

## Bioološki odgovori hibrida kukuruza na drift glifosata

Maja Meseldžija, Goran Jaćimović, Milica Dudić, Daniel Gaža

Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8,  
21000 Novi Sad, Srbija  
e-mail: maja@polj.uns.ac.rs

### REZIME

Tokom 2018. godine na lokalitetu Kulpin ispitivan je efekat fitotoksičnog delovanja simuliranog drifta glifosata na šest hibrida kukuruza (NS 6102, AS 334, Lucius, Confites, DKC 5031 i P0216). Glifosat je primenjen u dve razvojne faze kukuruza, u fazama 3-4 i 6-7 potpuno formiranih listova, pri čemu je primenjeno pet subletalnih količina herbicida: 10, 20, 40, 80 i 160 g ha<sup>-1</sup>. Ocena fitotoksičnih efekata glifosata obavljena je 7, 14 i 21 dan nakon primene herbicida. Analizom rezultata utvrđeno je da je glifosat primenjen u količini od 160 g ha<sup>-1</sup> u fazi 3-4 lista kukuruza izazvao samo lakša oštećenja, bez značajnijeg uticaja na visinu biljaka i prinos zrna, dok pri nižim primenjenim količinama nije zabeležena fitotoksičnost. Značajna fitotoksičnost na biljkama kukuruza u vidu izražene hloroze, uvijanja listova i primetnih nekrotiranih površina utvrđena je pri primeni glifosata u količini od 160 g ha<sup>-1</sup> u fazi 6-7 listova. Hibridi kukuruza pri ovom tretmanu ostvarili su prosečno za 81% manji prinos u odnosu na kontrolnu varijantu. Hibridi tretirani glifosatom u količini od 80 g ha<sup>-1</sup> imali su umanjen prinos za oko 30%, dok se kod ostalih nižih količina glifosata smanjenje prinosa kretalo u rasponu od 25 do 18% u odnosu na kontrolu. **Ključne reči:** glifosat, subletalne količine, hibridi kukuruza, drift.

### UVOD

Glifosat je neselektivni sistemski herbicid, širokog spektra delovanja (Duke, 2017). Namenjen je za suzbijanje jednogodišnjih i višegodišnjih, uskolisnih i širokolisnih korova na poljoprivrednim i nepoljoprivrednim površinama (WSSA, 2014), kao i u transgenim usevima otpornim na glifosat (Ellis et al., 2003). Njegova primena je česta kod uništavanja nepoželjne vegetacije i pretvaranja zapuštenih površina u poljoprivredno zemljište (Janjić, 2005). Inhibitor je enzima 5-enolpiruvilšikimat-3-fosfat sintetaze (EPSPS). Enzim EPSPS katalizuje reakciju

šikimat-3-fosfata (S3P) i fosfo-enolpiruvata u ciklusu šikiminske kiseline, uključen je i u biosintezu aromatičnih aminokiselina (triptofan, fenilalanin i tirozin). Primena glifosata je uvećana uvođenjem transgenih Roundup-Ready™ useva, koji se u mnogim zemljama sveta gaje na velikim površinama, a u kojima je moguća primena ovog totalnog herbicida kao potpuno selektivnog (James, 2003). Poslednjih nekoliko godina potvrđena su sve učestalija oštećenja na osetljivim usevima usled drifta nakon primene glifosata. Ovo je indirektno posledica povećavanja površina pod usevima otpornim na glifosat (Buehring et al., 2007).

Jedan od najčešćih problema prilikom primene herbicida je drift odnosno zanošenje rastvora ili para herbicida, kapljica radne tečnosti na površinu susednog zemljišta, međuprostore i biljke. Intenzitet drifta zavisi od veličine kapi, brzine vetra, udaljenosti mašine od objekta tretiranja (krila prskalice, atomizer), primenjene metode tretiranja, zatvaranja određenih rasprskivača za tečnost (Bugarin i sar., 2009). Najčešći uzrok nastanka drifta je nepravilna aplikacija herbicida (Ellis et al., 2003), kao i agroekološki uslovi tokom aplikacije. Pojedini herbicidi mogu izazvati oštećenja biljaka i nekoliko stotina metara od tretirane zone. Oštećenja nastala usled drifta herbicida utvrđena su kod velikog broja gajenih biljaka, uključujući suncokret, soju, šećernu repu, pamuk, pirinač, grašak, paradajz, vinovu lozu i višnju (Hale et al., 2019). Brojna istraživanja su potvrdila oštećenja i na kukuruzu, pamuku, soji, luku, krompiru i paradajzu usled delovanja simuliranog drifta glifosatom (Ellis et al., 2003; Felix et al., 2012; Hatterman-Valenti, 2014). Simptomi oštećenja pojedinim herbicidima (glifosat, glufosinat-amonijum, imazetapir) ispoljavaju se u vidu hloroze, nekroze, deformacija na listovima i uvenućem (Al-Khatib et al., 2003). Pored folijarnih oštećenja, drift utiče na smanjenje kvaliteta krtola krompira (Felix et al., 2011), na odlaganje sazrevanja plodova trešnje (Al-Khatib et al., 1992) i na smanjenje proizvodnje pamuka (Ellis et al., 2003). Iako su količine herbicida usled nastanka drifta subletalne, oštećenja mogu biti značajna kod osetljivih useva, a u zavisnosti od faze rasta mogu uticati i na smanjenje prinosa (Reddy et al., 2010). Dobrim poznavanjem načina delovanja i simptoma fitotoksičnosti, moguće je pravilno oceniti oštećenja gajenih biljaka od herbicida i odvojiti ih od uticaja drugih činilaca (Malidža i sar., 2006). Rowland (2000) je u svom istraživanju došao do zaključka da vizuelna oštećenja nastala primenom subletalnih količina glifosata nisu bila u korelaciji sa gubitkom prinosa.

