

## Uticaj nikosulfurona na neke fiziološke grupe mikroorganizama u zemljištu

Ljiljana Radivojević<sup>1</sup>, Ljiljana Šantrić<sup>1</sup>, Jelena Gajić Umiljendić<sup>1</sup>,  
Katarina Jovanović-Radovanov<sup>2</sup>, Rada Đurović<sup>1</sup>, Dragana Marisavljević<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, Banatska 31b, 11080 Beograd - Zemun, Srbija

<sup>2</sup>Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080 Beograd - Zemun, Srbija

<sup>3</sup>Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Teodora Dražera 9, 11000 Beograd, Srbija

### REZIME

U radu je ispitivano kratkotrajno delovanje herbicida nikosulfurona na brojnost nekih fizioloških grupa mikroorganizama. Ogled je postavljen u laboratorijskim uslovima na zemljištu tipa černozem. Nikosulfuron je primenjen u količinama od 0,3, 1,5 i 3 mg/kg zemljišta. Praćene su neke fiziološke grupe mikroorganizama i to: aminoheterotrofi, aminoautotrofi, *Azotobacter* sp., fosfomineralizatori i fosfomobilizatori. Uzorci za analize uzimani su 1, 7, 14, 21, 30 i 60 dana posle primene nikosulfurona. Dobijeni rezultati su pokazali da je uticaj nikosulfurona na brojnost ispitivanih fizioloških grupa mikroorganizama zavisio od primenjene količine i dužine delovanja i da je bio stimulativan ili inhibitoran. Nikosulfuron je inhibitorno delovao na *Azotobacter* sp., aminoheterotrofe i fosfomobilizatore. Na aminoautotrofe je prvo delovao inhibitorno, a kasnije, zbog obnavljanja populacije, stimulatивно. Na fosfomineralizatore nikosulfuron je delovao stimulatивно. Međutim, utvrđene promene su bile prolaznog karaktera, tako da se može smatrati da nema realnog rizika od narušavanja ravnoteže mikrobioloških procesa u zemljištu pod uticajem ovog herbicida.

**Ključne reči:** nikosulfuron, černozem, aminoautotrofi, aminoheterotrofi, *Azotobacter* sp., fosfomobilizatori i fosfomineralizatori

### UVOD

Otkriće sulfonilurea herbicida, sedamdesetih godina prošlog veka, označilo je početak nove ere u suzbijanju korova (Levitt et al., 1981). Ova jedinjenja su vrlo brzo komercijalno prihvaćena, a razlozi za to su brojni, između ostalih i njihove povoljnije toksikološke i ekotoksikološke

osobine i ponašanje u životnoj sredini u poređenju sa herbicidima iz drugih hemijskih grupa (Brown, 1990; Perucci et al., 1999).

Imajući u vidu način primene, kao i činjenicu da jedan deo herbicida dospe direktno na površinu zemljišta, veoma je važno znati kako oni deluju na organizme koji žive u njemu. Mikroorganizmi su važan deo živog sveta zemljišta. Procenjuje se da na dubini orničnog sloja mikrobiološka biomasa iznosi nekoliko tona po hektaru. Takođe, oni su značajna karika u sistemu zemljište-biljka i imaju važnu ulogu u stvaranju i održavanju plodnosti, utiču na rast i razviće biljaka, razgrađuju pesticide i druge zagađivače i indikatori su promena fizičko-hemijskih osobina zemljišta koje nastaju pod uticajem različitih faktora iz spoljašnje sredine (Nannipieri et al., 1983; Berger, 1998; Pascual et al., 2000; Milošević i sar., 2001; Thompson et al., 2001).

Nikosulfuron [2-(4,6-dimetoksipirimidin-2-ilkarbamoil)-*N,N*-dimetil-nikotinamid] je selektivni folijarni herbicid koji je u našoj zemlji registrovan za suzbijanje većeg broja jedno-godišnjih i višegodišnjih travnih i širokolisnih korova u kukuruzu (Janjić i Elezović, 2010). Nikosulfuron se apsorbuje folijarno i korenom i brzo translocira do meristemskih tkiva. Inhibira aktivnost enzima acetolaktat sintetaze koja je ključni enzim u biosintezi aminokiselina valina, leucina i izoleucina (Brown, 1990).

