

## Reakcija paradajza, paprike, suncokreta i soje na niske količine nikosulfurona

Milan Brankov, Vesna Dragičević, Marijenka Tabaković, Milena Simić  
Institut za kukuruz „Zemun Polje“, Beograd, Srbija  
e-mail: mbrankov@mrizp.rs

### REZIME

Drift predstavlja zanošenje kapljica sredstava za zaštitu bilja kroz vazduh, pri čemu mikro količine tih sredstava mogu uticati na bilo koji neciljni organizam ili životnu sredinu. Postoje tri moguća scenarija neciljnog kretanja pri kojima se mogu očekivati oštećenja biljaka mikro količinama herbicida, a to su: drift čestica (Eng. particle drift) koji nastaje kretanjem sa vazдушnim strujama/vetrom, zanošenjem koje nastaje kao posledica isparavanja (volatility) i kao posledica kontaminacije rezervoara prskalice. Značajna oštećenja koja mogu nastati kao posledica driftu su oštećenja susednih useva, zagađenje životne sredine, niži nivo efikasnosti primenjenog herbicida, dok u slučaju kontaminacije rezervoara oštećenja mogu nastati samo u tretiranom polju. U cilju ispitivanja negativnih posledica zanošenja nikosulfurona, biljke paradajza, paprike, suncokreta i soje su gajene u stakleniku i tretirane niskim količinama primene herbicida, a nakon 21. dana ocenjeni su efekti primenjenih tretmana vizuelnom ocenom, kao i merenjem suve mase, visine i površine listova. Soja se pokazala kao najtolerantnija na nikosulfuron za razliku od paprike koja je bila najosetljivija na niske količine herbicida. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da su niske količine primene herbicida različito uticale na ispitivane biljke i da je potrebno preduzeti mere opreza da se spreči zanošenje herbicida na susedne biljke.

*Ključne reči:* zanošenje herbicida, oštećenja useva, mikro količine herbicida.

### UVOD

Proizvodnja pesticida na godišnjem nivou iznosi preko 3 miliona tona i zahvaljujući tome usevi širom sveta su zaštićeni od prouzrokovaca bolesti, štetočina, korova, i drugih štetnih agenasa (Sharma et al., 2019). Svaki od pesticida se primenjuje prema posebnim uputstvima

datim od strane proizvođača. Pošto pesticidi spadaju u toksične proizvode, u slučaju izloženosti mogu uzrokovati zdravstvene probleme, a primenjeni u većim količinama mogu dovesti i do zagađenja životne sredine (Kim et al., 2017). U suštini, svaku primenu pesticida prati izvesno zanošenje, kada se određeni procenat, koji odgovara mikro količinama primenjenih preparata u odnosu na preporučene količine primene raspe i ne dospe na ciljanu površinu. Sva količina pesticida koja ne dospe na tretiranu površinu se smatra driftom. Međutim, u literaturi se spominju tri moguća načina izazivanja oštećenja mikro količinama pesticida: drift čestica, na koji najveći uticaj ima vetar; isparljivost, karakteristična za auksinske herbicide (dikamba) i kontaminacija rezervoara prskalice kao posledica prethodnih primena pesticida i izostanka ili neadekvatnog čišćenja (Browne et al., 2020).

Proučavanja zanošenja pesticida su uvek bila aktuelna, dok su poslednjih godina sve prisutnija, prvenstveno zbog registracije auksinskih herbicida za primenu u soji u SAD, kao i zbog veoma niskog praga osetljivosti biljaka na hormonske herbicide (Knežević, 2016). Kod ove grupe herbicida sva tri scenarija neciljnog kretanja i izazivanja oštećenja mikro količinama su moguća, što ukazuje na njihovu potencijalnu negativnu stranu. Pored eventualno niže efikasnosti herbicida, brojni literaturni podaci ukazuju da korovske biljke koje su izložene niskim količinama herbicida mogu razviti metaboličku rezistentnost (Vieira et al., 2019). Takve biljke se najčešće nalaze na obodima parcela i ne pridaje im se preterani značaj.