Cilj rada bio je ocena efekata simuliranog drifta kod šest hibrida kukuruza različitih FAO grupa zrenja tretiranih rastućim subletalnim dozama glifosata, odnosno praćenje vizuelnih fitotoksičnih promena na biljkama i utvrđivanje njihovog uticaja na visinu prinosa.

## MATERIJAL I METODE

Tokom 2018. godine na lokalitetu Kulpin ispitivan je efekat folijarne primene subletalnih doza glifosata (preparat Glifosav 480, Chemical Agrosava) na hibride kukuruza različitog porekla i dužine vegetacije. Posejano je šest hibrida kukuruza: NS 6102 (grupa zrenja FAO 610), AS 334 (FAO 380), Lucius (Syngenta, FAO 330), Confites (KWS, FAO 430), DKC 5031 (Dekalb, FAO 430) i P0216 (Pioneer, FAO 510). Herbicid glifosat primenjen je u količinama 10, 20, 40, 80 i

160 g ha<sup>-1</sup>; u dve razvojne faze kukuruza: a) u fazi 3-4 potpuno razvijena lista (BBCH<sub>13-14</sub>) i b) u fazi 6-7 potpuno razvijenih listova (BBCH<sub>16-17</sub>). Tretiranje je izvedeno ručnom prskalicom zapremine rezervoara 10 L, radnog pritiska 166 kPa, uz utrošak 140 L vode ha<sup>-1</sup>. Ogled je izveden sa randomiziranim rasporedom varijanti, odnosno tretmana (hibrida i primenjenih količina glifosata), po slučajnom blok sistemu u tri ponavljanja, uključujući i kontrolnu (netretiranu) varijantu. Setva odabranih hibrida obavljena je u optimalnom agrotehničkom roku (sredina aprila meseca), odnosno kada je temperatura zemljišta u setvenom sloyu prešla vrednost biološkog minimuma za klijanje i nicanje kukuruza (10-12°C). Radi uporedivosti rezultata, svi hibridi (ne uzimajući u obzir preporučene gustine setve od strane proizvođača) posejani su na standardno međuredno rastojanje od 70 cm i ujednačeno rastojanje između biljaka u redu od 20 cm. Setva je obavljena pneumatskom sejalicom, podešenom na dubinu polaganja semena od 5 cm. Veličina eksperimentalne parcele u svakom ponavljanju iznosila je 70 m<sup>2</sup>, odnosno obuhvatala je po 10 redova svakog hibrida kukuruza, dužine 10 m. Osim glifosata, na parcelicama nisu primenjivani drugi pesticidi niti đubriva, a korovi su uklanjani okopavanjem i ručnim plevljenjem. Ocena fitotoksičnosti herbicida izvršena je u tri navrata: 7, 14 i 21 dan nakon primene (DNP); vizuelnom ocenom simptoma fitotoksičnosti po EWRC (European Weed Research Council) skali, kategorija od 1-9 (Tabela 1, Janjić, 1985), te merenjem visine biljaka. Berba klipova i krunjenje zrna svakog hibrida tretiranog određenom količinom glifosata izvršena je ručno, 16. septembra 2018. godine, u fazi tehnološke zrelosti useva. Nakon krunjenja, izmerena je masa zrna kao i prinos zrna po elementarnoj parcelici izražen u gramima. Takođe, određeni su i sadržaj vlage i hektolitarska masa zrna tretiranih hibrida i kontrolnih varijanti. Merenje sadržaja vlage (%) i hektolitarske mase zrna (kg hl<sup>-1</sup>) izvršeno je primenom uređaja za automatsku analizu zrna (GAC® 2500-INTL; MetronGroup). Statistička obrada rezultata ogleđa izvršena je pomoću softverskog paketa TIBCO Statistica® 13.3.0 (TIBCO Software Inc., 2017; univerzitetska licenca). Za testiranje značajnosti razlika između sredina tretmana (primenjenih doza glifosata i hibrida kukuruza) korišćen je Dankanov višestruki test intervala (Duncan's multiple range test) na pragu značajnosti 5%.