U literaturi ima relativno malo podataka o uticaju herbicida iz grupe sulfonylurea, pa samim tim i nikosulfurona, na mikroorganizme u zemljištu. Publikovani rezultati se uglavnom odnose na rimsulfuron (Đorđević i sar., 1994; Perucci and Scarponi, 1996; Perucci et al., 1999; Martins et al., 2001; Radivojević et al., 2011), hlorsulfuron (Burnet and Hodgson, 1990; Junila et al., 1999), cinosulfuron (Allievi and Gigliotti, 2001) i primsulfuron-metil (Đorđević i sar., 1994). Istraživanja svih ovih autora ukazuju na to da herbicidi iz grupe sulfonylurea mogu neposredno posle primene izazvati promene u mikrobiološkoj zajednici, ali da su te promene uglavnom prolaznog karaktera i da nema realnog rizika od narušavanja ravnoteže mikrobioloških procesa u zemljištu pod uticajem herbicida iz ove hemijske grupe.

U ovom radu pošli smo od pretpostavke da će nikosulfuron, kao toksikant, kada se nađe u zemljištu i dođe u kontakt sa mikroorganizmima, izazvati promene u mikrobiološkoj populaciji koje se dalje mogu odraziti na brojnost pojedinih sistematskih i fizioloških grupa. U skladu sa ovom pretpostavkom postavili smo cilj rada da se u laboratorijskim uslovima ispita delovanje ovog herbicida na brojnost nekih fizioloških grupa kao što su: aminoautotrofi, aminoheterotrofi, *Azotobacter* sp., fosfomobilizatori i fosfomineralizatori.

## MATERIJAL I METODE

Ogledi su izvedeni u laboratorijskim uslovima. U ispitivanjima je korišćen herbicid niko-sulfuron (tehnički proizvod BASF, Nemačka) koji je primenjen u koncentracijama 0,3, 1,5 i 3 mg/kg zemljišta. Koncentracije su izabrane tako da najniža odgovara količini koja se preporučuje za primenu, dok su druga i treća pet odnosno deset puta veće od preporučene.

Zemljište tipa černozem je uzeto sa lokaliteta Zemun Polje, sa dubine 0-10 cm, sa površina na kojima ranije nisu primenjivani herbicidi. U laboratoriji je očišćeno od ostataka nadzemnih i podzemnih delova biljaka, osušeno do vazdušno suvog stanja i prosejano kroz sito prečnika 5 mm. Odgovarajuće koncentracije nikosulfurona nanošene su na površinu jednog kilograma zemljišta pumpicom za tankoslojnu hromatografiju, a zatim je vršena homogenizacija na rotacionoj mučkalici u trajanju od 30 minuta. Nakon homogenizacije zemljište je preneto u vegetacione sudove. Kontrola nije tretirana herbicidom. Ogledi su izvedeni u četiri ponavljanja. Vegetacioni sudovi su za sve vreme trajanja oglada držani u klima komori, u kontrolisanim uslovima na temperaturi od  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , vlažnosti vazduha od 50% i fotoperiodom 12 sati dan, 12 sati noć. Vlažnost zemljišta je održavana na 50% poljskog vodnog kapaciteta. Uzorci za analize uzimani su 1, 7, 14, 21, 30 i 60 dana posle primene nikosulfurona.

