

## Suncokret tolerantan na herbicide iz grupe imidazolinona

- Originalan naučni rad -

Siniša JOCIĆ, Goran MALIDŽA i Dragan ŠKORIĆ  
Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

**Izvod:** Cilj rada bio je da se ispita reakcija divljeg suncokreta poreklom iz Kanzasa prema herbicidima iz grupa imidazolinona i sulfonilurea, kao i da se utvrdi način nasleđivanja tolerantnosti prema imazetapiru, da bi se ovo svojstvo sa većom verovatnoćom prenelo u komercijalne inbred linije suncokreta.

Pored ranije registrovane otpornosti divljeg suncokreta iz Kanzasa prema imazetapiru i imazamoksu, dokazana je i njegova rezistentnost prema imazapiru. Ovo svojstvo moguće je iskoristiti za stvaranje rezistentnog kulturnog suncokreta i samim tim omogućiti primenu ovih herbicida u suzbijanju korova. Suncokret tolerantan prema imidazolinonima osetljiv je prema većem broju sulfonilurea herbicida, a naročito prema hlorsulfuronu, prosulfuronu, rimsulfuronu i oksasulfuronu. Način nasleđivanja tolerantnosti prema imidazolinonima je parcijalna dominacija i za nju je odgovoran jedan gen.

**Ključne reči:** Herbicid, imidazolinoni, nasleđivanje, sulfonilurea, suncokret.

### Uvod

Suncokret (*Helianthus annuus* L.) rezistentan prema imazetapiru prvi put je registrovan u severo-istočnom Kansasu u usevu soje, gde je imazetapir primenjivan sedam uzastopnih godina, **Kassim i sar.**, 1998. Nesmotrenost zbog primene imazetapira duži niz godina na jednom polju, sa jedne strane stvorila je problem, a sa druge strane pobudila je interesovanje oplemenjivača suncokreta i proizvođača herbicida za mogućnost korišćenja ovog svojstva u cilju unapređenja suzbijanja korova u usevu suncokreta, **Lilleboe**, 1997. Imidazolinoni inhibiraju enzim acetolaktat sintetazu (ALS) koji je odgovoran za sintezu aminokiselina valin, leucin i izoleucin. Na isto ključno mesto deluju i herbicidi sulfoniluree, triazolopirimidini i pirimidil oksibenzoati. Do sada je registrovano više od 58 korovskih vrsta koje su razvile rezistentnost prema inhibitorima ALS-a, **Heap**, 1999.

Česta je pojava rezistentnosti (*cross-resistance*) korova prema herbicidima *J. Sci. Agric. Research/Arh. poljopr. nauke* 65, 229 (2004/1), 81-89

različitih grupa, a takođe postoje primeri da jedna korovska vrsta rezistentna prema jednom herbicidu, pokazuje različitu reakciju prema herbicidima iste grupe. Kao primer može se navesti postojanje rezistentnih biotipova *Xanthium strumarium* prema imazakvinu, imazetapiru i hlorimuronu, i biotipa rezistentnog samo prema imazetapiru, *Sprague i sar.*, 1997. Prema ispitivanjima *Kassim i sar.*, 1998, divlji suncokret rezistentan prema imazetapiru poseduje 210 puta veću otpornost ključnog enzima u odnosu na osetljiv genotip. Istovremeno, suncokret rezistentan prema imazetapiru je rezistentan i prema imazamoksu, neznatno rezistentan prema tifensulfuronu i hlorimuronu i osetljiv prema cloransulamu, *Baumgartner i sar.*, 1999a. Takođe, suncokret rezistentan prema sulfonilureama (hlorimuronu i halosulfuronu) registrovan je u Misuriju, *Johnson i sar.*, 1997.

Korišćenje rezistentnosti korova prema nekim herbicidima u cilju stvaranja rezistentnih gajenih biljaka klasičnim metodama oplemenjivanja bila je ranija praksa. Tako je stvorena jara uljana repica (*Brassica napus*) rezistentna prema triazinima korišćenjem izvora otpornosti iz bele repice (*Brassica campestris*), *Beversdorf i sar.*, 1988, i salate (*Lactuca sativa*) rezistentne prema sulfonilurea herbicidima korišćenjem izvora otpornosti iz korova *Lactuca seriola*, *Malory-Smith i sar.*, 1991. Danas se, kukuruz i uljana repica otporni prema imidazolinonima gaje na značajnim površinama u svetu. Prednosti korišćenja ovog svojstva kod suncokreta u budućnosti će omogućiti pored efikasnijeg suzbijanja korova i suzbijanje volovoda (*Orobanche cumana*), jer je na biljkama divljeg suncokreta rezistentnog prema imazetapiru potvrđena mogućnost efikasnog i selektivnog suzbijanja ove parazitne cvetnice primenom imazetapira, *Alonso i sar.*, 1998.

