x	2x	3x
Nikosulfuron	0	20	40	60	80	120
Prosulfuron+primisulfuron-metil	0	7,5+4,5	15+9	22,5+13,5	30+18	45+27
Rimsulfuron	0	6,25	12,5	18,75	25	37,5

Sveža i suva masa biljaka i ukupna površina listova su mereni 7 dana nakon tretiranja (DNT). Suva masa biljaka je merena 15 dana nakon sušenja na sobnoj temperaturi (25±0,5°C). Površina listova je određena na osnovu dužine i širine listova prema formuli $P=k \times L \times W_{\max}$ (cm²), gde su: k (0,75) – korekcionni faktor, L – dužina lista (cm), W_{\max} – maksimalna širina lista (cm).

Ogled je postavljen po potpuno slučajnom blok sistemu u četiri ponavljanja i ponovljen je dva puta. Dobijeni podaci su statistički obrađeni pomoću LSD i t-testa u softverskom paketu STATISTIKA^{5.0}. Efektivna doza 50% (ED₅₀) je izračunata i grafički predstavljena pomoću softverskog paketa BIOASSAY97 (Onofri, 2005), pri čemu je korišćen model nelinearne regresione analize (Streibig i sar., 1993; Seefeldt i sar., 1994):

$$Y=c+\{(d-c)/[1+(x/g)^b]\}$$

gde su: Y – procenat rasta, c – prosečan odgovor na veoma veliku količinu primene herbicida, d – prosečan odgovor biljke kad se količina primene herbicida približava

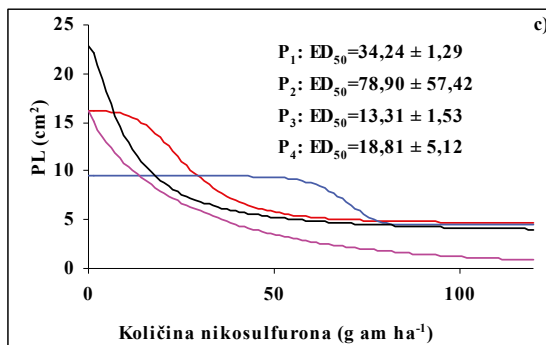
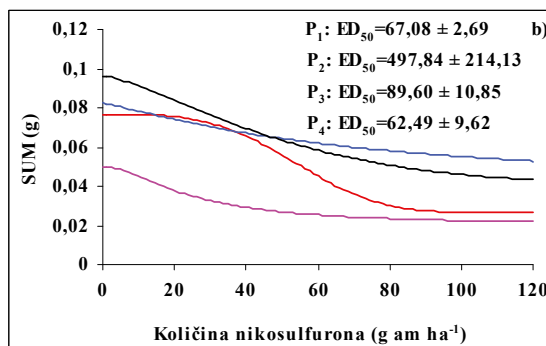
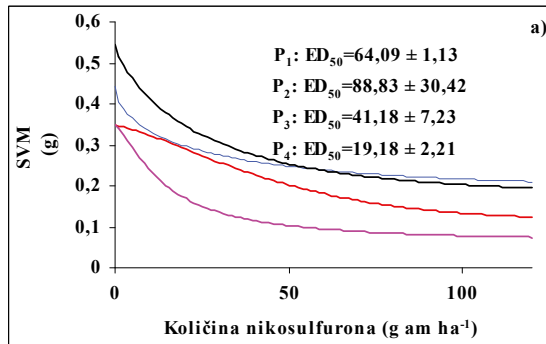
nuli, b – nagib najbolje prilagođene krive linije, g – količina primene herbicida koja izaziva efekat između c i d, x – količina primene herbicida.

REZULTATI I DISKUSIJA

Reakcije populacija *S. halepense* na nikosulfuron.