Broj mikroorganizama određen je indirektno, metodom razređenja i zasejavanja suspenzije zemljišta na selektivne hranljive podloge u petri kutijama, koje su inkubirane na  $28^\circ$ . Rezultati su izraženi kao broj mikroorganizama na gram apsolutno suvog zemljišta (Jarak i Đurić, 2004). Na ovaj način određen je broj aminoautotrofa na skrobno-amonijačnom agaru; aminoheterotrofa na meso-peptonskom agaru; *Azotobacter* sp. na Fjodorovoj podlozi metodom fertilnih kapi; fosfomobilizatora na podlozi Mekine i broj fosfomineralizatora na glukozno-asparaginskoj podlozi Murmanova.

Statistička obrada rezultata obavljena je pomoću kompjuterskog programa („Anova”) za personalne računare. Za sve promenljive i njihove interakcije urađen je F-test, a ukoliko je on bio značajan za pojedinačna poređenja korišćen je LSD-test. Kao kriterijum značajnosti razlika korišćene su verovatnoće nivoa 0,05 i 0,01.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati ovih istraživanja prikazani su u tabelama 1-5, a iz njih se može videti da je uticaj nikosulfurona na fiziološke grupe mikroorganizma u zemljištu zavisio od koncentracije, dužine delovanja nikosulfurona, kao i grupe mikroorganizama.

Na početku eksperimenta, jedan dan posle primene, kod sve tri koncentracije nikosulfurona registrovano je smanjenje broja aminoautotrofa (48,2-85,5%), dok je nakon sedam dana smanjenje zabeleženo samo kod dve više koncentracije (1,5 i 3 mg). Petnaestog dana oglada značajne promene, u odnosu na kontrolu, uočene su pri najnižoj koncentraciji (0,3 mg), dok je dvadeset prvog dana konstatovano i povećanje i smanjenje broja ove grupe mikroorganizama, pa je pri koncentraciji od 1,5 mg došlo do statistički vrlo značajnog povećanja, a pri koncentraciji od 3 mg do statistički značajnog smanjenja brojnosti aminoautotrofa. U narednom merenju (tridesetog dana) u varijantama sa 1,5 i 3 mg nikosulfurona konstatovano je statistički značajno povećanje broja aminoautotrofa za 70,2-196,2% ( $P < 0,01$ ). Šezdeset dana nakon primene nikosulfurona nije bilo statistički značajnih razlika između varijanti (tabela 1).

Broj aminoheterotrofa kod sve tri koncentracije nikosulfurona (0,3, 1,5 i 3 mg) bio je smanjen za 11,6-80,5% u prvih dvadeset jedan dan. Analiza dobijenih rezultata je pokazala da

su sve razlike statistički značajne i da se sa povećanjem koncentracije nikosulfurona povećava stepen njegovog inhibitornog delovanja ( $P < 0,01$  i  $P < 0,05$ ). Promene u delovanju nikosulfurona na ovu grupu mikroorganizama zabeležene su od tridesetog dana kada je u svim varijantama utvrđeno značajno povećanje i to za 13,5-44,4%. Nakon 60 dana ni u jednoj varijanti nije bilo značajnih promena brojnosti ove grupe u poređenju sa kontrolom (tabela 2).

Smanjenje broja *Azorobacter* sp. konstatovano je kod dve više koncentracije (1,5 i 3 mg) i iznosilo je 14,6-40,1% u zavisnosti od dužine delovanja. Sve utvrđene razlike su bile statistički značajne ( $P < 0,05$ , odnosno  $P < 0,01$ ). Na kraju ogleada (60 dana) kod obe ove koncentracije utvrđeno je statistički značajno povećanje broja *Azotobacter* sp. ( $P < 0,05$ ). Najniža koncentracija nikosulfurona (0,3 mg) nije uticala na promenu brojnosti ove grupe mikroorganizama tokom čitavog ogleada (tabela 3).

Kao što se vidi u tabeli 4 smanjenje broja fosfomobilizatora konstatovano je kod sve tri koncentracije u periodu od prvog do sedmog dana. Procenat smanjenja se kretao u granicama 24,4-44,7% (0,3 mg), 35,2-54,2% (1,5 mg), odnosno 45,5-64,4% (3 mg). Inhibitorno delovanje dve više koncentracije produženo je i na petnaesti, dvadeset prvi i trideseti dan, a sve razlike su bile statistički značajne ( $P < 0,01$ ). Na kraju ogleada (60 dana) konstatovane razlike nisu bile statistički značajne u poređenju sa kontrolom.

