

Zaštita bilja  
Vol. 61 (2), № 272, 67-86, 2010, Beograd

UDK  
ID  
Pregledni rad

## HLOROFIL KAO INDIKATOR REAKCIJE BILJAKA NA HERBICIDE

DANIJELA PAVLOVIĆ\*, BOGDAN NIKOLIĆ\*, ERIKA PFAF-DOLOVAC, DRAGANA  
MARISAVLJEVIĆ, ZORAN MILIĆEVIĆ, SANJA ĐUROVIĆ

Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Beograd

\*e-mail korespodenata: [dulekaca@yahoo.com](mailto:dulekaca@yahoo.com); [bogdannik@mail2world.com](mailto:bogdannik@mail2world.com)

Hlorofil je zeleni pigment važan za proces fotosinteze, pa praćenjem njegovog sadržaja u biljkama dobijamo odgovor o produktivnosti fotosinteze. Herbicidi različitih hemijskih grupa i mehanizama dejstva utiču na sadržaj hlorofila u biljnom tkivu. Ispitivan je sadržaj hlorofila u tkivu biljaka kukuruza nakon primene glifosat trimezijum (sulfosat). Primenjene su nedestruktivne metode: SPAD očitavanje sadržaja i merenje fluorescencije hlorofila *a*, kao i destruktivne: ekstrakcija hlorofila dimetilformamidom i metanolom. Dobijeni rezultati i izvedena istraživanja pokazuju da se na osnovu sadržaja fotosintetskih pigmenta i prinosa fluorescencije hlorofila može pratiti stresni efekat herbicida na gajene biljke kukuruza, kao i definisati nivo razlika između tretiranih i netretiranih biljaka.

*Gljučne reči:* hlorofil, fotosinteza, glifosat trimezijum.

### UVOD

Biljke (gajene i native vrste) su fotosintetski organizmi, neto-proizvodjači ugljenih hidrata i kiseonika. Time presudno utiču na sav ostali živi svet kao osnova lanaca ishrane i kao bitan činilac sastava atmosfere. One su osnova poljoprivredne proizvodnje. Poseban akcenat u poljoprivrednoj proizvodnji se stavlja na korovske populacije, jer konkurišu gajenim biljkama za resurse (vodu, tlo, svetlost) i direktno smanjuju prinos. Često se negativan efekat prisustva korova dovodi u vezu sa kvalitetom prinosa, jer mnogi štetni organizmi (virusi, bakterije,

gljive, insekti) se hrane ili prezimljavaju na njima. Prosečni gubici prinosa pri optimalnoj agrotehnici, iznose 7-15%, dok pri izostanku neke od agrotehničkih mera iznosi i preko 50% od očekivanog prinosa (Ashton i Krafts, 1973). Zbog navedenih činjenica neophodno je permanentno uklanjati korovske populacije sa obradivih površina. Danas je i dalje najefikasniji način borbe protiv korova primena hemijskih sredstava – herbicida. Nakon primene herbicid dospeva u biljku, gde je izložen brojnim metabolitičkim procesima i reakcijama, pa biva metaboliki inaktivisan ili ispoljava fitotoksično dejstvo na morfološki, fiziološki ili biohemijski aspekt biljke. Ponekad učestala primena herbicida istog mehanizma delovanja (inhibitorno dejstvo herbicida na pojedinačni biohemijski proces; Moreland, 1980) aktivira brojne mehanizme u biljkama i one razvijaju otpornost (rezistentnost) prema njemu. Prvi slučaj smanjene efikasnosti herbicida uočen je još krajem šezdesetih godina prošlog veka kod vrste *Senecio vulgaris* L. na atrazin (Ryan, 1970). Od tada, pa do danas broj potvrđeno rezistentnih biljaka neprestano je u porastu. Izvedene su brojne studije o mehanizmima rezistentnosti i reakciji biljaka prema herbicidima na osnovu različitih parametara fitnesa biljaka (sposobnost preživljavanja, porast, reproduktivnost i prilagođavanje), morfoloških (sveža i suva masa) i fizioloških (promene biofizičkih parametara: npr. fluorescencija hlorofila, apsorbanca listova; promene biohemijskih parametara: sadržaj hlorofila, šikiminske kiseline, acetoina i dr.) karakteristika (Beckie i sar., 1990; Gronwald, 1995; Holt, 1996; Božić i sar., 2007; Pavlović i sar., 2006, 2008). Ovi parametri se koriste i za procenu fitotoksičnog efekta (načina dejstva) herbicida posebno sa aspekta fiziologije stresa biljaka (Percival i Baker, 1991; Lichtenthaler, 1996).

Hlorofil je zeleni pigment važan za proces fotosinteze, pa praćenjem njegovog sadržaja u biljkama dobijamo odgovor o produktivnosti fotosinteze. Uloga pigmenta hlorofila (*a* i *b*) je apsorpcija dela spektra vidljive svetlosti (390-760 nm) i transformacija svetlosne u hemijsku energiju (adenozin trifosfat: ATP; redukovani nikotinamid adenin dinukleotid fosfat: NADPH<sub>2</sub>) u svetloj fazi fotosinteze. Posebno je važna uloga hlorofila *a*, jer njegovi oblici P<sub>700</sub> i P<sub>680</sub> predstavljaju fotosintetski aktivne centre u fotosistemima I i II (Nešković i sar., 2003). Molekuli hlorofila su estri dikarbonske kiseline (hlorofilina) i četiri petočlana pirolna prstena međusobno povezana metil grupama (-CH=) (protoporfirinski prsten; Kitchen i sar., 1981). Promena sadržaja hlorofila, tj. njegov gubitak, predstavljaju jedan od najizrazitijih simptoma stresa, posebno nakon primene herbicida (Lichtenthaler, 1996; Nikolić, 1997; Lichtenthaler i Babani, 2004; Pavlović, 2005). Herbicidi različitih hemijskih grupa i mehanizama dejstva (inhibitori fotosinteze i hloroplastnih nefotosintetskih procesa) mogu neposrednim ili posrednim dejstvom uticati na količinu hlorofila u biljnom tkivu. Pored prisustva herbicida i drugi faktori utiču na sadržaj hlorofila: starost i položaj listova, intenzitet (ByungJoo i

sar., 2001; Kastori, 1995; Nikolić 1997) i kvalitet (Milivojević i Nikolić, 1998) svetla, uporedni procesi sinteze i razgradnje hlorofila, nehomogen raspored hlorofila u mezofilu lista, mineralna ishrana (Kastori, 1995), temperatura, relativna vlaga, genotip (Anderson i sar., 1993) i drugo, što moramo uzeti u obzir prilikom donošenja zaključaka o sadržaju hlorofilu, kao indikatoru intenziteta stresa uzrokovnog herbicidima.

Pored određivanja sadržaja hlorofila u biljnom tkivu destruktivnim putem (ekstrakcija dimetilformamidom - DMF, metanolom, acetonom i dr.) sadržaj i funkcionalnu ulogu hlorofila možemo procenjivati i nedestruktivnim putem, mereći apsorbanciju (očitavanje SPAD-metrom) i fluorescenciju listova (merenje fluorescencije hlorofila *a* fluorometrom).

Cilj istraživanja prikazanih u ovom radu je praćenje reakcije biljaka na stres izazvan herbicidima, preko promene sadržaja i funkcionalnosti hlorofila u listovima biljaka, radi ispitivanja mogućnosti korišćenja tih parametara u svrhu definisanja intenziteta fitotoksičnog efekta herbicida i stepena rezistentnosti/otpornosti biljaka prema herbicidima raznih mehanizama dejstva.

## MATERIJAL I METODE

U izvedenim eksperimentima ispitivana je osetljivost hibrida kukuruza prema herbicidu glifosat trimezijumu (sulfosat) na osnovu promene sadržaja i funkcionalnosti hlorofila. U prvoj seriji oglada, hibridi kukuruza: glifosat tolerantni (GMO - P68R) KR i glifosat osetljivi (P75) KS gajeni su u delimično kontrolisanim uslovima staklenika (prosečna dnevna temperatura vazduha 22,8 °C, prosečna vlažnost vazduha 54,6% i fotoperiod 12h/12h). Biljke su zalivane česmenskom vodom svaki drugi dan i prihranjene rastvorom kalcijum nitrata i kalijum sulfata jedanput u 15 dana. Herbicid glifosat trimezijum (sulfosat) primenjen je u količini od 2 L ha<sup>-1</sup> (preparat: «Touchdown»), kod biljaka uzrasta 6 listova (BBCH 16). Kontrolne biljke tretirane su česmenskom vodom. U drugoj seriji oglada, hibrid ZPSC 704 gajen je u uslovima polja (prosečna dnevna temperatura vazduha 25 °C, prosečna vlažnost vazduha 55% i fotoperiod 15h/9h), ali u sudovima različitih zapremina i u definisanom substratu. Biljke su zalivane česmenskom vodom svaki drugi dan. Primenjen je glifosat trimezijum (sulfosat) u količini 2,5 L ha<sup>-1</sup> (preparat «Touchdown») kod biljaka (T biljke) u fazama od 5 do 8 listova (BBCH 15-17). Kontrolne (K) biljke prskane su česmenskom vodom. Četiri dana pre primene herbicida, biljke kukuruza uzrasta 5 listova (4 nedelje) bile su izložene manipulaciji statusa korena – biljke gajene u sudovima male zapremine (V=1 l) presađivane (RP biljke) su u veće sudove (V= 5 l); a pored toga praćena je i reakcija prema sulfosatu biljaka

gajenih u sudovima male ( $V=1$  l; S biljke) i veće ( $V=5$  l; L biljke) zapremine (Nikolić i sar., 2007a). Pored toga, biljke uzrasta 7 listova (6 nedelja), deset dana pre primene herbicida sulfosata bile su izložene manipulaciji lisnog pokrova, tako što ima je uklanjan određen broj listova (5 donjih listova, počev od podloge; DF biljke) ili su dodatno prihranjivane azotom (25 g  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  po sudu  $V=5$  l; AN biljke) (Nikolić i sar., 2007b). Takođe je praćena i reakcija na dejstvo sulfosata biljaka različitog uzrasta (BBCH 15-17), koje nisu bile izložene navedenim manipulacijama (Nikolić i sar., 2007c).

Promena sadržaja hlorofila praćena je i nedestruktivnim metodama očitavanja relativnog sadržaja hlorofila SPAD-metrom (Spad-metar 502, Minolta, H. Walz, Germany) po metodi Walz (2003) i određivanje funkcionalnog statusa hlorofila *a* (Chl *a*) metodom fluorescencije hlorofila PAM fluorimetrom (Chlorophyll Fluorescence System PAM 101/103, H. Walz, Germany) po metodi Maxwell-a i Johnson-a (2000). Takođe, sadržaj hlorofila određivan je i destruktivnim metodama: ekstrakcijom hlorofila u metanolu po metodi Lichtenthaler-a i Wellburn-a (1983) i u dimetilformamidu po metodi Wellburn-a (1994).

Ocena efekta primenjenih herbicida raćena je pre primene herbicida i 2, 4 i 6 dana nakon primene preparata (DPP), odnosno pre primene herbicida i 2, 4, 6 i 8 DPP u drugoj seriji ogleđa (ukoliko nije navedeno drugaćije). Razlike između kontrolnih i tretiranih biljaka utvrćene su analizom varijanse i izraćunavanjem koeficijenta korelacije. Razlike su izraćene za 0,05 (\*) i 0,01 (\*\*) znaćajnost u prvog seriji ogleđa, dok je u drugog seriji ogleđa korelativna znaćajnost data za 0,05 (\*) i 0,01 (\*\*) nivo, dok je za 0,05 znaćajnost za parametre fluorescencije Chl *a* i fotosinteze i sadržaj hlorofila *a* (Chl *a*) izraćena i razlićitim slovima.

## REZULTATI

### Sadržaj hlorofila izmeren SPAD-metrom i iz metanolskog ekstrakta

Analizom dobijenih rezultata za sadržaj ukupnog hlorofila, hlorofila *a* i *b* kod oba hibrida kukuruza (KR, KS) nisu potvrćene statistićki znaćajne razlike između vrednosti izmerenih pre primene herbicida i vrednosti izmerenih nakon primene herbicida, osim kod KR hibrida 2 DPP herbicida za hlorofil *a* ( $p<0,01$ \*\*), kao i kod KS hibrida 2 i 6 DPP herbicida takoće za hlorofil *a* ( $p<0,05$ \*,  $p<0,01$ \*\* (Tabela 1). Iako nisu zabelećene statistićki znaćajne razlike u sadržaju ukupnog hlorofila između kontrolnih i tretiranih biljaka oba hibrida kukuruza, generalno hibridi su razlićito reagovali na primenu 2 L  $\text{ha}^{-1}$  herbicida. U startu oba hibrida kukuruza su reagovala na isti naćin, tj. 2 DPP herbicida doćlo je do pada u sadržaju ukupnog hlorofila. Mećutim, u funkciji vremena glifosat otporni hibrid je imao blagi trend

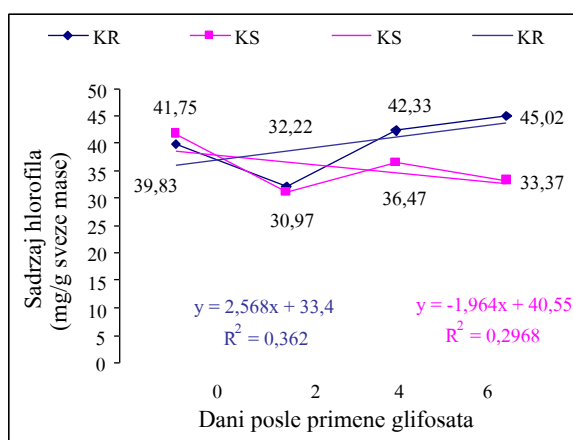
**Tabela 1.** - Značajnost razlika između ispitivanih biljaka na osnovu parametra sadržaj hlorofila izmeren SPAD-metrom i ekstrahovan metanolom pre i nakon primene herbicida između kontrolnih i tretiranih biljaka.

**Table 1.** - Importance of differences between tested plants based on parameters amount of chlorophyll evaluated by SPAD meter and methanol extraction before and after herbicide application between treated and non treated plants.

KR hibrid		
Ukupni hlorofil	Metanol	SPAD
2 DPP	NZ	NZ
4 DPP	NZ	*
6 DPP	NZ	*
Hlorofil a		
2 DPP	**	-
4 DPP	NZ	-
6 DPP	NZ	-
Hlorofil b		
2 DPP	NZ	-
4 DPP	NZ	-
6 DPP	NZ	-
KS hibrid		
Ukupni hlorofil		
2 DPP	NZ	**
4 DPP	NZ	*
6 DPP	NZ	*
Hlorofil a		
2 DPP	*	-
4 DPP	NZ	-
6 DPP	**	-
Hlorofil b		
2 DPP	NZ	-
4 DPP	NZ	-
6 DPP	NZ	-

p<0,05\*, p<0,01\*\*, NZ-nema statistički značajnih razlika,  
SPAD očitavanje relativnog sadržaj hlorofila.

porasta ( $b = 2,568$ ), a KS opadajući trend ( $b = -1,964$ ) u pogledu sadržaja ukupnog hlorofila (Grafikon 1). Slična pravilnost u funkciji vremena je utvrđena i u promenama sadržaju hlorofila *a* i *b* kod oba hibrida kukuruza, s tim što su izraženije promene bile kod KR hibrida u sadržaju hlorofila *b* (kontrola = 15,57; tretman: 2DPP = 11,40; 4DPP = 17,92 i 6DPP = 20,58). Početni pad (2 DPP) u sadržaju ukupnog hlorofila, hlorofila *a* i *b* kod oba hibrida kukuruza ukazuje na stresni efekat herbicida nakon čega glifosat otporni hibrid reaguje pozitivno tj. sadržaj merenih parametara hlorofila raste, a kod osetljivog hibrida vrednosti merenih parametara hlorofila su i dalje bile niže od kontrolnih (Grafik 1).



**Grafikon 1.** - Promena sadržaja ukupnog hlorofila kod tretiranih biljaka **KR** i **KS** hibrida kukuruza 0, 2, 4 i 6 DPP 2 L ha<sup>-1</sup> glifosat-trimezijum sulfosata.

**Graph 1.** - Total chlorophyll changes in treated plants KR and KS hibride of maize 0, 2, 4 and 6 DAT 2 L ha<sup>-1</sup> glyphosate trimezijum sulphosate.

Relativni sadržaj hlorofila izmeren SPAD metrom kod tretiranih biljaka se statistički značajno razlikovao od vrednosti izmerenih pre primene herbicida kod oba hibrida kukuruza tokom merenog perioda, sem kod KR hibrida 2 DPP herbicida (Tabela 1). Izmerene vrednosti su bile uvek niže kod tretiranih biljaka što znači da je primena herbicida stresno delovala na oba ispitivana hibrida (KR, KS).

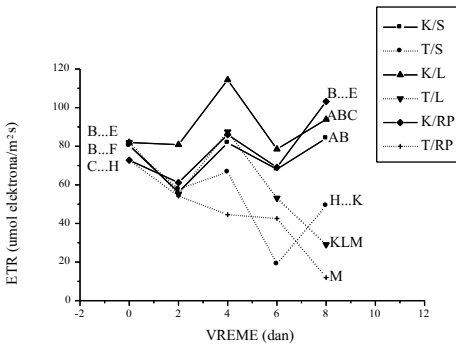
Nije utvrđena korelacija sadržaja hlorofila izmerena na ova dva načina (očitanje SPAD- metrom i ekstrakcija metanolom).

### Sadržaj i status hlorofila određen u ekstraktu DMF i fluorescencijom hlorofila

Analizom rezultata (Grafikon 2) konstatovano je razlika između kontrolnih i tretiranih L biljaka 2 DPP za parametar ETR. Nasuprot njima kod S i RP biljaka razlike, odnosno smanjenje parametra ETR usled dejstva herbicida sulfosata uočava se tek 4 DPP.

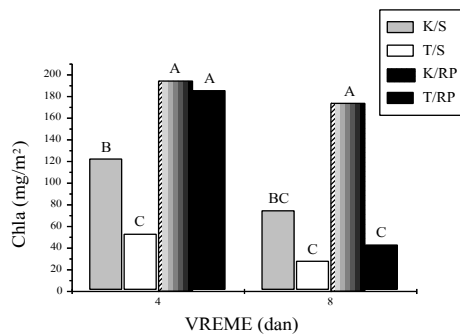
Rezultati u Tabeli 2 pokazuju različite korelativne veze parametara fluorescencije Chl *a* i parametra fotosinteze ETR. To ukazuje na različite doprinose fotosintetskih procesa zavisnih od RC PS II (parametri Fv/Fm, Fv/F<sub>0</sub>, Fv/Fm'), kao i zavisnih od redoks statusa pula plastohinona PS II (qP, Φ PS II) na fotosintetski parametar ETR kontrolnih i tretiranih biljaka. Na osnovu toga se konstatuje da primena sulfosata izaziva inhibiciju fotosinteze (parametar ETR), koja je kumulativnog karaktera.

U ogledu (Grafikon 3) sa manipulacija statusa korena, konstatovano je da je kod RP biljaka sadržaj Chl *a* bio veći u poređenju sa sadržajem izmerenim u S biljkama nezavisno da li su tretirane herbicidom ili ne. Sadržaj Chl *a* veći je ili isti kod tretiranih i netretiranih RP biljaka već 4 DPP. Na osnovu toga može se zaključiti da proces presađivanja značajno usporava ispoljavanje fitotoksičnog delovanja primenjenog herbicida.



**Grafikon 2.** - Promene ETR parametra fluorescencije Chl *a* 5-tog lista kontrolnih i tretiranih S, L i RP biljaka K/S, K/L, K/RP, T/S, T/L, T/RP

**Graph 2.** - Changes in ETR parameter of fluorescence of Chl *a* 5-th leaf control and treated S, L and RP plants K/S, K/L, K/RP, T/S, T/RP



**Grafikon 3.** - Promene sadržaja Chl *a* 5-tog lista kontrolnih i tretiranih S i RP biljaka K/S, K/RP, T/S, T/RP

**Graph 3.** - Changes of Chl *a* amount 5-th leaf control and treated S and RP plants K/S, K/RP, T/S, T/RP

**Tabela 2.** - Korelativni odnosi parametra fluorescencija Chl *a* i fotosinteze.

**Table 2.** - Corelation between parameters of Chl *a* fluorecence and photosynthesis.

	Fv/Fm	Fv/F <sub>0</sub>	Φ PS II	qP	Fv/Fm	ETR	NPQ
Fv/Fm		0,901**	0,635**	0,705**	0,059	0,629**	0,081
Fv/F <sub>0</sub>			0,659**	0,699**	0,084	0,659**	-0,004
Φ PS II				0,823**	0,512**	0,978**	-0,441**
qP					-0,010	0,802**	-0,441**
Fv/Fm						0,498**	-0,150
ETR							-0,417**
NPQ							

p<0,05\*, p<0,01\*\*

Test korelacije je pokazao visoku zavisnost ispitivanih drugih parametara sadržaja i odnosa fotosintetskih pigmenata i sadržaja hlorofila *a* (Tabela 3). Može se konstatovati da proces presađivanja i fitotoksični efekat primenjenog herbicida utiču na fotosintetski aparat u celini.

**Tabela 3.** - Korelativni odnosi parametara sadržaja i odnosa fotosintetskih pigmenata.

**Table 3.** - Corelation between parameters of contents and ratios of photosynthetic pigments.

	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	Chl <i>a+b</i>	Chl <i>a</i> /Chl <i>b</i>	<i>x+c</i>	Chl <i>a/x+c</i>
Chl <i>a</i>		0,992**	1,000**	0,918**	0,881**	0,894**
Chl <i>b</i>			0,995**	0,885**	0,900**	0,877**
Chl <i>a+b</i>				0,912**	0,886**	0,891**
Chl <i>a</i> /Chl <i>b</i>					0,715**	0,952**
<i>x+c</i>						0,615**
Chl <i>a/x+c</i>						

p<0,05\*, p<0,01\*\*

Parametri koji odslikavaju status RC PS II (Fv/Fm, Fv/F<sub>0</sub>) ukazuju da su S biljke osjetljivije na dejstvo herbicida (Tabela 4) u poređenju sa RP biljkama (Tabela 5). Uočava se statistički značajan pad vrednosti parametra Fv/Fm već 2 DPP herbicida u poređenju sa kontrolnim biljkama. I pored toga biljke 6 DPP održavaju u funkcionalnu homeostazu svog fotosintetskog aparata, nezavisno od primene her-



bicida. Promene, odnosno «sлом» homeostaze fotosintetskih funkcija dešava se upravo tada, što je posebno izraženo kod parametra  $Fv/F_0$  (Tabele 4 i 5).

**Tabela 4.** - Parametri fluorescencije Chl *a* 5-tog lista S biljaka.

**Table 4.** - Parameters of Chl *a* fluorescence of the 5-th leaf S plants.

(K/T)	Fv/Fm	LSD <sub>0.05</sub>	LSD <sub>0.01</sub>	Fv/F <sub>0</sub>	LSD <sub>0.05</sub>	LSD <sub>0.01</sub>
0/K	0.762 <sup>BCD</sup>	0.045	0.060	3.212 <sup>FGH</sup>	0.656	0.876
2/K	0.774 <sup>BCD</sup>			3.452 <sup>DEFG</sup>		
2/T	0.712 <sup>E</sup>			2.558 <sup>H</sup>		
4/K	0.791 <sup>ABCD</sup>			3.765 <sup>CDEF</sup>		
4/T	0.758 <sup>CD</sup>			3.672 <sup>CDEF</sup>		
6/K	0.804 <sup>AB</sup>			4.106 <sup>ABCD</sup>		
6/T	NM			NM		
8/K	0.795 <sup>ABC</sup>			3.831 <sup>CDEF</sup>		
8/T	0.746 <sup>E</sup>			2.868 <sup>GH</sup>		

K-kontrola, T-tretman, NM- nije mereno

**Tabela 5.** - Parametri fluorescencije Chl *a* 5-tog lista RP biljaka.

**Table 5.** - Parameters of Chl *a* fluorescence of the 5-th leaf RP plants.

(K/T)	Fv/Fm	LSD <sub>0.05</sub>	LSD <sub>0.01</sub>	Fv/F <sub>0</sub>	LSD <sub>0.05</sub>	LSD <sub>0.01</sub>
0/K	0.801 <sup>ABC</sup>	0.045	0.060	3.969 <sup>BCDE</sup>	0.656	0.876
2/K	0.806 <sup>AB</sup>			4.118 <sup>ABC</sup>		
2/T	0.772 <sup>BCD</sup>			3.396 <sup>EFG</sup>		
4/K	0.804 <sup>AB</sup>			4.504 <sup>AB</sup>		
4/T	0.782 <sup>ABCD</sup>			3.635 <sup>CDEF</sup>		
6/K	0.824 <sup>A</sup>			4.714 <sup>A</sup>		
6/T	NM			NM		
8/K	0.802 <sup>ABC</sup>			4.075 <sup>ABCD</sup>		
8/T	0.604 <sup>F</sup>			1.590 <sup>I</sup>		

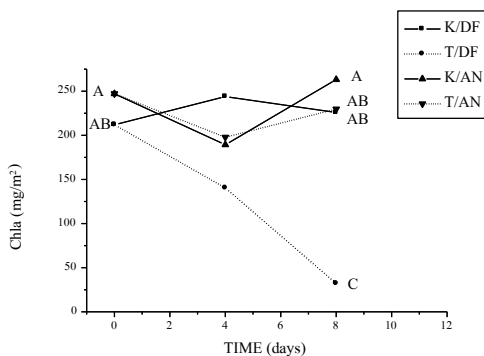
K-kontrola, T-tretman, NM- nije mereno

Na osnovu iznetih činjenica može se konstatovati da glifosat trimezijum (sulfosat) inhibira fotohemijisku aktivnost RC PS II počev od 6 DPP. Pokazatelji kvantne efikasnosti PS II ( $Fv/Fm$ ,  $Fv/F_0$ ) međusobno su visokoznačajnoj (0,901) korelativnoj vezi (rezultati nisu prikazani).

U ogledima gde je urađena manipulacija lisnog pokrova (10 dana pre početka ogleda, biljke prihranjivane sa 25 g  $NH_4NO_3$  po saksiji (AN biljke) ili im je uk-

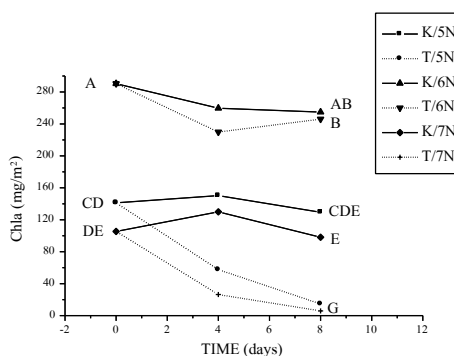
lanjano donjih 5 listova: DF biljke). Kod kontrolnih AN i DF biljaka sadržaj Chl *a* manje više se nije menjao tokom trajanja ogleda, kao i kod tretiranih AN biljaka (Grafikon 4). Međutim, kod DF tretiranih biljaka konstatovano je smanjenje sadržaja Chl *a* sve do kraja oglednog perioda (Grafikon 4). Parametri sadržaja i odnosa fotosintetskih pigmenata kod AN i DF biljaka nalaze se međusobno u visokoznačajnoj i značajnoj korelativnoj vezi (Tabela 6).

Statistički značajno smanjenje parametra kvantne efikasnosti RC PS II ( $F_v/F_m$ ,  $F_v/F_0$ ) biljaka AN i DF uočava se tek 6 DPP herbicida u poređenju sa kontrolnim biljkama (Tabele 7 i 8). Međutim, kod tretiranih DF biljaka inhibicija fotosinteze izazvana herbicidom traje i nakon 6 DPP (Tabela 7), dok kod tretiranih AN biljaka se konstatuje blago zaustavljanje tog procesa (Tabela 8). Ova činjenica, kao i održavanje fluorescencije Chl *a* kod tretiranih na nivou fluorescencije Chl *a* kontrolnih AN biljaka (Grafikon 4) nas navodi na zaključak da snabdevenost biljaka azotom to omogućava. Parametri kvantne efikasnosti PS II ( $F_v/F_m$  и  $F_v/F_0$ ) međusobno su u visokoznačajnoj korelativnoj vezi (0,916).



**Grafikon 4.** - Promene sadržaja Chl *a* u 7-om listu kontrolnih i tretiranih biljaka K/DF, K/AN, T/DF, T/AN.

**Graph 4.** - Changes of Chl *a* amount in 7-th leaf control and treated plants K/DF, K/AN, T/DF, T/AN



**Grafikon 5.** - Promene sadržaja hlorofila *a* u 6-tom, 7-om i 8-om listu kontrolnih i tretiranih biljaka K/5N, K/6N, K/7N, T/5N, T/6N, T/7N

**Graph 5.** - Changes of Chl *a* amount in 6-th, 7-th and 8-th leaf control plants K/5N, K/6N, K/7N, T/5N, T/6N, T/7N

Ono što karakteriše biljke kukuruza različitog uzrasta (5, 6 i 7 nedelja) jeste značajno niži sadržaj Chl *a* kod biljaka uzrasta 5 i 7 nedelja u odnosu na biljke stare 6 nedelja, nezavisno od toga da li su tretirane herbicidom ili ne (Grafikon 5). Pored toga, zapažamo veoma rano (pre 4 DPP) degradaciju Chl *a* kod biljaka uzrasta 5 i 7 nedelja, tretiranih herbicidom, dok kod biljaka uzrasta 6 nedelja

herbicide praktično nije uticao na sadržaj Chl *a* u listovima biljaka (Grafikon 5). Svi parametri koji se odnose na sadržaj fotosintetskih pigmenta, kao i odnos Chl *a*/*x+c* u međusobnoj su visokoznačajnoj korelativnoj vezi (Tabela 9). Dok parametar odnos Chl *a*/Chl *b* nije bio u korelaciji sa ostalim parametrima koji se odnose na fotosintetske pigmente (Tabela 9).