Primena nikosulfurona na populacije P₁, P₂, P₃, P₄ *S. halepense* u kontrolisanim uslovima dovela je do redukcije svih merenih parametara (Slika 1a, b, c). Generalno, stepen inhibicije je rastao sa povećanjem količine primene herbicida, s tim što je zavisio od parametra koji je posmatran. Procenat inhibicija sveže mase se kretao: 19,96-64,19% kod pop. P₁; 37,84-52,66% kod pop. P₂; 38,10-66,61% kod pop. P₃ i 50,79-81,63% kod pop. P₄. Procenat smanjenja suve mase sa povećanjem primenjene količine herbicida se takođe razlikovao od populacije do populacije, pri čemu je iznosio: 7,48-66,14% kod

pop. P₁; 11,69-35,35% kod pop. P₂; 16,50-54,25% kod pop. P₃ i 22,86-56,00% kod pop. P₄. Najmanja redukcija listova je izmerena kod populacije P₁ (18,19-71,30%), dok je kod ostalih populacija i najmanja primenjena količina herbicida (20 g am ha⁻¹) redukovala ovaj parametar >50%.



Slika 1. Reakcije populacija *S. halepense* (P₁--; P₂--; P₃--; P₄--) na rastuće količine primene nikosulfurona u odnosu na: svežu (a), suhu (b) masu biljaka i površinu listova (c)

SVM – sveža masa
 SUM – suva masa
 PL – površina listova

Dobijene ED₅₀ vrednosti su kod svih ispitivanih populacija imale najveću vrednost za suhu masu, a najmanju za površinu listova i kretale su se od 13,31 do 497,84 g ha⁻¹. Količina nikosulfurona potrebna za redukciju suve mase za 50% (ED₅₀ = 62,49-497,84 g ha⁻¹) kod svih ispitivanih populacija je bila znatno veća u poređenju sa količinom ovog herbicida (3 g ha⁻¹) koja je izazvala isti nivo redukcije suve mase kod populacije iste vrste iz Misisipija, za koju nije poznata istorija primene herbicida (Carey i sar., 1997).

Brojne publikacije ukazuju na visok nivo efikasnosti nikosulfurona u suzbijanju *S. halepense* u usevu kukuruza (Baghestani i sar., 2007; Nosratti i sar., 2007). Osim toga, potvrđeno je da količine ovog herbicida manje od preporučenih takođe efikasno suzbijaju osetljivu populaciju *S. halepense* (Rosales Robles i sar., 2001). Međutim, na našim poljima populacije P₂, P₃ i P₄ su preživele primenu ovog herbicida, što je izazvalo sumnju u njihovu osetljivost na nikosulfuron.