**Tabela 1** Uticaj nikosulfurona na aminoautotrofe ( $10^3/g$  apsolutno suvog zemljišta)

Table 1. The effect of nicosulfuron on amino-autotrophs ( $10^3/g$  absolutely dry soil)

Herbicid Herbicide	Koncentracija (mg/kg zemljišta) Concentration (mg/kg soil)	Vreme posle primene (dani) - Time after application (days)					
		1	7	15	21	30	60
Kontrola Control	0	23,5	14,9	19,2	15,7	15,4	21,7
Nikosulfuron Nicosulfuron	0,3	12,9**	15,1	42,3**	16,3	15,2	21,6
	1,5	4,3**	10,5**	21,4	42,3**	26,8**	18,4
	3	3,8**	11,4**	16,8	10,5**	45,7**	22,3
LSD 5%	-	2,9	1,8	2,6	3,1	3,9	3,5
LSD 1%	-	4,2	2,6	3,4	4,3	5,1	4,8

\* Razlika je statistički značajna  $P < 0,05$ ; \*\* Razlika je statistički vrlo značajna  $P < 0,01$

**Tabela 2.** Uticaj nikosulfurona na aminoheterotrofe ( $10^3/g$  apsolutno suvog zemljišta)

Table 2. The nicosulfuron of atrazine on amino-autotrophs ( $10^3/g$  absolutely dry soil)

Herbicid Herbicide	Koncentracija (mg/kg zemljišta) Concentration (mg/kg soil)	Vreme posle primene (dani) - Time after application (days)					
		1	7	15	21	30	60
Kontrola Control	0	151,5	148,9	146,5	138,1	152,2	144,8
Nikosulfuron Nicosulfuron	0,3	133,4	82,6**	115,9**	48,6**	231,6**	142,4
	1,5	131,7*	76,2**	114,8**	37,3**	190,2**	140,3
	3	63,1**	67,7**	98,2**	26,9**	191,5**	147,1
LSD 5%	-	16,5	25,1	20,3	6,4	10,2	13,5
LSD 1%	-	23,2	36,4	29,1	9,7	15,6	19,3

\* Razlika je statistički značajna  $P < 0,05$ ; \*\* Razlika je statistički vrlo značajna  $P < 0,01$

Broj fosfomineralizatora na početku eksperimenta (prvog i sedmog dana) kod dve više koncentracije (1,5 i 3 mg) bio je smanjen (10,4-47,9%) (tabela 5). U sledeća dva merenja (petnaesti i dvadeset prvi dan) samo je kod koncentracije od 0,3 mg konstatovano statistički značajno povećanje broja ove grupe mikroorganizama ( $P < 0,01$ ). Za razliku od ovog perioda, od tridesetog dana, kada je kod sve tri koncentracije nikosulfurona zabeleženo povećanje broja (57,2-92,4%) fosfomineralizatora, a dobijeno povećanje je bilo statistički vrlo značajno

**Tabela 3.** Uticaj nikosulfurona na *Azotobacter* sp. ( $10^2/g$  apsolutno suvog zemljišta)

**Table 3.** The effect of nicosulfuron on *Azotobacter* sp. ( $10^2/g$  absolutely dry soil)

Herbicid Herbicide	Koncentracija (mg/kg zemljišta) Concentration (mg/kg soil)	Vreme posle primene (dani) - Time after application (days)					
		1	7	15	21	30	60
Kontrola Control	0	143,5	134,6	182,9	186,4	181,7	148,6
Nikosulfuron Nicosulfuron	0,3	137,3	12,39	180,2	177,9	176,5	144,9
	1,5	121,7	80,5**	143,7**	137,5**	126,8**	174,3*
	3	122,4*	93,6**	133,8**	121,7**	123,1**	173,6*
LSD 5%	-	11,9	13,9	11,6	11,2	26,9	17,3
LSD 1%	-	17,5	20,1	16,9	16,1	38,3	25,9