**Tabela 1.** Ocena fitotoksičnosti prema EWRC skali

**Table 1.** European Weed Research Council (EWRC) rating scale for phytotoxicity

Kategorija	Oštećenja	% propalih biljaka
1	bez simptoma	0
2	vrlo slaba / laka	1
3	laka	2
4	laka do umerena	5
5	umerena	10
6	umerena do jaka	25
7	jaka	50
8	veoma jaka	75
9	potpuno propadanje biljaka	100

## REZULTATI I DISKUSIJA

Pri vizuelnoj oceni simptoma fitotoksičnog delovanja folijarno primenjenog glifosata u fazi 3-4 lista (BBCH<sub>13-14</sub>), sedam dana nakon primene (DNP) na listovima pojedinih hibrida kukuruza uočena su lakša oštećenja u vidu hlorotičnih pruga (kategorija 2-3 prema EWRC skali) i to samo pri tretmanu sa najvećom količinom glifosata (160 g ha<sup>-1</sup>). Ostali tretmani nižim količinama herbicida nisu ispoljili simptome fitotoksičnosti (kategorija 1). Nakon 14 dana od tretiranja, biljke većine hibrida su se potpuno ili delimično oporavile a hlorotične pruge su postepeno nestale. Samo kod hibrida NS 6102 i dalje su se mogli uočiti slabi simptomi oštećenja u vidu hloroze (kategorija 2). Svi testirani hibridi su se 21 DNP u potpunosti oporavili, odnosno bili su bez vidljivih simptoma fitotoksičnosti. Usled vrlo slabih do lakih oštećenja kod hibrida tretiranih u fazi 3 do 4 lista, nisu zabeležene statistički značajne razlike u porastu mladih biljaka (rezultati su dati samo opisno).

Hibridi kukuruza tretirani glifosatom u fazi 6-7 listova (BBCH<sub>16-17</sub>) ispoljili su veću osetljivost na herbicid u odnosu na biljke tretirane u ranijoj fazi porasta. Kod ocene fitotoksičnosti 7 DNP glifosata, pri količini od 160 g ha<sup>-1</sup> herbicida kod većine hibrida ispoljena je umerena do jaka fitotoksičnost (kategorije 5-7), pri čemu je samo kod hibrida NS 6102 zabeležena veoma jaka osetljivost (kategorija 8) u vidu izraženih hloroza u predelu centralnih nerava listova, uvijanja listova i приметnih nekrotičnih površina. Laka do umerena oštećenja u vidu hlorotičnih pruga (kategorije 2-5) utvrđena su pri količini glifosata od 80 ha<sup>-1</sup>, dok je pri nižim primenjenim količinama (10, 20 i 40 g ha<sup>-1</sup> glifosata) zabeležena vrlo slaba do laka fitotoksičnost (kategorije 1-3) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Ocena fitotoksičnosti i visina stabla hibrida kukuruza 7 DNP glifosata u fazi 6-7 listova

**Table 2.** Phytotoxicity assessment and height of maize hybrids 7 DAT with glyphosate in the phase 6-7 leaves

Doza glifosata (g ha <sup>-1</sup> )	HIBRIDI											
	NS 6102		AS 334		Lucius		Konfites		DKC 5031		P0216	
	FT (1-9)	Visina (cm)	FT (1-9)	Visina (cm)	FT (1-9)	Visina (cm)	FT (1-9)	Visina (cm)	FT (1-9)	Visina (cm)	FT (1-9)	Visina (cm)
160	8	16	7	20	6	23	5	20	5	20	5	23
80	5	22	5	22	3	27	2	28	3	23	3	26
40	3	27	2	23	2	33	2	29	2	25	2	27
20	2	27	2	25	2	33	2	28	2	28	2	32
10	2	27	1	26	1	34	1	28	1	29	1	33
Kontrola	1	27	1	27	1	34	1	28	1	29	1	33

\*FT – kategorija fitotoksičnosti prema EWRC skali / phytotoxicity category according to the EWRC scale