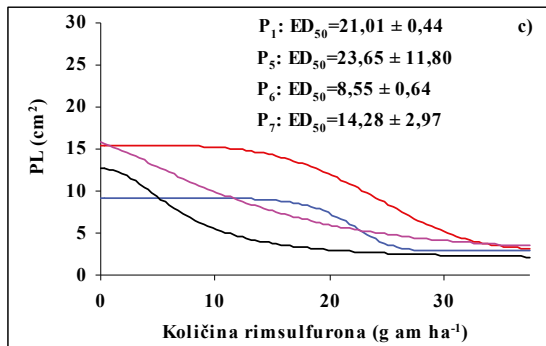
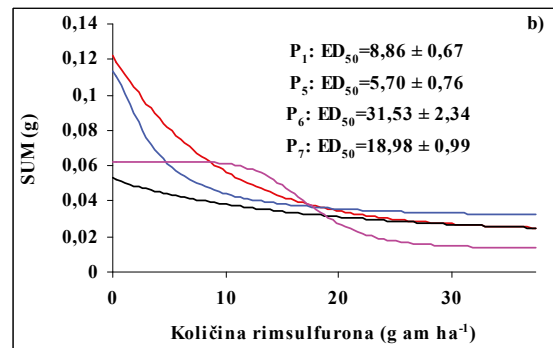
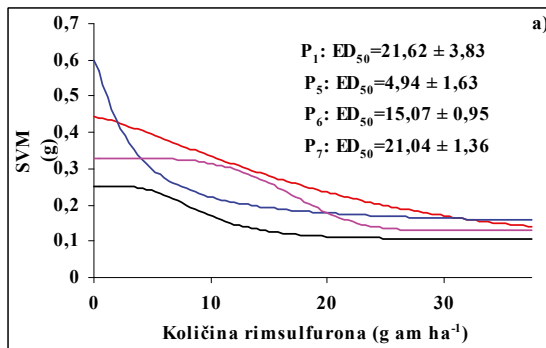
Populacija P₂ je ispoljila najmanju osetljivost na nikosulfuron u odnosu na analizirane parametre (ED₅₀ = 78,90-497,84 g ha⁻¹), što se može dovesti u vezu sa istorijom primene herbicida u polju odakle potiče ova populacija. Smanjena osetljivost ove populacije od 1,4 do 9 puta je najverovatnije posledica njenog višegodišnjeg izlaganja delovanju herbicida ALS inhibitora (5 godina uzastopno je korišćen nikosulfuron). U prilog ovoj tvrdnji idu rezultati do kojih su došli Itoh i sar. (1999), Hashem i sar. (2001) potvrđivši rezistentnost različitih korovskih vrsta na herbicide ALS inhibitore nakon 3 do 7 godina njihove uzastopne primene. Nasuprot tome, Božić i sar. (2007) nisu konstatovali promene u osetljivosti populacije iste vrste na ovaj herbicid na osnovu morfoloških parametara ni posle 10-godišnje uzastopne primene herbicida istog mehanizma delovanja. Međutim, u njihovim istraživanjima, nakon primene preporučene količine nikosulfurona aktivnost ALS enzima *in vivo* je bila oko 16 puta veća od njegove aktivnosti u odnosu na odgovarajuću osetljivu populaciju *S. halepense*, što pruža mogućnost da govorimo o inicijalnoj fazi razvoja rezistentnosti ove populacije na nikosulfuron.

Razlike u osetljivosti između populacija P₁, P₃ i P₄ bile su manje izražene, s tim što je populacija P₄ bila najosetljivija (ED₅₀ = 18,81-62,49 g ha⁻¹). Inače, populacije P₃ (u odnosu na svežu masu i površinu listova) i P₄ (u odnosu na sve analizirane parametre) su bile osetljivije od referentne osetljive populacije P₁ uprkos činjenici da su duži niz godina (pop. P₄ 3 godine; populacija P₃ 6 godina) bile izložene primeni herbicida ALS inhibitora.

Reakcije populacija *S. halepense* na rimsulfuron. Primena rimsulfurona na populacije P₁, P₅, P₆ i P₇ *S. halepense* dovela je do veoma značajne redukcije posmatranih parametara (10,32-89,10%: površine listova, sveže i suve

mase biljaka), što je zavisilo od populacije, količine primene herbicida i ispitivanog parametra (Slika 2a, b, c). U zavisnosti od količine primene rimsulfurona je izazvao smanjenje sveže mase za: 19,34-79,00% kod pop. P₁; 56,99-75,88% kod pop. P₅; 10,32-58,73% kod pop. P₆ i 11,61-62,18% kod pop. P₇. Stepenn smanjenja suve mase takođe je zavisio od populacije i rastao je sa povećanjem količine primene rimsulfurona, i iznosio je: 40,82-78,23% kod pop. P₁; 52,75-73,63% kod pop. P₅; 33,96-77,36% kod pop. P₆ i 11,59-78,44% kod pop. P₇. Slični rezultati dobijeni su i kada je

u pitanju površina listova, čiji je procenat redukcije iznosio: 32,29-86,86% kod pop. P₁; 62,69-88,26% kod pop. P₅; 35,00-85,34% kod pop. P₆ i 30,8-82,32% kod pop. P₇. Nasuprot navedenim rezultatima, Baghestani i sar. (2007) su utvrdili da rimsulfuron, pri znatno manjim količinama primene (5-10 g ha⁻¹) izaziva veći stepenn smanjenja suve mase (97,90-97,20%) kod jedne populacije *S. halepense* u poljskim ogledima. Isti autori su za druge dve populacije ove vrste, pri istim količinama primene rimsulfurona, konstatovali znatno manju redukciju suve mase (24,00-54,80%).