\* Razlika je statistički značajna  $P < 0,05$ ; \*\* Razlika je statistički vrlo značajna  $P < 0,01$

**Tabela 4.** Uticaj nikosulfurona na fosfomobilizatore ( $10^3/g$  apsolutno suvog zemljišta)

**Table 4.** The effect of nicosulfuron on phospho-mobilizers ( $10^3/g$  absolutely dry soil)

Herbicid Herbicide	Koncentracija (mg/kg zemljišta) Concentration (mg/kg soil)	Vreme posle primene (dani) - Time after application (days)					
		1	7	15	21	30	60
Kontrola Control	0	139,7	129,6	153,9	127,8	136,3	134,6
Nikosulfuron Nicosulfuron	0,3	77,1**	97,6**	143,8	127,3	159,6**	128,4
	1,5	63,6**	83,7**	95,7**	62,3**	108,9**	125,6
	3	49,4**	70,5**	68,3**	61,6**	87,3**	132,1
LSD 5%	-	23,2	12,9	16,3	8,7	13,1	15,2
LSD 1%	-	33,6	17,2	24,8	12,4	18,9	21,7

\* Razlika je statistički značajna  $P < 0,05$ ; \*\* Razlika je statistički vrlo značajna  $P < 0,01$

**Tabela 5.** Uticaj nikosulfurona na fosfomineralizatore ( $10^4/g$  apsolutno suvog zemljišta)

**Table 5.** The effect of nicosulfuron on phospho-mineralizers ( $10^4/g$  absolutely dry soil)

Herbicid Herbicide	Koncentracija (mg/kg zemljišta) Concentration (mg/kg soil)	Vreme posle primene (dani) - Time after application (days)					
		1	7	15	21	30	60
Kontrola Control	0	65,3	63,4	70,8	56,2	38,3	47,4
Nikosulfuron Nicosulfuron	0,3	67,8	74,9*	93,4**	77,4**	59,7**	64,7**
	1,5	42,4**	53,5*	67,2	54,9	60,6**	65,4**
	3	34,5**	54,5*	65,6	53,6	73,1	56,1
LSD 5%	-	9,5	10,6	8,5	7,3	12,9	7,4
LSD 1%	-	13,6	15,2	11,4	10,6	17,6	10,7

\* Razlika je statistički značajna  $P < 0,05$ ; \*\* Razlika je statistički vrlo značajna  $P < 0,01$

( $P < 0,01$ ). Na kraju oglada povećanje broja fosfomineralizatora konstatovano je samo kod dve niže koncentracije i to za 35,2% (0,3 mg) i 37,5% (1,5 mg).

Rezultati koji su dobijeni u ovim istraživanjima potvrdili su osnovnu pretpostavku od koje smo pošli kod postavljanja cilja rada, a to je da će nikosulfuron, kao toksikant, kada se nađe u zemljištu izazvati promene u brojnosti ispitivanih grupa mikroorganizama. Prema mehanizmu delovanja nikosulfuron pripada inhibitorima enzima acetolaktat sintetaze koji je ključan enzim u sintezi aminokiselina valina, leucina i izoleucina. Zbog ovakvog mehanizma delovanja nikosulfuron je slabo toksičan za organizme koji ne sintetišu ove amino kiseline, kao što su na primer sisari. Imajući u vidu da gljive i bakterije vrše sintezu valina, leucina i izoleucina može se očekivati štetno delovanje herbicida sa ovim mehanizmom delovanja na mikrobiološku populaciju u zemljištu (Forlani et al., 1995).