**Tabela 6.** - Korelativni odnosi sadržaja i odnosa fotosintetskih pigmenta 7-og lista **DF** i **AN** biljaka kukuruza raslih 6 nedelja u poljskim uslovima.

**Table 6.** - Correlation between parameters of contents and ratios of photosynthetic pigments of 7th leaf of **DF** and **AN** maize plants grown 6th weeks in field condition.

	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	Chl <i>a+b</i>	Chl <i>a</i> /Chl <i>b</i>	<i>x+c</i>	Chl <i>a</i> / <i>x+c</i>
Chl <sub><i>a</i></sub>		0,943**	0,996**	0,770**	0,812**	0,871**
Chl <sub><i>b</i></sub>			0,969**	0,570**	0,873**	0,746**
Chl <sub><i>a+b</i></sub>				0,725**	0,837**	0,847**
Chl <sub><i>a</i></sub> /Chl <sub><i>b</i></sub>					0,429*	0,893**
<i>x+c</i>						0,455*
Chl <sub><i>a</i></sub> / <i>x+c</i>						

$p < 0,05^*$ ,  $p < 0,01^{**}$

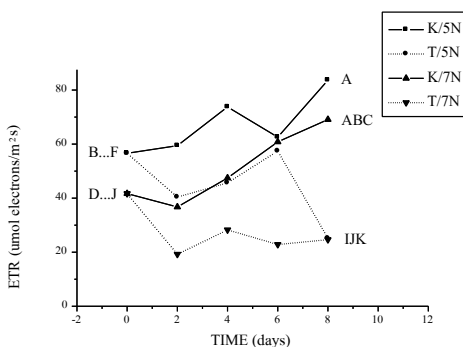
**Tabela 7.** - Parametri fluorescencije Chl *a* 7-og lista **DF** biljaka.

**Table 7.** - Parameters Chl *a* fluorescens of the 7-th leaf **DF** plants.

(K/T)	Fv/Fm	LSD <sub>0,05</sub>	LSD <sub>0,01</sub>	Fv/F <sub>0</sub>	LSD <sub>0,05</sub>	LSD <sub>0,01</sub>
0/K	0.785 <sup>AB</sup>	0.100	0.134	3.606 <sup>ABC</sup>	1.026	1.369
2/K	0.762 <sup>ABC</sup>			3.538 <sup>BC</sup>		
2/T	0.772 <sup>A</sup>			3.407 <sup>BCD</sup>		
4/K	0.725 <sup>A...D</sup>			2.632 <sup>C...F</sup>		
4/T	0.725 <sup>A...D</sup>			2.665 <sup>C...F</sup>		
6/K	0.766 <sup>ABC</sup>			3.286 <sup>B...E</sup>		
6/T	0,666 <sup>* CDE</sup>			2,294 <sup>* EF</sup>		
8/K	0.745 <sup>A...D</sup>			3.389 <sup>BCD</sup>		
8/T	0.600 <sup>** E</sup>			2.036 <sup>** E</sup>		

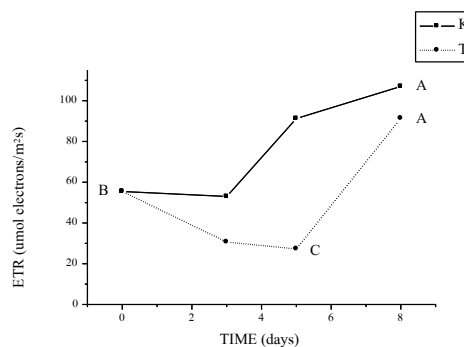
K-kontrola, T-tretman, NM- nije mereno

Iz grafikona 6 se jasno konstatuje da kod biljaka uzrasta 5 i 7 nedelja parametar fotosinteze ETR ima visoku vrednost tokom trajanja merenog perioda, iako nema statistički značajnih razlika između tretiranih i kontrolnih biljaka. Takođe, uočava se veoma rano (2 DPP) delovanje herbicida na smanjenje (statistički značajno) ETR parametra kod tretiranih u odnosu na kontrolne biljke uzrasta 5 i 7 nedelja (Grafikon 6). Međutim, 6 DPP kod tretiranih biljaka uzrasta 5 nedelja zapaža se privremeni oporavak (vrednost ETR parametra u tom momentu bila ista kao i kod kontrolnih biljkaka, Grafikon 5). To ukazuje da postoji mogućnost da biljka tog uzrasta poseduje određeni kapacitet za prevazilaženje stanja stresa izazvano primenom sulfosata (glifosat trimezijum). Međutim, ti kapaciteti su ograničeni, što se može dovesti u vezu sa ranije objašnjenim «sломom» fotosinteze u tim biljkama. Vrednosti parametra ETR kod tretiranih biljaka uzrasta 5 nedelja u toj fazi opadaju (Grafikon 5). Zapaža se da su parametri ETR,  $\Phi$  PS II,  $qP$  i  $F_v/F_m$  međusobno, kao i sa parametrima  $F_v/F_m$  i  $F_v/F_0$  u visokoznačajnoj korelativnoj vezi, ali ne i sa NPQ parametrom fotoprotekcije (Tabela 10). Nasuprot tome, parametri  $F_v/F_m$  i  $F_v/F_0$  su u visokoznačajnoj korelaciji sa NPQ parametrom fotoprotekcije (Tabela 10). To ukazuje na specifičan način fotoprotekcije biljaka kukuruza uzrasta 5 i 7 nedelja, povezan sa procesima u RC PS II.



**Grafikon 6.** - Promene ETR parametra fotosinteze 6-og i 8-og lista kontrolnih i tretiranih biljaka K/5N, K/7N, T/5N.

**Graph 6.** - Changes in ETR parameter of photosynthesis of 6-th and 8-th leaf control and treated plants K/5N, K/7N, T/5N



**Grafikon 7.** - Promene ETR parametra fotosinteze 7-og lista kontrolnih i tretiranih biljaka uzrasta 6 nedelja.

**Graph 7.** - Changes in ETR parameter of photosynthesis of 7-th leaf control and treated plants 6 weeks old

**Tabela 8.** - Parametri fluorescencije Chl *a* 7-og lista AN biljaka.**Table 8.** - Parameters Chl *a* fluorescens of the 7-th leaf AN plants.

(K/T)	Fv/Fm	LSD <sub>0.05</sub>	LSD <sub>0.01</sub>	Fv/F <sub>0</sub>	LSD <sub>0.05</sub>	LSD <sub>0.01</sub>
0/K	0.796 <sup>AB</sup>	0.100	0.134	3.911 <sup>AB</sup>	1.026	1.369
2/K	0.822 <sup>A</sup>			4.627 <sup>A</sup>		
2/T	0.790 <sup>AB</sup>			3.773 <sup>AB</sup>		
4/K	0.788 <sup>AB</sup>			3.732 <sup>AB</sup>		
4/T	0.769 <sup>A</sup>			3.330 <sup>BCD</sup>		
6/K	0.743 <sup>A...D</sup>			3.198 <sup>B...E</sup>		
6/T	0,660 * <sup>DE</sup>			2,261 ** <sup>EF</sup>		
8/K	0.801 <sup>AB</sup>			3.977 <sup>AB</sup>		
8/T	0.701 <sup>BCD</sup>			2.470 ** <sup>DEF</sup>		

K-kontrola, T-tretman, NM- nije mereno

**Tabela 9.** - Korelacija sadržaja i odnosa fotosintetskih pigmentata 6-og, 7-og ili 8-og lista biljaka uzrasta 5, 6 ili 7 nedelja.**Table 9.** - Correlation between parameters of contents and ratios of photosynthetic pigments of 6th, 7th or 8th leaves of maize plants grown 5th, 6th or 7th weeks in field condition.

	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	Chl <i>a</i> + <i>b</i>	Chl <i>a</i> /Chl <i>b</i>	x+c	Chl <i>a</i> /x+c
Chl <i>a</i>		0,968**	0,998**	0,213	0,920**	0,803**
Chl <i>b</i>			0,981**	0,082	0,865**	0,803**
Chl <i>a</i> + <i>b</i>				0,184	0,913**	0,807**
Chl <i>a</i> /Chl <i>b</i>					0,250	0,199
x+c						0,582**
Chl <i>a</i> /x+c						

p<0,05\*, p<0,01\*\*

Kod biljaka kukuruza uzrasta 6 nedelja na osnovu statistički značajnog smanjenja vrednosti parametra fotosinteze ETR konstatuje se inhibicija fotosinteze usled primene herbicida tokom prvog dela merenog perioda (Grafikon 7). Međutim, u drugom delu merenog perioda (posle 5 DPP) dolazi do porasta vrednosti parametra ETR kod tretiranih biljaka. Na kraju posmatranog perioda vrednosti ETR parametra fotosinteze kontrolnih i tretiranih biljaka praktično se izjednačavaju (Grafikon 7). Parametri ETR,  $\Phi$  PS II, qP i Fv/Fm u međusobnoj su visokoznačajnoj korelativnoj vezi, ali u visokoznačajnoj negativnoj korelaciji sa parametrom fotoprotekcije NPQ (Tabela 11). Parametri kvantne efikasnosti PS II (Fv/Fm, Fv/F<sub>0</sub>) u visokoznačajnoj su međusobnoj korelaciji, kao i sa para-

metrima ETR,  $\Phi$  PS II i  $F_v/F_m$ , dok je parametar  $F_v/F_0$  u značajnoj negativnoj korelaciji sa NPQ parametrom fotoprotekcije (Tabela 11). To ukazuje na proaktivne procese kod biljaka kukuruza uzrasta 6 nedelja, verovatno povezane sa parametrom NPQ.

**Tabela 10.** - Korelacija parametara fluorescencije Chl *a* i fotosinteze 6-og i 8-og lista biljaka uzrasta 5 i 7 nedelja.

**Table 10.** - Correlation between parameters Chl *a* fluorescens and photosynthesis of 6-th and 8-th leaf of plants 5 and 7 weeks old.

	$F_v/F_m$	$F_v/F_0$	$\Phi$ PS II	qP	$F_v/F_m$	ETR	NPQ
$F_v/F_m$		0,909**	0,524**	0,692**	0,441**	0,506**	0,322**
$F_v/F_0$			0,643**	0,769**	0,517**	0,625**	0,259**
$\Phi$ PS II				0,884**	0,905**	0,892**	-0,175
qP					0,747**	0,804**	-0,051
$F_v/F_m$						0,852**	-0,118
ETR							-0,012
NPQ							

$p < 0,05^*$ ,  $p < 0,01^{**}$

**Tabela 11.** - Korelacija parametara fluorescencije Chl *a* i fotosinteze 7-og lista biljaka uzrasta 6 nedelja.

**Table 11.** - Correlation between parameters Chl *a* fluorescens and photosynthesis of 7-th lea of plants 6 weeks old.

	$F_v/F_m$	$F_v/F_0$	$\Phi$ PS II	qP	$F_v/F_m$	ETR	NPQ
$F_v/F_m$		0,966**	0,518**	0,463	0,516**	0,467*	-0,366
$F_v/F_0$			0,595**	0,546**	0,579**	0,509**	-0,471*
$\Phi$ PS II				0,956**	0,949**	0,921**	-0,943**
qP					0,890**	0,890**	-0,919**
$F_v/F_m$						0,879**	-0,855**
ETR							-0,802**
NPQ							

$p < 0,05^*$ ,  $p < 0,01^{**}$

## DISKUSIJA

### Sadržaj hlorofila izmeren SPAD-metrom i metanolskom ekstraktu

Na osnovu merenih parametara sadržaja hlorofila (ukupni hlorofil, hlorofil *a*, hlorofil *b*) između tretmana i kontrole, kod oba hibrida kukuruza (KS i KR), potvrđena je razlika samo za sadržaj hlorofila *a* (Tabela 1). Obzirom da hlorofil *a* ima funkciju u fotohemijski aktivnim centrima fotosistema I i II, tako što apsorbuje svetlost od 698 do 703 nm (P 700) i na 690nm (P 690), promene kod tretiranih biljaka ne treba zanemariti. Ove promene mogu se dovesti u vezu sa položajem hlorofilnih zrna u tilakoidama membrane hloroplasta (Branton, 1969; cit.: Esau, 1977), gde bi primena glifosata mogla da utiče na njihovu brojnost i funkciju, koja je povezana sa sintezom hlorofila (Kitchen i sar., 1981) i aktivnošću fotosistema u celini (van Rensen, 1974, cit.: Muñoz-Rueda i sar., 1986). Sadržaj ukupnog hlorofila kod oba hibrida kukuruza 2 DPP opada usled dejstva herbicida (Grafikon 1), nakon čega su se trendovi razlikovali: kod KR hibrida je utvrđen trend rasta ( $b = 2,568$ ), a kod KS hibrida je nastavljen trend pada ( $b = -1,964$ ).

Takođe, primena herbicida je uticala na promene u sadržaju hlorofila *b* u odnosu na vrednosti izmerene pre primene herbicida, pri čemu su razlike kod KS hibrida bile izraženije (izmerene vrednosti: min. 11,07, max. 14,34 u toku prvih 6 DPP herbicida, a kod kontrole 16,85 mg g<sup>-1</sup> sveže mase) u odnosu na KR hibrid (min. 11,40, max. 20,58 u toku prvih 6 DPP herbicida, a kod kontrole 15,57 mg g<sup>-1</sup> sveže mase). Utvrđene razlike su odgovor na razlike u aktivnosti fotosistema osetljivih i glifosat otpornih biljaka (Zarco-Tejada i sar., 2002). Obzirom da su hlorofilna zrna estri dikarbonske kiseline (hlorofilina), glifosat inhibira sintezu hlorofila inkorporacijom u prekursor hlorofila  $\delta$ -aminolevulinsku kiselinu (Kitchen i sar., 1981), posebno nakon primene subletalnih količina (Cobe, 1985).

Merenjem sadržaja hlorofila SPAD-metrom su potvrđene razlike između tretiranih i kontrolnih biljaka oba hibrida kukuruza, osim 2 DPP kod KR hibrida (Tabela 1). Iako je SPAD-metar manje osetljiva metoda u poređenju sa merenjem sadržaja hlorofila, posle ekstrakcije sa metanolom, ta metoda može se koristiti kao preliminarna metoda (skrining), pri praćenju osetljivosti biljaka na glifosat trimezijum, ali ne i za definisanje nivoa rezistentnosti/otpornosti. Do sličnih rezultata o korišćenju SPAD-metra došli su Božić i sar. (2007). Pokazali da se ova nedestruktivna metoda može koristiti u svrhu razdvajanja rezistentnih i osetljivih biljaka nakon primene herbicida inhibitora acetolaktat sintetaze. Merenje ukupnog sadržaja hlorofila SPAD-metrom omogućava brzo, relativno pouzdano i jednostavno razdvajanje R od S biljaka i može se koristiti kao prihvatljiv indirektni

pokazatelj reakcije biljaka na stres herbicidom (Jinwen, J. i sar., 2009; Pavlović, 2005; Pavlović i sar., 2006; Božić i sar., 2007).

### **Sadržaj i status hlorofila određen u ekstraktu DMF i fluorescencijom hlorofila**

U drugoj seriji ogleđa pratili smo reakciju ZPSC 704 hibrida kukuruza na dejstvo herbicida sulfosata. Praćena je reakcija fotosintetskog aparata na osnovu sadržaja i odnosa fotosintetskih pigmenata i parametara fotosinteze i fluorescencije Chl *a*. Pomenuti pristup, je zamišljen kao kombinacija jedne destruktivne i jedne nedestruktivne metode, dao je mogućnost razmatranja načina dejstva herbicida sulfosata u cilju njegove optimalnije primene u praksi. Istraživanja su nam pokazala da preparat «Touchdown» inhibira fotosintezu i uzrokuje degradaciju ukupnog hlorofila u listovima L i RP biljaka kukuruza, ali bez gubitaka antenskih funkcija fotosinteze, povezanih sa fotoprotektivnim gašenjem fluorescencije Chl *a* (parametar NPQ). Nasuprot biljkama L i RP, kod biljaka S uočeno je smanjenje antenskih funkcija fotosinteze i gašenje fluorescencije Chl *a* u listovima što je povezano sa RC PS II. O uticaju morfoloških promena (promena odnosa nadzemni deo biljke:koren) na reakciju fotosinteze biljaka na stres raspravljali su Lang i Thorpe (1985), Farrar i Gunn (1998) i Poorter i Nagel (2000). Oni konstantuju da su preraspodela asimilata, fotosinteza i bioproduktivitet, kao i prinos biljaka u međusobnoj vezi i pod velikim uplivom faktora spoljašnje sredine, posebno stresnih. Znači, neki manipulativni pristupi, kojima se menja zapremina korena, broj listova, kao i dodatna prihrana azotom, menjaju morfološki odnos nadzemni deo biljke:koren, ali menjaju i osetljivost fotosinteze i fotosintetskog aparata kukuruza na dejstvo sulfosata, kao stresnog faktora. Ova činjenica može se objasniti i uticajem fitotoksičnog procesa izazvanog tim herbicidom na status korena, što može biti u vezi sa metabolizmom citokinina (sintetišu se u korenu i deluju na razviće i metabolizam listova; Nešković i sar., 2003) ili sa izmenjenim odnosima fitohormona tokom razvoja biljke (Nikolić, 2007).

Promene parametara fluorescencije Chl *a*, fotosinteze i sadržaja fotosintetskih pigmenata opadaju tokom merenog perioda kod tretiranih biljaka kukuruza uzrasta 5 i 7 nedelja, za razliku od istih biljaka uzrasta 6 nedelja, što ukazuje na moguće definisanje uzrasne razlike u reakciji biljaka kukuruza na ovaj herbicid.

Obzirom da ne postoje istraživanja ovakvog tipa u oblasti herbologije, dobijeni rezultati imaju veliki naučni i praktični doprinos, tim pre što naši zaključci odgovaraju literaturnim podacima iz drugih oblasti fiziologije stresa biljaka. Pored toga, izvedena istraživanja i dobijeni rezultati pokazuju i da se merenjem sadržaja fotosintetskih pigmenata i prinosa fluorescencije hlorofila mogu pratiti



stresni efekti herbicida na biljke kukuruza i definisati razlike između tretiranih i netretiranih biljaka, što je podatak od praktičnog interesa.

## LITERATURA

- Anderson, D. M., Swanton, C. J., Hall, J. C., Mersey, B. G. (1993) The influence of temperature and relative humidity on the efficacy of glufosinate-ammonium. *Weed Research*, 33, 139.
- Ashton F. M., Krafts, A. S. (1973) Mode of action of Herbicides. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York, str. 504.
- Beckie, H. J., Friesen, L. F., Nowolsky, K. M., Morrison, I. N. (1990) A Rapid Bioassay to Detect Trifluralin-Resistant Green Foxtail (*Setaria viridis*). *Weed Technology*, 4, 505-508.
- Božić, D., Vrbničanin, S., Barać, M., Stefanović, L. (2007) Determination of Jonsongrass (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) level of sensitivity to nicosulfuron. *Maydica*, 52 (3), 271-277.
- ByngJoo, L., Mikyoung, W., DongHee, L., DongGi, S. (2001) Changes in SPAD chlorophyll value of chrysanthemum by photoperiod and light intensity. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 19, 555-559.
- Cobe, D. J. (1983) The effects of environmental factors on the metabolism of herbicides in plants. *Aspects Applied Biology*, 4, 245.
- Esau, K. (1977) *Anatomy of seed plants*. 2nd Edition, John Wiley and Sons, New York.
- Farrar, J., S., Gunn (1998) Allocation: allometry, acclimation-and alchemy? in: "INHERENT VARIATION IN PLANT GROWTH. Physiological mechanisms and ecological consequences", Lambers, H., Poorter, H., Van Vuuren, M.M.I., eds., pp. 183-198, Backhuys, Leiden, Holland.
- Gronwald, J. W. (1995): Resistance to photosystem II inhibitor herbicides. *Proceedings of abstracts of International Symposium on Weed and Crop Resistance to Herbicide*, Cordoba, Spain.
- Holt, J. S. (1996) Ecological fitness of herbicide resistant weed. *Proceedings of the second international weed control congress*, Copenhagen, Denmark, 1-4, 387-392.
- Jinwen, L., Jingping, Y., Pinpin, F., Junlan, S., Dongsheng, L., Cgangshui, G., Wenyue, C. (2009) Responses of rice leaf thickness, SPAD readings and chlorophyll a/b ratios to different nitrogen supply in paddy field. *Field Crops Research*, in press.
- Kastori, R. (1995) *Fiziologija biljaka*. Feljton, Novi Sad.

- Kitchen, L. M., Wit, W. W., Rieck, C. E. (1981) Inhibition of aminolevulinic acid synthesis by glyphosate. *Weed Science*, 29, 571.
- Lang, A., M.H., Thorpe (1985) Partitioning of assimilates at the whole plant level. in: "PHOTOSYNTHESIS AND PHYSIOLOGY OF THE WHOLE PLANT", OECD Workshop, Braunschweig, Germany, pp. 108-135, OECD, Paris, France.
- Lichtenthaler, H. K. (1996) Vegetation Stress: an Introduction to the Stress Concept in Plants. *Journal of Plant Physiology*, 148, 4-14.
- Lichtenthaler, H. K., Babani, F. (2004) Light Adaptation and Senescence of the Photosynthetic Apparatus. Changes in Pigment Composition, Chlorophyll Fluorescence Parameters and Photosynthetic Activity. in: *Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis*. Papageorgiu, G.C., Govindjee, eds., Springer, Netherlands, str. 713-736.
- Lichtenthaler, H. K., Wellburn, A. R. (1983) Determinations of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transaction*, 603, 591-592.
- Maxwell, J., Johnson, N. G. (2000) Chlorophyll fluorescence - a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51 (345), 659-668.
- Milivojević, D. B., Nikolić, B. (1998) Effects of diquat on pigment-protein complexes of thylakoid membranes in soybean and maize plants. *Biologia Plantarum*, 41 (4), 597-600.
- Moreland, D. E. (1980) Mechanism of action of herbicides. *Annual Review of Plant Physiology*, 31, 597-638.
- Muñoz-Rueda, A., Gonzales-Murua, C., Becerril, J. M., Sanchez-Diaz, M. F. (1986) Effects of glyphosate on photosynthetic pigments, stomatal response and photosynthetic electron transport in *Medicago sativa* and *Trifolium pratense*. *Physiologia Plantarum*, 66, 63-68.
- Nešković, M., Konjević, R., Čulafić, Lj. (2003) *Fiziologija biljaka*. NNK-Internacional, Beograd.
- Nikolić, B. (1997) Uticaj herbicida metribuzina, linurona i dikvata na sadržaj fotosintetskih pigmenta lista soje (*Glycine max.* Merr.). *Magistarska teza*. Biološki fakultet, Beograd.
- Nikolić, B. (2007) Inhibicija fotosinteze i rasteња kukuruza (*Zea mays* L.) u uslovi-  
ma stresa izazvanim herbicidom sulfosatom. *Doktorska disertacija*. Prirodno-  
matematički fakultet, Kragujevac.
- Nikolić, B., Drinić, G., Jovanović, V., Janjić, V., Stojaković, S. (2007a) Different aspects of growth and photosynthesis inhibition by the phosphonate herbicide sulphosate in maize (*Zea mays* L.). 1. Root manipulation. *Acta herbologica*, 16 (1), 29-39.

- Nikolić, B., Drinić, G., Jovanović, V., Janjić, V., Marković, A. (2007b) *Different aspects of growth and photosynthesis inhibition by the phosphonate herbicide sulphosate in maize (Zea mays L.)*. 2. Leaf canopy manipulation. *Acta herbologica*, 16 (1), 41-49.
- Nikolić, B., Drinić, G., Jovanović, V., Janjić, V., Marković, A. (2007c) *Different aspects of growth and photosynthesis inhibition by the phosphonate herbicide sulphosate in maize (Zea mays L.)*. 3. Effect of plant age. *Acta herbologica*, 16 (1), 51-62.
- Pavlović, D. (2005) Utvrđivanje rezistentnosti korova prema herbicidima-inhibitorima fotosinteze. *Magistarska teza*. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Pavlović, D., Vrbničanin, S., Elezović, I., Jovanović, Lj., Marisavljević, D. (2006) Alterations in amount of chlorophyll as indicator of resistance for *Chenopodium album* L. and *Amaranthus retroflexus* L. to atrazine. *Journal of Plant Diseases and Protection*, Vol XX, 131-138.
- Percival, M. P., Baker, N. R. (1991) Herbicides and photosynthesis. in: *Herbicides*. Baker, N.R. and Percival, M.P., eds., Elsevier, Holland, 1-26.
- Poorter, H., O., Nagel (2000) The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO<sub>2</sub>, nutrients and water: quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27, 595-607.
- Ryan, G. F. (1970): Resistance of common groundsel to simazine i atrazine. *Weed Science*, 18, 614-616.
- Zarco-Tejada, P. J., Miller, J. R., Mohammed, G. H., Noland, T. L., Sampson, P. H. (2002) Vegetation stress detection trough chlorophyll a+b estimation and fluorescence effects on hyperspectral imagery. *Journal of Environmental Quality*, 31, 1433-1441.
- www. walz.com (2003)
- Wellburn, A. R. (1994) The Spectral Determination of Chlorophylls *a* and *b*, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. *Journal of Plant Physiology*, 144, 307-313.

(Primljeno: 18.08.2010.)

(Prihvaćeno: 1.09.2010.)

## CHLOROPHYLL AS INDICATOR OF PLANTS RESPONSE TO HERBICIDE

DANIJELA PAVLOVIĆ\*, BOGDAN NIKOLIĆ\*, ERIKA PFAF-DOLOVAC, DRAGANA MARISAVLJEVIĆ, ZORAN MILIĆEVIĆ, SANJA ĐUROVIĆ

Institute for Plant Protection and Environment, Belgrade, Serbia

\*e-mail: [dulekaca@yahoo.com](mailto:dulekaca@yahoo.com); [bogdannik@mail2world.com](mailto:bogdannik@mail2world.com)

### SUMMARY

Chlorophyll is a green pigment important in photosynthesis. By monitoring chlorophyll amount we learn about productivity of photosynthesis. Many herbicides with different modes of action affect the amount of chlorophyll in plant tissue. In our study we examined the amount of chlorophyll in corn plants after application of glyphosate trimesium (sulfosate). We used a non-destructive method: SPAD reading and chlorophyll *a* fluorescence, and a destructive method: extraction of chlorophyll with dimethyl formamide and methanol. Our results show that based on amount of photosynthesis pigments and chlorophyll fluorescence yield we can monitor the stress effect of herbicides on corn plants. Our results also show that we can differentiate between treated and non treated plants.

*Key words:* Chlorophyll, photosynthesis, glyphosat trimesium.

*(Received: 18.08.2010.)*

*(Accepted: 1.09.2010.)*

Zaštita bilja  
Vol. 61 (2), № 272, 87-95, 2010, Beograd  
Naučni rad

UDK  
ID

## KOROVSKA FLORA I ISPITIVANJE EFIKASNOSTI HERBICIDA U USEVU SUNCOKRETA

BRANKO KONSTANTINOVIĆ, MAJA MESELDŽIJA, MILENA KORAC

Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

e-mail: [brankok@polj.uns.ac.rs](mailto:brankok@polj.uns.ac.rs)

Suncokret je pored uljane repice najznačajnija uljana kultura u Srbiji. Kao širokoredna jara okopavina, velikog međurednog prostora, u ranim fazama razvoja predstavlja slabu konkurenciju korovima. Nakon klijanja i u prvim fazama razvoja suncokret se razvija sporo, pa do sklapanja redova na velikoj slobodnoj međurednoj površini dolazi do brzog zakorovljavanja, gušenja ili potpunog istiskivanja kulture sa tog prostora. Floristički sastav korovske vegetacije suncokreta, prema dosadašnjim istraživanjima, sličan je korovskoj vegetaciji drugih okopavinskih kultura, zbog sličnih agrotehničkih mera i sklopa useva koji uslovljava mikroklimatske uslove. Sa velikom brojnošću i pokrovnošću prisutne su sledeće korovske vrste: *Amarantus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album*, *Convolvulus arvensis*, *Datura stramonium*, *Hibiscus trionum*, *Polygonum lapathifolium*, *Setaria glauca*, *Setaria viridis*, *Sinapis arvensis*, *Solanum nigrum*, *Solanum halepense*, *Xanthium strumarium* i drugi. Pravilna primena agrotehničkih mera, plodoreda i novijih herbicida predstavljaju ključne mere u integralnoj zaštiti useva suncokreta od korova. Ispitivanje efikasnosti novih herbicidnih molekula od ključnog je značaja za utvrđivanje spektra delovanja na različite korovske vrste kao i selektivnosti na suncokret kao gajenu biljku.

*Ključne reči:* suncokret, kvizalofop-p-etil, flurohloridon, acetohlor, terbutilazin

### UVOD

Suncokret (*Helianthus annuus* var. *macrocarpus* (DC.) Ckll.) predstavlja jednu od najznačajnijih uljanih kultura kako u svetu tako i kod nas (Marinković i sar., 2003; Qureshi and Memon, 2008). Poreklom je iz Severne Amerike, a u Evropi

se intenzivno gaji tek od kraja XIX veka (Putnem i sar., 1990). Suncokret za svoj razvoj zahteva veliku količinu toplote, svetlosti i hranljivih materija, pa je optimalno vreme setve u našim uslovima od početka do kraja aprila (Drezgić i sar., 1975) što pogoduje i ranoj pojavi korova u usevu (Konstantinović, 1999). Pošto je suncokret širokoredna jara okopavina, velikog međurednog prostora, u ranim fazama razvoja predstavlja slabu konkurenciju korovima, prvenstveno zbog toga što se u prvim fazama razvija sporo. Do momenta sklapanja redova, na velikoj slobodnoj međurednoj površini dolazi do brzog zakorovljavanja koje može dovesti do gušenja same kulture. U tom pogledu, značajnu ulogu pored primene plodoreda i agrotehničkih mera ima i primena herbicida.