Prema rezultatima iz literature postojala su saznanja o rezistentnosti suncokreta poreklom iz Kanzasa samo prema imazetapiru. Iz tog razloga, cilj rada bio je da se ispita reakcija ovog suncokreta prema ostalim herbicidima iz grupa imidazolinona i ispita mogućnost postojanja ukrštene rezistentnosti prema herbicidima iz grupe sulfonilurea. Takođe, cilj je bio da se utvrdi način nasleđivanja tolerantnosti prema imazetapiru, kako bi se ovo svojstvo sa većom verovatnoćom prenelo u komercijalne inbred linije suncokreta.

### Materijal i metode

Ispitivana je reakcija divljeg suncokreta rezistentnog prema imazetapiru poreklom iz Kanzasa prema većem broju odabranih herbicida inhibitora ALS-a u uslovima staklenika i poljskim uslovima tokom 1999. godine. U 1998. godini u poljskim uslovima izvršeno je testiranje otpornosti izvorne populacije divljeg suncokreta (*Helianthus annuus*) i potvrda njene homozigotnosti sa 140 g a.m. imazetapira/ha. Ogljed u poljskim uslovima je postavljen po slučajnom blok sistemu u tri ponavljanja. Tretman herbicidima je urađen u fazi 4-6 listova suncokreta. Za ogled u stakleniku setva je rađena u posude prečnika 10 cm i zapremine 0,5 l. Herbicidi su, korišćenjem laboratorijske prskalice, primenjeni u fazi 4 lista biljaka. Ispitivani herbicidi prikazani su u Tabeli 1, a svaki herbicidni tretman bio je zastupljen u četiri ponavljanja.

Tabela 1. Ispitivani herbicidi - Investigated Herbicides

Herbicide - Herbicide	Preparat - Product	Količina g a.m./ha - Rate g a.i. ha <sup>-1</sup>	
		Ogled u staklari Trial in greenhouse	Poljski ogled Field trial
Imazetapir	Pivot 100E	70 i/and 140	70 i/and 140
Imazamoks	Bolero	40 i 80	40 i/and 80
Imazapir	Arsenal	-	240 i/and 480
Primisulfuron-metil	Tell 75WG <sup>1</sup>	30 i/and 60	30
Rimsulfuron	Tarot 25DF <sup>2</sup>	12,5 i/and 25	12,5
Prosulfuron	CGA-152 005 75WG <sup>1</sup>	15 i/and 30	15
Tifensulfuron-metil	Harmony 75DF <sup>2</sup>	7,5 i/and 15	7,5
Oksasulfuron	Dynam 75WG <sup>1</sup>	75 i/and 150	75
Hlorsulfuron	Glean 75DF	15 i/and 30	-
Iodosulfuron	Hussar	5 i/and 10	5
Triflusaluron-metil	Safari 50DF <sup>2</sup>	15 i/and 30	15 i/and 30

<sup>1</sup> - primenjeni uz dodatak 0,1% okvašivača Extravon - applied with the addition of 0.1% wetting agent Extravon

<sup>2</sup> - primenjeni uz dodatak 0,1% okvašivača Trend - applied with the addition of 0.1% wetting agent Trend

Za testiranje F<sub>1</sub> generacije (dobijene ukrštanjem populacije divljeg suncokreta iz Kanzasa i inbred linije Ha-26) korišćeni su: imazetapir (70, 140 i 280 g a.m./ha), imazamoks (20, 40 i 80 g a.m./ha) i imazapir (120, 240 i 480 g a.m./ha). Nakon 20 dana od primene herbicida u pomenutim ogledima izvršena je vizuelna ocena fitotoksičnosti po skali od 0-100% (0% - bez simptoma fitotoksičnosti, 100% - potuno uginuće biljaka) i merena je sveža masa nadzemnog dela biljaka (dve biljke u staklari, pet biljaka u polju), koje su potom sušene na 105°C do konstantne mase. Takođe je tretirana i inbred linija suncokreta Ha-26, koja se pokazala kao potpuno neotporna na ovu grupu herbicida. U toku leta 1998. godine urađena su ukrštanja između S<sub>1</sub> biljaka divljeg suncokreta i inbred linije Ha-26. U toku zime 1998/99. u uslovima staklare proizvedena je F<sub>2</sub> generacija i urađena su dva povratna ukrštanja (BC<sub>1</sub> i BC<sub>2</sub>). Za dobijanje F<sub>2</sub> generacije i za izvođenje povratnih ukrštanja korišćene su biljke tolerantne prema imazetapiru.