U Srbiji, kukuruz je najzastupljeniji usev i herbicidi na bazi nikosulfurona se najčešće primenjuju za suzbijanje korova. Sa druge strane, prilikom primene herbicida često, manjim ili većim intenzitetom duva vetar, što može prouzrokovati zanošenje na susedne useve, koji mogu biti osetljivi na primenjene aktivne supstance. Iz tog razloga, četiri useva: paradajz, paprika, suncokret i soja, koji se često gaje pored kukuruza izložena su niskim dozama nikosulfurona u cilju ispitivanja uticaja zanošenja.

## MATERIJAL I METODE

Odabrani usevi su gajeni u kontrolisanim uslovima staklenika u Institutu za kukuruz „Zemun Polje“: paprika (*Capsicum annum* L.) sorta Kurtovska kapija, paradajz (*Solanum lycopersicum* L.) sorta Dunavski Rubin, suncokret (*Helianthus annuus* L.) sorta NS Kruna i soja (*Glycine max* (L.) Merr) sorta ZP Laura. Seme je posejano u saksije (Stuewe and Sons, Inc., Corvallis, OR 97389, USA) napunjene komercijalnim supstratom (Floragard, Oldenburg, Germany). U stakleniku je održavana temperatura vazduha od 30/20°C dan/noć i fotoperiod 16/8 sati.

Kada su biljke dostigle visinu od 10-15 cm, prenete su u komoru za tretiranje (Avico Praha, Prague, Czech Republic) i herbicid nikosulfuron (Motivell Extra 6 OD, 60 g a.s. L<sup>-1</sup>, Londerzeel, Belgium) je primenjen u sledećim količinama: 0,0005×, 0,001×, 0,002×, 0,01×, 0,1×, 0,25×, 0,5×, gde × odgovara 60 g a.s. ha<sup>-1</sup>. Komora za prskanje je podešena da isporuči 93,5 L tečnosti pomoću AI95015EVS rasprskivača uz radni pritisak od 414 kPa.

Nakon primene herbicida, biljke su vraćene u staklenik i gajene još 21 dan. Zatim je izvršena vizuelna ocena oštećenja, i izmerene su visina biljaka, površina listova (LICOR Biosciences, Lincoln, NE, USA) i suva masa nadzemnih delova nakon žrtvovanja biljaka i sušenja na 60°C u ventilacionoj sušnici. Vizuelna oštećenja su ocenjena prema skali od 0-100 (0 – nema oštećenja; 100 – potpuno propadanje. Sve dobijene vrednosti su preračunate i izražene u procentima (%) redukcije u odnosu na netretiranu kontrolu.

Eksperiment je izveden u dve serije kao potpuni slučajni blok sistem u pet ponavljanja. Jedna biljka je predstavljala jedno ponavljanje. Svi dobijeni podaci su obrađeni primenom analize varijanse (ANOVA) u statističkom paketu Sisvar, verzija 5.6 (Ferreira, 2011), dok su razlike sredina testirane Fisher testom ( $\alpha = 0,05$ ).

## REZULTATI

**Paprika.** Tri najniže primenjene količine nikosulfurona (0,0005×, 0,001× i 0,002×) nisu izazvale vizuelna oštećenja paprike, a najveći procenat redukcije zabeležen je na nivou suve mase biljaka (12,61% pri količini primene 0,05×). Površina listova je pokazala najmanja variranja pri nižim količinama primene herbicida (0,005× i 0,001×). Količine nikosulfurona koje odgovaraju ¼ od preporučene (0,25×) za suzbijanje korova u usevu kukuruzu vizuelno su oštetile papriku za preko 50%, a takođe su smanjile analizirane parametre za >50% u odnosu na kontrolne biljke (Tabela 1).