Slika 2. Reakcije populacija *S. halepense* (P₁--; P₅--; P₆--; P₇--) na rastuće količine primene rimsulfurona u odnosu na: svežu (a), suhu (b) masu biljaka i površinu listova (c)

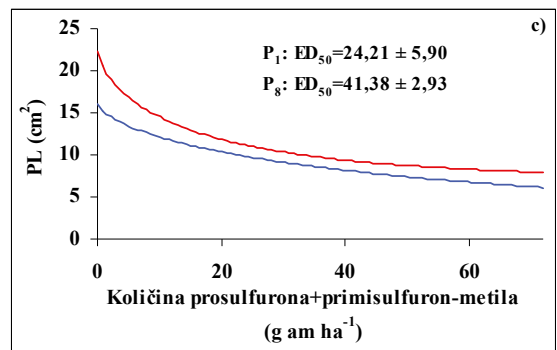
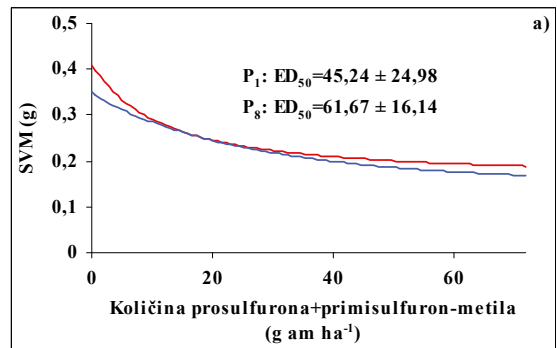
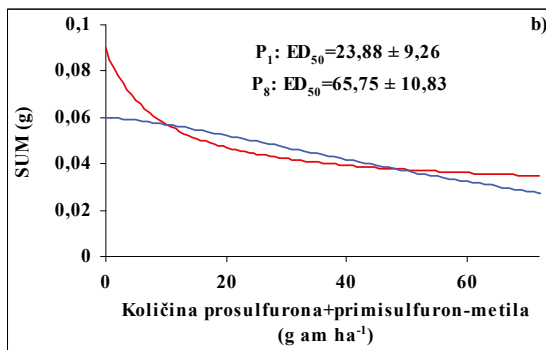
SVM – sveža masa
SUM – suva masa
PL – površina listova

Kao što se vidi sa slike 2 ED₅₀ vrednosti za rimsulfuron kod populacija P₁, P₅, P₆ i P₇ se kreću od 4,94 do 31,53. Ako posmatramo reakciju sveže mase biljaka na primenu rimsulfurona kao najosetljivija se izdvaja pop. P₅ (ED₅₀ = 4,94 g ha⁻¹), zatim sledi pop. P₆ (ED₅₀ = 15,07 g ha⁻¹), dok su populacije P₁ i P₇ znatno manje osetljive (slične ED₅₀ vrednosti: P₁ = 21,62 g ha⁻¹, P₇ = 21,04 g ha⁻¹). U odnosu na suhu masu biljaka najosetljivija je pop. P₅ (ED₅₀ = 5,70 g ha⁻¹), zatim pop. P₁ (ED₅₀ = 8,86 g ha⁻¹), potom pop. P₇ (ED₅₀ = 18,98 g ha⁻¹), a najmanje osetljiva pop. P₆ (ED₅₀ = 31,53 g ha⁻¹). Pri poređenju osetljivosti ovih populacija u odnosu na površinu listova najosetljivija je pop. P₆ (ED₅₀ = 8,55 g ha⁻¹), zatim pop. P₇ (ED₅₀ = 14,28 g ha⁻¹) i najmanje osetljive su populacije P₁ i P₅ (slične ED₅₀ vrednosti: P₁ = 21,01 g ha⁻¹, P₅ = 3,65 g ha⁻¹).