U toku vegetacione sezone 1999. godine urađena su ispitivanja otpornosti u komparativnom ogledu: izvorne populacije divljeg suncokreta, inbred linije Ha-26, F<sub>1</sub> i F<sub>2</sub> generacija i BC<sub>2</sub> potomstva (potomstvo BC<sub>1</sub> je ispitano u uslovima staklenika) i dobijeni su sledeći rezultati: potomstvo izvorne populacije pokazalo je punu tolerantnost što znači da je u potpunosti homozigotna na ispitivano svojstvo; inbred linija Ha-26 je u potpunosti osetljiva na imazetapir; F<sub>1</sub> generacija se pokazala otpornom, ali sa blagom hlorozom vegetacione kupe i vršnih listova i usporavanjem porasta u odnosu na kontrolu, što ukazuje na parcijalnu dominaciju u nasleđivanju otpornosti na imazetapir, imazamoks i imazapir; u F<sub>2</sub> generaciji dobili smo nakon tretmana sa imazetapirom: osam osetljivih biljaka (S), 24 biljke srednje osetljive (PR) i 12 otpornih biljaka (R).

## Rezultati i diskusija

Pored potvrđene reakcije prema imazetapiru i imazamoksu, u našim ogledima ispitivana populacija divljeg suncokreta iz Kanzasa, ispoljila je potpunu rezistentnost i prema imazapiru do ispitivane količine od 480 g a.m./ha (Grafikon 2). Zbog nedostatka semena osetljivog divljeg suncokreta prema imidazolinonima iz Kanzasa, nije bilo moguće utvrditi da li postoji ukrštena rezistentnost prema sulfonilurea herbicidima koji se primenjuju u kukuruзу (primisulfuron, prosulfuron, rimsulfuron), strnim žitima (hlorsulfuron, iodosulfuron), soji (okasulfuron), šećernoj repi (triflusulfuron) i sirku (prosulfuron). Registrovana je samo reakcija divljeg suncokreta prema pomenutim herbicidima primenom praktičnih i dvostrukih količina, ali ne i poređenje sa genotipom iste populacije suncokreta osetljivim prema imidazolinonima. Pre preciznijeg utvrđivanja postojanja ukrštene rezistentnosti i indeksa rezistentnosti prema pomenutim sulfonilurea herbicidima, rezultati naših ispitivanja ukazuju da rezistentnost prema imidazolinonima kod suncokreta nije istog tipa kao kod takozvanog IR kukuruza, koji poseduje veću rezistentnost prema nekim sulfonilureama i imidazolinonima do nekoliko stotina puta u odnosu na osetljiv kukuruz, *Siehl i sar.*, 1996. Divlji suncokret rezistentan prema imidazolinonima osetljiv je prema praktičnim količinama herbicida hlorsulfuron, iodosulfuron, oksasulfuron, prosulfuron i rimsulfuron (Grafikoni 1 i 2). Ovo znači da će se ovi herbicidi u budućnosti moći koristiti za suzbijanje divljeg suncokreta tolerantnog prema imidazolinonima. Približno delovanje pomenutim herbicidima ispoljio je i tifensulfuron-metil, ali je važno naglasiti da je prethodno potvrđeno postojanje slabe ukrštene rezistentnosti imazetapir-rezistentnog suncokreta prema ovom herbicidu, *Baumgartner i sar.*, 1999b. Slabiju redukciju porasta u odnosu na druge sulfonilurea herbicide izazvao je triflusulfuron-metil, kod kojeg je posle zastoja u porastu, hloroze i nekroze vegetacione kupe, registrovano formiranje bočnih grana i regeneracija biljaka u poljskom ogledu. Primenom dvostruke količine ovog herbicida ostvarena je redukcija porasta biljaka preko 80%. Primisulfuron je u količini 30 g/ha ispoljio najpribližnije delovanje tifensulfuron-metilu, a za sigurnije zaključke potrebno je ispitati postojanje ukrštene rezistentnosti. Sigurno je da će se najprecizniji odgovori dobiti kada se stvore prve izogene inbred linije rezistentne prema imidazolinonima.