Prema mišljenju Burnet i Hodgson (1990), kao i Forlani i saradnika (1995) mikroorganizmi se razlikuju po stepenu osetljivosti na sulfoniluree, upravo zbog toga što različite grupe različito sintetišu acetolaktat sintetazu. Prema ovim autorima, grupe koje ovaj enzim sintetišu intenzivnije ispoljavaju veći stepen osetljivosti u poređenju sa grupama koje stvaraju manje ovog enzima.

Istraživanja i drugih autora potvrdila su da mikroorganizmi ispoljavaju različiti stepen osetljivosti prema sulfonilureama. Tako je, prema rezultatima Đorđević i saradnika (1994), pod uticajem primsulfurona i rimsulfurona, brojnost aktinomiceta značajno smanjena za sve vreme trajanja oglada (45 dana), dok je smanjenje brojnosti ukupne mikroflore i aminoheterotrofa konstatovano samo u toku prvih 15 dana, a nakon ovog perioda, zbog obnavljanja populacije, dolazi do povećanja i ukupne mikroflore i aminoheterotrofa. U istim istraživanjima delovanje ova dva herbicida na gljive bilo je potupno drugačije, pa je kod gljiva u toku prvih 15 dana zapažena povećana, a nakon toga, značajno smanjena brojnost.

Rezultati Allievi i Gigliotti (2001) su pokazali da se broj aerobnih bakterija i nitrifikatora ne menja značajno pod uticajem cinosulfurona, ali da je u istim eksperimentalnim uslovima nitrifikaciona aktivnost mikroorganizama značajno smanjena. Prema mišljenju autora, enzimi su značajno osetljiviji parametar u poređenju sa brojem i na osnovu promena u aktivnosti enzima pre se mogu konstatovati poremećaji u mikrobiološkoj populaciji. Isti autori smatraju da se radi potvrđivanja rezultata paralelno sa ovim rade i ispitivanja u čistoj kulturi sa pojedinačnim rodovima, pa čak i vrstama.

Rimsulfuron u poljskim uslovima, u količinama koje se preporučuju za primenu, kao i 10 puta većim, ne izaziva značajnije promene u mikrobiološkoj biomasi ugljenika i aktivnosti enzima proteaze. U laboratorijskim ogledima rimsulfuron u 10 i 100 puta većim količinama od preporučenih, značajno smanjuje mikrobiološku biomasu ugljenika, a povećava aktivnost proteaze i  $\beta$ -glukozidaze (Perruci and Scarponi, 1996; Perruci et al., 1999; Martins et al., 2001, Radivojević et al., 2011).

Prema istraživanjima italijanskih istraživača (Perucci and Scarponi, 1994) imazetapir, koji pripada gupi imidazolinona, u količinama koje su registrovane za primenu, ne izaziva značajnije promene u mikrobiološkoj biomasi. Statistički značajne promene registrovane su tek kod količina koje su deset i sto puta veće od preporučenih. Međutim, promene u

mikrobiološkoj biomasi su prolaznog karaktera i nestaju 45 dana posle primene. Do sličnih rezultata došli su i Seifert i saradnici (2001) koji su u trogodišnjim ispitivanjima pratili delovanje imazakvina (140 g/ha) u usevu soje. Prema njihovim rezultatima promene u brojnosti mikroorganizama, mikrobiološkoj biomasi i aktivnosti enzima nisu bile statistički značajne u poređenju sa kontrolom.

Utvrđeno je, takođe, da i insekticidi i fungicidi izazivaju promene brojnosti zemljišnih mikroorganizama. Tako je značajna promena u dinamici brojnosti mikroorganizama utvrđena u oglecima sa fentin-acetatom, foratom, fenvaleratom, hlorigazonom i karbofuranom (Das and Mukherjee, 1998; Đorđević i sar., 1999; Trabue et al., 2001; Johansen et al., 2001). Prema rezultatima brojnih istraživača (Banerjee and Banerjee, 1987; Macalady et al., 1998; Bjornlund et al., 2000) fungicidi benomil, kaptan, metam, fenpropimorf, takođe utiču na broj sistematskih i fizioloških grupa mikroorganizama. Rezultati istraživanja koje su obavili Nayak i Rao (1982) i Smith i saradnici (2000) ukazuju da višegodišnja uzastopna primena benomila može da izazove ozbiljne poremećaje u kruženju hranljivih elemenata u zemljištu. Utvrđeno je da se, zapravo, pod uticajem ovog fungicida broj mikoriznih gljiva smanjuje čak za 80%, a bakterija za 20%, što, imajući u vidu njihovu ključnu ulogu, može da dovede do poremećaja u kruženju ova dva elementa.