Uprkos tome što su Damalas i Eleftherohorinos (2001) utvrdili da je efikasnost rimsulfurona u suzbijanju *S. halepense* preko 95%, primena ovog herbicida na lokalitetima sa kojih je sakupljeno seme populacija P₅, P₆ i P₇ nije dala zadovoljavajuće rezultate u suzbijanju ove korovske vrste. Činjenica da su na ovim lokalitetima 3-5 (5 kod pop. P₅; 4 kod pop. P₆; 3 kod pop. P₇) uzastopnih godina primenjivani herbicidi istog mehanizma delovanja navela je na sumnju da je došlo do razvoja rezistentnosti ovih populacija na rimsulfuron. Ipak, poređenjem ED₅₀ vrednosti ovih populacija sa ED₅₀ vrednostima osetljive populacije P₁ pretpostavke o rezistentnosti nisu potvrđene. Osim toga, pokazalo se da su ove populacije uglavnom ispoljile istu reakciju na rimsulfuron ili su bile

osetljivije od referentne osetljive populacije, odnosno da je njihovo preživljavanje u poljskim uslovima posle primene herbicida bilo u vezi sa nekim drugim faktorima (kvalitetom primene herbicida, agrometeorološkim prilikama, fenofazom razvoja korova u vreme primene herbicida itd.).

Reakcije populacija *S. halepense* na prosulfuron+primisulfuron-metil. Primena različitih količina kombinacije prosulfurona+primisulfuron-metila je dovela do redukcije svih merenih parametara kod dve populacije *S. halepense*, P₁ i P₈ (Slika 3a, b, c).



Slika 3. Reakcije populacija *S.halepense* (P₁-; P₈-) na rastuće količine primene prosulfurona+primisulfuron-metila u odnosu na: svežu (a), suhu (b) masu biljaka i površinu listova (c)

SVM – sveža masa

SUM – suva masa

PL – površina listova

Shodno očekivanjima, stepen redukcije se razlikovao u zavisnosti od populacije i merenih parametara, pri čemu je na nivou svih pokazatelja uočeno da stepen inhibicije raste sa porastom količine herbicida (0; 7,5+4,5; 15+9; 22,5+13,5; 30+18; 45+27 g ha⁻¹). Kod pop. P₁ sveža masa je redukovana za 35,61-60,24%, a kod pop. P₈ za 26,82-57,79%. Stepenn smanjenja suve mase se kretao 43,33-68,89% kod pop. P₁ i 2,96-44,65% kod pop. P₈, dok se redukcija lisne površine kod pop. P₁ kretala 44,26-68,79%, a kod pop. P₈ 28,13-61,46%.

ED₅₀ vrednosti za kombinaciju prosulfuron+primisulfuron-metil kod populacija P₁ i P₈ kretale su se od 23,88 do 65,75 g ha⁻¹ u zavisnosti od parametra i populacije. Kod populacije P₁ najveća vrednost je utvrđena za svežu masu biljaka (ED₅₀ = 45,24 g ha⁻¹), dok su vrednosti za suhu masu i površinu listova bile slične (ED₅₀ = 23,88 g ha⁻¹ za suhu masu;

ED₅₀ = 24,21 g ha⁻¹ za površinu listova). Nasuprot tome, kod populacije P₈ vrednost ED₅₀ je bila najmanja za površinu listova (ED₅₀ = 41,38 g ha⁻¹), zatim sledi sveža (ED₅₀ = 61,67 g ha⁻¹), pa suva (ED₅₀ = 65,75 g ha⁻¹) masa.