### KARAKTERISTIKE KOROVSKE FLORE AGROFITOCENOZE SUNCOKRETA

Sklop korovske zajednice suncokreta sličan je korovskoj vegetaciji drugih okopavinskih kultura (kukuruz, soje i šećerne repe), zbog primene sličnih agrotehničkih mera i sklopa useva koji uslovljava specifične mikroklimatske uslove. Dosadašnja istraživanja pokazala su da su sa velikom brojnošću i pokrovnošću u usevu suncokreta prisutne sledeće korovske vrste: *Amaranthus retroflexus* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Bilderdykia convolvulus* (L.) Dum., *Chenopodium album* L., *Chenopodium hybridum* L., *Convolvulus arvensis* L., *Datura stramonium* L., *Hibiscus trionum* L., *Polygonum lapathifolium* L., *Polygonum persicaria* L., *Setaria glauca* (L.) Beauv., *Setaria viridis* (L.) Beauv., *Sinapis arvensis* L., *Solanum nigrum* L., *Solanum halepense* (L.) Pers., *Sonchus oleraceus* (L.) Gou., *Stachys annua* L. i *Xanthium strumarium* L.

Usled ranije setve, ranoprolećni aspekt je bogatiji zimsko-prolećnim i prolećnim efemerama, kao i nekim zimsko-prolećnim korovima kao što su *Veronica hederifolia* L., *Lamium amplexicaule* L., *Stellaria media* (L.) Vill. i *Capsella bursa-pastoris* (L.). Pored ovih, u ranoprolećnom aspektu mogu se naći i neke ranoprolećne, poznoprolećne kao i višegodišnje vrste. Sa obrazovanjem prvih pravih listova dolazi do sklapanja redova i do promene svetlosnog režima u prizemnom delu useva. Ovi nepovoljni uslovi za nicanje korova nastavljaju se i tokom letnjeg perioda, što dovodi do smanjenja pojave poznoprolećnih i višegodišnjih korova. Stoga je letnji aspekt veoma siromašan i mala je brojnost jedinki u populacijama. Pred kraj leta, sa sušenjem i opadanjem lišća suncokreta, povećava se prodor svetlosti do prizemnog sloja međurednog prostora i ponovo se uspostavljaju povoljni uslovi za nicanje i pojavu jesenjeg aspekta korovske zajednice. On je znatno bogatiji od letnjeg aspekta i čine ga, osim poznoprolećnih i višegodišnjih korova, zimsko-prolećni korovi i zimsko-prolećne efemere kao što

su: *Stellaria media* (L.) Vill., *Veronica hederifolia* L., *Lamium amplexicaule* L., *Lamium purpureum* L., *Senecio vulgaris* L. i druge (Konstantinović, 1999).

Korovi kao što su *Abutilon theophrasti* Med., *Datura stramonium* L. i *Cirsium arvense* (L.) Scop. su jaki kompetitori u usevu suncokreta. Osim kompetitivnog delovanja, ove vrste su u suncokretu i drugim usevima ispoljile i alelopatske inhibitorne efekte, zbog čega su u prednosti u kompeticiji za životni prostor, što ih čini invazivnim. (Simić i Stefanović, 2008).

Ispitivanjem banke semena korova pod usevom suncokreta na različitim lokalitetima i tokom dužeg niza godina, dobijeni su rezultati koji potvrđuju postojanje specifičnog florističkog sastava korova za okopavinske kulture. Gotovo na svim lokalitetima pod suncokretom dominiralo je seme korovskih vrsta: *Amaranthus retroflexus* L., *Ambrosia artemisifolia* L., *Hibiscus trionum* L., *Chenopodium album* L., *Datura stramonium* L., *Euphorbia cyparissias* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) R. et Sch., *Polygonum aviculare* L., *Polygonum persicaria* L., *Polygonum lapathifolium* L., *Sinapis arvensis* L., *Solanum nigrum* L., *Sorghum halepense* (L.) Pers. i *Stachys annua* L. (Korać, 2009, Konstantinović i sar. 2010). Utvrđeno je da je najveći udeo semena onih korovskih vrsta koje imaju iste ili slične potrebe za svetlošću, vodom i toplotom kao i ispitivani usev. Ovo ukazuje na značajan uticaj izbora samog useva na pojavu određenih korova na njivi. Determinisani korovi su tipični pratoci širokorednih okopavina (Konstantinović i sar., 2009).

U korovskoj vegetaciji suncokreta dominiraju terofite, a znatno manji procenat čine hemikriptofite i geofite (3-5%), što je uslovljeno dubokim jesenjim orananjem i dobrom predsetvenom pripremom zemljišta, kao i većim brojem operacija nege useva do momenta sklapanja redova. Takođe, uočljiva je značajna dominacija širokolisnih korova, dok travni korovi čine svega 10-15 % ukupne populacije korova u usevu suncokreta (Konstantinović, 1999).

Korovi u suncokretu najefikasnije se suzbijaju kombinovanom primenom agrotehničkih mera, plodoreda i novijih, posebno postemergence herbicida.

Suncokret ne podnosi monokulturu, te je plodored jedna od osnovnih agrotehničkih mera kojima se utiče kako na prinos tako i na pojavu korova na njivi. Rotacija useva uslovljava i promenu herbicida, što onemogućava pojavu rezistentnosti korova. Dobri predusevi suncokretu su ozima žita i zrnene mahunarke. U intenzivnoj proizvodnji, suncokret je dobar predusev za sve njivske biljke jer ostavlja njivu čistu od korova. Od ostalih agrotehničkih mera zaoravanjem strništa i dubokim jesenjim orananjem uništavaju se korovi i smanjuje potencijalna zakorovljenost zemljišta, a tokom vegetacionog perioda se merama nege useva vrši efikasno eliminisanje niklih korova (Marinković i sar., 2003).

Drljanje i kultiviranje su značajne agrotehničke mere za kontrolu korova u suncokretu i mogu se primeniti već nedelju dana nakon setve. Pošto se ponik suncokreta u startu dobro i brzo ukorenjuje, ove operacije mogu se izvoditi i nakon

nicanja (Beverly, 2008). Korovi koji su preživeli nakon rane obrade zemlje, mogu se suzbiti međurednim kultiviranjem. Proređivanje useva okopavanjem i plevljenjem u toku vegetacije predstavljaju dobru zamenu ili dopunu hemijskom suzbijanju korova u trake (Drezgić i sar., 1975, Konstantinović, 1999). Plevljenje, osim što efikasno odstranjuje korov koji je nikao između redova suncokreta, redukuje i isparavanje gornjih slojeva zemljišta, čime se eliminiše nastala kora. Primena herbicida je usloвила manju potrebu za plevljenjem, a dokazano je da uz efikasnu primenu herbicida plevljenje može biti i potpuno izostavljeno, bez posledica na produktivnost suncokreta (Covarelli, 1974; Covarelli i Tei, 1984).

Primena herbicida zauzima ključno mesto u suzbijanju korova u suncokretu. Dobar izbor herbicida, njihovo pravilno kombinovanje i primena osnovni su preduslov za efikasnu zaštitu. Danas se na tržištu nalazi veliki broj novih preparata za suzbijanje korova u suncokretu. Kod nosintetizovanih jedinjenja osim ispitivanja bioloških osobina, neophodna su opsežna ispitivanja nivoa efikasnosti herbicida na određene grupe korova u određenom usevu, kako bi se utvrdio spektar delovanja kao i njihova selektivnost u odnosu na gajenu biljku (Konstantinović i sar., 2005).

## MATERIJAL I METODE

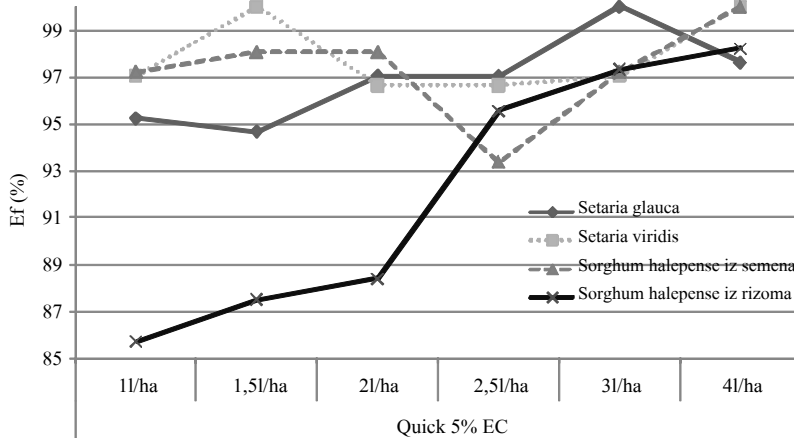
Tokom 2008. godine, na lokalitetima Bački Maglič, Ratkovo, Žabalj, Zmajevo i Kovin vršena su ispitivanja efikasnosti preparata Quick 5% EC (a.m. kvizalofop-p-etil), Gat Razorin 25 EC (flurohloridon), Radazin TZ 50 (terbutilazin) i Radazin extra TZ (acetohlor + terbutilazin) u suzbijanju korova u usevu suncokreta, a saglasno standardnim metodama OEPP/EPPO (EPPO Standards, 2004). Ispitivanja su vršena po slučajnom blok sistemu u 4 ponavljanja. Herbicidi su na svim lokalitetima primenjeni folijarno, kada je suncokret bio u fazi 2-4 lista a korovi u fazi intenzivnog porasta. Tretiranje parcela vršeno je leđnom prskalicom. Ocena efekta preparata izvršena je dve nedelje i mesec dana nakon tretmana, utvrđivanjem brojne zastupljenosti korovskih vrsta na površinama od 1m<sup>2</sup> (pomoću ramova), u 4 ponavljanja za svaku ispitivanu parcelu.

## REZULTATI

Za ocenu efikasnosti herbicida korišćena je sledeća skala: herbicid slabo deluje ( $E_f < 75\%$ ); herbicid zadovoljavajuće deluje ( $E_f = 75-90\%$ ); herbicid dobro deluje ( $E_f > 90\%$ ). Na grafikonu 1. prikazani su rezultati ispitivanja efikasnosti preparata Quick 5% EC. Ovaj preparat je u količinama primene od 1-2l/ha

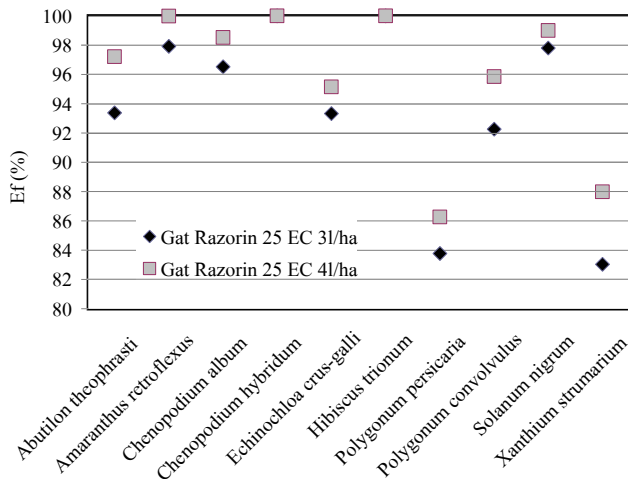


ispoljio dobru efikasnost ( $E_f > 90\%$ ) na korovske vrste *Setaria glauca*, *Setaria viridis* i *Sorghum halepense* iz semena, dok je na *Sorghum halepense* iz rizoma imao zadovoljavajuću efikasnost od 75-90%. Pri većim količinama primene (2,5-4l/ha) preparat je ispoljio dobru efikasnost na sve prisutne korove.



**Grafikon 1** - Ispitivanje efikasnosti preparata Quick 5% EC.

**Graph. 1** - Efficiency studies of the herbicide Quick 5% EC.

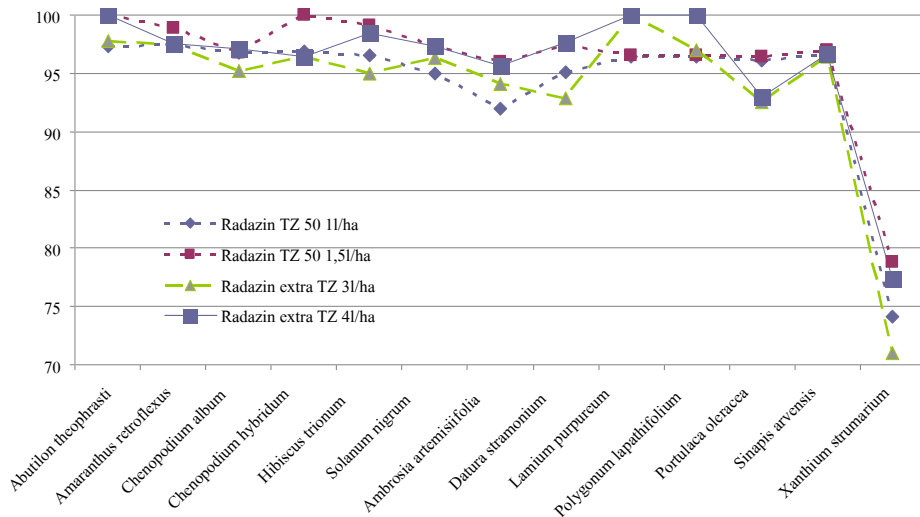


**Grafikon 2** - Efikasnost preparata Gat Razor 25 EC na različite korovske vrste pri količinama primene 3l/ha i 4l/ha.

**Graph. 2** - Efficiency of the herbicide Gat Razor 25 EC to different weed species, applied at rates of 3l/ha and 4l/ha.

Preparat Gat Razorin 25 EC je pri količini primene 3l/ha ispoljio dobru efikasnost ( $E_f > 90\%$ ) u odnosu na korove: *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Chenopodium hybridum*, *Echinochloa crus-galli*, *Hibiscus trionum*, *Polygonum convolvulus* i *Solanum nigrum*, dok je zadovoljavajuću efikasnost ispoljio na *Polygonum persicaria* i *Xanthium strumarium* (grafikon 2). Isti rezultati dobijeni su i pri količini primene 4l/ha.

Preparat Radazin TZ 50 je u količinama primene 1l/ha i 1,5l/ha pokazao dobru efikasnost na korovske vrste: *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Chenopodium hybridum*, *Hibiscus trionum*, *Solanum nigrum*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Datura stramonium*, *Lamium purpureum*, *Polygonum lapathifolium*, *Portulaca oleracea* i *Sinapis arvensis*. Slabu efikasnost ( $E_f < 75\%$ ) preparat ja ispoljio samo na vrstu *Xanthium strumarium* u količini primene 1l/ha, dok je u količini primene 1,5l/ha imao zadovoljavajuću efikasnost na ovu korovsku vrstu. Radazin extra TZ delovao je na isti spektar korovskih vrsta kao i Radazin TZ 50. On je u količinama primene 3l/ha i 4l/ha ispoljio dobru efikasnost na sve pomenute širokolisne korovske vrste sem na *Xanthium strumarium* na koji je u količini 3l/ha ispoljio slabu efikasnost a u količini 4l/ha zadovoljavajuću efikasnost (grafikon 3).



**Grafikon 3** - Ispitivanje efikasnosti herbicida Radazin TZ 50 i Radazin extra TZ.

**Graph. 3** - Efficiency studies of herbicides Radazin TZ 50 and Radazin extra TZ.

## DISKUSIJA

Ispitivanje efikasnosti herbicida zauzima značajno mesto u procesu ispitivanja novonastalih hemijskih jedinjenja. Na ovaj način utvrđuje se spektar delovanja na korovske vrste kao i selektivnost preparata u odnosu na gajene biljke. Tokom 2008 vršena su ispitivanja efikasnosti herbicida Quick 5% EC (a.m. kvizalofop-p-etil), Gat Razorin 25 EC (flurohloridon), Radazin TZ 50 (terbutilazin) i Radazin extra TZ (acetohlor + terbutilazin) u usevu suncokreta. Ocena efikasnosti vršena je dva puta tokom trajanja ogleada. Rezultati ogleada pokazali su da je preparat Quick 5% EC selektivni herbicid koji se u količini primene 1-1,5l/ha može primeniti za suzbijanje jednogodišnjih uskolisnih korova kao što su: *Setaria sp.* i divlji sirak iz semena kada su korovi u fazi 4-6 listova. U količini primene 2,5l/ha efikasan je i za suzbijanje divljeg sirka iz rizoma, tretiranjem kada je korov u fazi 3-6 listova. Preparat Gat Razorin 25 EC se može primenjivati za suzbijanje jednogodišnjih širokolisnih i nekih jednogodišnjih uskolisnih korova u suncokretu. U količinama primene 3-4l/ha preparat ispoljava dobru efikasnost na korove: *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Chenopodium hybridum*, *Echinochloa crus-galli*, *Hibiscus trionum*, *Polygonum convolvulus* i *Solanum nigrum*, a zadovoljavajuću efikasnost na *Polygonum persicaria* i *Xanthium strumarium*. Flurohloridon može biti fitotoksičan za suncokret u humidnim područjima, u uslovima obilnih padavina (Anonymous, 2008). Preparati Radazin TZ 50 i Radazin extra TZ su namenjeni za suzbijanje jednogodišnjih širokolisnih korova u usevu suncokreta. Radazin TZ 50 u količini primene 1-1,5l/ha i Radazin extra TZ u količini 3-4l/ha su pokazali dobru efikasnost na korove: *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Chenopodium hybridum*, *Hibiscus trionum*, *Solanum nigrum*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Datura stramonium*, *Lamium purpureum*, *Polygonum lapathifolium*, *Portulaca oleracea* i *Sinapis arvensis*. Radazin TZ 50 u količini primene 1,5l/ha i Radazin extra TZ u količini 4l/ha pokazali su zadovoljavajuću efikasnost na korovsku vrstu *Xanthium strumarium*.

## LITERATURA

- Anonymous (2008): Pesticidi u poljoprivredi i šumarstvu u Srbiji 2008. Društvo za zaštitu bilja Srbije, Beograd.
- Beverly, R. D. (2008): Weed control in sunflower. Cultural and Chemical Weed Control in Field Crops : <http://appliedweeds.cfans.umn.edu/weedbull/Introduction2009.pdf>

- Covarelli, G. (1974): Ricerche sperimentali sulla sarchiatura, rincalzatura e diserbo del mais. Rivista d'Agronomia, 2/3: 139-142
- Covarelli, G. and Tei F. (1984): Influenza della sarchiatura e della rincalzatura in aggiunta al diserbo chimico sulla produzione del girasole. L'Inf. Agr. 21: 83-85
- Drezgić, P., Stanačev, S., Starčević, Lj. (1975): Posebno ratarstvo II. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad
- Konstantinović, B. (1999): Poznavanje i suzbijanje korova. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad
- Konstantinović, B., Meseldžija M., Korać M. Mandić N. (2010): Study of weed seed-bank under maize and sunflower crops. 15th European Weed Research Society Symposium, 12-15.jul 2010, Kaposvár, Hungary
- Konstantinović, B., Meseldžija M., Mandić N., Korać M. (2009): Distribution of weed seeds in sugar beet and maize crops. Journal of Agricultural Sciences 2009/38, 5th International Plant Protection Symposium at University of Debrecen
- Konstantinović, B., Stojanović S., Meseldžija M. (2005): Biologija, ekologija i suzbijanje korova. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad
- Korać, M. (2009): Ispitivanje kvantitativnih i kvalitativnih osobina semena korova pod usevom kukuruza i suncokreta. Diplomski -master rad.
- Marinković, R., Dozet, B., Vasić, D. (2003): Oplemenjivanje suncokreta. DOO „Školska knjiga“, Novi Sad
- OEPP (2004) : Guideline for the efficacy evaluation of herbicides (Weeds in sunflower), OEPP/EPPO Standards for the efficacy evaluation of plant protection products, Herbicides and Plant Growth Regulators, 4: 29
- OEPP: Efficacy evaluation of plant protection products (Phytotoxicity assessment), OEPP/EPPO Standards - Efficacy evaluation of plant protection products
- Putnam, D. H., Oplinger, E. S., Hicks, D. R. , Durgan, B. R., Noetzel, D. M., Meronuck, R. A., Doll, J. D., Schulte, E. E. (1990): Sunflower. Alternative Field Crop Manual.
- Qureshi, R., Memon, R.A. (2008): Weed Communities of Sunflower Crop in Sukkur and Khairpur, Sindh: Autumn Aspect. Weed sci. Res. 14, 1-2: 43-53
- Simić, M., Stefanović, L. (2008): Kompeticija – najčešći oblik interakcija između useva i korova. ACTA herbologica, 17, 2: 7-21

*(Primljeno: 09.08.2010.)*

*(Prihvaćeno: 1.09. 2010.)*

## WEED FLORAE AND EFFICIENCY STUDIES OF HERBICIDES IN SUNFLOWER CROPS

BRANKO KONSTANTINOVIĆ, MAJA MESELDŽIJA, MILENA KORAC

Faculty of Agriculture, Novi Sad, Serbia

e-mail: [brankok@polj.uns.ac.rs](mailto:brankok@polj.uns.ac.rs)

### SUMMARY

Together with oil seed rape sunflower is the most important oil culture in Serbia. As broadcasting spring row crop of wide inter-row distance, in early stages of development it represents poor competition to the weeds. After germination and early development phases, sunflower grows slowly, which causes fast weediness of the free inter-row space, and choking or squeezing of the culture from that area. According to previous researches, floristic sunflower weed composition is similar to the vegetation of weed vegetation of other row-crop cultures, due to similar cultural practices and planting density of crops that cause microclimatic conditions. The highly abundant and distributed are the following weed cultures: *Amarantus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album*, *Convolvulus arvensis*, *Datura stramonium*, *Hibiscus trionum*, *Polygonum lapathifolium*, *Setaria glauca*, *Setaria viridis*, *Sinapis arvensis*, *Solanum nigrum*, *Solanum halepense*, *Xanthium strumarium* and other. Appropriate use of cultural practice, crop rotation and newer herbicides represent the key measures in the integrated protection of sunflower crop from weeds. Efficiency studies of newer herbicide molecules are of the substantial significance for determination of spectrum of action to different weed species, as well as of selectivity to sunflower as cultivated plant.

*Key words:* sunflower, quizalofop-P-ethyl, flurochloridone, acetochlor, terbutilazine

(Primljeno: 09.08.2010.)

(Prihvaćeno: 1.09. 2010.)



Zaštita bilja  
Vol. 61 (2), № 272, 97-104, 2010, Beograd

UDK  
ID  
Naučni rad

## ISPITIVANJE EFIKASNOSTI HERBICIDA U USEVU SOJE

BRANKO KONSTANTINOVIĆ, MAJA MESELDŽIJA, MILENA KORAC

Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

e-mail: [brankok@polj.uns.ac.rs](mailto:brankok@polj.uns.ac.rs)

Sa povećanjem proizvodnje soje u Srbiji, raste i potreba za efikasnijim i ekonomičnijim merama suzbijanja svih štetnih agenasa koji umanjuju prinos ove kulture, a posebno korova. U soji se, kao i u ostalim okopavinama, sreće širok spektar različitih korovskih vrsta od kojih dominiraju širokolisni. U suzbijanju korova pored agrotehničkih mera, ključno mesto zauzima primena herbicida. Kod izbora herbicida od najvećeg značaja je da on bude visokoefikasan i selektivan, kako ne bi izazvao štetne efekte na samoj gajenoj biljci. Tokom 2008, ispitivani su herbicidi Stratus (a.m. kletodim), Quick 5% EC (a.m. kvizalofop-p-etil), Radazin extra TZ (a.m. acetohlor + terbutilazin), Radazin TZ 50 (a.m. terbutilazin), Laguna i Monam (a.m. oksasulfuron) u usevu soje, radi praćenja njihove efikasnosti, spektra delovanja na korove i eventualne pojave fitotoksičnosti na gajenoj biljci.

*Ključne reči:* soja, kletodim, kvizalofop-p-etil, acetohlor, terbutilazin, oksasulfuron

### UVOD

U proizvodnji uljarica u Srbiji, poslednjih godina može se uočiti rast proizvodnje soje u odnosu na osamdesete i devedesete godine prošlog veka, kao i trend rasta prosečnih prinosa ove uljane kulture. U periodu od 2001-2007. površine pod sojom su iznosile oko 130.000 hektara. (Anonymous, a). S obzirom na intenziviranje proizvodnje ove kulture, značajna pažnja mora se posvetiti unapređenju zaštite soje od štetočina i korova. S obzirom na način primene agrotehničkih mera u usevu soje, korovska zajednica koja prati ovaj usev uglavnom je slična koro-

vskim zajednicama drugih njivskih okopavina kao što je kukuruz, suncokret i sl. (Konstantinović i sar., 1998). Soja je osetljiva na prisustvo korova samo u prvim fazama rasta, usled velikog međurednog prostora. Nakon sklapanja redova, soja svojom pokrovnošću onemogućava rast korova koji se nađu u njenoj senci (Anonymous, b).

Dominantni širokolisni korovi useva soje su: obični štir (*Amaranthus retroflexus*), obična pepeljuga (*Chenopodium album*), palamida (*Cirsium arvense*), gorušica (*Sinapis arvensis*), tatula (*Datura stramonium*), obična boca (*Xanthium strumarium*), ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia*), teofrastova lipica (*Abutilon theophrasti*), dvornici (*Polygonum lapathifolium*, *Polygonum persicaria*), pomoćnica (*Solanum nigrum*), njivska lubeničarka (*Hibiscus trionum*), poponac (*Convolvulus arvensis*). Od travnih korova najznačajniji su: divlji sirak iz semena i rizoma (*Sorghum halepense*), muhari (*Echinochloa crus-galli*, *Setaria glauca*, *Setaria viridis*) i dr.

Konkurentski odnosi korova i soje mogu značajno uticati na smanjenje prinosa ove kulture. Pored toga, korovi u soji otežavaju žetvu i umanjuju kvalitet zrna. Stoga je neophodno obezbediti što optimalnije uslove za rast i razvoj soje, kako primenom preventivnih mera (plodored, pravovremena i kvalitetna osnovna obrada zemlje), tako i pravilnim izborom i primenom herbicida. Izbor herbicida uslovljen je kako sastavom korovske zajednice tako i različitom efikasnošću herbicida na pojedine korove. Drugi bitan problem je često depresivno delovanje herbicida na usev soje, koji se manifestuje manjom ili većom prolaznom fitotoksičnošću. Stoga je kod izbora herbicida od najvećeg značaja da on bude visokoefikasan i selektivan (Konstantinović, 1999).

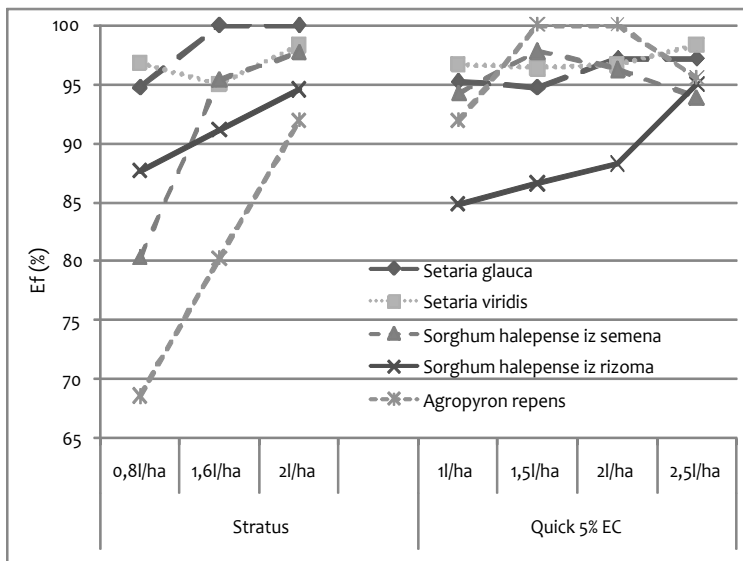
## MATERIJAL I METODE

Opsežna ispitivanja herbicida u usevu soje vršena su tokom 2008. godine sa ciljem utvrđivanja efikasnosti preparata, spektra delovanja herbicida na korovske vrste kao i eventualne pojave fitotoksičnosti u usevu soje. Na lokalitetima Bački Maglić, Kovin, Ratkovo i Žabalj vršena su ispitivanja efikasnosti preparata Stratus (a.m. kletodim), Quick 5% EC (a.m. kvizalofop-p-etil), Radazin extra TZ (a.m. acetohlor + terbutilazin), Radazin TZ 50 (a.m. terbutilazin), Laguna (a.m. oksasulfuron), Monam (a.m. oksasulfuron) u suzbijanju korova u usevu soje. Na svim lokalitetima ispitivanja su vršena po slučajnom blok sistemu u 4 ponavljanja. Herbicidi su primenjeni folijarno, leđnom prskalicom. Svaki herbicid ispitivan je na po 2 različita lokaliteta. Ocena efikasnosti preparata vršena je dve nedelje i mesec dana nakon tretmana. Uporedo sa njom vizuelno je ocenjivana i fitotoksičnost preparata. Sve ocene rađene su saglasno sa metodama OEPP/EPPO (EPPO Standards, 2004).