**Tabela 1.** Uticaj različitih količina primene nikosulfurona na papriku  
**Table 1.** Effects of different nicosulfuron rates on the pepper

Količina primene herbicida g a.s. ha <sup>-1</sup>	Vizuelna oštećenja	% smanjenja visine	% smanjenja suve mase	% smanjenja površine listova
0,0005×	0 <sub>a</sub>	6,07 <sub>a</sub>	6,41 <sub>a</sub>	0,81 <sub>a</sub>
0,001×	0 <sub>a</sub>	6,87 <sub>a</sub>	7,51 <sub>a</sub>	3,15 <sub>a</sub>
0,002×	0 <sub>a</sub>	7,89 <sub>a</sub>	12,61 <sub>a</sub>	7,61 <sub>a</sub>
0,01×	6,5 <sub>b</sub>	19,51 <sub>b</sub>	12,49 <sub>a</sub>	15,61 <sub>b</sub>
0,1×	18 <sub>c</sub>	35,17 <sub>c</sub>	29,75 <sub>b</sub>	18,49 <sub>b</sub>
0,25×	54 <sub>d</sub>	52,14 <sub>d</sub>	69,90 <sub>c</sub>	63,67 <sub>c</sub>
0,5×	62 <sub>d</sub>	53,15 <sub>d</sub>	82,32 <sub>d</sub>	72,70 <sub>c</sub>

× = 60 g a.s. nikosulfurona ha<sup>-1</sup>. Sredine koje prate isti brojevi se statistički ne razlikuju na osnovu Fisher-ovog testa ( $\alpha = 0,05$ )

**Paradajz.** Slično kao kod paprike, tri najniže količine nikosulfurona nisu vizuelno oštetile biljke paradajza. S druge strane, primenom 0,0005× i 0,001× količine herbicida primećen je blagi stimulativni efekat na visinu biljaka, ali bez statističke značajnosti razlika. Kod istih količina primene nikosulfurona, procenat smanjenja suve mase i površine listova se kretao od 3,03-6,21%. Međutim, primenom 1/10 količine (0,1×) od preporučene, suva masa i površina

listova su redukovani više od 80% (84,66% i 87,11%) za razliku od visine (53,83%) i vizuelnih oštećenja (34,5%) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Uticaj različitih količina primene nikosulfurona na paradajz

**Table 2.** Effects of different nicosulfuron rates on the tomato

Količina primene herbicida g a.s. ha <sup>-1</sup>	Vizuelna oštećenja	% smanjenja visine	% smanjenja suve mase	% smanjenja površine listova
0,0005×	0 <sub>a</sub>	-4,86 <sub>a</sub>	3,21 <sub>a</sub>	3,03 <sub>a</sub>
0,001×	0 <sub>a</sub>	-1,25 <sub>a</sub>	6,21 <sub>a</sub>	4,27 <sub>a</sub>
0,002×	0 <sub>a</sub>	4,12 <sub>b</sub>	7,62 <sub>a</sub>	6,28 <sub>a</sub>
0,01×	5,5 <sub>b</sub>	6,78 <sub>b</sub>	13,05 <sub>b</sub>	15,82 <sub>b</sub>
0,1×	34,5 <sub>c</sub>	53,83 <sub>c</sub>	84,66 <sub>c</sub>	87,11 <sub>c</sub>
0,25×	62 <sub>d</sub>	57,39 <sub>c</sub>	87,67 <sub>c</sub>	83,77 <sub>c</sub>
0,5×	82 <sub>e</sub>	61,47 <sub>c</sub>	91,51 <sub>c</sub>	92,12 <sub>c</sub>

× = 60 g a.s. nikosulfurona ha<sup>-1</sup>. Sredine koje prate isti brojevi se statistički ne razlikuju na osnovu Fisher-ovog testa ( $\alpha = 0,05$ )

**Suncokret.** Kod biljaka suncokreta nisu zabeleženi inhibitorni efekti najniže primenjene količine nikosulfurona za sve merene parametre, kao ni vizuelna oštećenja primenom količine od 0,0005×. Količina nikosulfurona koja je odgovarala 1/100 od preporučene (0,01×) smanjila je analizirane parametre za oko 10%, dok je količina od 1/10 (0,1×) smanjila ispitivane parametre za preko 50% u odnosu na netretiranu kontrolu. Polovina od preporučene količine primene nikosulfurona (0,5×) uticala je na smanjenje analiziranih parametara za preko 90% (Tabela 3).