Četrnaest dana nakon tretiranja glifosatom u fazi 6-7 listova (Tabela 3), količina glifosata od 160 g ha<sup>-1</sup> prouzrokovala je veoma jaku fitotoksičnost ispoljenu u vidu nekroza i uvijanja listova kukuruza. Najmanju osetljivost ispoljili su hibridi Lucius, Konfites, DKC 5031 i P0216 (kategorija 7), nešto veću hibrid AS 334 (kategorija 8), dok je kod hibrida NS 6102 došlo do potpunog propadanja biljaka (kategorija 9). Količina glifosata od 80 g ha<sup>-1</sup>, u zavisnosti

od hibrida, prouzrokovala je od lakih, umerenih do jakih oštećenja (kategorije 3-6) u vidu hlortičnih pruga i uvijanja listova, koja su bila propraćena i slabijim porastom biljaka. Ostale niže primenjene količine glifosata nisu prouzrokovale značajne fitotoksične efekte, izuzev kod hibrida NS 6102 i AS 334 pri dozi od 40 g ha<sup>-1</sup> glifosata (kategorija 4). Primenjene količine glifosata značajno su uticale na visinu biljaka kukuruza, pri čemu se kod svih hibrida mogla zapaziti tendencija smanjenja visine biljaka sa povećanjem količina herbicida. Prema istraživanjima Felix i sar. (2011), vizuelna oštećenja krompira primećena su kada je glifosat primenjen u količini od 54 g ha<sup>-1</sup>, a biljke krompira bile su u fazi obrazovanja krtola.

**Tabela 3.** Ocena fitotoksičnosti i visina stabla hibrida kukuruza 14 DNP glifosata u fazi 6-7 listova

**Table 3.** Phytotoxicity assessment and height of maize hybrids 14 DAT with glyphosate in the phase 6-7 leaves

Doza glifosata (g ha <sup>-1</sup> )	HIBRID I											
	NS 6102		AS 334		Lucius		Konfites		DKC 5031		P0216	
	FT (1-9)	Visina (cm)	FT (1-9)	Visina (cm)	FT (1-9)	Visina (cm)	FT (1-9)	Visina (cm)	FT (1-9)	Visina (cm)	FT (1-9)	Visina (cm)
160	9	22	8	24	7	27	7	25	7	25	7	27
80	6	30	6	31	4	46	3	48	5	36	5	40
40	4	46	4	45	2	53	2	58	2	48	3	55
20	2	56	2	51	2	67	2	56	2	54	2	61
10	2	55	1	50	1	71	1	57	1	57	2	60
Kontrola	1	59	1	56	1	71	1	61	1	60	1	66

Prema rezultatima prikazanim u tabeli 4, 21 DNP glifosata u fazi 6-7 listova, biljke kukuruza su i dalje imale jaka oštećenja (7-9), a utvrđene su iznačajne promene u visini biljaka pri primeni najveće količine (160 g ha<sup>-1</sup>) glifosata. Na biljkama tretiranim glifosatom u količini od 80 g ha<sup>-1</sup> primetan je blagi oporavak, sa umerenim oštećenjima u vidu hloroze (prosečna kategorija 5). Visina biljaka kukuruza je takođe prikazana u tabeli 4, pri čemu se kod svih hibrida, kao i u prethodnom merenju, može uočiti tendencija značajne redukcije visine biljaka sa povećanjem primenjene količine herbicida. Kod hibrida Lucius, Confites, DKC 5031 i P0216 došlo je do bržeg oporavka i regeneracije biljaka u odnosu na hibride NS 6102 i AS 334 nakon primene herbicida.

**Tabela 4.** Ocena fitotoksičnosti i visina stabla hibrida kukuruza 21 DNP glifosata u fazi 6-7 listova

**Table 4.** Phytotoxicity assessment and height of maize hybrids 21 DAT with glyphosate in the phase 6-7 leaves

Doza glifosata (g ha <sup>-1</sup> )	HIBRID I											
	NS 6102		AS 334		Lucius		Konfites		DKC 5031		P0216	
	FT (1-9)	Visina (cm)	FT (1-9)	Visina (cm)	FT (1-9)	Visina (cm)	FT (1-9)	Visina (cm)	FT (1-9)	Visina (cm)	FT (1-9)	Visina (cm)
160	9	-	8	32	8	38	7	40	7	42	7	36
80	6	69	6	61	6	94	3	98	4	74	5	86
40	3	89	3	78	4	99	2	97	3	90	3	95

20	2	95	2	92	2	127	2	107	2	108	2	106
10	2	107	2	102	2	130	1	116	2	111	2	109
Kontrola	1	114	1	110	1	128	1	121	1	111	1	118

Pri folijarnom tretiranju glifosatom u fazi razvoja 3-4 lista došlo je do izvesnog oštećenja listova kukuruza pri količini herbicida od 160 g ha<sup>-1</sup>, međutim biljke su se nakon 21 DNP u potpunosti oporavile na šta ukazuju i rezultati ostvarenih prinosa prikazani u tabeli 5. Najveći prinos zrna (u proseku za sve hibride) dobijen je pri tretiranju glifosatom u količini od 10 g ha<sup>-1</sup> i na kontrolnoj - netretiranoj varijanti (2616; odnosno 2577 g po elementarnoj parcelici), pri čemu je prinos na tretmanu sa 160 g ha<sup>-1</sup> glifosata bio za svega 6% manji u odnosu na kontrolu. Poređenjem ostvarenih prinosa na osnovu Dankanovog višestrukog testa intervala ( $\alpha = 0,05$ ), nisu utvrđene statistički značajne razlike između primenjenih količina glifosata i kontrole (Tabela 5), što potvrđuje uspešan oporavak biljaka nakon 21 DNP preparata u fazi 3-4 lista.