## REZULTATI

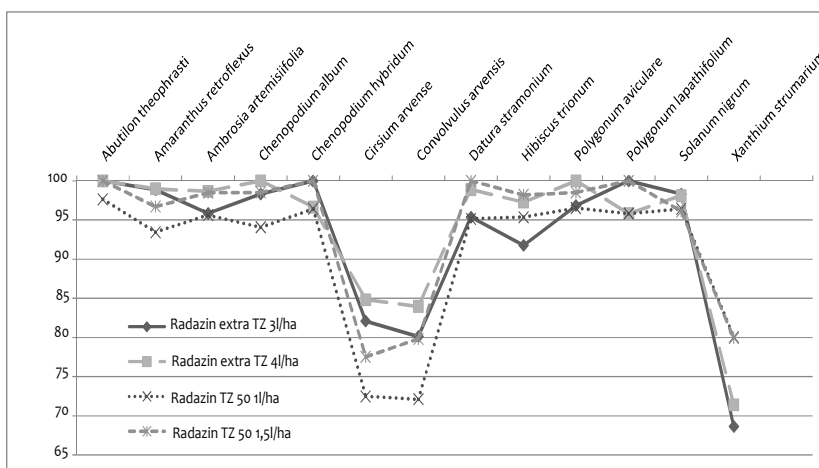
Kao što se vidi na grafikonu 1. preparati Stratus (a.m. kletodim) i Quick 5% EC (a.m. kvizalofop-p-etil) efikasni su u suzbijanju jednogodišnjih i višegodišnjih travnih korova kao što su: *Setaria glauca*, *Setaria viridis*, *Agropyron repens*, *Sorghum halepense* iz semena i rizoma. Pri količini primene 0,8 L/ha Stratus ispoljava dobru efikasnost ( $E_f > 90\%$ ) prema korovima kao što su: *Setaria glauca*, *Setaria viridis*, dok prema *Sorghum halepense* iz semena i rizoma, u ovoj količini pokazuje zadovoljavajuću efikasnost ( $E_f = 75-90\%$ ). U količini 1,6 L/ha Stratus pokazuje dobru efikasnost i prema sirku iz semena kao i zadovoljavajuću efikasnost za korov *Agropyron repens*. Tek u količini primene od 2 L/ha Stratus ispoljava dobru efikasnost prema svim napomenutim korovskim vrstama. Preparat Quick je u količinama primene od 1-2 L/ha ispoljio dobru efikasnost u odnosu na *Agropyron repens*, *Setaria glauca*, *Setaria viridis* i *Sorghum halepense* iz semena, a zadovoljavajuću u odnosu na *Sorghum halepense* iz rizoma. Dobru efikasnost prema ovim uskolisnim korovima, uključujući i sirak iz rizoma, preparat je pokazao pri količini primene 2,5 L/ha. Preparat Stratus je visokoselektivan i bez štetnog delovanja na usev dok preparat Quick izaziva prolaznu hlorozu koja nema štetnog dejstva na prinos useva.



**Grafikon 1** - Ispitivanje efikasnosti preparata Stratus i Quick 5% EC.

**Graph.1** - Efficiency studies of herbicides Stratus and Quick 5% EC.

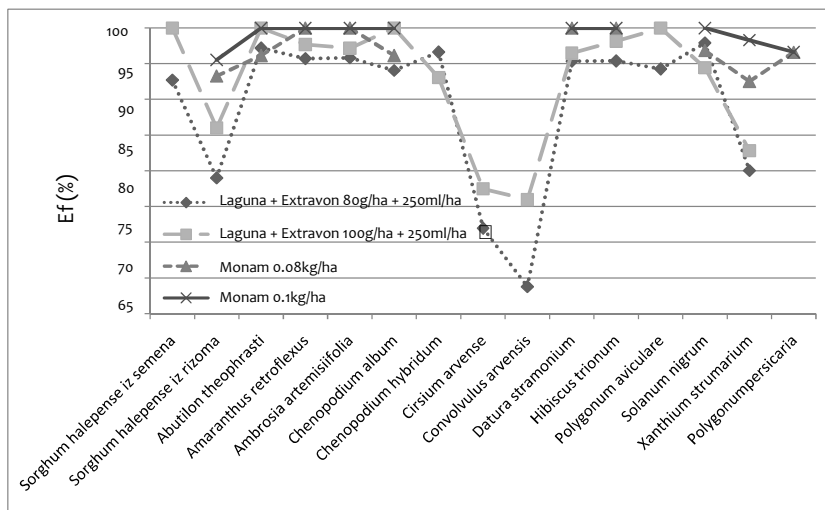
Preparati Radazin extra TZ (a.m. acetohlor + terbutilazin) i Radazin TZ 50 (a.m. terbutilazin) pokazali su odlične rezultate u suzbijanju širokog spektra jednogodišnjih širokolisnih korova (Grafik 2.). Radazin extra TZ je u količinama primene 3-4 L/ha ispoljio dobru efikasnost u odnosu na korovske vrste: *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album*, *Chenopodium hybridum*, *Datura stramonium*, *Hibiscus trionum*, *Polygonum aviculare*, *Polygonum lapathifolium* i *Solanum nigrum*, dok je zadovoljavajuću efikasnost imao prema korovskim vrstama *Cirsium arvense* i *Convolvulus arvensis*. Slabu efikasnost ( $E_f < 75\%$ ) u obe količine primene Radazin extra TZ je ispoljio na *Xanthium strumarium*. Radazin TZ 50 je u količinama primene 1-1,5 L/ha pokazao dobru efikasnost u odnosu na korovske vrste: *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album*, *Chenopodium hybridum*, *Datura stramonium*, *Hibiscus trionum*, *Polygonum aviculare*, *Polygonum lapathifolium* i *Solanum nigrum*. U obe količine primene preparat je ispoljio zadovoljavajuću efikasnost na korov *Xanthium strumarium* a iste rezultate pokazao je u količini primene 1,5 L/ha na *Cirsium arvense* i *Convolvulus arvensis*. U količini primene 1 L/ha Radazin TZ 50 je pokazao slabu efikasnost na *Cirsium arvense* i *Convolvulus arvensis*. Ovi preparati nisu fitotoksični za soju mada u uslovima obilnih padavina i hladnog vremena mogu izazvati prolaznu fitotoksičnost koja se ne odražava na prinos kulture.



**Grafikon 2** - Efikasnost preparata Radazin extra TZ i Radazin TZ 50 u različitim količinama primene.

**Graph. 2** - Efficiency of herbicides Radazin extra TZ and Radazin TZ 50 applied at different rates.

Preparati na bazi oksasulfurona - Laguna i Monam spadaju u grupu selektivnih sistemskih herbicida iz grupe inhibitora acetolaktat sintetaze. Preparat Laguna je u ogledu primenjen u količinama 80 i 100 g/ha u kojima je pokazao dobru efikasnost na korove: *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album*, *Chenopodium hybridum*, *Datura stramonium*, *Hibiscus trionum*, *Polygonum aviculare*, *Solanum nigrum* i *Sorghum halepense* iz semena, i zadovoljavajuću efikasnost prema *Xanthium strumarium* i *Sorghum halepense* iz rizoma. Slabu efikasnost preparat je pokazao u količini 80 g/ha prema *Cirsium arvense* i *Convolvulus arvensis* ali je prema istim korovima pokazao zadovoljavajući efekat u većoj količini primene. Monam je ispoljio dobru efikasnost na sledeće korovske vrste: *Sorghum halepense* iz rizoma, *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album*, *Datura stramonium*, *Hibiscus trionum*, *Solanum nigrum*, *Xanthium strumarium* i *Polygonum persicaria*. Oba preparata mogu ispoljiti fitotoksičnost na soji ukoliko nakon tretmana dođe do naglog zahlađenja.



**Grafikon 3** - Ispitivanje spektra delovanja preparata Laguna i Monam na različite korovske vrste.

**Graph. 3** - Studies of herbicides Laguna and Monam spectrum of action to different weed species.

## DISKUSIJA

Tokom 2008 vršena su ispitivanja efikasnosti herbicida: Stratus (a.m. kletodim), Quick 5% EC (a.m. kvizalofop-p-etil), Radazin extra TZ (a.m. acetohlor + terbutilazin), Radazin TZ 50 (a.m. terbutilazin), Laguna (a.m. oksasulfuron), Monam (a.m. oksasulfuron) u suzbijanju korova u usevu soje, na više različitih lokaliteta. Ocena efikasnosti vršena je dva puta tokom trajanja oglada.

Stratus je selektivni herbicid namenjen za suzbijanje jednogodišnjih i višegodišnjih travnih korova u usevu soje. Ovaj preparat se u količini primene 0,8 L/ha može koristiti za suzbijanje jednogodišnjih uskolisnih korova kao što je *Setaria* sp., dok u količini 1,6 L/ha efikasno suzbija i sirak iz rizoma. U količini primene od 2 L/ha pored ovih, herbicid uspešno deluje i na *Agropyron repens*. Preparat Quick 5% EC je selektivni herbicid namenjen za suzbijanje jednogodišnjih i višegodišnjih travnih korova u usevu soje. Primena ovog preparata u količini 0,5-1,5 L/ha koristi se za suzbijanje jednogodišnjih uskolisnih korova kao što su *Setaria* sp. i divlji sirak iz semena. Pored ovih, preparat u količini 1,5-2,5 L/ha dobro suzbija i divlji sirak iz rizoma, a u količini 2,5-3 L/ha i *Agropyron repens*. Radazin TZ 50 je selektivni herbicid koji u količini primene 1-1,5 L/ha dobro suzbija *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album*, *Chenopodium hybridum*, *Datura stramonium*, *Hibiscus trionum*, *Polygonum aviculare*, *Polygonum lapathifolium*, *Solanum nigrum* i *Xanthium strumarium*. Radazin extra TZ je u količinama primene 3-4 L/ha ispoljio dobru efikasnost u odnosu na korovske vrste: *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album*, *Chenopodium hybridum*, *Datura stramonium*, *Hibiscus trionum*, *Polygonum aviculare*, *Polygonum lapathifolium* i *Solanum nigrum*, dok je zadovoljavajuću efikasnost imao prema korovskim vrstama *Cirsium arvense* i *Convolvulus arvensis*. Preparat Laguna u količinama primene 80-100 g/ha uspešno suzbija *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album*, *Chenopodium hybridum*, *Datura stramonium*, *Hibiscus trionum*, *Polygonum aviculare*, *Solanum nigrum* i *Sorghum halepense* iz semena, a zadovoljavajuće suzbija i *Xanthium strumarium* i *Sorghum halepense* iz rizoma. Monam je u količini primene 80-100 g/ha pokazao dobru efikasnost prema *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album*, *Datura stramonium*, *Hibiscus trionum*, *Solanum nigrum*, *Xanthium strumarium* i *Polygonum persicaria*.

**LITERATURA**

- Anonymous, a: Nacionalni program poljoprivrede Srbije 2009-2011. [www.tehnologijahrane.com/standardi/strategije/nacionalni-program-poljoprivrede-srbije-2009-2011-36](http://www.tehnologijahrane.com/standardi/strategije/nacionalni-program-poljoprivrede-srbije-2009-2011-36)
- Anonymous, b: Soja. Priručnik za gajenje. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad. Sojaprotein, Bečej. [www.google.com](http://www.google.com)
- Anonymous, c (2008) Pesticidi u poljoprivredi i šumarstvu u Srbiji 2008. Društvo za zaštitu bilja Srbije, Beograd.
- Konstantinović B. (1999) Poznavanje i suzbijanje korova. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Konstantinović B., Stojanović S., Meseldžija M. (2005) Biologija, ekologija in suzbijanje korova. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Konstantinović B., Štrbac P., Milošević N. (1998) Zaštita soje. Poljoprivredni fakultet. Novi Sad.
- OEPP: Efficacy evaluation of plant protection products (Phytotoxicity assessment), OEPP/EPPO Standards - Efficacy evaluation of plant protection products.
- OEPP: Efficacy evaluation of plant protection products (Weeds in Phaseolus and Pisum), OEPP/EPPO Standards - Efficacy evaluation of plant protection products, Herbicides and Plant Growth Regulators, Vol. 4, 57-61, 2004.

*(Primljeno: 09.08.2010.)*

*(Prihvaćeno: 1.09. 2010.)*

## HERBICIDE EFFICIENCY TESTS IN SOYBEAN CROPS

BRANKO KONSTANTINOVIĆ, MAJA MESELDŽIJA, MILENA KORAC  
Poljoprivredni fakultet, Novi Sad  
e-mail: [brankok@polj.uns.ac.rs](mailto:brankok@polj.uns.ac.rs)

### SUMMARY

With the increase of soybean production in Serbia, there is also growing need for more efficient and economical measures in control of all harmful agents that reduce the yield of this crop, especially weeds. In soybean, as well as in other row crops there is a wide range of weed species of which dominant are broadleaved ones. In addition to cultural practices, in weed control key role has the use of herbicides. In the choice of herbicides of the utmost importance is that it is to be highly efficient and selective in order to avoid harmful effects on the cultivated plant. In 2008 herbicides Stratus (a.i. kletodim), Quick 5% EC (a.i. **quizalofop-P-ethyl**), Radazin extra TZ (a.i. acetochlor + terbutilazine), Radazin TZ 50 (a.i. terbutilazine), Laguna and Monam (a.i. oxasulfuron) were tested in soybean crops, for monitoring of their efficiency in soybean crops, weed spectrum of action and possible occurrence of phytotoxicity in cultivated plant.

*Key words:* soybean, kletodim, **quizalofop-P-ethyl**, acetochlor, terbutilazine, oxasulfuron.

*(Primljeno: 09.08.2010.)*

*(Prihvaćeno: 1.09. 2010.)*

## ZNAČAJ VELIČINE VEGETACIONOG PROSTORA ZA ZAKOROVLJENOST I PRINOS KUKURUZA

<sup>1</sup>MILENA SIMIĆ\*, <sup>1</sup>LIDIJA STEFANOVIĆ, <sup>2</sup>MILAN BRANKOV, <sup>1</sup>IGOR SPASOJEVIĆ

<sup>1</sup>Institut za kukuruz „Zemun Polje“, Beograd

<sup>2</sup>Stipendista Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije

\*e-mail: [smilena@mrizp.rs](mailto:smilena@mrizp.rs)

Prostorni raspored odnosno oblik i veličina vegetacionog prostora kojim raspolažu gajene biljke značajno utiče na kompeticijske interakcije između useva i korova a time i na zastupljenost korova. Rezultati većine istraživanja su pokazali da gajenje širokoredih useva kao što su kukuruz, soja, suncokret i dr. sa smanjenim međurednim rastojanjem, utiče na smanjenje zakorovljenosti ali i na parametre rodnosti. U radu je ispitivan uticaj veličine vegetacionog prostora koji je ostvaren kombinovanjem međurednog razmaka i razmaka između biljaka u redu u okviru iste gustine, u uslovima primene herbicida u preporučenim i smanjenim količinama, na zastupljenost pojedinih vrsta korova i njihovu biomasu kao i na neke morfološke i produktivne osobine kukuruza.

Najmanja ukupna sveža masa korova je u sve tri godine, utvrđena na varijanti sa najmanjim međurednim rastojanjem i primenjenom kombinacijom herbicida izoksaflutol+acetohlor u preporučenoj količini (38,6; 12,8 i 351,1 g m<sup>-2</sup>). U takvom obliku vegetacionog prostora, značajno je smanjenja sveža masa vrsta *D. stramonium*, *S. nigrum* i *A. retroflexus*. Primena herbicida u polovini preporučene količine takođe je značajno smanjila nivo zakorovljenosti u poređenju sa netretiranom kontrolom. Veličina vegetacionog prostora značajno je uticala na prinos zrna kukuruza u 2005. i 2006. godini, dok je količina primenjenih herbicida vrlo značajno uticala na visinu prinosa u svim godinama. Međusobna poređenja visine prinosa između varijanti sa primenom herbicida u preporučenoj i polovini preporučene količine, na osnovu LSD-testa, nisu pokazale značajne razlike.

*Ključne reči:* vegetacioni prostor, međuredno rastojanje, kukuruz, korovi, prinos.

## UVOD

Većina useva se seje u redove što podrazumeva variranje u gustini tj. broju biljaka po ha i variranje u prostornom rasporedu biljaka. Pre nego što je primena herbicida postala opšteprihvaćena mera suzbijanja korova, međuredno rastojanje je kod većine širokoredih useva određivano na osnovu potrebe da se prostor između redova obrađuje. Prelazak sa mašina za međurednu kultivaciju koje vuku konji na one koje vuče traktor je omogućio smanjenje međurednog rastojanja od 1m ili više na 0.75 m pri gajenju kukuruza (Mohler, 2001). Direktna setva, malčiranje, herbicidi i nove generacije hibrida su nove tehnologije koje doprinose da se međuredni razmak još više smanji (Beatty et al., 1982; Malik et al., 1993).

Teoretska i praktična istraživanja su pokazala da prostorni raspored odnosno oblik i veličina vegetacionog prostora kojim raspolažu gajene biljke značajno utiče na kompeticijske interakcije između useva i korova a time i na zastupljenost korova (Fisher & Miles, 1973; Joenje & Kropff, 1987; Murphy et al., 1996). Površina na kojoj su korovi prisutni u usevu, procentualno raste ukoliko je oblik vegetacionog prostora koji je na raspolaganju gajenoj biljci pravougaon a takođe zavisi od gustine u koj se gaji usev, vremena nicanja i intenziteta rastenja i useva i korova (Rambakudzibga, 1999). Rezultati većine istraživanja su pokazali da gajenje širokoredih useva kao što su soja, kukuruz, suncokret i dr. sa smanjenim međurednim rastojanjem, utiče na smanjenje zakorovljenosti (Murphy et al., 1996; Momirović et al., 2004; Simić et al., 2007). Neka istraživanja su pokazala da nije bilo efekata a druga da nije bilo pravilnosti (Mohler, 2001; Farnham, 2001). Parametar čije se vrednosti najčešće smanjuju sa smanjenjem međurednog rastojanja je biomasa korova (Blackshaw, 1993; Mulugeta & Boerboom, 2000; Knežević et al., 2003). Namenski selekcionisani i morfološki oblikovani hibridi kukuruza se uspešno mogu gajiti u većim gustinama i pri manjem međurednom rastojanju, čime se utiče na smanjenje zakorovljenosti i povećava efikasnost mera za suzbijanje korova, tako da se i herbicidi mogu primeniti u smanjenim količinama (Teasdale, 1995).

Pravilniji prostorni raspored i međuredno rastojanje manje od standardnih 70 ili 76 cm, takođe utiče i na parametre kukuruza. Prinos se povećao kada je kukuruz gajen na 50 umesto na 76 cm međurednog rastojanja a biomasa jednogodišnjih korova se smanjila (Murphy et al., 1996). Bullock et al. (1988) su utvrdili da je intenzitet rastenja useva bio veći na početku vegetacionog perioda kada je kukuruz gajen u kvadratnom rasporedu od 38 cm između redova nego kada je taj raspored bio pravougaon sa međurednim rastojanjem od 76 cm. Proizvođači u Americi su zainteresovani da kukuruz gaje u što uniformnijem prostornom rasporedu, zbog čega semenske kompanije sve više nude usluge servisiranja i podešavanja sejalice u pogledu međurednog i rastojanja između biljaka u redu



(Lauer & Rankin, 2004). Prema istraživanjima sprovedenim na više lokaliteta u državi Viskonsin u periodu 1999-2001. godina, u kojima je ispitivana reakcija kukuruza na gajenje u različitim prostornim rasporedima biljaka, veličina vegetacionog prostora nije uticala na poleganje biljaka kukuruza i sadržaj vlage u zrnu, dok su dva prostorna rasporeda uticala na prinos zrna kukuruza (Lauer & Rankin, 2004). Takođe, u istraživanjima sprovedenim u kukuruznom pojasu u Americi, nije utvrđena značajnost kod interakcije hybrid i međuredno rastojanje, što navodi na zaključak da novi, moderni hibridi mogu imati dobar prinos i kada se gaje na međuredno rastojanje manje od uobičajnih 76 cm (Widdicombe & Thelen, 2002).

Cilj istraživanja je bio da se ispita uticaj različitog prostornog rasporeda kukuruza koji je pre svega određen različitim rastojanjem između redova, u uslovima primene herbicida u preporučenim i smanjenim količinama, na zastupljenost pojedinih vrsta korova i njihovu biomasu kao i na neke morfološke i produktivne osobine kukuruza.

## MATERIJAL I METODE

Kukuruz je gajen u izmenjenom prostornom rasporedu biljaka koji je ostvaren kombinovanjem međurednog razmaka i razmaka između biljaka u redu u okviru iste gustine. Ogled je izveden tokom 2005, 2006 i 2007. godine na ogleđnom polju Instituta za kukuruz „Zemun Polje“, na zemljištu tipa slabokarbonatni černozem, po planu split-split plot RCB u tri ponavljanja. Glavni faktor je uključivao sledeće veličine vegetacionog prostora (VP): a) međuredni razmak 70 cm i 25 cm između biljaka u redu, b) međuredni razmak 50 cm i 35 cm između biljaka u redu i c) međuredni razmak 35 cm i 50 cm između biljaka u redu. Pri svakom rasporedu biljaka gustina kukuruza je bila 57. 143 biljaka ha<sup>-1</sup>. Na svakoj varijanti primenjena je kombinacija herbicida izoksaf lutol+acetohlor posle setve a pre nicanja kukuruza u sledeći količinama (KH): primena u preporučenoj količini (1.500 g ha<sup>-1</sup>+1.536 g ha<sup>-1</sup> a.m.), primena u polovini preporučene količine (768 g ha<sup>-1</sup>+ 750 g ha<sup>-1</sup> a.m.) i kontrolna varijanta bez primene herbicida. U svakoj od navedenih varijanti gajena su tri hibrida kukuruza (H) različitih FAO grupa zrenja. U radu se za parametre korova daju prosečne vrednosti za sva tri hibrida, dok su parametri kukuruza predstavljeni za svaki hibrid.

Ocena zakorovljenosti urađena je tokom letnjeg perioda, dva meseca od primene herbicida uzimanjem uzoraka korova metodom slučajnih kvadrata. Određivan je broj vrsta i sveža masa korova. Istovremeno sa uzimanjem uzoraka korova, merena je i biomasa kukuruza. Lisna površina kukuruza merena je nakon pojave metlice kada je biljka potpuno formirana a prinos zrna je meren na kraju vegetacionog perioda i preračunat na 14% vlage.

Dobijeni eksperimentalni podaci obrađeni su matematičko-statističkim postupkom. Ispitivanje razlika između tretmana sprovedeno je metodom analize varijanse za faktorijalne ogledne postavljene po planu podeljenih parcela (split-split plot) i LSD-testom u statističkom paketu Costat.

## REZULTATI

Zastupljenost korova iskazana kroz broj vrsta i njihovu svežu masu po m<sup>2</sup> razlikovala se u zavisnosti od veličine i oblika vegetacionog prostora u pojedinim godinama ispitivanja. U 2005. godini je na oglednoj površini zabeleženo prisustvo 21 vrste korova na kontrolnoj varijanti, 11 na varijanti sa primenom herbicida u polovini od preporučene količine i 5 vrsta na varijanti sa primenom herbicida u preporučenoj količini. U skladu sa smanjenjem broja vrsta, smanjivala se i ukupna sveža masa korova i bila najmanja na površini sa primenom herbicida u preporučenoj količini. Ukupna sveža masa korova smanjivala sa smanjenjem međurednog rastojanja na svakoj od varijanti primene herbicida i najmanju vrednost imala na međurednom rastojanju od 35 cm uz primenu preporučene količine herbicida (38.6 g m<sup>-2</sup>). Najveće vrednosti sveže mase imala je vrsta *Chenopodium album* kao i *Solanum nigrum*. Primenjeni herbicidi nisu uticali na zastupljenost višegodišnje vrste *Cirsium arvense* koja je prisutna na svim varijantama ogleda a interesantna je i zastupljenost vrste *Hibiscus trionum*, koja možda postaje problematična i sve češće otporna na uobičajenu primenu herbicida u usevu kukuruza u agroekološkim uslovima Zemun Polja.

U pogledu broja vrsta (16) kao i njihove sveže mase, čini se da je 2006. godina bila manje povoljna za rastenje i razviće korova (tabela 2). Takođe, zbog povoljnih meteoroloških uslova efikasnost zemljišnih herbicida je bila bolja nego u 2005. godini pa je broj vrsta i naročito njihova sveža masa značajno smanjen na tretiranim površinama u odnosu na kontrolu. Na varijanti sa primenom herbicida u polovini preporučene količine broj vrsta je smanjen na 10 a na varijanti sa primenom herbicida u preporučenoj količini na samo 3. Iako nije bilo apsolutne pravilnosti, korovi su najmanju svežu masu imali na varijanti sa najmanjim međurednim rastojanjem na svim varijantama primene herbicida. Među zastupljenim vrstama najotpornije prema kombinovanoj primeni herbicida i veličine vegetacionog prostora su bile vrste *Datura stramonium*, *Chenopodium hybridum* i *Solanum nigrum*.

U 2007. godini je zastupljenost korova ponovo bila nešto veća, pa je na oglednoj površini zabeleženo prisustvo ukupno 20 vrsta, od toga 18 vrsta na kontrolnoj varijanti a 13 i 10 vrsta na površinama sa primenom herbicida (tabela 3). Povoljni meteorološki uslovi uticali su da svaža masa korova bude izuzetno velika (7347.9

**Tabela 1** - Zastupljenost korova (sveža masa,  $\text{gm}^{-2}$ ) u zavisnosti od primene herbicida i prostornog rasporeda kukuruza u 2005. godini (letnja ocena).

Vrsta korova	Kontrola			½ preporučene količine			Preporučena količina		
	70x25	50x35	35x50	70x25	50x35	35x50	70x25	50x35	35x50
CONAR	7,7	31,6	29,4	19,6	25,5	24,0	56,0	26,6	13,3
XANST	9,5	132,87	13,4	75,7	146,0	71,8	62,9	21,7	21,0
CHEAL	1102,1	1252,1	1152,7	48,37	11,1	45,6		13,8	
SORHA	56,3	42,6	9,7	18,8				6,8	
HIBTR	193,9	128,7	82,8	28,7	21,6	16,6		8,8	4,3
DATST	143,1	44,4	108,4	132,0	31,1	13,0			
SOLNI	801,9	444,0	439,3	12,0	0,9	1,2			
CINDA		2,2	3,2	8,0	10,3				
ABUTH	18,1	42,2	30,4	1,5	7,3	11,2			
AMBAR	26,6	45,3	18,1		7,2	3,1			
AMAAL	19,1	18,0	9,6			6,3			
AMARE	463,9	727,7	392,6						
STAAN	7,7	13,2	1,2						
CIRAR	115,6	45,4	7,6						
HELEU	1,7	2,2							
POROL	82,6	97,8	14,3						
CHEHY	84,4	67,5	195,4						
DIGSA	1,6		2,4						
PANCG		6,43	45,8						
ATRPA			26,3						
POLLA		7,9							
Ukupno	3135,8	3152,2	2582,6	344,6	261,1	192,7	118,9	77,7	38,6

**Tabela 2** - Zastupljenost korova (sveža masa,  $\text{gm}^{-2}$ ) u zavisnosti od primene herbicida i prostornog rasporeda kukuruza u 2006. godini (letnja ocena).

Vrsta korova	Kontrola			$\frac{1}{2}$ preporučene količine			Preporučena količina		
	70x25	50x35	35x50	70x25	50x35	35x50	70x25	50x35	35x50
DATST	1989,2	2258,1	1710,0	45,1	69,2	65,4	31,7	11,0	
CHEHY	995,3	970,8	1304,3	54,6	31,0	72,0	1,9	6,4	
XANST	252,1	299,1	101,1	15,0	16,4	4,4			12,8
CONAR	0,9			8,1	16,5				
AMARE	428,5	273,1	383,2	1,5	32,6				
SOLNI	1352,4	656,3	933,2	1,9	47,8	51,3			
CALSE	6,9	24,6		31,7					
ABUTH	49,5	123,0	68,0		14,2	5,3			
AMAHY					20,8				
AMBAR	15,6	61,9	188,5			1,7			
AMAAL	49,5	13,4	57,9						
CHEAL	427,4	214,0	165,6						
POROL	3,8								
HELEU	0,4	8,0	7,8						
SORHA	7,3	22,4	7,9						
HIBTR			11,9						
Ukupno	5578,8	4924,8	4939,3	157,8	248,5	200,2	33,6	17,4	12,8

**Tabela 3** - Zastupljenost korova (sveža masa, gm<sup>-2</sup>) u zavisnosti od primene herbicida i prostornog rasporeda kukuruza u 2007. godini (letnja ocena).

Vrsta korova	Kontrola			½ preporučene količine			Preporučena količina		
	70x25	50x35	35x50	70x25	50x35	35x50	70x25	50x35	35x50
CONAR	13,8	35,9	91,8	100,0	37,7	24,8	59,9	22,8	
BILCO	167,7		121,4	293,5	216,9	27,5	89,4		82,6
DATST	1746,8	1248,9	764,4	988,4	846,7	353,4	440,4	176,4	155,7
CHEHY	762,3	563,2	245,1	109,4	100,0	157,3	144,6	84,6	4,3
HIBTR	121,2	101,1	72,0	101,7	198,0	49,3	3,5	2,9	5,5
ABUTH	919,1	911,9	847,6	320,7	562,4	167,3	317,0	149,9	74,3
SORHA	348,9		2,9	71,9	60,6	74,6	17,1		21,9
AMARE	1294,4	1145,2	521,8		120,7		20,3		
CIRAR			59,5	10,8	62,0	1,9			6,8
SOLNI	1355,0	1380,1	823,0	12,7	20,7	23,6			
POROL	479,0	67,1	43,8	86,8					
AMBAR		169,5	47,0		1,2				
CHEAL	30,6	202,9	129,0						
SINAR	16,5	5,8	10,1						
STAAN	64,8	65,6	7,7						
AMAAL		25,3							
SETGL	26,3								
CYNDA								18,8	
XANST				44,8		4,9			
ANAAR	1,6								
Ukupno	7347,9	5922,4	3878,3	2140,8	2226,8	884,6	1092,1	455,5	351,1

**Tabela 4** - Visina biljke (cm), biomasa (g), lisna površina (cm<sup>2</sup>) i prinos zrna (t ha<sup>-1</sup>) kukuruza u zavisnosti od veličine vegetacionog prostora (VP), količine herbicida (KH) i hibrida (H).