**Tabela 3.** Uticaj različitih količina primene nikosulfurona na suncokret

**Table 3.** Effects of different nicosulfuron rates on the sunflower

Količina primene herbicida g a.s. ha <sup>-1</sup>	Vizuelna oštećenja	% smanjenja visine	% smanjenja suve mase	% smanjenja površine listova
0,0005×	0 <sub>a</sub>	0 <sub>a</sub>	0 <sub>a</sub>	0 <sub>a</sub>
0,001×	0 <sub>a</sub>	3,71 <sub>b</sub>	2,2 <sub>b</sub>	0,5 <sub>b</sub>
0,002×	8,5 <sub>b</sub>	7,82 <sub>b</sub>	6,65 <sub>b</sub>	9,8 <sub>c</sub>
0,01×	10,5 <sub>b</sub>	12,37 <sub>c</sub>	10,07 <sub>c</sub>	10,8 <sub>c</sub>
0,1×	52,5 <sub>c</sub>	59,26 <sub>d</sub>	70,98 <sub>d</sub>	49,33 <sub>d</sub>
0,25×	75 <sub>d</sub>	91,35 <sub>e</sub>	88,57 <sub>e</sub>	92,58 <sub>e</sub>
0,5×	98,0 <sub>e</sub>	92,05 <sub>e</sub>	90,75 <sub>e</sub>	96,16 <sub>e</sub>

× = 60 g a.s. nikosulfurona ha<sup>-1</sup>. Sredine koje prate isti brojevi se statistički ne razlikuju na osnovu Fisher-ovog testa ( $\alpha = 0,05$ )

**Soja.** Najniži procenat smanjenja i oštećenja, u odnosu na sve ispitivane biljne vrste, zabeležen je kod soje. Količine primene od 0,0005× do 0,01× nisu prouzrokovale vizuelna oštećenja na soji, a ostali parametri su smanjenji najviše do 5,7%. Količina primene 0,1× je najviše redukovala visinu soje (60,61%), kao i površinu listova (33,26%), dok su manje vrednosti utvrđene za vizuelna oštećenja (16,67%) i smanjenje suve mase (21,72%) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Uticaj različitih količina primene nikosulfurona na soju  
**Table 4.** Effects of different nicosulfuron rates on the soybean

Količina primene herbicida g a.s. ha <sup>-1</sup>	Vizuelna oštećenja	% smanjenja visine	% smanjenja suve mase	% smanjenja površine listova
0,0005×	0 <sub>a</sub>	-5,53 <sub>a</sub>	-2,63 <sub>a</sub>	1,74 <sub>a</sub>
0,001×	0 <sub>a</sub>	1,26 <sub>b</sub>	0,87 <sub>b</sub>	3,38 <sub>a</sub>
0,002×	0 <sub>a</sub>	3,25 <sub>b</sub>	5,12 <sub>b</sub>	5,70 <sub>a</sub>
0,01×	0 <sub>a</sub>	5,38 <sub>b</sub>	5,41 <sub>b</sub>	3,21 <sub>a</sub>
0,1×	16,67 <sub>b</sub>	60,61 <sub>c</sub>	21,72 <sub>c</sub>	33,26 <sub>b</sub>
0,25×	52 <sub>c</sub>	64,63 <sub>c</sub>	46,84 <sub>d</sub>	44,87 <sub>c</sub>
0,5×	75,8 <sub>d</sub>	69,20 <sub>c</sub>	77,42 <sub>e</sub>	84,99 <sub>d</sub>

× = 60 g a.s. nikosulfurona ha<sup>-1</sup>. Sredine koje prate isti brojevi se statistički ne razlikuju na osnovu Fisher-ovog testa ( $\alpha = 0,05$ )