Vlaga je pre berbe u proseku kod svih hibrida iznosila oko 13%, izuzev kod hibrida NS 6102 (16%), što se može objasniti pripadnosti FAO grupi zrenja 600, odnosno dužoj vegetaciji. Hektolitarska masa ispitivanih hibrida bila je visoka, zrna potpuno dozrela, ovalna, glatka i imala su nizak sadržaj vlage (prosečno oko 13%).

**Tabela 5.** Prinos i hektolitarska masa hibrida kukuruza tretiranih u fazi 3-4 lista\*

**Table 5.** Yield and hectolitre weight of maize hybrids treated in the phase of 3-4 leaves

Količina glifosata (g ha <sup>-1</sup> )	HIBRIDNI													
	NS 6102		AS 334		Lucius		Konfites		DKC 5031		P0216		Prosečan prinos (g)	
	PR (g)	HM (kg hl <sup>-1</sup> )	PR (g)	HM (kg hl <sup>-1</sup> )	PR (g)	HM (kg hl <sup>-1</sup> )	PR (g)	HM (kg hl <sup>-1</sup> )	PR (g)	HM (kg hl <sup>-1</sup> )	PR (g)	HM (kg hl <sup>-1</sup> )	Prosečan prinos (g)	SD (g)
160	2820	76,59	2105	71,69	1900	72,62	2690	73,63	2465	73,90	2520	71,66	2417 <sup>a</sup>	351
80	2570	75,71	1930	72,18	1795	70,89	2220	71,60	2270	72,28	2654	71,57	2240 <sup>a</sup>	339
40	2475	76,11	2070	72,22	1880	71,88	2335	72,30	2490	72,60	2433	71,43	2281 <sup>a</sup>	250
20	2465	76,38	2060	72,79	2095	71,78	2395	72,82	2330	73,04	2688	72,18	2339 <sup>a</sup>	236
10	2705	75,42	2140	73,86	2670	71,86	2960	72,29	2890	74,47	2330	72,26	2616 <sup>a</sup>	320
Kontrola	2520	75,22	2310	69,85	2482	72,95	2635	72,95	2952	73,74	2565	71,82	2577 <sup>a</sup>	213
Prosek:**	2593 <sup>a</sup>	75,91	2103 <sup>b</sup>	72,10	2137 <sup>b</sup>	72,00	2539 <sup>a</sup>	72,60	2566 <sup>a</sup>	73,34	2532 <sup>a</sup>	71,82	-	-
SD:	142	0,54	124	1,33	359	0,72	273	0,70	287	0,84	135	0,34	-	-

\*PR - prinos zrna po parcelici (g), HM - hektolitarska masa zrna (kg hl<sup>-1</sup>), SD - standardna devijacija

\*\* Prosečne vrednosti za prinos zrna u tabeli obeležene različitim slovnim oznakama ukazuju na postojanje statistički značajnih razlika između hibrida na pragu značajnosti 5% (Duncan's multiple range test)

\*PR – grain yield per plot (g), HM – hectolitre weight of grains (kg hl<sup>-1</sup>), SD – standard deviation

\*\* Average values for the grain yield marked with different letters in the table point to statistically significant differences between hybrids, with the level of significance being 5% (Duncan's multiple range test)