Godina	Faktor	Visina biljke			LP (cm <sup>2</sup> )	Prinos zrna (t ha <sup>-1</sup> )
		(cm)	Biomasa (g)	<i>p</i> – vrednost		
2005	VP	0.05 <sup>ns</sup>	0.59 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	0.02*	
	KH	0.00 <sup>***</sup>	0.00 <sup>***</sup>	0.00 <sup>***</sup>	0.00 <sup>***</sup>	
	VP x KH	0.89 <sup>ns</sup>	0.78 <sup>ns</sup>	0.52 <sup>ns</sup>	0.23 <sup>ns</sup>	
	H	0.16 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	0.00 <sup>***</sup>	0.85 <sup>ns</sup>	
	VP x H	0.98 <sup>ns</sup>	0.61 <sup>ns</sup>	0.51 <sup>ns</sup>	0.00 <sup>***</sup>	
	KH x H	0.13 <sup>ns</sup>	0.32 <sup>ns</sup>	0.00 <sup>**</sup>	0.00 <sup>**</sup>	
	VP x KH x H	0.72 <sup>ns</sup>	0.82 <sup>ns</sup>	0.72 <sup>ns</sup>	0.00 <sup>**</sup>	
2006	VP	0.19 <sup>ns</sup>	0.60 <sup>ns</sup>	0.50 <sup>ns</sup>	0.00 <sup>***</sup>	
	KH	0.00 <sup>***</sup>	0.00 <sup>***</sup>	0.00 <sup>***</sup>	0.00 <sup>***</sup>	
	VP x KH	1.00 <sup>ns</sup>	0.67 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	0.04*	
	H	0.00 <sup>***</sup>	0.18 <sup>ns</sup>	0.00 <sup>***</sup>	0.00 <sup>**</sup>	
	VP x H	0.74 <sup>ns</sup>	0.88 <sup>ns</sup>	0.79 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	
	KH x H	0.56 <sup>ns</sup>	0.43 <sup>ns</sup>	0.00 <sup>***</sup>	0.00 <sup>***</sup>	
	VP x KH x H	0.49 <sup>ns</sup>	0.81 <sup>ns</sup>	0.26 <sup>ns</sup>	0.04*	
2007	VP	-	-	0.70 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>	
	KH	-	-	0.00 <sup>***</sup>	0.00 <sup>**</sup>	
	VP x KH	-	-	0.16 <sup>ns</sup>	0.96 <sup>ns</sup>	
	H	-	-	0.00 <sup>***</sup>	0.00 <sup>***</sup>	
	VP x H	-	-	0.90 <sup>ns</sup>	0.85 <sup>ns</sup>	
	KH x H	-	-	0.46 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	
	VP x KH x H	-	-	0.52 <sup>ns</sup>	0.83 <sup>ns</sup>	

ns – nije značajno; \*stat. značajno na nivou 0.05; \*\* stat. značajno na nivou 0.01; \*\*\* stat. značajno na nivou 0.001.

g m<sup>-2</sup> na kontrolnoj varijanti međurednim rastojanjem od 70 cm). I u ovoj godini se ukupna sveža masa korova smanjivala sa promenom veličine vegetacionog prostora, tj. sa smanjenjem međurednog rastojanja, pa su njene najmanje vrednosti utvrđene na varijantama 35x50 cm (3878.3, 884.8 i 351.1 g m<sup>-2</sup> po svakoj varijanti primene herbicida). Ponovo je vrsta *Datura stramonium* imala najveće vrednosti sveže mase a zatim i vrste *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Solanum nigrum* i *Chenopodium hybridum*. Jednogodišnja vrsta *Hibiscus trionum* je, i pored primene herbicida, bila zastupljena na svim varijantama.

Parametri kukuruza su analizirani kroz statističku obradu podataka i dobijene značajnosti su prikazane u tabeli 4. Morfološke i produktivne osobine kukuruza su se značajno menjale pod uticajem ispitivanih faktora i njihovih interakcija. Prosečna visina biljke je značajno varirala u zavisnosti od količine primenjenih herbicida i hibrida. Biomasa biljaka kukuruza je bila pod signifikantnim uticajem herbicida u svim godinama ispitivanja. Lisna površina po biljci je takođe bila pod značajnim uticajem količine primenjenih herbicida i hibrida kao i njihove interakcije.

Prema rezultatima iz tabele 4, prinos zrna kukuruza je iskazao najveće variranje pod uticajem ispitivanih faktora. Veličina vegetacionog prostora značajno je uticala na prinos zrna u 2005 i 2006. godini dok u 2007. nije. Kao što se i očekuje, količina primenjene kombinacije herbicida je vrlo značajno uticala na visinu prinosa u svim godinama iako međusobna poređenja visine prinosa između varijanti sa primenom herbicida u preporučenoj i polovini preporučene količine, na osnovu LSD-testa, nisu pokazale razlike (Simić et al., 2007). Prinos zrna je varirao i u zavisnosti od hibrida i, u određenim godinama, u zavisnosti od intrakcije hibrida i veličine vegetacionog prostora ili količine herbicida.

## DISKUSIJA

Gajenje kukuruza u izmenjenom prostornom rasporedu koji određuje oblik i veličinu vegetacionog prostora može da utiče na nivo zakorovljenosti useva, posebno širokoredih kakav je kukuruz (Fisher & Miles, 1973; Murphy et al., 1996). Radi povećanja kompetitivnog delovanja gajenih biljaka teži se uniformnijem rasporedu biljaka, tj. rastojanje između redova se smanjuje a prostor između biljaka, adekvatno usevu, povećava (Mohler, 2001). Prema rezultatima utvrđenim u agroekološkim uslovima Zemun Polja u periodu 2005–2007, najmanja zastupljenost korova je utvrđena na varijanti sa najmanjim međurednim rastojanjem (35cm). U takvom obliku vegetacionog prostora, tokom sve tri godine izvođenja eksperimenta, značajno je smanjenja sveža masa vrsta *D. stramonium*, *S. nigrum* i *A. retroflexus*. Slično su utvrdili i Murphy et al., (1996) u čijem ekspe-

rimentu se biomasa ranoprolećnih vrsta korova smanjila za 41% usled povećanja gustine gajenja kukuruza i smanjenja međurednog rastojanja.

Povećanje kompetitivne sposobnosti gajenih biljaka usled promene i prilagođavanja veličine i oblika vegetacionog prostora, omogućava i primenu herbicida u smanjenim količinama (Forcella et al., 1992). Izmenjeni prostorni raspored biljaka kukuruza bi trebao da utiče na veću kompetitivnu sposobnost useva prema korovima, zbog čega je u ogledu ispitivano da li bi navedena kombinacija herbicida mogla biti primenjena i u polovini preporučene količine, što bi ekonomski i ekološki bilo prihvatljivije. Utvrđeni rezultati su pokazali da je interakcija faktora oblik vegetacionog prostora i primena herbicida u različitim količinama uticala na svežu masu zastupljenih vrsta korova. Najmanja ukupna sveža masa korova je u sve tri godine, utvrđena na varijanti sa najmanjim međurednim rastojanjem i primenom herbicida u preporučenoj količini (38,6; 12,8 i 351,1 g m<sup>-2</sup>). Primena herbicida u polovini preporučene količine takođe je značajno smanjila nivo zakorovljenosti u poređenju sa netretiranom kontrolom.

Veličina raspoloživog prostora utiče na morfološke karakteristike biljke (Zanin et al., 1988; Begna et al., 2001). Teasdale (1995) je utvrdio da se redovi zatvaraju nedelju dana ranije u kukuruza gajenom na 38 cm međurednog rastojanja nego u onom gajenom na 76 cm. Oblik i veličina vegetacionog prostora nisu značajno uticali na visinu i biomasu biljaka i veličinu lisne površine po biljci kukuruza. Suprotno, količina primenjenih herbicida je uticala da morfološki parametri kukuruza imaju veće vrednosti na varijanti sa primenom herbicida, naročito u preporučenoj količini, u poređenju sa netretiranom varijantom. I među ispitivanim hibridima su, za iste parametre, utvrđene značajne razlike. U usevima hibrida sa većom lisnom površinom i razvijenijim habitusom, zastupljenost korova je manja (Simić et al., 2002; 2009).

Trogodišnji rezultati za agroekološke uslove Zemun Polja su ukazali na prednost gajenja kukuruza sa smanjenim međurednim rastojanjem i što se tiče prinosa. Veličina vegetacionog prostora je uticala na značajne razlike u prinosu u 2005. i 2006. godini, kada su i interakcije ovog faktora i količine herbicida i hibrida bile značajne. U ranijim istraživanjima je takođe utvrđeno da međuredno rastojanje, gustina useva i hibrid utiču na prinos zrna kukuruza, tako što se prinos zrna kukuruza povećao kada je međuredno rastojanje smanjeno od 76 cm na 51 ili 25 cm, (Porter et al., 1997).

Mogućnost da se smanji zastupljenost korova i poveća produktivnost kukuruza, treba da navede proizvođače da razmisle o promeni oblika i veličine vegetacionog prostora koji se stavlja na raspolaganje gajenoj biljci, a pre svega međurednog rastojanja na kome se gaji kukuruz. S obzirom na tendencije i mogućnosti u tehnologiji primene herbicida, oplemenjivanju i poljoprivrednoj tehnici, ovakva očekivanja se mogu smatrati opravdanim. Time bi se doprinelo povećanju produktivnosti i zaštiti agroekosistema.



## ZAHVALNICA

Istraživanja su podržana od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, projektom TR-20007.

## LITERATURA

- Beatty, K.D., Eldridge, I.L., Simpson, A.M. (1982): Soybean response to different planting patterns and dates. *Agronomy Journal*, 74: 859–862.
- Begna, H.S., Hamilton, R.I., Dwyer, L.M., Stewart, D.W., Cloutier, D., Assemat, L., Foroutan-pour, K., Smith, D.L. (2001): Morphology and yield response to weed pressure by corn hybrids differing in canopy architecture. *European Journal of Agronomy*, 14: 293–302.
- Blackshaw, R.E. (1993): Safflower (*Carthamus tinctorius*) density and row spacing effects on competition with green foxtail (*Setaria viridis*). *Weed Science*, 41: 403–408.
- Bullock, D.G., Nielsen, R.L., Nyquist, W.E. (1988): A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science*, 28: 254–258.
- Farnham, E.D. (20001): Row spacing, plant density, and hybrid effects on corn grain yield and moisture. *Agronomy Journal*, 93: 1049-1053.
- Fisher, R.A., Miles, R.E. (1973): The role of spatial pattern in the competition between crop plants and weeds. A theoretical analysis. *Mathematical Biosciences*, 43: 88–94.
- Forcella, F., Westgate, M.E., Warnes, D.D. (1992): Effect of row width on herbicide and cultivation requirements in row crops. *American Journal of Alternative Agriculture* 7, 161–167.
- Joenje W, Kropff JM (1987) Relative time of weed emergence, leaf area, development and plant height as a major factor in crop weed competition, pp. 971–978. In: *British Crop Protection Conference-Weeds*. BCPC Publication, Lavenham, Suffolk, UK.
- Knežević, S.Z., Evans, S.P., Mainz, M. (2003): Row spacing influences the critical timing for weed removal in soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, 17: 666–673.
- Lauer, G.J., Rankin, M. (2004): Corn response to within row plant spacing variation. *Agronomy Journal*, 96: 1464-1468.
- Malik, S.V., Swanton, C.J., Michaels, T.E. (1993): Interaction of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars, row spacing, and seeding density with annual weeds. *Weed Science*, 41: 62–68.

- Mohler, C.L. (2001): Enhancing the competitive ability of crops, pp. 269–321. In: *Ecological Management of Agricultural Weeds* (Liebman M., Mohler C.L., Staver C.P., Eds). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Momirović, N., Kovačević, D., Radošević, Ž., Lazarević, J. (2004): The effect of growing practice on the floristic composition and structure of weed synuzia in double cropped soybean. *Acta herbologica*, 13: 417–426.
- Mulugeta, D., Boerboom, C.M. (2000): Critical time of weed removal in glyphosate-resistant *Glycine max*. *Weed Science*, 48: 35–42.
- Murphy SD, Yakubu Y, Weise SF, Swanton, C.J. (1996): Effect of planting patterns and inter-row cultivation on competition between corn and late emerging weeds. *Weed Science*, 44: 856–870.
- Porter, P.M., Hicks, D.R., Lueschen, W.E., Ford, J.H., Warnes, D.D., Hoverstad, T.R. (1997): Corn response to row width and plant population in the northern corn belt. *Journal of Production in Agriculture*, 10: 293–300.
- Rambakudzibga, A.M. (1999): Aspects of the growth and development of *Cyperus rotundus* under arable crop canopies: implications for integrated control. *Weed Research*, 39: 507–514.
- Simić, M., Stefanović L., Rošulj M. (2002): Weed interference with maize hybrid growth in relation to crop density. *Proceedings of the 12<sup>th</sup> EWRS Symposium*, Wageningen, The Netherlands, 304-305.
- Simić, M., Stefanović, L., Drinić, G., Filipović, M. (2007): Weed suppression by plant arrangement of maize. In: *Proceedings of the XIV<sup>th</sup> EWRS Symposium*. Hamar, Norway, 44.
- Simić, M., Dolijanović, Ž., Maletić, R., Filipović, M., Grčić, N. (2009). The genotype role in maize competitive ability. *Genetika*, 41: 59-67.
- Teasdale, J. (1995): Influence of narrow row/high population corn on weed control and light transmittance. *Weed Technology*, 9: 113–118.
- Widdicombe, W.D., Thelen, D.K. (2002): Row width and plant density effects on corn grain production in the northern corn belt. *Agronomy Journal*, 94: 1020-1023.
- Zanin, G., Satin, M. (1988): Threshold level and seed production of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medicus) in maize. *Weed Research*, 28: 347-352.

(Priljeno: 09.08 .2010.)

(Prihvaćeno: 1.09. 2010.)

## EFFECT OF THE MAIZE VEGETATIVE SPACE ON WEEDINESS AND YIELD

<sup>1</sup>MILENA SIMIĆ\*, <sup>1</sup>LIDIJA STEFANOVIĆ, <sup>2</sup>MILAN BRANKOV, <sup>1</sup>IGOR SPASOJEVIĆ

<sup>1</sup>Institut za kukuruz „Zemun Polje“, Belgrade, Serbia

<sup>2</sup>Stipendista Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije

\*e-mail: [smilena@mrizp.rs](mailto:smilena@mrizp.rs)

### SUMMARY

The arrangement pattern, i.e. shape and size of vegetative space available to growing plants influences crop-weed competitive interaction and weed abundance. Most researches show that growing row crops such as maize, soybean, sunflower etc., with narrow row space, has as a result lower weed infestation and better yield parameters.

In this study the effects of the maize vegetative space, which are achieved with combination of different row spaces and spaces between plants in the row, on the weed distribution and fresh matter and some morphological and productive parameters of maize were investigated. The crop density was the same for all arrangement patterns and herbicide application was included with three levels: full and half of the recommended dose and control without herbicide application.

In all three years of investigation, the weed fresh matter declined with decreasing row spaces and was, on average, the lowest for the narrower row space and herbicide application at recommended doses (38,6; 12,8 i 351,1 g m<sup>-2</sup>). In such arrangement pattern of maize plants, significant influence on the fresh matter of *D. stramonium*, *S. nigrum* and *A. retroflexus*, was achieved. Herbicide application at half of the recommended dose also significantly influenced level of weediness compared to untreated control. The size of maize vegetation space significantly influenced grain yield in 2005 and 2006, otherwise, the herbicide application had a significant influence on maize yield in all years. Grain yield did not differ significantly according to LSD-test between treatments with full and half rate of herbicides.

*Key words:* vegetative space, row space, maize, weeds, yield.

(Received: 09.08.2010.)

(Accepted: 1.09. 2010.)



Zaštita bilja  
Vol. 61 (2), № 272, 119-128, 2010, Beograd

UDK  
ID  
Pregledni rad

## **PRISUSTVO AMBROZIJE (*AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* L.) U KUKURUZU, SOJI I STRNIŠTU NA TERITORIJI OBRENOVCA**

RADMILA STANKOVIĆ-KALEZIĆ\*, VLADAN JOVANOVIĆ, VASKRSIJA JANJIĆ,  
LJILJANA RADIVOJEVIĆ, LJILJANA ŠANTRIĆ, JELENA GAJIĆ-UMILJENDIĆ

Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, Beograd-Zemun

\* e-mail: [radmila.kalezic@pestring.org.rs](mailto:radmila.kalezic@pestring.org.rs)

Obrenovac kao opština pripada gradu Beogradu od koga je udaljena 29 kilometara i u njemu živi oko 71 000 stanovnika. Nalazi se u središnjem delu donjokolubarskog basena u dolinama reka Kolubare i Tamnave, na istoku i jugu se graniči sa Šumadijom, na zapadu su ogranci Pocerine, a na severu reka Sava. Površina opštine je 410 km<sup>2</sup> i obuhvata 23 mesne zajednice.

Terenska ispitivanja zastupljenosti ambrozije na teritoriji Obrenovaca obavljena su u periodu od jula do oktobra 2009. godine. Površina koja je ispitivana je 410 km<sup>2</sup>. Lokacije zakorovljene ambrozijom su zabeležene pomoću GPS uređaja. Za određivanje zastupljenosti ambrozije je korišćena delimično izmenjena metoda po Braun-Blanque-u (1965).

Prisutnost ambrozije u zavisnosti od vrste staništa (poljoprivredne površine, urbane zelene površine i ruderalna staništa) varira. Na uređenim zelenim površinama u urbanom delu grada i u centrima okolnih naselja ambrozija ne predstavlja značajan problem. Međutim, na poljoprivrednom zemljištu ambrozija se nalazi na velikoj površini i u velikom broju. Različiti stepen prisutnosti ambrozije zavisi od načina korišćenja zemljišta, odnosno useva (pšenica, kukuruz i soja), vremena njihove setve, primene agrotehničkih i hemijskih mera.

Na poljoprivrednim površinama ambrozija je najprisutnija na strništima sa 415 snimaka, što čini 92 % zakorovljenih površina ambrozijom (531 ha). To govori o velikoj banci semena ambrozije u zemljištu gde su njive, oslobođene biljnog pokrivača posle žetve, sa visokim temperaturama i još uvek dovoljno vlažnim zemljištem, idealno mesto za ubrzano nicanje i rast ambrozije.

*Ključne reči:* Obrenovac, ambrozija, rasprostranjenost, usevi.

## UVOD

Ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia* L.) je jednogodišnja zeljasta biljka iz familije glavočika (Asteraceae). Za period od sedam decenija, koliko je prisutna na području Srbije, navode se različita narodna imena limundžik, fazanuša, partizanka i dr. (Janjić i sar., 2007; Konstantinović i sar., 2008), ali se najčešće naziva jednostavno ambrozija i taj se naziv obično upotrebljava u literaturi i u sredstvima informisanja. Pripada adventivnom flornom elementu, a uneta je iz Severne Amerike u Evropu oko 1800. godine (Priszter, 1960; Hansen, 1976).

Ambrozija započinje svoje klijanje u proleće, a cveta i plodonosi od juna do oktobra, pa i duže, shodno meteorološkim prilikama u datoj godini. U periodu cvetanja ambrozija je jak alergen, jer izaziva ozbiljne zdravstvene probleme kod ljudi, koji se uglavnom manifestuju na organima za disanje. Svoju veliku zastupljenost u značajnoj meri duguje osobinama svog semena. Jedna biljka ambrozije obično proizvede oko 500 do 3 000 semena (Janjić i Kojić, 2000), ali je bilo i biljaka vrlo visokih i bujnih koje su imale i preko 30 000 semena (Bazzaz, 1974). Značajno je da semena mogu da zadrže biološku aktivnost jako dugo, tako da je bilo semena koja su klijala i nakon 40 godina provedenih u zemljištu. Iako je za klijanje semena potrebna visoka temperatura, u nekim eksperimentima je osvetljavano seme klijalo u malom procentu i na vrlo niskoj konstantnoj temperaturi od  $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$  (Jovanović i sar., 2007).

## MATERIJAL I METODE

Opština Obrenovac obuhvata 23 mesne zajednice i u njima živi oko 71 000 stanovnika. Najveći deo teritorije je izrazito ravničarskog karaktera, dok su pojedini delovi brežuljkasti i blago brdoviti, gde dominira vrh Bukvik u ataru sela Mislodin, sa nadmorskom visinom od 221 metar, a najniža tačka je na 73 metra nadmorske visine, u prostoru Plošće, unutar širokog meandra Save oko atara sela Zabrežje.

Obrenovac se nalazi gotovo u središtu severnog umereno toplog pojasa, sa klimom blažom od tipične panonske, kontinentalne. Prosečna godišnja temperatura u ovoj oblasti je oko  $11^{\circ}\text{C}$ , leti oko  $22^{\circ}\text{C}$ , a zimi oko  $-1^{\circ}\text{C}$ , sa maksimalnim rasponom koji se kreće od  $-28^{\circ}\text{C}$  do  $40^{\circ}\text{C}$ . U toku godine količina padavina iznosi oko 640 litara po kvadratnom metru, u sušnim godinama oko 440, a u kišnim i do 940 litara po kvadratnom metru. Padavine su izražene u proleće i krajem leta, odnosno početkom jeseni.

Terenska ispitivanja zastupljenosti ambrozije na teritoriji Obrenovca obavljena su u periodu od jula do oktobra 2009. godine. Površine zakorovljene ambro-

zijom su određivane na osnovu lične procene, a lokacija je određena i zabeležena pomoću GPS uređaja. Za svaku zakorovljenu površinu je utvrđen tip staništa kome pripada (strnište, usev kukuruza i soje). Za određivanje zastupljenosti ambrozije je korišćena delimično izmenjena metoda prema Braun-Blanque-u (1965) sa sledećim ocenama:

- ocena 1 - zastupljenost do 5 %,
- ocena 2 - zastupljenost 6-25 %,
- ocena 3 - zastupljenost 26-50 %,
- ocena 4 - zastupljenost preko 50 %.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia* L.) je danas prisutna na svim kontinentima i ponaša se kao prava kosmopolitska biljka. Zahvaljujući svojoj izuzetnoj sposobnosti prilagođavanja na raznovrsna staništa (Maillet i Lopez-Garcia, 2000) ambrozija se iz svoje najuže postojbine centralne Severne Amerike proširila po celoj Americi (osim Jute, Nevade i Kalifornije) i Kanadi (White i Bernstein, 2003), potom Evropi (Horvatić, 1947; Slavnić, 1953), Australiji (Bass i sar., 2000), Japanu (Sugaya i sar., 1997), Kini (Jinshuang i Quari, 2003), Egiptu (Shaltout 2004), Indiji i mnogim drugim državama Bliskog i Dalekog istoka.

Na teritoriji Obrenovca obavljena su floristička snimanja ambrozije na različitim staništima i evidentirana je na 1034 snimaka ukupne površine 655 ha (Stanković-Kalezić i sar., 2009). U strništu, kukuruzu i soji je evidentirano polovina snimaka (512), sa enormno velikom površinom (578 ha) u odnosu na ukupnu površinu (88 %) u svim mesnim zajednicama, što se može videti u tabeli 1. Ovo ukazuje da se ambrozija van grada i uređenih delova naseljenih mesta nalazi u velikom broju i na velikim površinama na poljoprivrednom zemljištu, gde se u zavisnosti od vrsta kulture, vremena sejanja kultura i primene agrotehničkih i hemijskih mera, razvija sa različitom učestalošću i brojnošću.

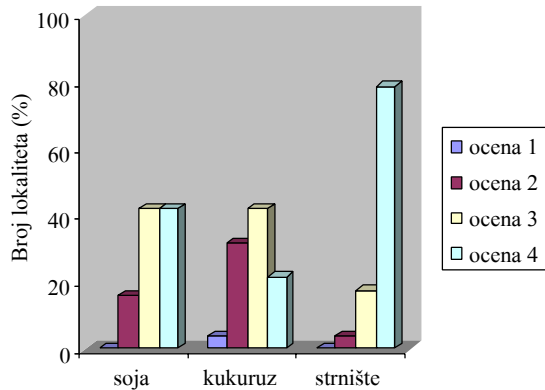
U strništu je ambrozija najprisutnija sa 415 snimaka, što čini 81 % od ukupnog broja snimaka, u kukuruzu sa 78 snimaka (15 %), a 19 snimaka u soji je nešto manje od 4% od ukupnog broja snimaka (Tab. 1; Graf. 3). Analizirajući prisustvo ambrozije prema površini zastupljenosti ona se najviše razvija na strništu (531 ha) koje čini 91,8 %, dok je u usevu kukuruza ima na 4,5 % i u soji na 3,7 % površine, što je i u skladu sa manjim brojem staništa (Graf. 3 i 4). Strništa koja su oslobođena biljnog pokrivača nakon žetve, sa visokom temperaturom u tom periodu i još uvek dovoljno vlažnim zemljištem, idealno su mesto za ubrzano nicanje semena ambrozije i rast klijanaca ove jako termofilne i kompetitivne pionirske vrste. Na ispitivanom lokalitetu ambrozija pokriva strništa u gustom sklopu

**Tabela 1** -Stepen rasprostranjenosti ambrozije u mesnim zajednicama opštine Obrenovac.**Table 1** - Common ragweed distribution in different communes of Obrenovac Municipality.

Mesne Mesne zajednice Communes	Ukupno snimaka Total No of re- levés		Strništa Stubble		Kukuruz Maize		Soja Soybean	
	Br. snim. Rel. No.	ha	Br. snim. Rel. No.	ha	Br. snim. Rel. No.	ha	Br. snim. Rel. No.	ha
	Dren	51	54,11	47	52,5	4	1,61	
Trstenica	44	52,8	37	45,8			7	7
Grabovac	37	51,22	32	48,11	3	0,11	2	3
Orašac	33	47,1	30	45,1	3	2		
Veliko polje	33	33,38	29	31,84	3	0,54	1	1
Zvečka	38	52,85	28	50,65	7	0,77	3	2,5
Stubline	35	34,04	28	30,4	6	2,94	1	0,7
Piromani	30	37,47	28	37,4	2	0,07		
Ljubinić	32	40,00	26	34,5	5	3,58	1	0,5
Vukićevica	21	33,20	20	32,5	1	0,7		
Poljane	18	19,04	15	15	3	1,04	1	3
Krtinska	9	10,3	9	10,3				
Draževac	8	4,76	6	4,22	2	0,54		
Urovci	14	14,58	12	11,58	1	1	1	2
Skela	16	15,66	12	15,1	4	0,56		
Ratari	18	14,77	11	14,57	7	0,20		
Ušće	15	16,21	11	14,7	3	1,01	1	0,5
Obrenovac	9	8,02	8	8	1	0,02		
Pored nasipa	16	14,40	8	7,9	7	5,5	1	1
Barič	5	3,03	4	3	1	0,03		
Baljevac	6	7,01	4	6	2	1,01		
Mislođin	6	6,42	4	5,4	2	1,02		
Belo polje	4	4,03	3	4	1	0,03		
Konatice	6	3,08	2	2,25	4	0,83		
Jasenak	5	1,5	1	0,4	4	1,1		
M. Moštanica	1	0,02			1	0,02		
<b>UKUPNO TOTAL</b>	<b>512</b>	<b>578,70</b>	<b>415</b>	<b>531,22</b>	<b>78</b>	<b>26,28</b>	<b>19</b>	<b>21,20</b>

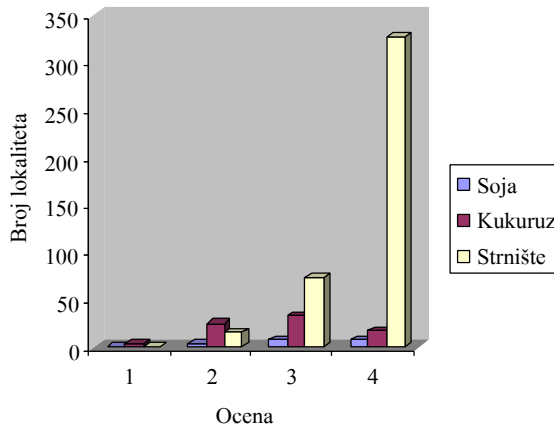


na 327 snimaka što čini 79 % od ukupnog broja snimaka (Graf. 1 i 2). U usevu kukuruza je često ima po obodu (sa ocenom 2 i 3) koja čini ok 72 % snimaka, a u pojedinim slučajevima je celokupna njiva zakorovljena (ocena 4 sa 22 %), ali su brojnost i ukupna zakorovljena površina značajno manji nego na strništima (Graf. 1 i 2).



**Grafikon 1** - Procenat lokaliteta sa određenom ocenom zastupljenosti ambrozije u soji, u kukuruza i na strništu.

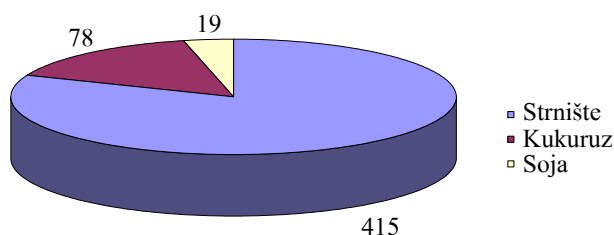
**Figure 1** - Percentage of sites having different estimate scores for common ragweed distribution in soybean, maize and stubble.



**Grafikon 2** - Broj lokaliteta sa određenom ocenom zastupljenosti ambrozije u soji, kukuruza i strništu.

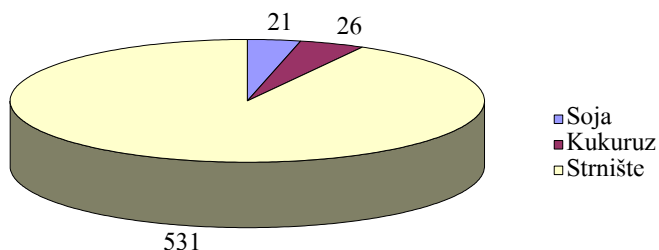
**Figure 2** - Number of sites having different estimate scores for common ragweed distribution in soybean, maize and stubble.