Populacija divljeg suncokreta poreklom iz Kanzasa, koja je tolerantna na herbicide iz grupe imidazolinona stavljena je u uslove samooplodnje. Dobijena S<sub>1</sub> generacija je tretirana sa 140 g a.m. imazetapira/ha radi provere homozigotnosti. Dobijeni rezultati su pokazali da je ispitivana populacija homozigotna u pogledu ovog svojstva, odnosno da kod biljaka nisu registrovani simptomi fitotoksičnosti.

Nakon rezultata hi-kvadrat testa možemo zaključiti da je odnos razdvajanja 1:2:1, odnosno da je način nasleđivanja parcijalna dominacija i da je za otpornost prema imazetapiru odgovoran jedan dominantan gen (Tabela 2).

U potomstvu povratnih ukrštanja sa osetljivom linijom Ha-26 dobili smo odnos razdvajanja 1:1 između tolerantnih i osetljivih genotipova i kod BC<sub>1</sub> i BC<sub>2</sub> generacija, što nam potvrđuje da je za rezistentnost odgovoran jedan gen (Tabela 3).





Tabela 2. Odnos razdvajanja u pogledu otpornosti na imazetapir u F<sub>2</sub> generaciji  
Segregation Ratio for Resistance to Imazethapyr in the F<sub>2</sub> Generation

Ekperimentalno razdvajanje u F <sub>2</sub> generaciji Experimental segregation in the F <sub>2</sub> generation	Testirani odnos Tested ratio	$\chi^2$	P
8 S : 24 PR : 12 R	1 : 2 : 1	1,09	0,50

Tabela 3. Odnos razdvajanja u pogledu otpornosti na imazetapir u BC<sub>1</sub> i BC<sub>2</sub> generacijama  
Segregation Ratio for Resistance to Imazethapyr in the BC<sub>1</sub> and BC<sub>2</sub> Generations

Ekperimentalno razdvajanje u BC <sub>1</sub> i BC <sub>2</sub> generacijama Experimental segregation in the BC <sub>1</sub> and BC <sub>2</sub> generations	Testirani odnos Tested ratio	$\chi^2$	P
12 S : 23 PR	1 : 1	3,45	0,05
17 S : 23 PR	1 : 1	0,90	0,50
30 S : 27 PR	1 : 1	0,15	0,75
35 S : 24 PR	1 : 1	2,05	0,25
32 S : 30 PR	1 : 1	0,06	0,75
42 S : 33 PR	1 : 1	1,08	0,25
Ukupno - Total		7,69	0,25

### Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti sledeće:

Otpornost divljeg suncokreta prema imidazolinonima moguće je iskoristiti za stvaranje otpornog kulturnog suncokreta, a samim tim omogućiti primenu ovih herbicida u suzbijanju korova.

Pored ranije registrovane otpornosti divljeg suncokreta iz Kanzasa prema imazetapiru i imazamoksu, dokazana je i otpornost prema imazapiru.

Suncokret rezistentan prema imidazolinonima osetljiv je prema većem broju sulfonilurea herbicida, a naročito prema hlorsulfuronu, iodosulfuronu, prosulfuronu, rimsulfuronu i oksasulfuronu.

Način nasleđivanja otpornosti prema imidazolinonima je parcijalna dominacija i za nju je odgovoran jedan gen.

### Literatura

Alonso, L.C., M.I. Rodriguez-Ojeda, J. Fernandez-Escobar and G. Lopez-Ruiz-Calero (1988): Chemical control of broomrape (*Orobanche cernua* Loefl.) in sunflower (*Helianthus annuus* L.) resistant to imazethapyr herbicide. *Helia* 29: 45-54.