Generalno, za sva tri analizirana parametra ED₅₀ vrednosti za populaciju P₁ su bile znatno manje od vrednosti za populaciju P₈, što ukazuje da je populacija P₁ osetljivija. Mada su potvrđene razlike u osetljivosti ispitivanih populacija *S. halepense* (pop. P₁ je 1,36-2,75 puta osetljivija od pop. P₈) polazna hipoteza o rezistentnosti populacije P₈ nije potvrđena. U brojnim publikacijama o rezistentnosti korova na herbicide (na osnovu morfoloških parametara) su utvrđene znatno veće razlike u osetljivosti između osetljivih i rezistentnih populacija koje se kreću od nekoliko desetina do nekoliko hiljada puta (Roux i sar., 2005; Cui i sar., 2009).

ZAKLJUČAK

Reakcije populacija *S. halepense* na nikosulfuron, rimsulfuron i prosulfuron+primisulfuron-metil su bile veoma različite u zavisnosti od populacije, količine primene herbicida i analiziranog parametra. Nijedna od populacija koja je pre sakupljanja semena preživela primenu navedenih herbicida nije razvila rezistentnost. Samo je kod populacije P₂ potvrđena smanjena osetljivost na nikosulfuron, koja se može smatrati početkom razvoja rezistentnosti. Dobijeni rezultati ukazuju da preživljavanje ovih populacija u poljskim uslovima posle primene herbicida nije posledica razvoja rezistentnosti već uticaja nekih drugih faktora kao što su: kvaliteta primene herbicida, agrometeorološke prilike, fenofaza razvoja korova itd.

ZAHVALNICA

Deo istraživanja je realizovan u okviru projekta „Biolška, hemijska, toksikološka i ekotoksikološka proučavanja herbicida i njihova primena” (TR20041) koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj R. Srbije.