Týr i saradnici (2008) su u Republici Slovačkoj konstatovali znatno veću zakorovljenost u usevu kukuruza nego u strništu, ali ova razlika verovatno potiče od drugačije primene agrotehnike na njivama nakon žetve. U soji se nalaze najrobusniji primerci ambrozije, gde, slično kao u kukuruzu, ima mali broj biljaka po kvadratnom metru, najčešće 1-3, ali su one vrlo razvijene, pokrivaju praktično čitavu površinu (ocene 3 i 4) što čini oko 84 % ukunog broja snimaka i u potpunosti guše usev (Graf. 1 i 2). Ovakva pojava se nalazi na slabo održavanim poljima soje, jer se, zbog velikih potreba za svetlom, ambrozija na poljoprivrednim površinama najčešće može naći u korenasto krtolastim kulturama i kulturama koje se gaje u širokim redovima (povrće, soja, duvan, itd.) (Bassett i Crompton, 1975).



**Grafikon 3.** - Zastupljenost ambrozije u strništu, kukuruzu i soji izražena po broju lokaliteta.

**Figure 3.** - Common ragweed distribution in stubble, maize and soybean by site number.



**Grafikon 4.** - Površina (ha) pod ambrozijom u strništu, kukuruzu i soji.

**Figure 4.** - Area (ha) under common ragweed in stubble, maize and soybean.

Iz dobijenih rezultata se jasno može videti da je u usevima kukuruza i soje, a pogotovo u strništu ambrozija prisutna u velikom procentu na čitavoj teritoriji opštine Obrenovac. Visoka zastupljenost ambrozije na strništima, kukuruza i soji pokazuje da su uslovi u ovim usevima a posebno na površinama posle žetve pšenice veoma povoljni za njen razvoj, ne samo zbog svetlosti nego i u pogledu hranljivih materija u zemljištu. Imajući u vidu da se ove gajene biljke često gaje u monokulturi, znači na istim površinama, onda je u zemljištu seme ambrozije prisutno u velikom broju. Ovako visoko prisustvo ambrozije govori o vrlo agresivnoj invazivnoj vrsti koja ugrožava i autohtone biljke i ukazuje da se javlja i na ostalim površinama, kako na njivama, tako i na nekultivisanom zemljištu sa velikom tendencijom širenja iz godine u godinu.

Pored toga što može da ugrozi zdravlje osetljive grupe stanovništva burnim alergenim reakcijama, ambrozija, kao korovska biljka, nanosi velike štete biljnoj proizvodnji umanjujući prinose i pogoršavajući kvalitet dobijenih proizvoda. Te štete mogu biti izuzetno velike tako da prinose mogu biti smanjeni za 20, 30 pa i za 50 %, a u uslovima njene ogromne brojnosti ona može potpuno uništiti proizvodnju neke gajene biljke na većim ili manjim površinama, kakvih slučajeva je u našoj zemlji već bilo (Mataruga, 2006). Tako se navode štete u gajenju kukuruza, suncokreta i šećerne repe u Vojvodini (Konstatinović, 1996; Elezović i sar., 1999) ili u gajenju kukuruza, pšenice, soje, pitome nane, kamilice, travno-detelinskih livada u Kozarskoj Dubici i Kostajnici (Mataruga i sar., 2004; Mataruga, 2006).

## ZAHVALNICA

Rad je rezultat projekta TR20041 - Biološka, hemijska, toksikološka i ekološka proučavanja herbicida i njihova primena, Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

## LITERATURA

- Bass, D. J., Delpech, V., Beard, J., Bass, R., Wallis, R. S. (2000) Redweed in Australia. *Aerobiologia*, 126: 107-111.
- Bassett, W.P., Crompton, C.W. (1975) The biology of Canadian weeds. 11. *Ambrosia artemisiifolia* L. and *A. psilostachya* DC. *Canadian Journal of Plant Science*, 55: 463-476.
- Bazzaz, F.A. (1974) Ecophysiology of *Ambrosia artemisiifolia*: A successional dominant. *Ecology*, 55, 1: 112-119.

- Braun-Blanquet, J. (1965) Plant sociology – The study of plant communities. Hafner Publishing Company, New York.
- Elezović, I., Malidža, G., Tošev, M. (1999) Korovi u okopavinama i njihovo suzbijanje. Rad saopšten na IV jugoslovenskom savetovanju o zaštiti bilja, Zlatibor.
- Hansen, A. (1976) *Ambrosia* L. In: Flora Europaea. (T.G. Tutin, ed.) Cambridge University Press, Cambridge, UK, 4: 142-143.
- Horvatić, S. (1947) Nekoliko novih pridošlica flori grada Zagreba. Glasnik biološke sekcije, I. Zagreb.
- Janjić, V., Kojić, M. (2000) Atlas korova. Institut za istraživanja u poljoprivredi „Srbija“, Beograd.
- Janjić, V., Vrbničanin, S., Stanković-Kalezić, R., Radivojević, Lj., Marisavljević, D. (2007) Poreklo i rasprostranjenost ambrozije. U: Ambrozija, Herbološko društvo Srbije, 9-28.
- Jinshuang, M., Quanru, L. (2003) Flora of Beijing: An Overview and Suggestion for Future Research. Urban habitats, 1, 1: 1541-1575.
- Jovanović, V., Janjić, V., Nikolić, B. (2007) Seme ambrozije. U: Ambrozija, Herbološko društvo Srbije, Beograd, 95-102.
- Konstantinović, B. (1996) Zakorovljenost useva šećerne repe i mere borbe. Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 25: 157-163.
- Konstantinović, B., Meseldžija, M., Konstantinović, B. (2008) Mapiranje važnijih invazivnih korova i njihovo suzbijanje. Acta herbologica, 17, 2: 53-56.
- Maillet, J., Lopez - Garcia, C. (2000) Wheat criteria are relevant for predicting the invasive capacity of a new agricultural weed? The case of invasive american species in France. Weed Research, 40: 11-26.
- Mataruga, D. (2006) Proučavanje efikasnosti folijarnih herbicida u suzbijanju ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia* L.). Magistarski rad. Poljoprivredni fakultet. Banja Luka.
- Mataruga, D., Janjić, V., Mitrić, S. (2004) Efikasnost glifosata u suzbijanju ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia* L.). Acta herbologica 13, 2: 489-494.
- Priszter, S. (1960) Adventiv gyomnovenyeink terjedese. A Keszthelyi Mezogazdasagi Akademia Kiadvanyai. Mezogazdasagi Kiado, Budapest.
- Shaltout, K. H. (2004) An updated flora of Egypt. Diversity and Distributions, 10, 75-79.
- Slavnić, Ž. (1953): Prilog flori našeg Podunavlja. Glasnik biološke sekcije. Serija II / BT. 4-6. Zagreb.

- Stanković-Kalezić, R., Jovanović, S., Radivojević, Lj., Janjić V. (2009) Fitogeografska analiza ruderalne flore na području Pančevačkog rita. *Acta herbologica*, 18, 1: 41-50.
- Sugaya, A., Tsuda, T., Ohguchi, H. (1997) Marked increase of atmospheric pollen dispersion of ragweed (*Ambrosia* spp.): annual changes in atmospheric pollen counts of major allergen plants in autumn in Saitama Prefecture. *Aerugi*, 46: 585-593.
- Týr, Š., Vereš, T., Lacko-Bartošová, M. (2008) Weed infestation of field crops with *Ambrosia artemisiifolia* (L.) in the Slovak Republic. *Acta herbologica*, 17, 1: 85-88.
- White, J. F., Bernstein, D. J. (2003) Key pollen allergens in North America. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology*, 91: 425-435.

(Primljeno: 09.08 .2010.)

(Prihvaćeno: 1.09. 2010.)

## COMMON RAGWEED (*AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* L.) IN MAIZE, SOYBEAN AND STUBBLES IN OBRENOVAC AREA

RADMILA STANKOVIĆ\*-KALEZIĆ, VLADAN JOVANOVIĆ, VASKRSIJA JANJIĆ, LJILJANA RADIVOJEVIĆ, LJILJANA ŠANTRIĆ, JELENA GAJIĆ-UMILJENDIĆ

Institute of Pesticide Research and Environmental Protection, Belgrade-Zemun, Serbia

\*e-mail: [radmila.kalezic@pesting.org.rs](mailto:radmila.kalezic@pesting.org.rs)

### SUMMARY

Obrenovac Municipality is a part of the Belgrade City area some 29 km away from its inner parts and has a population of some 71,000. It is situated in the central Lower Kolubara Basin and the valleys of the Kolubara and Tamnava rivers, it borders on the Šumadija region to the east and south, on Mt. Pocerina to the west, and the Sava river to the north. The municipality has an area of 410 km<sup>2</sup> that includes 23 local communes.

Field research of the presence of common ragweed in the territory of Obrenovac was conducted from July through October 2009. All of the 410 km<sup>2</sup> area was investigated. Sites with common ragweed were identified using a GPS device. A partially modified Braun-Blanquet (1965) method was used to determine common ragweed distribution.

The presence of common ragweed in different habitats (agricultural area, urban greenary zones and ruderal habitats) was found to vary. The species poses no significant problem in cultivated greenary zones of the urban part of Obrenovac and central parts of its suburban areas. However, common ragweed was found to grow at high density over a large area of agricultural fields. Different degrees of its presence depend on the type of soil utilization, i.e. crops grown in the fields (wheat, maize and soybean), their sowing time, agricultural practices and chemical substances applied.

Regarding agricultural areas, stubbles were the most highly represented type of habitat with a total of 415 relevés, which is 92% of the overall area infested with common ragweed (531 ha). It is an indication of the size of its seed bank in soil accumulated after harvests, when fields are free of their plant cover, air temperature is still high and soil sufficiently moist, which provides perfect conditions for fast germination and growth of common ragweed plants.

*Key words:* Obrenovac, common ragweed, distribution, crops.

*(Received: 09.08.2010.)*

*(Accepted: 1.09. 2010.)*

## UZROCI CRVANILA LISTA I STABLA ULJANE REPICE

PETAR MITROVIĆ, ANA MARJANOVIĆ-JEROMELA, SRETEN TERZIĆ,  
RADOVAN MARINKOVIĆ

Institut za ratarstvo i povrtarstvo - Novi Sad

Intenzivna pojava crvenila lista i stabla uljane repice u Vojvodini (Bačka, Banat) je zapažena u drugoj polovini februara 2007 godine. Simptomi crvenila su bili naročito izraženi krajem februara i u prvoj dekadi marta. Prvi simptomi su zapaženi na donjem lišću u vidu crvenila po obodu lista. Veoma brzo donji listovi su postali crveni, a zatim se crvenilo počelo pojavljivati i na gornjem lišću i stablu. Na mnogim parcelama intenzitet crvenila biljaka je bio i do 90%, vizuelno posmatrano. Jače zahvaćene biljke su zaostajale u porastu i bez obrazovanja cvetnih pupoljaka. Polovinom marta izvršen je pregled biljaka na prisustvo insekata i biljnih patogena. Analiza osnovnih hemijskih svojstava zemljišta je urađena tokom 2006. godine pre setve. Pored analize zemljišta urađena je i hemijska analiza biljaka na sadržaj makroelemenata (azot, fosfor, kalijum) i mikroelemenata (cink, bakar, gvožđe, mangan, molibden). Na osnovu entomoloških, fitopatoloških i hemijskih ispitivanja je ustanovljeno da je crvenilo lista i stabla uljane repice prouzrokovano nedostatkom azota, odnosno značajno manji sadržaj azota je bio kod zaraženih biljaka u odnosu na zdrave biljke.

*Ključne reči:* crvenilo, insekti, mineralni elementi, patogeni, uljana repica.

### UVOD

Pojavu hloroze, crvenila ili druge pigmentacije nadzemnog dela biljaka mogu izazvati biotički i abiotički činioci. Od bioloških činioca se pre svega misli na fitopatogene viruse, bakterije, gljive i fitoplazme. Pored bioloških agenasa i abiotički činioci (sunčevo zračenje, temperatura, voda, hranljivi elementi, pesticidi) takodje, mogu izazvati razne vidove pigmentacije nadzemnog dela biljaka, kao i kržljivost korena, stabla i lista. Kod kukuruza simptom crvenila lista je prouzro-

kovan fitoplazmom (Jović et. al,2009). Na vinovoj lozi pojava zlatastog žutila lista,crvenilo,hloroza i nekroza lisnih nerava takodje,izaziva fitoplazma iz grupe Elm Yellow (Biljana Magud i Toševski, 2004). Na povrtarskim biljkama neparazitne bolesti(nedostatak makro i mikro elemenata) izazivaju razne pigmentacije lista i stabla(hloroza vršnog lišća i stabla,žutilo nerava,crvenilo obođa lista,hlorotičnu i nekrotičnu pegavost srednjeg lišća (Marić i sar.2001). Na uljanoj repici nedostatak azota izaziva bledo zelenu boju lišća mladih biljaka sa ružičastim obojenjem srednjeg nerva i drške lista. U kasnije periodu, stabla postaju tamno crvene do ružičasto crvene boje, a starije lišće prelazi iz žute u crveno narandžastu boju (Mason, 2006). Kurpjuweit (2006) navodi da nedostatak azota izaziva kržljivost biljaka, pojavu hloroze i crvenila lista i stabla. Isti autor navodi da i drugi hranljivi elementi (fosfor, sumpor) takođe, mogu da izazovu slične simptome na uljanoj repici. Pored pigmentacije nadzemnog dela, nedostatak azota utiče i na sadržaj hlorofila u listu (Gammelvind et al., 1996, Mindham, 1995) kao i na biomasu korena (Ogunlela et al., 1990, Colnenne et al., 2002). Cilj ovog rada je bio da se utvrdi koji činioci (faktori) su uticali na pojavu crvenila lista i stabla uljane repice.

## MATERIJAL I METODE

Pregledom semenskog i merkantilnog useva uljane repice na području Bačkog okruga (Kula, Crvenka) i selekcijskog materijala na Rimskim Šančevima Instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada u drugoj polovini februara 2007. godine primećena je kržljivost i crvenilo lista i stabla gajenih biljaka. Krajem februara je izvršen pregled parcela i u drugim okruzima (Bačka, Banat) gde je takođe, primećena pojava crvenila lista i stabla uljane repice. Obolele biljke su prikupljene na terenu, a zatim pregledane u entomološkoj i fitopatološkoj laboratoriji Instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada. Pored navedenih pregleda, izvršena je analiza zemljišta na pristupačni sadržaj mikroelemenata u lokalitetu R. Šančevi, Kula i Crvenka. Sadržaj mikroelemenata Cu, Zn, Fe, Mn, Mo u ekstraktu zemljišta sa EDTA: određen je na atomskom apsorpcionom spektrofotometru, „Spektra 600“-Varian, plamenom tehnikom određivan je na aparatu „Vista Pro“, metodom indukovane kuplovane plazme ICP-OES. Sadržaj hranljivih elemenata (N, P, K, Cu, Zn, Fe, Mn, Mo) u zdravim i obolelim biljkama je ispitivan po sledećim metodama:

- Azot je određen po metodi za određivanje elementarnog sastava čvrstih i tečnih uzoraka CHNSO - analiza
- Fosfor je određen u biljnom materijalu spektrofotometrički
- Kalijum je određen u biljnom materijalu plamenofotometrički



- Određivanje sadržaja Cu, Zn, Fe, Mn i Mo u biljnom materijalu je određen plamenom tehnikom AAS.

U svakom lokaliteti je ispitivano po 6 zdravih i obolelih biljaka. Ispitivanja u navedenim lokalitetima su izvršena na osnovu već urađene analize osnovnih hemijskih svojstava zemljišta pre setve.

Osnovna hemijska svojstva zemljišta su urađena po sledećim metodama:

- pH-vrednost je određena u suspenziji zemljišta sa kalium hloridom i suspenziji zemljišta sa vodom (10g:25cm<sup>3</sup>), potenciometrijski, pH metrom.
- Sadržaj CaCO<sub>3</sub> je određen volumetrijski, pomoću Seheiblerov-og kalci-metra,
- Sadržaj humusa je određen metodom Tjurin-a oksidacijom organske ma-terije.
- Sadržaj NO<sub>3</sub>-N i NH<sub>4</sub>-N je određen N-min metodom.
- Sadržaj lako prisutnog fosfora je određen Al metodom spektrofotome-trijski.
- Sadržaj lako prisutnog kalijuma je određen Al metodom plamenofotome-trijski.

Ispitivanje osnovnih hemijskih svojstava, sadržaja pristupačnih mikroelemenata u zemljištu, kao i sadržaja mineralnih elemenata u biljnom tkivu su urađena u laboratoriji za zemljište i agroekologiju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada.

## REZULTATI

Tokom 2006. godine setva uljane repice je obavljena u optimalnom roku. Povoljni klimatski uslovi (temperatura, vlažnost zemljišta) su uticali na optimalno klijanje i nicanje, a kasnije i na porast useva. U tom jesenjem periodu izuzev prisustva buvača i pagusenica lisne ose nisu primećeni nikakvi simptomi oboljenja. Naredni period je bio sušan (od kraja oktobra do kraja marta) i u većini lokaliteta je bilo svega nekoliko mm taloga. Prvi simptomi crvenila po obodu lista su primećeni polovinom februara. Krajem februara i početkom marta crvenilo je zahvatilo cele listove. Slika 1 i 1a. Nakon pojave na listu crvenilo se ubrzo pojavilo i na stablu. Obolele biljke su zaostajale u porastu, a prilikom vađenja ovakvih biljaka iz zemljišta je primećeno da imaju slabo razvijen korenov sistem u odnosu na zdrave biljke. Slika 2 Na slici 2 se može primetiti da ni kod bolesne ni kod zdrave biljke, s obzirom da je urađen uzdužni presek ne primećuju se simptomi bolesti korena i stabla, a nema ni oštećenja od insekata. Crvenilo lista prikazano na sl. 3 takođe pokazuje da na uzdužnom preseku biljke nema simptoma oboljenja korena i stabla. Pregledom spoljnih delova korena, stabla i lista takođe, nisu primećena oštećenja od insekata ili fitopatogenih mikroorganizama. S obzi-



**Sl.1 i 1a.** - Simptomi crvenila lista.

**Fig.1 and 1a.** Symptoms of leaf rednees.



**Sl. 2.** - Razvoj korenovog sistema. Levo-obo-  
lela biljka, desno-zdrava  
biljka (uzdužni presek).

**Fig.2.-** Development of  
root . Left – diseased  
plant, right – healthy  
plant (longitudinal  
section).

**Sl.3.** - Simptomi crvenila lista  
uljane repice (uzdužni pre-  
sek).

**Fig.3.** Symptoms of oilseed  
rape leaf rednees (longitudinal  
section).



**Tabela 1** - Osnovna hemijskih svojstava zemljišta.**Tab. 1** - Basic chemical properties of soil.

Lokalitet Locality		pH		CaCO <sub>3</sub> %	Humus %	Ukup. N %	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g	AL-K <sub>2</sub> O mg/100g
		u KCL	u H <sub>2</sub> O					
R. Šančevi	0-30	7,20	8,31	4,20	3,55	0,243	13,20	22,70
Kula	0-30	7,34	8,26	9,97	4,17	0,21	33,61	25,48
Crvenka	0-30	7,64	8,45	7,06	3,22	0,16	94,56	57,18

**Tabela 2** - Sadržaj mikroelemenata u zemljištu**Table 2** - Content of available microelements in soil

Lokalitet Locality	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Mo mg/kg
R. Šančevi	4,97	1,73	68,30	410,54	0,59
Kula	5,11	1,23	75,10	418,34	0,48
Crvenka	4,25	1,09	31,46	317,17	0,56

**Tabela 3** - Sadržaj makro i mikroelemenata u biljkama  
– lokalitet Rimski Šančevi.**Table 3** - Content of macro and microelements in plants  
– locality Rimski Šančevi.

	N %	P %	K %	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe(mg/kg)	Mn (mg/kg)
Zelena	3,518	0,372	1,845	24,79	28,99	504,63	85,29
Zelena	3,425	0,362	2,206	25,54	19,23	209,00	79,73
Zelena	3,516	0,358	1,684	25,59	15,57	382,18	69,33
Zelena	4,067	0,481	2,102	30,59	13,53	414,92	68,46
Zelena	3,536	0,391	1,862	24,78	15,07	483,87	82,87
Zelena	3,718	0,364	1,859	25,73	12,10	371,50	71,93
Crvena	3,055	0,375	1,421	25,93	17,58	483,07	83,69
Crvena	2,962	0,388	1,433	24,80	17,23	515,29	73,72
Crvena	2,808	0,368	1,531	27,04	19,62	383,75	74,37
Crvena	2,853	0,424	1,808	27,28	16,07	436,12	71,22
Crvena	2,674	0,347	1,914	23,19	11,56	440,74	77,56
Crvena	2,539	0,288	1,768	21,10	16,62	656,98	66,37

**Tabela 4.** - Sadržaj makro i mikroelemenata  
u biljkama - lokalitet Kula.  
**Table 4.** - Content of macro and microelements  
in plants – locality Kula.

	N %	P %	K %	Zn(mg/ kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Zelena	3,322	0,436	2,243	23,45	14,72	840,10	97,20
Zelena	4,030	0,408	1,956	22,10	17,20	680,05	79,40
Zelena	3,516	0,395	2,030	18,05	12,30	540,04	72,15
Zelena	3,714	0,410	2,518	29,27	24,15	485,10	78,05
Zelena	3,351	0,382	1,815	24,20	25,10	730,10	68,15
Zelena	4,010	0,395	2,020	19,45	13,20	390,80	85,17
Crvena	2,751	0,393	2,097	18,95	11,33	420,10	95,14
Crvena	2,510	0,372	1,981	23,20	17,20	515,18	86,30
Crvena	2,315	0,378	2,105	21,40	18,95	680,20	89,15
Crvena	2,927	0,405	2,233	23,41	13,50	773,20	98,59
Crvena	2,962	0,388	1,870	24,80	18,23	483,10	73,25
Crvena	2,674	0,374	1,808	27,30	16,40	580,25	77,56

**Tabela 5.**- Sadržaj makro i mikroelemenata  
u biljkama - lokalitet Crvenka.  
**Table 5.** - Content of macro and microelements  
in plants – locality Crvenka.

	N %	P %	K %	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Zelena	3,645	0,423	3,022	28,37	27,40	380,86	84,89
Zelena	3,714	0,430	2,956	27,47	29,30	310,85	92,10
Zelena	4,050	0,394	3,018	29,27	28,66	290,45	80,30
Zelena	3,814	0,410	3,210	30,05	26,90	270,30	79,35
Zelena	3,615	0,384	2,610	26,95	27,43	335,15	85,40
Zelena	3,975	0,420	2,730	32,04	22,35	405,10	73,20
Crvena	2,927	0,405	2,233	27,41	26,30	515,29	93,85
Crvena	2,751	0,393	2,097	21,95	15,40	620,30	78,40
Crvena	2,539	0,298	1,965	18,90	13,90	570,40	70,20
Crvena	2,674	0,347	1,808	23,45	22,33	480,20	66,10
Crvena	2,430	0,388	2,033	25,93	24,20	730,10	98,59
Crvena	2,890	0,410	2,097	18,95	15,33	680,54	95,14

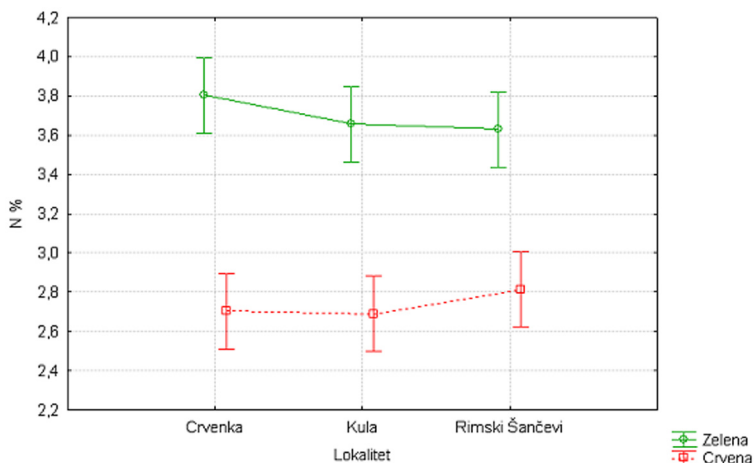
Legenda: zelena-zdrave biljke, crvena-bolesne biljke

rom da nismo pronašli prisustvo štetnih insekata ili mikroorganizama na obolelim biljkama, urađena je analiza sadržaja makro i mikro elemenata u biljnom tkivu i sadržaj pristupačnih mikroelemenata u zemljištu. Napred je navedeno da su osnovna hemijska svojstva urađena pre setve. Na osnovu hemijskih analiza prikazanih u tabeli 1 i 2 može se zaključiti da su ispitivana zemljišta dobro obezbeđena sa makro i mikro elementima izuzev sadržaja fosfora na R. Šančevima u odnosu na druga dva lokaliteta. U tabeli 3, 4 i 5 gde je prikazan sadržaj makro i mikro elemenata u biljnom tkivu može se zapaziti da se procenat N kod obolelih biljaka kretao do 3%, a kod zdravih biljaka uglavnom od 3,5 do 4,06% u sva tri lokaliteta. Kod drugih ispitivanih elemenata nije uočena ta zakonomernost, odnosno npr. kod kalijuma imamo da obolela biljka sadrži više kaliuma u odnosu na zdravu biljku naročito u lokalitetu Kula. Analizom varijanse za vrednost ( $P < 0,01$ ) je utvrđena visoka značajnost samo za azot u sva tri lokaliteta, tab. 6, dok kod drugih elemenata nema značajnosti izuzev gvožđa i kaliuma u lokalitetu Crvenka. Na grafikonu 1 se može videti da postoji značajna razlika u sadržaju azota kod zdravih (zelenih) i obolelih (crvenih) biljaka u sva tri lokaliteta.

**Tabela 6.** - Analiza varijanse na sadržaj N u biljkama.

**Table 6.** - Analysis of variance for N content in plants.

	Suma kvadrata Sum of Squares	Stepeni slobode Degrees of Freedom	Sredina kvadrata Mean Squares	F vrednost F value	p
Lokalitet Locality	0,0377	2	0,0189	0,354	0,7049
Boja Color	8,3088	1	8,3088	155,751	0,0000**
Lokalitet x Boja Locality x Color	0,1225	2	0,0612	1,148	0,3309
Greška Error	1,6004	30	0,0533		



**Grafikon 1.** - Sadržaj N u biljkama.

**Graph. 1.** - N content in plants.

## DISKUSIJA

Tokom februara 2007. godine su zapaženi simptomi crvenila lista i stabla uljane repice. Prvi simptomi su primećeni na donjem lišću, a kasnije se pojava crvenila počela javljati prvo po obodu i na gornjem lišću. Slične simptome navodi i (Mason, 2006., Kurpjuweit, 2006). Navedeni autori simptome crvenila opisuju kao nedostatak azota u biljkama uljane repice. Takođe, primećeno je da obolele biljke imaju slabo razvijen korenov sistem u odnosu na zdrave biljke. Ogunlela et al. (1990) navodi da količina azota u zemljištu utiče na biomasu korena koji predstavlja važan faktor za razvoj nadzemnog dela u rano proleće. Hemijske analize zemljišta koje su urađene u lokalitetu Crvenka, Kula i Rimski Šančevi su pokazala da je pristupačnost azota na zadovoljavajućem nivou. Tokom prva tri meseca 2007. godine bilo je izrazito sušno vreme sa temperaturama iznad proseka za to doba godine. Usled suše nije prihranjivana uljana repica sa azotnim đubrivima polovinom februara, odnosno proizvođači su očekivali padavine. Navedene činjenice ukazuju, da iako je azot bio prisutan u zemljištu, verovatno nije mogao da se usvaja usled nedostatka vode. Još jedna činjenica koju treba istaći, a to je da biljke uljane repice rastu i tokom januara, ako je temperatura iznad 5°C. Verovatno u tom periodu već nije bilo usvajanja azota zbog suše, a prve simptome smo primetili tokom februara. Gonzales-Dugo et al. (2010) navodi da je kretanje mineralnog azota u ksilemu i asimil-

lacija smanjena (redukovana) usled nedostatka vode. Wang Ling et al. (2007) takođe, navode da su u različitim navodnjavanjima imali različito usvajanje azota i fosfora. Pored smanjenog usvajanja azota, nedostatak vode u zemljištu redukuje i intenzitet fotosinteze u listovima, a kasnije i u ljuskama uljane repice (Gammelvind et al., 1996). Sadres (2005) navodi da nedostatak vode i nedostatak azota ili oba faktora zajedno utiču na ograničenu produktivnost biljaka tokom čitavog životnog ciklusa. Barlóg i Grzebisz (2004) su utvrdili da je sadržaj azota u suvoj materiji lista bio oko 4% u biljkama koje su đubrene sa azotom u odnosu na kontrolne biljke koje su imale 3%. U našim ispitivanjima smo takođe, pronašli da su obolele (crvene) biljke imale sadržaj azota do 3% u odnosu na zdrave biljke koje su imale od 3,5% do 4,06%.

Na osnovu svega iznetog se može zaključiti da je crvenilo lista i stabla izazvano nedostatkom azota u biljkama. Ovaj nedostatak je više prouzrokovan usled suše i nemogućnosti usvajanja azota od strane biljaka u tom periodu, a ne stvarnim nedostatkom u zemljištu.