- Baumgartner, J.R., A. Kassim and R.S. Currie** (1999a): Survey of common sunflower (*Helianthus annuus*) resistance to imazethapyr and chlorimuron in Northeast Kansas. *Weed Technology* 13:510-514.
- Baumgartner, J.R., A. Kassim and R.S. Currie** (1999b): Cross-resistance of imazethapyr-resistant sunflower (*Helianthus annuus*) to selected imidazolinone, sulfonylurea and triazolopyrimidine herbicides. *Weed Technology* 13: 489-493.
- Beversdorf, W.D., D.J. Hume and J.J. Donnelly-Vanderloo** (1988): Agronomic performance of triazine-resistant and susceptible reciprocal spring canola hybrids. *Crop Sci.* 28: 932-934.
- Heap, I.M.** (1999): International survey of herbicide-resistant weeds: lessons and limitations. *Book of Proceedings of the 1999 Brighton Conference - Weeds*, Brighton, U.K., pp. 769-776.
- Kassim, A., J.R. Baumgartner, D.E. Peterson and R.S. Currie**, (1998): Imazethapyr resistance in common sunflower (*Helianthus annuus*). *Weed Science* 46: 403-407.
- Johnson, W.G., R.J. Smeda, J.R. Miller, C.S. Holman and J.D. Wait** (1997): ALS-resistant common sunflower in Missouri. *Proc. North Cent. Weed Sci. Soc.* 52: 132-133.
- Lilleboe, D.** (1997): Wild Opportunity? *The Sunflower* April/May: 8-9.
- Mallory-Smith, C.A., D.C. Thill and M.J. Dial** (1990): Development of sulfonylurea resistant lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Weed Sci. Soc. Am. Abstr.* 30: 65.
- Siehl, D.L., A.S. Bengston, J.P. Brockman, J.H. Butler, G.W. Kratz, R.J. Lamoreaux and M.V. Subramanian** (1996): Patterns of cross-tolerance to herbicides inhibiting acetohydroxyacid synthase in commercial corn hybrids designed for tolerance to imidazolinones. *Crop Sci.* 36: 274-278.
- Sprague, C.L., E.W. Stoller and L.M. Wax** (1997): Common cocklebur (*Xanthium strumarium*) resistance to selected ALS-inhibiting herbicides. *Weed Technology* 11: 241-247.

Primljeno: 10.04.2003.

Odobreno: 21.04.2003.

\* \*  
\*



## Sunflower Resistance to Herbicides of Imidazolinones Group

- Original scientific paper -

Siniša JOCIĆ, Goran MALIDŽA and Dragan ŠKORIĆ  
Institute of Field and vegetable crops, Novi Sad

### Summary

The objective of this investigation was to determine the response of wild sunflower to a number of acetolactate synthase (ALS) inhibitors. An imazethapyr-resistant wild sunflower (*Helianthus annuus* L.) population from Kansas, used in the experiment, was tested with other selected imidazolinone (imazamox, imazapyr) and sulfonylurea herbicides (primisulfuron, rimsulfuron, thifensulfuron, prosulfuron, oxasulfuron, iodosulfuron, chlorsulfuron and triflusulfuron). Another aim of this research was to determine both, the genes responsible for this resistance and the mode of inheritance. In order to achieve this goal, an imazethapyr-resistant wild sunflower population was crossed to the susceptible inbred line Ha-26. The F<sub>2</sub> generation of this interspecific cross, as well as, the BC<sub>1</sub> and BC<sub>2</sub> were derived in the greenhouse.

The obtained results show that the previously detected resistance includes not only imazethapyr but also imazamox and imazapyr. Imidazolinone-resistant wild sunflower is susceptible to the common rates of chlorsulfuron, iodosulfuron, oxasulfuron, prosulfuron and rimsulfuron. This means that it will be possible to use these herbicides in the future to control imazethapyr-resistant sunflowers in areas where no resistance to sulfonylurea herbicides has been registered. The F<sub>1</sub> progeny of wild sunflower crossed to the cultivated sunflower exhibited partial resistance to imazethapyr, imazamox and imazapyr under field conditions. The obtained results show that the resistance is semi-dominant in F<sub>1</sub> generation. The segregation ratio in the F<sub>2</sub> generation is 1:2:1 for semi-dominance. The incorporation of this trait into the cultivated sunflower will significantly improve the weed control in sunflower, since the currently used methods do not provide efficient weed control in this crop species.

Received: 10/04/2003

Accepted: 21/04/2003

*Adresa autora:*

Siniša JOCIĆ

Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo

Maksima Gorkog 30

21000 Novi Sad

Srbija i Crna Gora

e-mail: sinjocic@ifvcns.ns.ac.yu