## DISKUSIJA

S obzirom da je primena herbicida najzastupljeniji i najekonomičnija mera suzbijanja korova (Sharma et al., 2019), verovatnoća zanošenja herbicida je vrlo često prisutna. Poslednjih godina glifosat i dikamba se najčešće u literature navode kao predmet istraživanja u oblasti herbicida (Browne et al., 2020). Glifosat, kao najviše primenjivani herbicid i dikamba, kao auksinski herbicid koji deluje fitotoksično na osetljive biljke u veoma niskim koncentracijama (Hynes, 2012). Prema podacima McCown i sar. (2018) količina dikambe koja odgovara 1/256 od preporučene redukovala je prinos soje od 14-19%. Sa druge strane, ispitivanja vezana za druge aktivne supstance herbicida su retka, posebno kada su u pitanju herbicidi iz grupe sulfonilurea, koji se najčešće koriste za suzbijanje korova u usevu kukuruza. Niske količine primene herbicida mogu na više načina dospeti na neciljanu površinu biljaka. Subletalne doze herbicida mogu izazvati metaboličke reakcije kod korovskih biljaka, što može doprineti nastanku rezistentnih korovskih biotipova (Gressel, 2011). Sa druge strane, delovanje niskih količina primene herbicida na osetljive useve je mnogo češća pojava. Osim toga, veoma niske količine pojedinih herbicida, kao npr. dikambe, ostaju u rezervoaru prskalice ukoliko se dovoljno detaljno ne operu (Felsot et al., 2010).

Zanošenje herbicida u slučaju vetra jačeg intenziteta može inicirati oštećenja susednih biljaka (Alves et al., 2017). Prema našim istraživanja, kod suncokreta su zabeležena vizuelna oštećenja sa količinom 500 puta manjom od preporučene, za razliku od soje kod koje su vizuelna oštećenja zabeležena pri 10 puta manjoj količini primene. Soja se pokazala kao najtolerantnija na nikosulfuron, za razliku od paprike kod koje su i najmanje količine uticale na ispoljavanje reakcija na nikosulfuron. Smanjenje visine i suve mase paprike (6%) je zabeleženo i pri najnižoj primenjenoj količini nikosulfurona (2.000 puta manja količina primene od preporučene). Dobijeni rezultati ukazuju da i niske količine nikosulfurona mogu uticati na smanjenje visine, površine listova i suve mase, iako vizuelno nisu bili uočeni simptomi oštećenja. Pored navedenog, zanošenje herbicida može negativno uticati i na životnu sredinu

preko zagađenja zemljišta i vodotokova (Damalas, 2015). Korisni insekti npr. pčele kao osetljivi organizmi posebno mogu biti izložene zanošenju herbicida (Bohnenblust et al., 2015). S obzirom na brojne negativne posledice primene herbicida, potrebno je preduzeti sve moguće mere kojima će se umanjiti zanošenje herbicida na najmanju moguću meru.

## ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da u slučaju zanošenja nikosulfurona, kao relativno često korišćenog herbicida kod nas, može doći do oštećenja useva paprike, paradajza, soje i suncokreta ukoliko se nalaze u blizini polja kukuruza. Pošto drift nastaje uglavnom kao posledica vetra, potrebno je izbegavati primenu herbicida u uslovima intenzivnijeg strujanja vazduha. Kao jedna od mogućnosti za smanjenje zanošenja, moguće je herbicide primeniti rasprskivačima koji proizvode krupnije kapljice herbicidnog rastvora, uz obavezan dodatak adjuvanata. Postavljanje fizičkih barijera se takođe može uzeti u obzir u cilju smanjenja drifta tj. smanjenja rizika od oštećenja neciljanih useva.

## ZAHVALNICA

Istraživanja su pomognuta od Instituta za kukuruz „Zemun Polje“ i Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj R. Srbije. Posebna zahvalnost kolegi dr Milošu Rajkoviću koji je obezbedio deo materijala potrebnog za izvođenje oglada.