## LITERATURA

- Barlóg, P., Grzebisz, W., (2004): Effect of timing and nitrogen fertilizer application on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). II nitrogen uptake dynamics and fertilizer efficiency.
- Colnenne, C., Meynard, J. M., Roche, R., Reau, R., (2002): Effects of nitrogen deficiencies on autumn at growth of oilseed rape. *Eur. J. Agron.* 17, 11-28.
- Gammelvind, L. H., Schjoerring, J. K., Magensen, V. O., Jensen, C. R., Bock, J. G. H., (1996): Photosynthesis in leaves and siliques of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Plant and Soil.* Vol. 186, N2, 227-236.
- Gonzales-Dugo, V., Durand, J. L., Gastal, F., (2010): Water deficit and nitrogen nutrition of crops. *Agron. Sustain. Dev.* Vol 30. N3, 529-544.
- Jović, J., Cvrković, T., Mitrović, M., Krnjajić, S., Petrović, A., Redinbaugh, M. G., Pratt, R. C., Hogenhout, S. A., and Toševski, I. (2009): Stolbur phytoplasma transmission to maize by *Reptalus panzeri* and the disease cycle of maize redness in Serbia. *Phytopathology* 99:1053-1061.
- Kurpjuweit, H., (2006): Raps-Anbau und verwertungsliner kultur mit perspective. *Landwirtschaftsverlag GmbH, BASF Aktiengesellschaft,* 151-163.
- Magud, B., Toševski, I., (2004): *Scaphoideus titanus* Ball. (Homoptera, Cicadellidae) nova štetočina u Srbiji. *Biljni lekar* br 5, 346-352.

- Marić, A., Obradović, A., Mijatović, M., (2001): Atlas bolesti povrtarskih biljaka. Izd Centar za povrtarstvo Smederevska Palanka, školska knjiga Novi Sad. Zajednica za voće i povrće. D.D Novi Beograd. Str 1-180.
- Mason, M., (2006): Nutrient deficiency symptoms in canola (rapeseed). <http://www.agric.wa.gov.au/pls/portal130docs>.
- Mendham, N. J., (1995): physiological basis of seed yield and quality in oilseed rape. Proc. Of the 9th Inter. Rapeseed Congr. Cambridge, vol. 2, 485-490.
- Ogunlela, V. B., Kullimann, A., Geisler, G., (1990): Nitrogen distribution and dry matter accumulation in oilseed rape (*Brassica napus* L.) as influenced by nitrogen supply. J. Agron. Crop Sci., 164, 321-333.
- Sadras, V. U., (2005): A quantitative top-down view at interactions between stresses: theory and analysis at nitrogen-water co-limitation in Mediterranean agro-ecosystems. Aust. J. Agric. Res 56: 1151-1157.
- Wang, Ling., Kroon, H., Smits, A., (2007): Combined effects of partial root drying and patchy fertilizer placement on nutrient acquisition and growth of oilseed rape. Plant and soil, vol. 295, N1-2, 207-216.

(Primljeno: 18.08.2010.)

(Prihvaćeno: 1.9.2010.)



**THE CAUSE OF LEAF AND STEM REDNESS IN RAPESID**

PETAR MITROVIĆ, ANA MARJANOVIĆ-JEROMELA, SRETEN TERZIĆ,  
RADOVAN MARINKOVIĆ

Institute for field and vegetable crops, Novi Sad, Serbia

**SUMMARY**

Frequent apparition of leaf and stem redness of rapeseed in Vojvodina (Bačka, Banat) was registered in the second half of February 2007. Redness was particularly frequent at the end of February and in the first decade of March. First symptoms were registered on lower leaves as leaf edge redness. Lower leaves quickly became completely red, and the redness than started to appear on upper leaves and stem. Up to 90% of rapeseed acreage on inspected trials manifested plant redness. Plants that strongly exhibited symptoms lagged in growth and did not produce flower buds. Plants were screened for the presence of insects and plant pathogens at mid March. Analysis of basic soil chemical attributes was performed before sowing in 2006. Besides soil analysis, plants were screened for mineral content of macro- (nitrogen, phosphorus, potassium) and microelements (zinc, copper, iron, manganese, molybdenum). On the basis of entomological, phytopathological and chemical evaluations, it was found that the key difference between plants exhibiting leaf and stem redness and healthy plants was the lack of nitrogen in affected plants. We can conclude that the lack of nitrogen caused leaf and stem redness of rapeseed.

*Key words:* redness, insects, mineral elements, pathogens, rape seed.

*(Received: 18.08.2010.)*

*(Accepted: 1.9.2010.)*



Zaštita bilja  
vol. 61 (2), № 272, 141-150, 2010, Beograd

UDK  
ID  
Naučni rad

## ODREĐIVANJE FUMONISINA U KUKURUZU I PROIZVODIMA NA BAZI KUKURUZA METODOM TEČNE HROMATOGRAFIJE KUPLOVANE SA MASENOM SPEKTROMETRIJOM

GORICA VUKOVIĆ<sup>1</sup>, MARINELA TADIĆ<sup>1</sup>, SNEŽANA PAVLOVIĆ<sup>2</sup>,  
MARIJA CINDRIĆ<sup>1</sup>, MIHAILO RISTIĆ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gradski zavod za javno zdravlje, Beograd

<sup>2</sup>Institut za proučavanje lekovitog bilja "Dr Josif Pančić", Beograd

Fumonizini su mikotoksini koje sintetišu gljive iz roda *Fusarium*, pri čemu su kao veoma aktivni proizvođači poznati sojevi *F. verticillioides* i *F. proliferatu*.. Cilj rada je bio razvoj metoda tečne hromatografije kuplovane sa tandem masenim spektrometrom sa pozitivnom electronsprej jonizacijom, LC-MS/MS (+ESI) za brzo i pouzdano određivanje sadržaja fumonizina u kukuružu i proizvodima na bazi kukuruža. Nakon homogenizacije uzorka, fumonizini su ekstrahovani smešom acetonitril:methanol:voda (25:25:50 /V:V:V), zatim je ekstrakt centrifugiran, supernatant profiltriran kroz celulozni filter 0.45µm i analiziran na Waters XBridge C18 koloni, pri protoku 0.5ml/min. Kao mobilna faza korišćena je kombinacija 0.5% mravlje kiseline u metanolu i 0.5% mravlje kiseline u odnosu 70:30/V:V. Uzorci su rađeni u multi reakcionom modu (MRM) praćenjem transfera jona 722m/z→334m/z i 722m/z→352m/z za FB1 i 706m/z→336m/z i 706m/z→318m/z za FB2. Limit kvantifikacije je iznosio 2 µg/kg za FB1 i 0.2 µg/kg za FB2. Srednja vrednost prinosa za FB1 je iznosila 97% (%RSD=4).

Analizom 15 uzoraka na bazi kukuruža (3 griza, 3 palente, 5 brašna, 1 kukuruz kokičar, 3 kukuruzne pahuljice) utvrđeno je prisustvo FB1 u 100% analiziranih uzoraka (10-170µgkg<sup>-1</sup>), a prisustvo FB2 u 80% analiziranih uzoraka (0.5-49µgkg<sup>-1</sup>). Svi uzorci su bili u skladu sa EU Directive 1881/2006.

*Ključne reči:* fumonizin B1 , kukuruz, LC-MS/MS, *F.verticillioides*, *F. moniliforme*.

## UVOD

Fumonizini su grupa mikotoksina koju produkuju plesni iz roda *Fusarium verticillioides* i *Fusarium proliferatum* i to uglavnom u kukuruзу i proizvodima na bazi kukuruза (Ronald T. Riley, 1993.). Iako postoji nekoliko analoga fumonizinske strukture, najzastupljeniji su fumonizin FB1 i FB2.

Zbog njihovog potencijalno toksičnog dejstva na ljude i životinje, posebna pažnja se obraća na ove fumonizine. Tako je npr. unos hrane zaražene fumonizinima dovedeno u vezu sa pojavom raka jednjaka u Južnoj Africi i Kini. Prema toksičnosti, fumonizin FB1 je svrstan u grupu potencijalnih kancerogena za ljude (grupa 2B, prema IARC klasifikaciji (IARC, 2002.).

Uzimajući u obzir potencijalni rizik po zdravlje ljudi, Naučno veće za ishranu evropske unije (Scientific Food Commitu, SFC) je propisalo tolerišući dnevni unos (tolerable daily intake, TDI) od  $2\mu\text{gkg}^{-1}$  telesne mase na dan za fumonizine FB1, FB2 i FB3, pojedinačno ili ukupno. Kako bi se ograničio unos fumonizina, EU je postavila gornje granice akcije od  $4000\mu\text{gkg}^{-1}$  fumonizina za neprerađeni kukuruz i  $200\mu\text{gkg}^{-1}$  fumonizina za hranu na bazi kukuruза za odojčad i decu ( Commission Directive 2007/1126/EC).

Problemi i rizici vezani za unos fumonizina uticali su na razvoj preciznih, pouzdanih i osetljivih metoda za njihovo određivanje u kukuruзу i hrani na bazi kukuruза ( Megan i Olsen, 2004.).

Fumonizini se najčešće ekstrahuju smešom poarnih rastvarača, kao što je metanol, acetonitril i voda u različitim kombinacijama i odnosima (Chiara Cavaliere i autori, 2007.;Liliana Silva i Mónica Fernández-Franzón.,2009), a pečiščavaju ekstrakcijom na čvrstoj fazi (SPE), reverzno faznim kolonama (Hinojo et al., 2006), jonoizmenjivačkim kolonama (strong anion exchange SAX) (De Girolamo, Solfrizzo, von Holst i Visconti, 2001) i imunoafinitetnim kolonama (IAC) (De Castro et al., 2004). Za detekciju fumonizina koriste se tehnike gasne hromatografije, hromatografije na tankom sloju (Shepard i Sewram, 2004), kapilarne elektroforeze (Margos, Benet, Richard, 1996), a najzastupljenija je tehnika tečne hromatografije (Plattener, 1999) sa fluorescentnom detekcijom (Gulden Z. Omurtag and Duygu Yazicioglu, 2004.; Paliuca et al., 2005.; Lino, Silva, Pena, Fernandez i Manes, 2007). Poslednjih godina, značajno poboljšanje je postignuto povezivanjem tečne hromatografije sa masenim detektorom ( LC-MS) (Cirillo, Ritieni, Visone i Coccieri, 2003), i maseno/masenim detektorom (LC-MS/MS) (Faber, Foglia, Pastorini, Samperi i Lagana, 2005; Peapens et al., 2005).

## MATERIJAL I METODE

### Hemikalije i reagensi

Standard fumonizina FB1, 50  $\mu\text{g ml}^{-1}$  u smeši acetonitril:voda (50:50) (Sigma-Aldrich, Cat No F1147) i standard smeše fumonizina B1 (100  $\mu\text{g ml}^{-1}$ ) i fumonizina B2 (30  $\mu\text{g ml}^{-1}$ ) u acetonitrilu (R-Biopharm, Cat.No P62A), su korišćeni za pripremanje radnih standarda. Referentni material (Product No. P64/F428) je nabavljen od R-Biopharm Rhône Ltd, (Glasgow, Scotland). Acetonitril, methanol (svi LC čistoće) nabavljeni su od Merck (Darmstadt, Germany). Mravlja kiselina (98/100%, laboratory reagent grade) od Fischer Scientific (Loughborough, UK). Voda HPLC čistoće je obezbeđena iz Purelab® ELGA sistema za prečišćavanje vode (Vivendi Water Systems Ltd UK). Korišćeni su filteri firme Whatman, Cat. No. 6880-2504 (Maidstone, UK). i filteri od regenerisane celuloze (0.45 $\mu\text{m}$ ) od firme Agilent, Cat. No. 5158-5831 (Germany).

### Hromatografski uslovi

Određivanje je izvršeno korišćenjem tečnog hromatografa Agilent 1200 sa binarnom pumpom i autosamplerom. Hromatografsko razdvajanje je izvršeno na X Bridge™ C18 coloni (100 x 3.0 mm, 3.5  $\mu\text{m}$ ) (Waters, Ireland) na 30 °C u izokratskom režimu rada. Mobilna faza se sastojala od methanola (A) i vode (B), obe sa dodatkom 0.5% mravlje kiseline u odnosu 70:30 (v:v), pri protoku od 0.5 mlmin<sup>-1</sup>.

Masena analiza je izvršena pomoću Agilent 6410 Triple Quadrupole masenog spektrometra korišćenjem elektrosprej jonizacije (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA). Akvizicija, obrada rezultata i kvantifikacija rezultata izvršena je pomoću Agilent MassHunter Workstation softvera B.01.04 (2008). Jonizacioni uslovi su bili sledeći: jonizacija je izvršena u pozitivnom modu, temperatura gasa (azota) za sušenje iznosila je 350°C, pri protoku od 5 lmin<sup>-1</sup>; pritisak u raspršivaču iznosio je 50 psi, a kapilarni napon 2000 V. Detekcija je vršena u multi reakcionom modu (MRM) sa sledećim prelazima jona:  $m/z$  722→352 i 722→334 za FB1;  $m/z$  706→336 i 706→318 za FB2 i FB3. Energija fragmentacije za FB1, je 140V i kolizije 40 V. Energija fragmentacije za FB2i FB3 je 140V i kolizije 35 V. Za kvantifikaciju je korišćena metoda eksterne kalibracije.

### Priprema uzorka

Odmereno je 10g uzorka ( $\pm 0.01\text{g}$ ), koji je prethodno homogenizovan i preneto u blender sa 100ml ekstrakcione smeše acetonitril:methanol:voda (25:25:50

/V:V:V) i dodato je 5g natrijum hlorida da bi se sprečilo stvaranje stabilne emulzije. Ekstrakt je centrifugiran 5min na 12000 rpm. Supernatant je profiltriran kroz celulozni filter 0.45 $\mu$ m u bočicu za autosampler.

## REZULTATI

### Optimizacija hromatografskog razdvajanja FB1 i FB2

Optimizacija ESI-MS uslova izvršena je direktnim snimanjem standardnog rastvora fumonizina (1 $\mu$ gml<sup>-1</sup>). Identifikacija prekursor jona je izvršena u "scan" modu snimanjem m/z u opsegu od 100 do 800 daltona. Kao najintezivniji prekursor joni za FB1 i FB2 su javili protonovani molekularni joni [M+H]<sup>+</sup>. Primenom različitih energija fragmentacije i kolizije utvrđena su po dva karakteristična transfera jona za FB1, FB2 i FB3. Rezultati su dati u Tabeli 1.

**Tabela 1.** - LC-MS/MS uslovi.

**Table 1.** - LC-MS/MS conditions.

Analit	Rt (min)	Prekursor jon (m/z)	Produkt jon (m/z)	Energija fragmentacije (V)	Koliziona energija (V)	Polarnost
FB1	4.24	722	352	140	40	pozitivna
		722	334	140	40	
FB2	6.21	706	336	140	35	pozitivna
		706	318	140	35	
FB3	9.95	706	336	140	35	pozitivna
		706	318	140	35	

Za dokazivanje FB1 izabran je prekursor jon m/z 722, a produkt joni m/z 352 i 334. Za FB2 i FB3, utvrđena su različita vremena zadržavanja na koloni, a iste tranzicije jona: prekursor jon m/z 706, a produkt joni m/z 318 i 336. Fumonisin B3 (FB3) je kvalitativno određen korišćenjem CRM uzorka, jer za kvantifikaciju nismo imali analitički standard.

### Validacija metode

Radni standardi koji su upotrebljeni za snimanje kalibracione krive dobijeni su razblaživanjem osnovnog rastvora fumonizina od 1000 ngml<sup>-1</sup>. Kalibraciona kriva je bila linearna u ispitivanom opsegu 1-250 ngml<sup>-1</sup> za FB1 i 4-250 ngml<sup>-1</sup> za FB2. Koeficijent korelacije je bio veći od 0.995. (Tabela 2.) za oba ispitivana analita.

**Tabela 2.** - Jednačine regresione prave, koeficijenti korelacije, granice detekcije (LODs) i granice kvantifikacije (LOQs).

**Table 2.** - Method regression data, equations, correlation coefficients, detection limits (LODs) and quantification limits (LOQs).

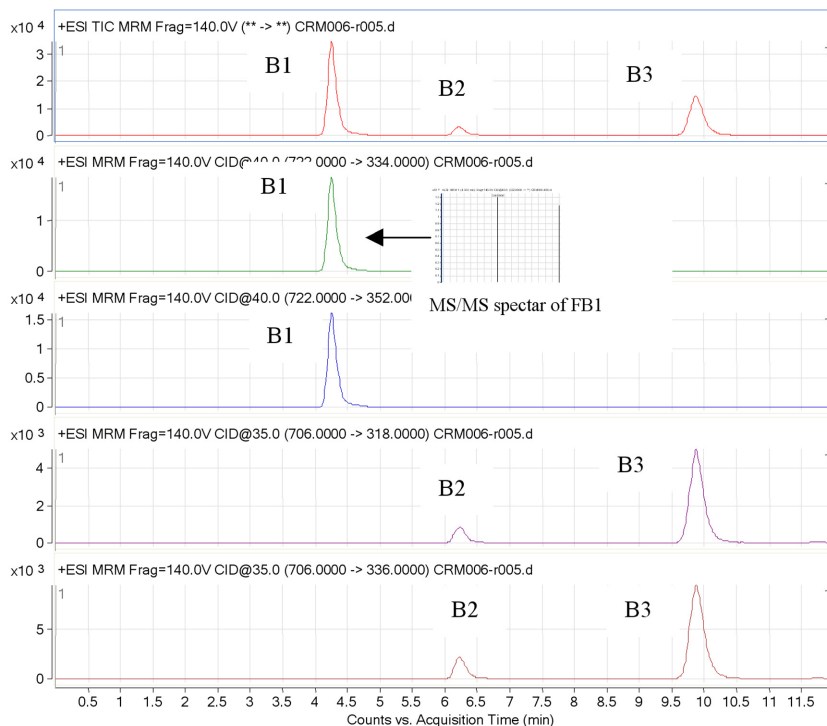
Analit	Opseg (ng ml <sup>-1</sup> )	Jednačina	r <sup>2</sup>	LODs (μg kg <sup>-1</sup> )	LOQs (μg kg <sup>-1</sup> )
FB1	1-250	y=618.1070x-1212.23	0.9979	0.25	1
FB2	4-250	y=92.2408x+409.38	0.9959	0.5	2

Prinosi (Recovery) za FB1 i FB2 su određeni pripremanjem uzorka kome je dodat standard u tri različite koncentracije u tri ponavljanja. Rezultati su prikazani u Tabeli 3 i kreću se od 92 do 96%, sa relativnom standardnom devijacijom od 3 do 6% za FB1 i od 94 do 97% sa relativnom standardnom devijacijom od 4 do 7% za FB2. Preciznost metode u pogledu ponovljivosti (r) i reproduktivnosti (R) je izražena na osnovu relativne standardne devijacije (%RSD). Referentni materijal je analiziran u pet ponavljanja (r) i analiza je ponovljena nakon tri dana (R) (Tabela 3). LC-MS/MS hromatogram sa ekstrahovanim MRM hromatogramima za FB1, FB2 i FB3 je dat na Slici 1. Granice detekcije (LODs) i kvantifikacije (LOQs) su određene preko odnosa signal/šum. LOD i LOQs za FB1 i FB2 dati su u Tabeli 2.

**Tabela 3.** - Prinos i preciznost sa RSD(%).

**Table 3.** - Recoveries and precisinon with RSD(%).

Analit	Prinos			Ponovljivost	
	Nivo obogaćenja (μg kg <sup>-1</sup> )	%	RSD (%)	RSD (%) (n=5)	RSD (%) (n=5)
FB1	10	92	3	2.8	7.6
	400	93	3		
	1000	96	6		
FB2	40	94	4	2.0	11.2
	400	95	7		
	1000	97	5		



**Slika 1.** - LC-MS/MS hromatogrami referentnog materijala kukuruznog brašna sa kvantitativnim i kvalitativnim prelazima.

**Fig. 1.** - LC-MS/MS chromatograms corresponding to CRM with quantitative and qualitative transitions.

Razvijena metoda je primenjena na realne uzorke, koji su obezbeđeni sa tržišta metodom slučajnog izbora. Izabrane namirnice su odabrane kao proizvodi koji se najčešće koriste u ishrani. Rezultati su dati u Tabeli 4.



**Tabela 4.** - Pojava fumonizina u testiranim uzorcima.

**Table 4.** - Occurrence of fumonisins in tested samples.

Uzorak	FB1 $\mu\text{g}/\text{kg}$	FB2 $\mu\text{g}/\text{kg}$	FB3
griz 1	21	5.4	DP*
griz 2	10.3	0.5	DP
griz 3	10.8	<	ND**
palenta 1	28.8	7.0	DP
palenta 2	39.7	9.6	DP
palenta 3	9.87	0.4	DP
kukuruzne pahuljice 1	33.1	8.4	DP
kukuruzne pahuljice 2	48.8	9.0	DP
kukuruzne pahuljice 3	6.7	<	ND
kukuruzno brašno 1	170.3	48.8	DP
kukuruzno brašno 2	10.3	0.5	DP
kukuruzno brašno 3	10.8	<	ND
kukuruzno brašno 4	108.7	19.8	DP
kukuruzno brašno 5	44.8	10.6	DP
kukuruz kokičar	14.6	0.6	DP
*DP- dokazano prisustvo			
**ND-nije dokazano prisustvo			

## DISKUSIJA

Statističkom obradom analiziranih validacionih parametara (linearnost, prinos, LOD, LOQ, ponovljivost i reproduktivnost) potvrđen je limit detekcije od 0.2 za FB1 i 0.5  $\mu\text{gkg}^{-1}$  za FB2 i granicom kvantifikacije 1.0 za FB1 i 2.0  $\mu\text{gkg}^{-1}$  za FB2. Linearnost odziva detektora sa kvadratom koeficijenta regresije u inetrvalu većim od 0.995, govori u prilog linearnosti. Prinosi se kreću od 92 do 96%, (RSD 3-6%) za FB1 i od 94 do 97% (RSD 4-7%) za FB2. RSD za ponovljivost za FB1 i FB2 iznosi 2.8 i 2.0%, a RSD za reproduktivnost 7.6 i 11.2%. Dobijeni rezultai zadovoljavaju zahteve za validaciju analitičke metode prema SANCO/10684/2009.

## LITERATURA

- de Castro, M. F., Shephard, G. S., Sewram, V., Vicente, E., Mendonca, T. A., & Jordan, A.C. (2004): Fumonisin in Brazilian corn-based foods for infant consumption. *Food Additives and Contaminants*, 21: 693–699.
- Chiara Cavaliere, Patrizia Foglia, Chiara Guarino, Mario Motto, Manuela Nazzari, Roberto Samper, Aldo Lagana, Nicola Berardo (2007): Mycotoxins produced by *Fusarium* genus in maize: determination by screening and confirmatory methods based on liquid chromatography tandem mass spectrometry, *Food Chemistry*, 105: 700–710.
- Cirillo, T., Ritieni, A., Visone, M., & Cocchieri, R. A. (2003): Evaluation of conventional and organic Italian foodstuffs for deoxynivalenol and fumonisins B(1) and B(2). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51: 8128–8131.
- Faberi, A., Foglia, P., Pastorini, E., Samperi, R., & Lagana, A. (2005): Determination of type B fumonisin mycotoxins in maize and maize-based products by liquid chromatography/tandem mass spectrometry using a QqQ linear ion trap mass spectrometer. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 19: 275–282.
- De Girolamo, A., Solfrizzo, M., von Holst, C., & Visconti, A. (2001): Determination of fumonisins B1 and B2 in cornflakes by high performance liquid chromatography and immunoaffinity clean-up. *Food Additives and Contaminants*, 18: 59–67.
- Gulden Z. Omurtag and Duygu Yazicioglu (2004): Determination of fumonisins B1 and B2 in herbal tea and medicinal plants in Turkey by high-performance liquid chromatography, *Journal of Food Protection*, 67 (8): 1782–1786.
- Hinojo, M., Medina, A., Valle-Algarra, F., Gimeno-Adelantado, J., Jiménez, M., & Mateo, R. (2006): Fumonisin production in rice cultures of *Fusarium verticillioides* under different incubation conditions using an optimized analytical method. *Food Microbiology*, 23: 119–127.
- Liliana Silva, Mónica Fernández-Franzón, Guillermina Font, Angelina Pena, Irene Silveira, (2009): Analysis of fumonisins in corn-based food by liquid chromatography with fluorescence and mass spectrometry detectors, *Food Chemistry*, 112: 1031–1037.
- Lino, C. M., Silva, L. J., Pena, A. L., & Silveira, M. I. (2006): Determination of fumonisins B1 and B2 in Portuguese maize and maize-based samples by HPLC with fluorescence detection. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 384: 1214–1220.
- Magan, N., & Olsen, M. (2004): *Mycotoxins in food: Detection and control*. FAO, Worldwide regulations for mycotoxins in food and feed in 2003, Roma. Cambridge: Wood head Publishing.

- Maragos, C. M., Bennett, G. A., & Richard, J. L. (1996): Analysis of fumonisin B1 in corn by capillary electrophoresis. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 392: 105–112.
- Paepens, C., De Saeger, S., Van Poucke, C., Dumoulin, F., Van Calenbergh, S., & Van Peteghem, C. (2005): Development of a liquid chromatography/tandem mass spectrometry method for the quantification of fumonisin B1, B2 and B3 in corn-flakes. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 19: 2021–2029.
- Pagliuca, G., Zironi, E., Ceccolini, A., Matera, R., Serrazanetti, G. P., & Piva, A. (2005): Simple method for the simultaneous isolation and determination of fumonisin B1 and its metabolite aminopentol-1 in swine liver by liquid chromatography fluorescence detection. *Journal of Chromatography B*, 819: 97–103.
- Plattner, R. D. (1999). HPLC/MS analysis of fusarium mycotoxins, fumonisins and deoxynivalenol. *Natural Toxins*, 7: 365–370.
- Ronald T. Riley, William P. Norred, and Charles W. Bacon (1993): Fungal toxins in foods: recent concerns, *Annu. Rev. Nutr.*, 13: 167-89.
- Shephard, G. S., & Sewram, V. (2004). Determination of the mycotoxin fumonisin B1 in maize by reversed-phase thin-layer chromatography: A collaborative study. *Food Additives and Contaminants*, 21: 498–505.

*(Priljeno: 15.08 .2010.)*

*(Prihvaćeno: 1.09. 2010.)*

## DETERMINATION OF FUMONIZINS IN MAIZE AND MAIZE BASED PRODUCTS BY LIQUID CHROMATOGRAPHY/TANDEM MASS SPECTROMETRY

GORICA VUKOVIĆ<sup>1</sup>, MARINELA TADIĆ<sup>1</sup>, SNEŽANA PAVLOVIĆ<sup>2</sup>,  
MARIJA ČINDRIĆ<sup>1</sup>, MIHAILO RISTIĆ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Public Health, Belgrade, Serbia

<sup>2</sup>Institute for Medicinal Plant Research "Dr Josif Pančić", Belgrade, Serbia

### SUMMARY

Fumonisin were analyzed in corn and corn based products. The most dominant fungi recorded were *Fusarium verticillioides*, and *Fusarium* sp., already well known producers of the fumonisins. Fumonisin B1 was detected in all analyzed samples (10-170 µg/kg), and FB2 and FB3 in 80% analyzed samples (0.5-49 µg/kg for FB2). This optimized analytical method provides good results in terms of accuracy, repeatability, intermediate precision and sensitivity, and has shown to be reliable for determination of fumonisins in corn and corn based products, presenting limits of quantification of 2 µgkg<sup>-1</sup> za FB1 and 1 µgkg<sup>-1</sup> za FB2. The application of the method to 15 samples from retail market has demonstrated that 100% were contaminated, although none of the samples exceeded the recommended limit.

*Key words*; fumonisin B1 , corn, LC-MS/MS, *F.verticillioides*, *F. moniliforme*.

(Received: 15.08.2010.)

(Accepted: 1.09. 2010.)

## **ODREĐIVANJE VLAŽNIH I SUŠNIH PERIODA U PERIODU 1971-2010. GODINE U SRBIJI I NJIHOV UTICAJ NA POJAVU I ŠIRENJE KOROVSKIH VRSTA**

ZORICA RADIČEVIĆ, TANJA RADENKOVIĆ

Republički hidrometeorološki zavod Srbije, Beograd

Pojava i širenje korovskih vrsta u velikoj meri uslovljeno je klimatskim činiocima. U zavisnosti od uslova vlažnosti javljaju se različite vrste i različitim intenzitetima se šire. Cilj ovog rada je da se uoče sušni i vlažni periodi, teritorija koju zahvataju i vreme kada se javljaju. Periodi sa prevelikom vlagom i sušom determinisani su preko indeksa suše odnosno vlage. Korišćeni su Palmerovi indeksi suše Z i PDSI, kao i standardizovani indeks padavina (SPI) za periode tri i šest meseci. Dobijeni rezultati pokazuju da su na teritoriji Srbije sedamdesete i osamdesete godine prošlog veka obeležili mahom normalni ili vlažniji vremenski uslovi, dok se devedesete godine mogu okarakterisati kao sušne. Prva decenija dvadesetprvog veka na teritoriji Srbije karakteristična je po izraženim ekstremima kako u pogledu prekomerne vlage tako i po periodima velike suše i toplotnih talasa. U tako ekstremnim uslovima velike štete usevima nanosi pojava korovskih vrsta. I u vlažnim i u sušnim godinama korovske vrste s obzirom da imaju dublji i razgrantiji korenov sistem bolje podnose nepovoljne uslove. Oni konkurišu gajenim biljkama za vodu i mineralne materije, zauzimaju im životni prostor i ometaju im rast i razviće.

*Ključne reči:* korovi, vlažn period, sušni period.