Na osnovu podataka prikazanih u tabeli 6, može se uočiti da su hibridi kukuruza tretirani glifosatom u fazi 6-7 listova količinom preparata od 160 g ha<sup>-1</sup>, usled veoma velikih oštećenja (fitotoksičnosti herbicida) tokom vegetacije ostvarili prosečan prinos od 493 g; što je prosečno bilo manje za oko 81% u odnosu na kontrolnu varijantu (2577 g). Kod hibrida NS 6102 nije bilo moguće izmeriti prinos pošto je došlo do potpunog uginuća biljaka. Hibridi tretirani glifosatom u količini od 80 g ha<sup>-1</sup> imali su umanjen prinos za oko 30% u odnosu na kontrolu, dok se kod ostalih nižih količina glifosata smanjenje prinosa kretalo u rasponu od 25 do 18%. Prema Ellis i sar. (2003) prinos kukuruza u ranoj fazi primene glifosata u količini od 140 g ha<sup>-1</sup> smanjen je u proseku za 22-78%, dok je pri istoj količini u kasnoj fazi primene prinos smanjen za 33%. Smanjenje prinosa ispitivanih hibrida kukuruza (NS 6102, AS 334, Lucius, Confites, DKC 5031 i P0216) i hibrida (Asgrow 897, Dekalb 687, Mycogen 8460, Pioneer 3223 i Terral 2930) opisanih u istraživanjima Ellis i sar. (2003), ukazuju na negativan efekat koji glifosat može imati na monokotiledone useve kada se primenjuju u subletalnim količinama. Prema podacima Brown i sar. (2009) delovanje izazvanog drifta glifosatom u količini od 100 i 200 g ha<sup>-1</sup> prouzrokovalo je od 11 do 61% vizuelnih oštećenja na biljkama kukuruza i uticalo na smanjenje prinosa u rasponu od 49 do 56%. Biološki efekti, variranja u prinosima se često povezuju sa varijabilnošću usvajanja herbicida u zavisnosti od vremena primene a u kombinaciji sa vremenskim uslovima (Wanamarta and Penner, 1989).

**Tabela 6.** Prinos i hektolitarska masa hibrida kukuruza tretiranih u fazi 6-7 listova\*

**Table 6.** Yield and hectolitre weight of maize hybrids treated in the phase of 6-7 leaves

Doza glifosata (g ha <sup>-1</sup> )	HIBRIDNI												Prosečan prinos (g)	SD (g)
	NS 6102		AS 334		Lucius		Konfites		DKC 5031		P0216			
	PR (g)	HM (kg hl <sup>-1</sup> )	PR (g)	HM (kg hl <sup>-1</sup> )	PR (g)	HM (kg hl <sup>-1</sup> )	PR (g)	HM (kg hl <sup>-1</sup> )	PR (g)	HM (kg hl <sup>-1</sup> )	PR (g)	HM (kg hl <sup>-1</sup> )		
160	0	-	590	71,78	240	-	500	69,39	990	73,59	635	71,00	493 <sup>c</sup>	342
80	1715	73,57	1340	71,07	1495	74,56	1970	71,33	1975	73,12	2460	70,57	1826 <sup>b</sup>	401
40	2010	75,21	1840	72,93	1230	71,26	2225	71,65	1850	72,65	2485	70,43	1940 <sup>b</sup>	426
20	2075	74,88	1955	72,37	1610	69,88	2495	71,93	1975	73,21	2240	71,18	2058 <sup>b</sup>	298
10	2265	74,25	1905	71,54	1500	70,32	2250	68,94	2540	73,75	2270	72,26	2122 <sup>b</sup>	365
Kontrola	2520	75,22	2310	69,85	2482	72,95	2635	72,95	2952	73,74	2565	71,82	2577 <sup>a</sup>	213
Prosek:**	1764 <sup>b</sup>	62,19	1657 <sup>b</sup>	71,59	1426 <sup>c</sup>	71,79	2013 <sup>a</sup>	71,03	2047 <sup>a</sup>	73,34	2109 <sup>a</sup>	71,21	-	-
SD:	905	30,47	608	1,07	722	1,94	776	1,55	668	0,43	733	0,71	-	-

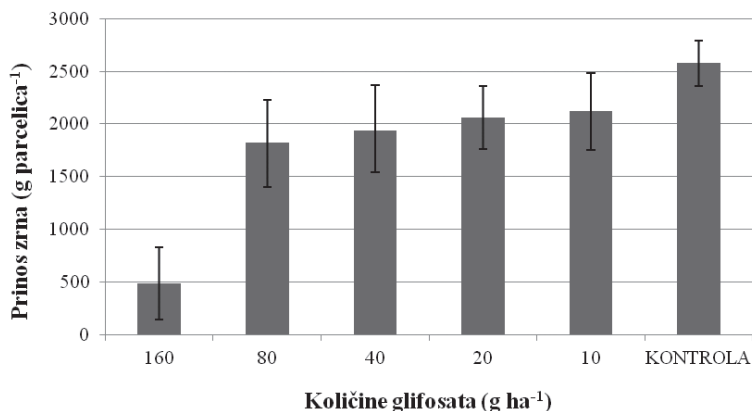
\*PR - prinos zrna po parceli (g), HM - hektolitarska masa zrna (kg/hl<sup>-1</sup>), SD - standardna devijacija

\*\* Prosečne vrednosti za prinos zrna u tabeli obeležene različitim slovnim oznakama ukazuju na postojanje statistički značajnih razlika između hibrida na pragu značajnosti 5% (Duncan's multiple range test)