## ZAHVALNICA

Rad je rezultat projekta TR 31043-Proučavanje biljnih patogena, artropoda, korova i pesticida u cilju razvoja metoda bioracionalne zaštite bilja i proizvodnje bezbedne hrane, koji finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije.

## LITERATURA

- Allievi, L. and Gliotti, C.:** Response of the bacteria and fungi of two soils to the sulfunylurea herbicide cino-sulfuron. *J. Environ. Sci. Health*, B36(5), 161-175, 2001.
- Banerjee, A. and Banerjee, A. K.:** Influence of captan on some microorganisms and microbial processes related to the nitrogen cycle. *Plant and Soil*, 102, 239-245, 1987.
- Berger, B. M.:** Parameters influencing biotransformation rates of phenylurea herbicides by soil microorganisms. *Pest. Biochem. Physiol.*, 60, 71-82, 1998.
- Bjornlund, L., Ekelund, F., Christensen, S., Jacobsen, C. S., Krogh, P. H., Johnsen, K.:** Interaction between saprotrophic fungi, bacteria and protozoa on decomposing wheat roots in soil influenced by the fungicide fenpropimorph: a field study. *Soil Biol. Biochem.*, 32, 967-975, 2000.
- Brown, H. M.:** Mode of action, crop selectivity and soil relations of the sulfonyleureas herbicides. *Pest. Sci*, 29, 263-281, 1990.
- Burnet, M., and Hodgson, B.:** Differential effects of the sulfunylurea herbicides chloresulfuron and sulfometuron-methyl on microorganisms. *Arch. Microb.*, 155, 521-525, 1990.
- Das, A. C. and Mukherjee, D.:** Effects of insecticides on soil microorganisms and their biochemical processes related to soil fertility. *J. Microb. Biochem.*, 14, 903-909, 1998.