### **UVOD**

Sektor poljoprivredne proizvodnje karakteriše jaka izloženost riziku. Značajan izvor proizvodnog rizika su klimatski faktori koji mogu biti predstavljeni kao temperaturni i padavinski ekstremi, olujne i druge nepogode. Prekomerna vlaga, poplave, bujice s jedne strane i suša sa druge spadaju u red padavinskih ekstrema. Preobilne padavine veoma nepovoljno deluju na stanje poljoprivrednih useva,

podizju nivo podzemnih voda, dodvode do izlivanja rečnih vodotokova, praćene su velikom vlagom vazduha i izazivaju masovnu pojavu biljnih bolesti i bujanje korova. Takođe, pored štete koje izazivaju na poljoprivrednim površinama, veoma često urušavaju i infrastrukturu određenog područja. Sa druge strane suša predstavlja manjak padavina, u letnjim mesecima praćena je visokim temperaturama i niskom vlažnošću vazduha. Suša nanosi velike štete usevima, dovodi do promene u sastavu korovske flore i znatno otežava izbor herbicida. I jedna i druga pojava veoma nepovoljno se odražavaju na poljoprivrednu proizvodnju, smanjuju prinose i povećavaju troškove zaštite od biljnih bolesti, štetoćina i korova. U sušnim godinama javljaju se korovi otporni na sušu kao što su rizomski i višegodišnji korovi divlji sirak (*Sorghum halepense*), palamida (*Cirsium arvense*) i poponac (*Convolvulus arvensis*) (Konstantinović B., 2003). Posebno velike štete prave suše u proleća koja usled klimatskih promena poćinju sve ranije. Kulturne biljke otežano niću, dok korovi poćinju vegetaciju ranije, bolje koriste zalihe zemljišne vlage i time ugrožavaju useve (Radićević Z. et al., 2008). U vlažnim godinama javljaju se u jaćem intenzitetu sve zastupljene korovske vrste na datom području jer su korovi veliki potrošaći vlage i minirelnih materija i vlažni uslovi im pogoduju za razvoj i širenje.

## MATERIJAL I METODE

Ispitivano područje je tetirorija Srbije, koja je locirana između 40.13° - 46.15° N geografske širine i 18.9° - 22.9° E dužine. Nadmorska visina se kreće od 40 do 2400 m. Ispitivanja su obavljena za 28 glavne meteorološke stanice (GMS) na teritoriji Srbije u periodu od 1971 – 2010. godine. Korišćeni su dnevni podaci za maksimalne, minimalne i srednje dnevne temperature vazduha, kolićine padavina u mm, vlažnost vazduha u %, suma osunćavanja u časovima i brzina vetra u m/s.

Indeksi suše korišćeni u analizi su standardizovani indeks padavina (SPI) za šest i devet meseci i Palmerovi indeksi suše Z i PDSI. Za odrećivanje SPI koriste se samo podaci o kolićini padavina. Standardizovan indeks padavina je ustvari kolićina padavina zabeležena tokom nekog vremenskog perioda predstavljena preko vrednosti slućajne promenljive koja ima standardizovanu normalnu raspodelu verovatnoća (McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1993). Odrećivanje SPI vršena su na osnovu kolićina padavina u poslednjih šest i devet meseci sa korakom u vremenu od jedan dan za posmatrani period 1971-2010. godina.

Palmerov indeks jaćine suše (PDSI) se bazira na mesećnim proraćunima zalihe vode u zemljištu, potencijalne evapotranspiracije i oticaja, a Palmerov Z indeks pokazuje anomaliju vlage za tekući mesec bez razmatranja prethodnih

uslova koji su karakteristični za PDSI (Palmer, W.C. 1965). Potencijalna evapotranspiracija izračunata je za svaki dan u periodu po metodi Penman-Monteith, proračuni PDSI i Z indeksa su urađeni za sve GMS za period 1971-jul 2010. godine sa korakom u vremenu od jedan dan (Allen R. et al, 1998).

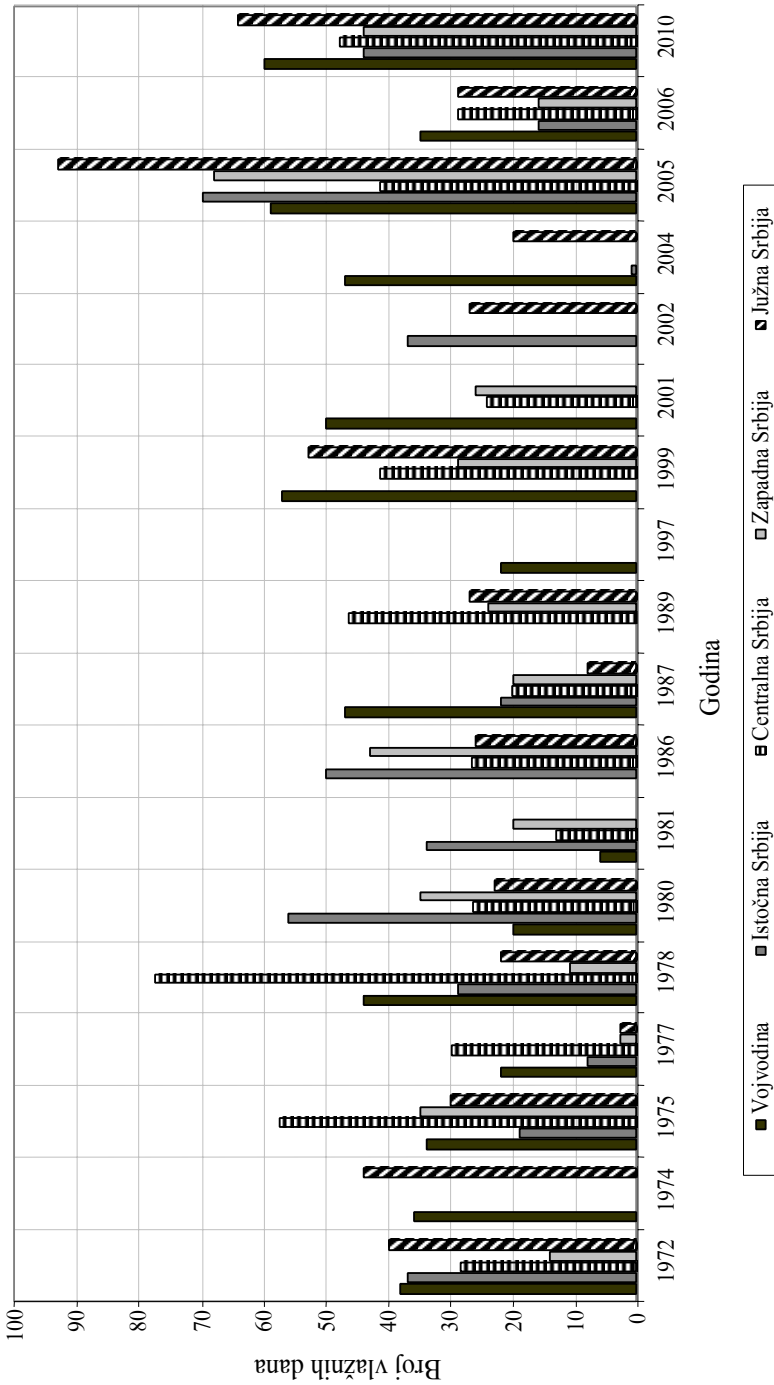
Za analizu uzet je period mart-oktobar, vreme koje odgovara vegetaciji u našem klimatu kao i periodu jesenje i prolećne setve. Istraživanje je urađeno za uslove kada Z, PDSI i SPI indeksi pokazuju istovremeno uslove vlažnosti ili suše iznad normale u dužem periodu u kontinuitetu (20 i više dana). Izabrani su Palmerov Z indeks koji pokazuje sušu/vlagu u poslednjem mesecu i PDSI i tromesečni i šestomesečni SPI koji pokazuju sušu/vlagu u dužem periodu da bi se uočio period za koji bi se sa priličnom sigurnošću utvrdilo da odstupa od normale. Prostorna interpolacija vršena je po metodi kriging (Bivand, S.R., Pebesma, J. E., Gomez-Rubio, V. ,2008.).

## REZULTATI

Prilikom analiziranja četrdesetogodišnjeg perioda na teritoriji Srbije uočeni su periodi karakteristični po uslovima velike vlažnosti (Slika 1.) i periodi kada su indeksi suše pokazivali sušne uslove (Slika 2) na celoj teritoriji zemlje. Sedamdesetih godina prošlog veka u većini krajeva Srbije mahom su dominirale vremenski uslovi koji se mogu okarakterisati kao vlažniji. Godina 1972. je interesantna jer je u vegetaciji zabeležen i sušni (od polovine marta do polovine jula) i vlažni period u oktobru mesecu. U 1975. godini indeksi vlažnosti od maja do kraja septembra na području centralne Srbije i Pomoravlja pokazivali su visoku vlažnost, a u ostalom delu zemlje od početka avgusta do kraja septembra. Najvlažnije područje 1978. bilo je Podunavlje, indeksi vlage su pokazivali visoke vrednosti od kraja maja do septembra. U Vojvodini povećana vlaga zabeležena je tokom juna i jula, na istoku zemlje krajem marta i aprilu, dok su na zapadu Srbije vladali normalni uslovi vlažnosti. Prevlašeno zemljište i povećana vlaga vazduha imali su ekstremne vrednosti samo na jednom delu teritorije i tu je izvesno da su pričinjene štete.

Osamdesete godine prošlog veka nisu imale velike padavinske ekstreme na većem delu teritorije. Godine 1980. u istočnoj Srbiji zabeležen je dug period od maja do avgusta sa uslovima vlage iznad normalnih uslova vlažnosti. Osamdesetih godina (1981, 1986,1987,1989) indeksi suše/vlage pokazivali su vrednosti vlažnosti iznad normale u dužem vremenskom razdoblju u pojedinim oblastima, u istočnoj i zapadnoj Srbiji 86., Vojvodini 87. i centralnoj Srbiji 1989. godine.

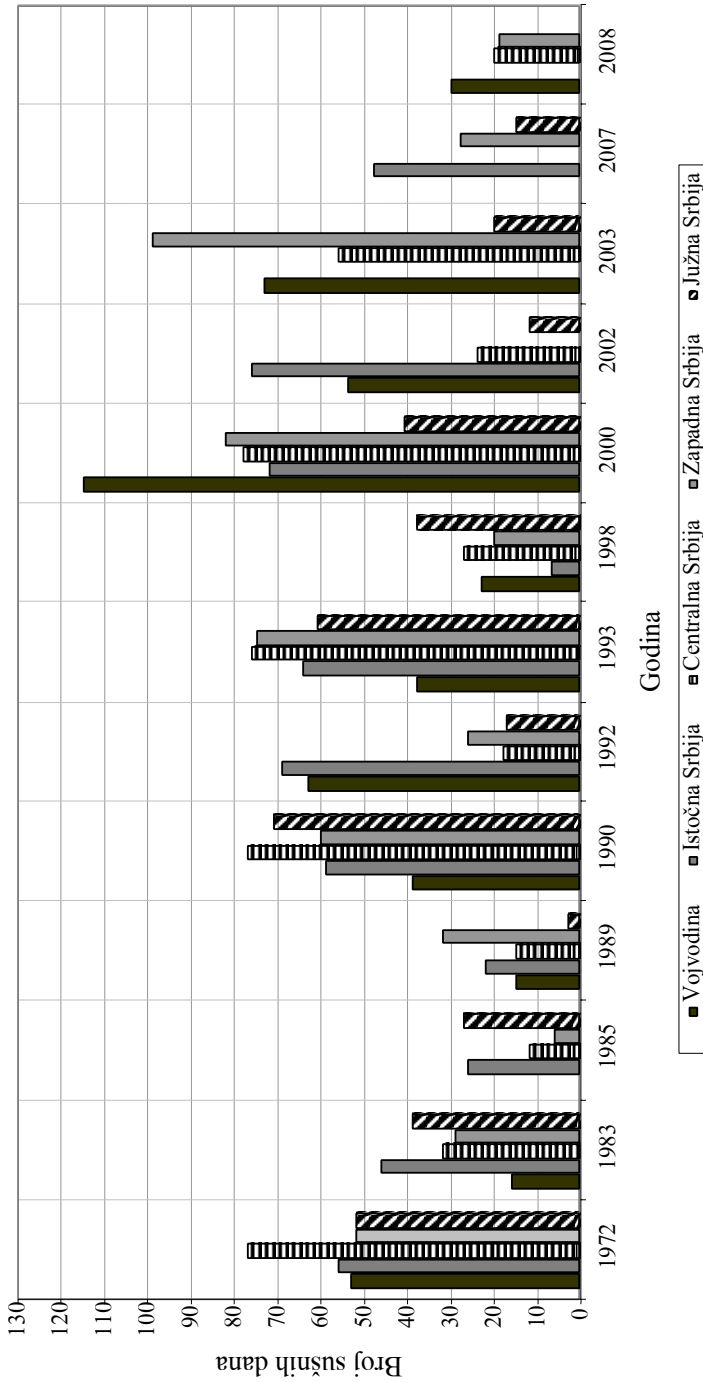
Posle 1989. godine nastaje period od deset godina karakterističan po sušnim vremenskim uslovima i to naročito u istočnim delu zemlje. Devedeseta



**Slika 1.** - Broj dana sa indeksima vlage (Z, PDSI, SPI90, SPI180) većim od normalnih u periodu od 1971. do kraja jula 2010. na teritoriji Srbije.

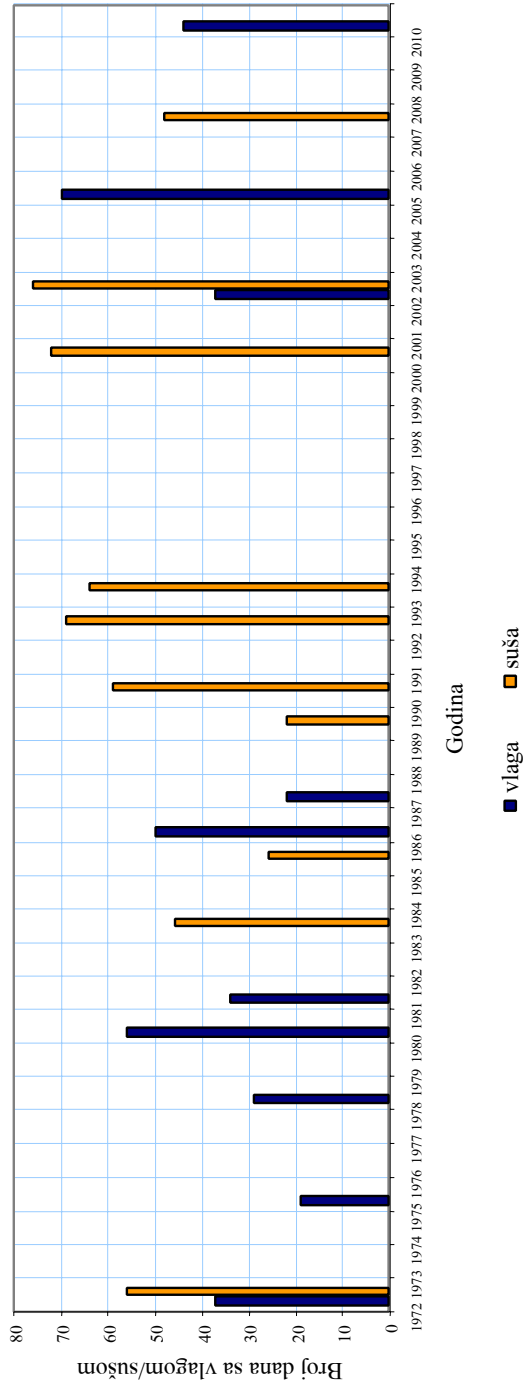
**Fig. 1.** - Number of days with moisture indices (Z, PDSI, SPI90, SPI180) higher than normal in the period from 1971 until the end of July 2010 on the territory of Serbia.





**Slika 2.** - Broj dana sa indeksima suše (Z, PDSI, SPI90, SPI180) nižim od normalnih u periodu od 1971. do kraja jula 2010. na teritoriji Srbije.

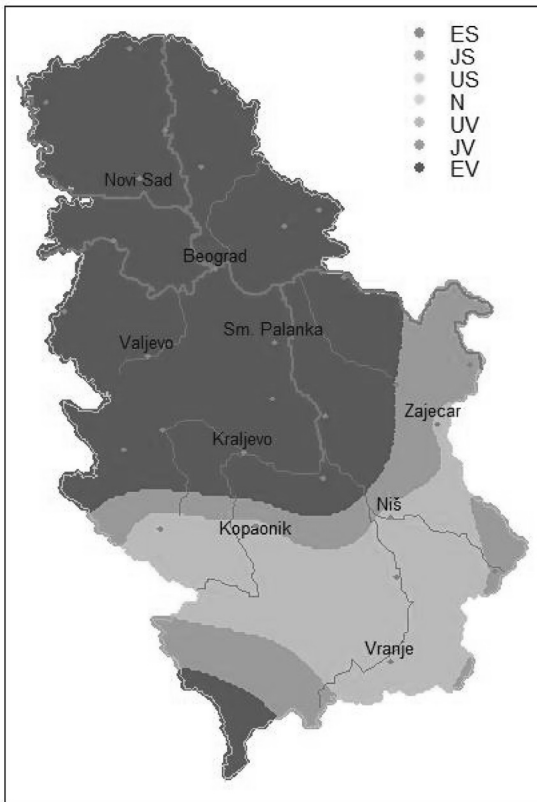
**Fig. 2.** - Number of days with drought indices (Z, PDSI, SPI90, SPI180) lower than normal in the period from 1971 to the end of July 2010 on the territory of Serbia.



**Slika 3.** - Broj dana kada indeksi (Z, PDSI, SPI90, SPI180) pokazuju sušne ili vlažne vremenske uslove u periodu od 1971. do kraja jula 2010. na teritoriji istočne Srbije.

**Fig. 3.** - Number of days when indices (Z, PDSI, SPI90, SPI180) show dry or wet weather conditions in the period from 1971 until the end of July 2010 on the territory of east Serbia.

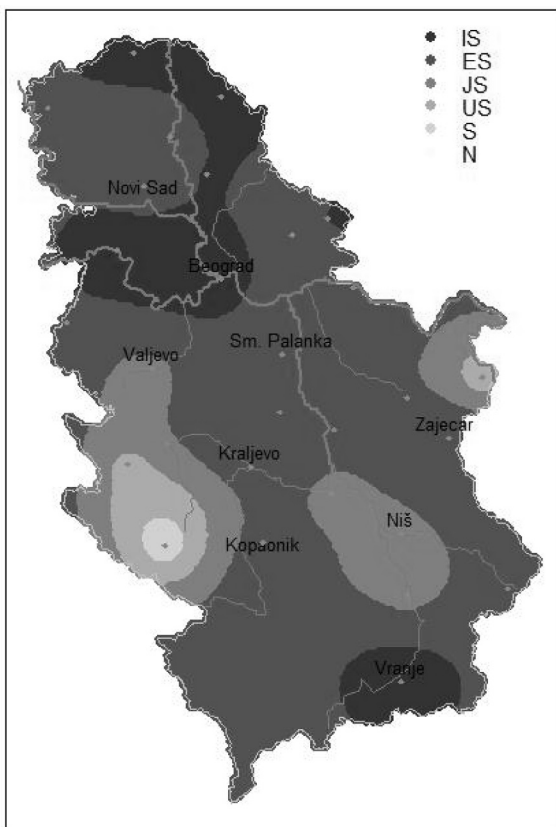
godina je u posmatranom periodu prva izrazito sušna godina na celoj teritoriji Srbije. U centralnoj Srbiji sušni period je trajao od kraja maja do septembra i to je jedna od najsušnijih godina na toj teritoriji. U Vojvodini u tom periodu sušni uslovi vladali su samo na teritoriji Banata i Bačke, dok u Sremu nije bilo izrazite suše. Na jugu zemlje suša je trajala od polovine jula pa sve do kraja vegetacionog perioda. Devedesete godine su karakteristične po čestim i jakim sušama u istočnoj Srbiji (Slika 3). U 1992. godini period sa indeksima suše kako Palmerovog Z koji pokazuje anomaliju vlage poslednjeg meseca, tako i PDSI koji pokazuje uslove vlage za duži period i SPI na tromesečnom i polugodišnjem nivou pokzivali su sušne uslove u Vojvodini i istočnoj Srbiji u periodu od aprila do kraja septembra. Naredna 1993. godina takođe je bila sušna i u poslednje četiri godine to je treća izuzetno sušna godina u istočnoj Srbiji. Velika i prekomerna vlaga sa obilnim padavinama u vreme jula, avgusta i septembra 1999. godine zabeležena je na skoro celoj teritoriji, a desila se posle bombardovanja NATO alijanse. Najviše kiše bilo je u Vojvodini i južnoj Srbiji, dok su na istoku zemlje bili normalni uslovi (Slika 4).



**Slika 4.** - Uslovi vlažnosti na dan 3. VIII 1999. godine ocenjeni na osnovu Palmerovog Z indeksa.

**Fig. 4.** - Moisture conditions on the day of 3 August 1999 assessed by Palmer's Z index.

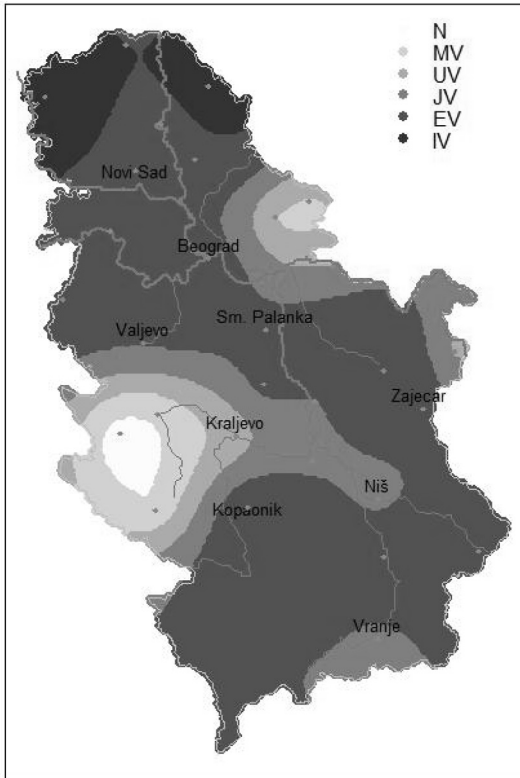
Prva decenija dvadesetprvog veka karakteristična je po dosta izraženim ekstremima, kako u pogledu prekomerne vlage, tako i po periodima velike suše i toplotnih talasa. Najsušnija godina u proteklom četrdesetogodišnjem periodu bila je 2000. (Slika 5). Te godine je zabeležena izuzetna dugotrajna suša praćena visokim temperaturama vazduha na celoj teritoriji zemlje, a naročito u Vojvodini gde



**Slika 5.** - Uslovi vlažnosti na dan 2. VIII 2000. ocenjeni na osnovu vrednosti tromesečnog standardizovanog indeksa padavina.

**Fig. 5.** - Moisture conditions on the day of 2 August 2000 assessed on the basis of the value of three-monthly standardized precipitation index.

je u vegetacionom periodu zabeleženo samo oko 150 mm padavina, što je trećina prosečnih padavina. Karakteristika sušnih perioda poslednje decenije je da su se suše mahom javljale u proleće, što je malo neuobičajeno jer su se ranijih godina duži periodi bez kiše obično javljali u letnjim mesecima. U istočnoj Srbiji velika prolećna suša od marta do polovine jula zabeležena je 2002. godine, dok se 2003. takođe u prolećnom periodu javila u Vojvodini, centralnoj i zapadnoj Sbjiji. Skoro svake godine u toj deceniji dolazilo je do pojave prevlaženosti zemljišta, ali u pojedinim područjima Srbije. Najveći broj dana sa indeksima vlage koji su pokazivali uslove vlažnije od normalnih na većem delu teritorije zabeleženi su 2005. i 2010. godine.



**Slika 6.** - Uslovi vlažnosti na dan 28. VI 2010. ocenjeni na osnovu vrednosti šestomesečnog standardizovanog indeksa padavina.

**Fig. 6.** - Moisture conditions on the day of 28 June 2010 assessed on the basis of the value of six-monthly standardized precipitation index.

Zbog izlivanja reke Tamiša koje je prouzrokovano intenzivnim padavinama u Rumuniji u proleće 2005. godine deo srednjeg Banata je bio poplavljen a i celom Podunavlju su pretile poplave. Indeksi vlage su pokazivali visoke vrednosti u većem delu zemlje u martu i aprilu. I 2010. godina karakteristična je po velikoj vlažnosti u prvoj polovini godine. Početkom marta obilne, prekomerne padavine ometale su blagovremenu setvu jarih useva, dovodile do izlivanja rečnih vodotokova i podizanja podzemnih voda. Kišovito, vlažno vreme, povremeno i sa snegom tokom marta, uz manji prekid u aprilu nastavljeno je do polovine jula (Slika 6.).

## DISKUSIJA

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je u periodu od 1971-2010. godine na teritoriji Srbije korovska vegetacija pričinjavala velike štete poljoprivrednim kulturama, kako u vlažnim, tako i u sušnim godinama. Opšte je poznato da povoljna vlažnost vazduha i zemljišta dovodi do toga da korovi bujaju, zauzimaju životni prostor gajenim biljkama oduzimajući im vodu i hranljive materije. Korovi dobro podnose i uslove prekomerne vlage jer imaju dublji i razvijeniji korenov sistem koji je otporniji na truljenje i manjak kiseonika u odnosu na gajene useve. Sa druge strane u vlažnim godinama suzbijanje korova može biti olakšano jer visoka zemljišna vlaga utiče na pojačanu aktivaciju zemljišnih herbicida koji deluju na jednogodišnje i višegodišnje korove koji se razvijaju iz semena. Kiše mogu da budu i važne kao odbrambeni mehanizam u zaštiti od alergeni korovskih vrsta, jer dovode do spiranja njihovih polenovih zrnaca i ublažavaju alergijske reakcije.

U godinama sa izraženom sušom, kao što su bile 1990., 2000. i 2003. godina i druge, poljoprivredne kulture su pored deficita vode u velikoj meri ugrožavali i korovi. Usevi u takvim godinama imaju manju gustinu i loš sklop, slabije su kompetitivni prema korovskim vrstama, pa su štete koje korovi nanose velike. Vrste koje se najčešće pojavljuju u takvim uslovima su prvenstveno korovi tolerantni na sušu, kao što su rizomski i višegodišnji korovi divlji sirak, palamida, poponac. Nicanje korova u takvim godinama je obično usporeno ili nepravilno. To se posebno odnosi na sušne uslove u prolećnom periodu koji su zabeleženi početkom prošle decenije. Korovi koji bi trebalo da niknu početkom proleća, a koje bi efikasno suzbili *pre emergence* tretmanom zemljišnim herbicidima, niknu mnogo kasnije, kao što se 2003. godine i desilo sa vrstom štir (*Amaranthus retroflexus*), koja je nanela velike štete usevima. Dejstvo zemljišnih herbicida je bilo tokom proleća izrazito slabo, jer je bio očit nedostatak vlage potrebne za delovanje herbicida i njihovo usvajanje od strane poniklih korovskih klijanaca.

Štete koje korovi nanose poljoprivrednoj proizvodnji su veoma velike i raznovrsne. U godinama koje imaju povoljne uslove vlažnosti, usevi su manje ugroženi korovima, za razliku od sušnih i pekomerno vlažnih perioda. I u vlažnim i u sušnim godinama korovske vrste s obzirom da imaju dublji i razgrantiji korenov sistem bolje podnose nepovoljne uslove. Oni konkurišu gajenim biljkama za vodu i mineralne materije, zauzimaju im životni prostor i ometaju im rast i razviće. U posmatranom četrdesetogodišnjem periodu zabeleženi su česti i sušni i vlažni periodi na većem delu teritorije Srbije. Dobijeni rezultati pokazuju da su na teritoriji Srbije sedamdesete i osamdesete godine prošlog veka obeležili pretežno normalni ili vlažniji vremenski uslovi, dok se za devedesete godine može reći da su bile mahom sušne, a poslednja decenija bila je karakteristična po izraženim

ekstremima kako u pogledu prekomerne vlage tako i po periodima velike suše. Sa takvim obeležjem klimata, može se zaključiti da je blagovremeno i efikasno suzbijanje korova preduslov za uspešnu poljoprivrednu proizvodnju.

### LITERATURA

- Allen R., Pereira L., Raes D., Smith. M.(1998): Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, Italy
- Bivand, S.R., Pebesma, J.E., Gomes-Rubio, V.(2008): Applied Spatial Data Analysis with R . Springer, 215-218
- Konstantinović, B., Maseldžija, M. (2003): Uticaj suše na naknadno nicanje korova. Biljni lekar, XXXI, 5, 470-472, Novi Sad
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1993) : The relationship of drought frequency and duration to time scales. u: Conference of applied climatology, (8), Denver, CO, Boston, MA: American Meteorological Society, 179-184
- Palmer, W.C. (1965): Meteorological drought. US Weather Bureau, res. pap. no. 45., p. 58
- Radičević Z., Radenković T., Bojović J.(2008) : Uticaj klimatskih faktora na promenu sastava korovske flore u Srbiji. Acta Herbologica, Vol. 17, No. 1, 2008, 31-37.

*(Primitljeno: 18.08 .2010.)*  
*(Prihvaćeno:1.09. 2010.)*

**DEFINING WET AND DRY PERIODS IN THE PERIOD 1971-2010 IN  
SERBIA AND THEIR INFLUENCE ON THE OCCURRENCE AND  
SPREADING OF VARIOUS TYPES OF WEEDS**

ZORICA RADIČEVIĆ, TANJA RADENKOVIĆ

Republic Hydrometeorological Service of Serbia, Belgrade

**SUMMARY**

Occurrence and spreading of weeds are greatly influenced by climate factors. Various types of weeds occur and spread with different intensity depending on moisture conditions. The aim of this paper is to indicate wet and dry periods, territories they affect and the time of their onset. Periods with excessive moisture and drought are determined through the drought index, that is, moisture index. Palmer's drought indices were used, Z and PDSI, as well as standardized precipitation index (SPI) for the periods of three and six months. Obtained results show that mostly normal or wet weather conditions were characteristic for the territory of Serbia in the seventies and eighties of the last century, while the nineties are characterized as dry. The first decade of the twenty-first century on the territory of Serbia is characterized by pronounced extremes both regarding excessive moisture and the periods of great drought and heatwaves. In such extreme conditions, the occurrence of various types of weeds causes significant damage to crops. Various types of weeds can better stand unfavourable conditions both in wet and dry years because they have deeper and extended root system. They compete with crops for water and mineral matter, take over their living space and impede their growth and development.

*Key words:* weeds, wet period, dry period.

*(Received: 18.08.2010.)*

*(Accepted: 1.09. 2010.)*