LITERATURA

- Anderson, W.P.:** Weed Science: Principles. 2nd Edition. West Publ. Co., St. Paul, MN, 1983.
- Baghestani, M.A., Zand, E., Soufizadeh, S., Eskandari, A., PourAzar, R., Veysi, M. and Nassirzadeh, N.:** Efficacy evaluation of some dual purpose herbicides to control weeds in maize (*Zea mays* L.). Crop Protection, 26: 936-942, 2007.
- Božić, D., Vrbničanin, S., Barać, M. and Stefanović, L.:** Determination of Johnsongrass (*Sorghum halepense* L.) (Pers.) level of sensibility to nicosulfuron. Maydica, 52: 271-277, 2007.
- Carey, J.H., Hageman, L.H. and Bebbrens, R.:** Basis for response differences of two broadleaf weeds to chlorsulfuron. Weed Science, 32: 162-167, 1984.
- Hashem A., Bouran, D., Piper, T. and Dhammu, H.:** Resistance of Wild Radish (*Raphanus raphanistrum*) to Acetolactate Synthase-Inhibiting Herbicides in the Western Australia Wheat Belt. Weed Technology, 15: 68-74, 2001.
- Hinz, J.R. and Owen, M.D.K.:** Nicosulfuron and primisulfuron selectivity in corn (*Zea mays*) and two annual grass weeds. Weed Science, 44: 219-223, 1996.
- Itob, K., Wang, G.X. and Obba, S.:** Sulfonylurea resistance in *Lindernia micrantha*, an annual paddy weed in Japan. Weed Research, 39: 413-423, 1999.
- Lopez-Ovejero, R.F., de Carvalho, S.J., Nicolai, M., Abreu, A.G., Grombone-Guaratini, M.T., Toledo, R.E.B. and Christoffoleti, P.J.:** Resistance and differential susceptibility of *Bidens pilosa* and *B. subalternans* biotypes to ALS-inhibiting herbicides. Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.), 63: 139-145, 2006.
- Manley, B.S., Wilson, H.P. and Hines, T.E.:** Characterization of Imidazolinone-Resistant Smooth Pigweed (*Amaranthus hybridus*). Weed Technology, 12: 575-584, 1998.
- Manley, B.S., Wilson, H.P. and Hines, T.E.:** Smooth Pigweed (*Amaranthus hybridus*) and Livid Amaranth (*A. lividus*) Response to Several Imidazolinone and Sulfonylurea Herbicides. Weed Technology, 10: 835-841, 1996.
- Nosratti, I., Hassan Muhammad, A. and Saeed, R.:** Control of johnsongrass (*Sorghum halepense*) with nicosulfuron in maize at different planting patterns. Journal of Agronomy, 6: 444-448, 2007.
- Onofri, A.:** BIOASSAY97: a new EXCEL VBA macro to perform statistical analyses on herbicide dose-response data. Rivista Italiana di Agrometeorologia, 3: 40-45, 2005.
- Osuna, M.D., Vidotto, F., Fischer, A.J., Bayer, D.E., Prado, R.D. and Ferrero, A.:** Cross-resistance to Bispyribac - sodium and bensulfuron - methyl in *Echinochloa phyllopogon* and *Cyperus difformis*. Pesticide Biochemistry and Physiology, 73: 9-17, 2002.
- Rosales Robles, E., Chandler, J.M. and Senseman, S.A.:** Growth stage affects johnsongrass response to nicosulfuron and clethodim. Agrocienca, 35: 525-533, 2001.
- Roux, F., Matejcek, A. and Reboud, X.:** Response of *Arabidopsis thaliana* to 22 ALS inhibitors: baseline toxicity and cross-resistance of *csr1-1* and *csr1-2* resistant mutants. Weed Research, 45: 220-227, 2005.
- Seefeldt, S.S., Jensen, J.E. and Fuerst, E.P.:** Log-logistic analysis of herbicide dose±response relationships. Weed Technology, 9: 218-227, 1995.
- Solymosi, P. and Nagy, P.:** ALS-resistance in *Cirsium arvense* (L.) Scop.: ALS-gatlo herbicidekkel szembeni rezisztencia vizsgalata a *Cirsium arvense* (L.) Scop. Biotipusaiban. Novenyvedelem, 34: 353-364, 1998.
- Streibig, J.C., Rudemo, M. and Jensen, J.E.:** Dose-response curves and statistical models. In: Herbicide Bioassays (J.C. Streibig, P. Kudsk, eds.), Boca Raton, FL: CRC Press, 1993, pp. 29-55.
- Volenberg, D.S., Stoltenberg, D.E. and Boerboom, Ch.M.:** Biochemical mechanism and inheritance of cross-resistance to acetolactate synthase inhibitors in giant foxtail. Weed Science, 49: 635-641, 2001.
- Vrbničanin, S., Malidža, G., Stefanović, L., Elezović, I., Stanković-Kalezić, R., Jovanović-Radovanov, K., Marisavljević, D., Pavlović, D. i Gavrić, M.:** Distribucija nekih ekonomski štetnih, invazivnih i karantinskih korovskih vrsta na području Srbije. III deo: Prostorna distribucija i zastupljenost osam korovskih vrsta na području Srbije. Biljni lekar, XXXVII(1): 21-30, 2009.

Response of *Sorghum halepense* L. (Pers.) Populations to Nicosulfuron, Rimsulfuron and Prosulfuron+Primsulfuron-methyl

SUMMARY

The effects of herbicides nicosulfuron, rimsulfuron and prosulfuron+primsulfuron-methyl on eight populations of *Sorghum halepense* L. (Pers.) under controlled conditions were investigated. The herbicides were applied at different rates (0x; 0,5x; 1x; 1,5x; 2x; 3x recommended application rate for field use) when plants reached the height of 20-25 cm. The parameters measured seven days after treatment were leaf surface and fresh and dry mass of plants; the obtained results were then used for ED₅₀ calculations.

The response of *Sorghum halepense* populations to nicosulfuron, rimsulfuron and prosulfuron+primsulfuron-methyl varied from population to population, and depending on the applied rate and the measured parameter. Resistance development was not observed in any of the populations that survived herbicide treatment before seed collecting. Only the population P₂ showed somewhat decreased susceptibility to nicosulfuron, which can be regarded as an early stage of resistance development.

Keywords: *Sorghum halepense* L. (Pers.); Populations; Response; Sulfonylureas