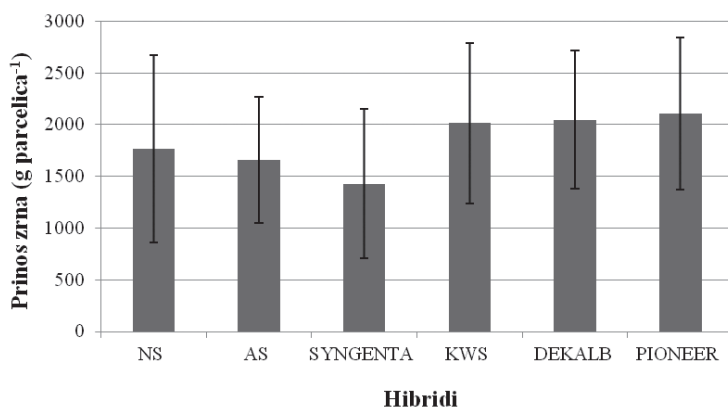
\*PR – grain yield per plot (g), HM – hectolitre weight of grains (kg/hl<sup>-1</sup>), SD – standard deviation

\*\* Average values for the grain yield marked with different letters in the table point to statistically significant differences between hybrids, with the level of significance being 5% (Duncan's multiple range test)

Na osnovu poređenja prinosa zrna (prosečna vrednost za sve hibride) utvrđeno je opadanje vrednosti a sa rastom primenjenih količina glifosata, i to od 2577g zrna po parceli u kontroli do 493 g zrna koliko je iznosio prosek za varijantu u kojoj je primenjena najveća količina glifosata (160 g ha<sup>-1</sup>) (Grafik 1).



**Grafik 1.** Prinos zrna (prosečno za sve hibride) u zavisnosti od primenjenih količina glifosata  
**Figure 1.** Grain yield (average for all hybrids) depending on the applied amounts of glyphosate



**Grafik 2.** Prinos zrna hibrida kukuruza tretiranih glifosatom (prosečno za sve primenjene količine) u fazi 6-7 listova  
**Figure 2.** Grain yield of glyphosate-treated maize hybrids (average for all the amounts applied) in the phase 6-7 leaves

Poređenjem prinosa zrna hibrida kukuruza tretiranih glifosatom prosečno za sve primenjene količine a u fazi 6-7 listova utvrđeni su veći prinosi kod hibrida Pioneer (P0216), Dekalb (DKC 5031) i KWS (Confites), dok je najniži prinos zabeležen kod hibrida Lucius (Syngenta) (Grafik 2).



## ZAKLJUČAK

Pojava simptoma fitotoksičnosti na hibride kukuruza zavisila je od količine (10, 20, 40, 80 i 160 g ha<sup>-1</sup>), i vremena primene glifosata (faza 3-4 i faza 6-7 listova), kao i različitih hibrida kukuruza iz pet FAO grupa zrenja (610, 380, 330, 430, 510). Folijarna primena glifosata u količini od 160 g ha<sup>-1</sup> u fazi 3-4 lista kukuruza prouzrokovala je lakša oštećenja prolaznog karaktera samo kod hibrida NS 6102, bez značajnijeg uticaja na visinu biljaka i prinos zrna. Kod ostalih analiziranih hibrida, niže količine glifosata nisu ispoljile fitotoksične efekte. U fazi 6-7 listova, kod svih testiranih hibrida pri primeni količine od 160 g ha<sup>-1</sup> glifosata utvrđena su jača oštećenja biljaka u vidu hloroze i uvijanja listova. Fitotoksičnost herbicida u najvećoj primenjenoj količini (160 g ha<sup>-1</sup>) najintenzivnije je uticala na prinose svih ispitivanih hibrida kukuruza, sa prosečnim smanjenjem prinosa za čak 81% u odnosu na kontrolu. Kod ostalih nižih primenjenih količina glifosata prosečno smanjenje prinosa kretalo se u rasponu od 18 do 30%.