## LITERATURA

- Alves, S. G., Kruger, G. R., Cunha, J. P. A. R., Vieira, B. C., Henry, R. S., Obradovic, A., Grujic, M.*: Spray Drift from Dicamba and Glyphosate Applications in a Wind Tunnel. *Weed Technology*, 31 (3), 387–395, 2017.
- Browne, F. B., Li, X., Price, K. J., Wang, J., Wang, Y., Kruger, G. R., Golus, J., Macedo, G. de C., Vieira, B. C., Sandlin, T.*: Dicamba Retention in Commercial Sprayers Following Triple Rinse Cleanout Procedures, and Soybean Response to Contamination Concentrations. *Agronomy*, 10, 772, 2020. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060772>
- Damalas, C. A.*: Pesticide Drift: Seeking Reliable Environmental Indicators of Exposure Assessment. In R. H. Armon & O. Hänninen (Eds.), *Environmental Indicators* (pp. 251–261). Springer Netherlands, 2015. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9499-2\\_15](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9499-2_15)
- Bohnenblust, W. E., Vaudo, D. A., Egan, F. J., Mortensen, A. D., Tooker, F. J.*: Effects of the herbicide dicamba on nontarget plants and pollinator visitation. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35 (1), 144–151, 2015.
- Felsot, A. S., Unsworth, J. B., Linders, J. B. H. J., Roberts, G., Rautman, D., Harris, C., Carazo, E.*: Agrochemical spray drift; assessment and mitigation—A review. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 46, 1–23, 2010.
- Gressel, J.*: Low pesticide rates may hasten the evolution of resistance by increasing mutation frequencies. *Pest Management Science*, 67, 253–257, 2011.

- Hynes, D. P.: Effects of low dose applications of 2,4-D and dicamba on Cucurbitaceae and Solanaceae vegetables. Theses and Dissertations Available from ProQuest, 1–129, 2012.
- Kim, K. H., Kabir, E., Jahan, S. A.: Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of the Total Environment*, 575, 525–535, 2017.
- Knežević, S. Z.: Weed resistance and new herbicide tolerant crops in USA. *Acta herbologica*, 25 (1), 35–42, 2016.
- McCown, S., Barber, T., Norsworthy, J. K.: Response of Non-Dicamba-Resistant Soybean to Dicamba As Influenced by Growth Stage and Herbicide Rate. *Weed Technology*, 32 (5), 513–519.
- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Sidhu, G. P. S., Handa, N., Kohli, S. K., Yadav, P., Bali, A. S., Parihar, R. D., Dar, O. I., Singh, K., Jasrotia, S., Bakshi, P., Ramakrishnan, M., Kumar, S., Bhardwaj, R., Thukral, A. K.: Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*, 1 (11), 1446, 2019. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>
- Vieira, B. C., Luck, J. D., Amundsen, K. L., Gaines, T. A., Werle, R., Kruger, G. R.: Response of *Amaranthus* spp. following exposure to sublethal herbicide rates via spray particle drift. *PLoS One*, 14 (7), 2019. e0220014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220014>.

## Reaction of tomato, pepper, sunflower and soybean plants to low doses of nicosulfuron

### SUMMARY

Drift is the movement of plant protection product droplets through the air and can affect any non-target organism or the environment. In fact, there are three possible scenarios that can be considered as an off-target movement: particle drift, volatility, and contamination of the spray tank. Significant damages that can occur as a consequence of drift are damages to neighbouring crops, environmental pollution, lower level of efficiency of the applied herbicide. Meanwhile, in the case of tank contamination, injuries can occur only in the treated field. In order to examine the negative consequences of nicosulfuron drift, four crops were grown in a greenhouse and treated with low doses of herbicide, after which they were returned to cultivation. After 21 days, the effects of applied treatments were assessed through visual assessment of injury, dry weight, leaf height, and leaf area. Based on the obtained results, it can be concluded that low doses of nicosulfuron expressed different effects on the tested plants and that it is necessary to take precautionary measures to prevent herbicides from spreading to neighbouring plants.

**Key words:** drift, off-target movement, crop injuries, herbicide micro-rates.