## LITERATURA

- Al-Khatib, K., Parker, R., Fuerst, E. P.:** Sweet cherry (*Prunus avium*) response to simulated drift from selected herbicides. *Weed Technology*, 6, 975–979, 1992.
- Al-Khatib, K., Claassen, M. M., Stahlman, P. W., Geier, P. W., Regehr, D. L., Duncan, S. R., Heer, W. F.:** Grain sorghum response to simulated drift from glufosinate, glyphosate, imazethapyr, and sethoxydim. *Weed Technology*, 17, 261–265, 2003.
- Brown, L. R., Robinson, D. E., Young, B. G., Loux, M. M., Johnson, W. G., Nurse, R. E., Swanton, C. J., Sikkema, P. H.:** Response of corn to simulated glyphosate drift followed by in-crop herbicides. *Weed Technology*, 23, 11–16, 2009.
- Buehring, N. W., Massey, J. H., Reynolds, D. B.:** Shikimic acid accumulation in field-grown corn (*Zea mays*) following simulated glyphosate drift. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 819–824, 2007.
- Bugarin, R., Sedlar, A., Đukić, N.:** Gubici usled drifta pri orošavanju višegodišnjih zasada i mere za smanjenje. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 35, 118-126, 2009.
- Duke, S.:** The history and current status of glyphosate. *Pest Management Science*, 74, 1027-1034, 2017.
- Ellis, J., Griffin, J., Linscombe, S., Webster, E.:** Rice (*Oryza sativa*) and Corn (*Zea mays*) Response to Simulated Drift of Glyphosate and Glufosinate. *Weed Technology*, 17, 452-460, 2003.
- Felix, J., Boydston, R., Burke, I.:** Potato Response to Simulated Glyphosate Drift. *Weed Technology*, 25, 637-644, 2011.
- Felix, J., Boydston, R., Burke, I.:** Response of Direct-Seeded Dry Bulb Onion to Simulated Glyphosate Drift with Variable Rates and Application Timings. *Weed Technology*, 26, 747-756, 2012.
- Hale, R., Bararpour, T., Kaur, G., Seale, J., Singh, B., Wilkerson, T.:** Sensitivity and Recovery of Grain Sorghum to Simulated Drift Rates of Glyphosate, Glufosinate, and Paraquat. *Agriculture*, 9, 70, 2019.
- Hatterman-Valenti, H.:** Simulated Glyphosate Drift to Potato Mother Plants and Effect on Daughter Tubers Used for Seed Production. *Weed Technology*, 28, 253-258, 2014.
- James, C.:** Preview: Global Status of Commercialized Transgenic Crops. ISAAA Briefs No. 30, ISAAA, Ithaca, New York, USA, 2003.
- Janjić, V.:** Herbicidi. Naučna knjiga: Beograd, Srbija, 1-589, 1985.
- Janjić, V.:** Fitofarmacija. Društvo za zaštitu bilja Srbije, Institut za istraživanja u poljoprivredi „Srbija“ i Poljoprivredni Fakultet Banja Luka. Beograd – Banja Luka, 2005.

- Malidža, G., Elezović, I., Janjić, V.:** Fitotoksičnost herbicida sa posebnim osvrtom na novija praktična i istraživačka iskustva. U: VII Savetovanje o zaštiti bilja, Zlatibor, Zbornik rezimea, pp. 8-10, 2006.
- Reddy, K., Ding, W., Zablutowicz, R., Thomson, S., Huang, Y., Krutz, L.:** Biological responses to glyphosate drift from aerial application in non-glyphosate-resistant corn. *Pest Management Science*, 66, 1148-1154, 2010.
- Rowland, C. D.:** Crop tolerance to nontarget and labeled herbicide applications. M.S. Thesis. Mississippi State University, Mississippi State, MS, 2000.
- Wanamarta, G., Penner, D.:** Foliar absorption of herbicides. *Weed Science*, 4, 215–231, 1989.
- Weed Science Society of America:** *Herbicide Handbook*, 10<sup>th</sup> Ed. 810 E. 10th Street. Lawrence, KS. 66044-8897 U.S.A. ISBN 978-0-615-98937-20000000000, 2014.

## Biological response of maize hybrids to simulated glyphosate drift

### SUMMARY

The effect of simulated glyphosate drift on six maize hybrids (NS 6102, AS 334, Lucius, Confites, DKC 5031 and P0216) was investigated in Kulpin during the vegetation season of 2018. Glyphosate was applied in two growth stages: in stages 3-4 and 6-7 of fully formed maize leaves, with five different sublethal doses of the herbicide: 10, 20, 40, 80, 160 g ha<sup>-1</sup>. Phytotoxicity assessments of glyphosate were performed 7, 14, and 21 days after herbicide application. Analysis of the results has shown that glyphosate in the dose of 160 g ha<sup>-1</sup> in the phase of 3-4 maize leaves caused only slight damages, without affecting the height and grain yield, while phytotoxicity was not observed at lower applied doses. Significant phytotoxicity on maize plants in the form of chlorosis, leaf curling and notable necrotic area was found when applying glyphosate in the dose of 160 g ha<sup>-1</sup> in the phase of 6-7 leaves. Maize hybrids tested in this treatment have achieved an 81% lower yield on average, when compared to the control. Hybrids treated with the dose of 80 g ha<sup>-1</sup> of glyphosate had a reduced yield by 30%, while in other lower doses the reduction in yield ranged between 25 and 18%, compared to the control.

**Key words:** glyphosate, sublethal amounts, maize hybrids, drift.