- Đorđević, S., Govedarica, M., Ajder, S., Stefanović, L.:** Uticaj nekih herbicida na biološku aktivnost i mikroorganizme u zemljištu. *Savremena poljoprivreda*, 42, 125-133, 1994.
- Đorđević, S., Šestović, M., Raičević, V., Marinković, N.:** Preživljavanje mikroorganizama u zemljištu tretiranom fentin-acetatom, hloridazonom i karbofuranom. *Pesticidi*, 14, 345-351, 1999.
- Forlani, G., Mantelli, M., Branzoni, M., Mielsen, E., Favilli, F.:** Differential sensitivity of plant-associated bacteria to sulfonilurea and imidazolinone herbicides. *Plant and Soil*, 176, 243-253, 1995.
- Janjić, V. i Elezović, I.:** Pesticidi u poljoprivredi i šumarstvu u Srbiji. Društvo za zaštitu bilja Srbije, Sedamnaesto izmenjeno i dopunjeno izdanje, Beograd, 2010.
- Jarak, M. i Đurić, S.:** Praktikum iz mikrobiologije. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2004.
- Johansen, K., Jacobsen C.S., Torsvik, V.:** Pesticide effects on bacterial diversity in agricultural soils – a review. *Biol. Fertil. Soils*, 33, 443-453, 2001.
- Jumila, S., Heinonen-Tanski, H., Ervio, L. R., Laitinen, P.:** Phytotoxic persistence and microbiological effects of chlorsulfuron and metsulfuron in Finnish soil. *Weed Res.*, 34, 413-423, 1999.
- Levitt, G., Ploeg, H.L., Wiegler, R.C., Fitzgerald, D.J.:** 2-chloro-N-4-metoxi-6-methyl-1,3,5-triazine-2-yl-minocarbonyl benzensulfon-amide, a new herbicide. *J. Agric. Food Chem.*, 29, 416-421, 1981.
- Macalady, J. L., Fuller, M. E., Scow, K. M.:** Effects of metam sodium on soil microbial activity and community structure. *J. Environ. Qual.*, 27, 54-63, 1998.
- Martins, J. M. F., Chevre, N., Soack, L., Tarradellas, J., Mermound, A.:** Degradation in soil and water and ecotoxicity of rimsulfuron and its metabolites. *Chemosphere*, 45, 515-522, 2001.
- Milošević, N., Govedarica, M., Jarak, M., Đorđević, S.:** Pesticidi i mikroorganizmi. U: *Zaštita šećerne repe od bolesti, štetočina i korova* (urednici: Konstantinović, B., Štrbac, P. i Balaz, F.). Stylos, Novi Sad, 109-142, 2001.
- Nannipieri, P., Muccini, L., Ciardi, C.:** Microbial biomass and enzyme activities: production and persistence. *Soil Biol. Biochem.*, 15, 679-685, 1983.
- Nayak, D. N. and Rao, V. R.:** Pesticides and heterotrophic nitrogen fixation in paddy soils. *Soil. Biol. Biochem.*, 12, 1-4, 1982.
- Pascual, J. A., Garcia, C., Hernandez, T., Moreno, J. L., Ros, M.:** Soil microbial activity as a biomarker of degradation and remediation processes. *Soil Biol. Biochem.*, 32, 1877-1883, 2000.
- Perucci, P. and Scarponi, L.:** Effects of the herbicide imazetapyr on soil microbial biomass and various soil enzymes. *Biol. Fert. Soils*, 17, 237-240, 1994.
- Perucci, P. and Scarponi, L.:** Side effects of rimsulfuron on the microbial biomass of a clay-loam soil. *J. Environ. Qual.*, 25, 610-613, 1996.
- Perucci, P., Vichetti, C., Battistoni, F.:** Rimsulfuron in silty clay loam soil: Effects upon microbiological and biochemical properties under varying microcosms conditions. *Soil Biol. Biochem.*, 31, 195-204, 1999.
- Radivojević, Lj., Šantrić, Lj., Gajić Umiljendić, J.:** Rimsulfuron in soil: effects on microbiological properties under varying soil conditions. *Pesticidi i fitomedicina*, 26, 135-140, 2011.
- Seifert, S., Shaw, D. R., Zablutowicy, R. M., Wesley, R. A., Kingery, W. L.:** Effect of tillage on microbial characteristics and herbicide degradation in a sharkey clay soil. *Weed Sci.*, 49, 685-693, 2001.
- Smith, M. D., Hartnett, D. C., Rice, C. W.:** Effects of long-term fungicide applications on microbial properties in tallgrass prairie soil. *Soil Biol. Biochem.*, 32, 935-946, 2000.
- Thompson, I. P., Singer, A. C., Bailey, M. J.:** Improving the exploitation of microorganisms in environmental clean-up. *Proceedings of Symposium Pesticide Behavior in Soil and Water*, Brighton, British Crop Protection Council (BCPC), 197-204, 2001.
- Trabue, S. L., Ogram, A. V., Ou L. T.:** Dynamic of carbofuran-degrading microbial communities in soil during three successive annual applications of carbofuran. *Soil Biol. Biochem.*, 33, 75-81, 2001.



## The Effect of Nicosulfuron on Some Physiological Groups of Microorganisms

### SUMMARY

The effect of nicosulfuron on abundance of amino-autotrophs, amino-heterotrophs, *Azotobacter* sp., phospho-mobilizers and phospho-mineralizers was examined. A trial was set up in laboratory conditions on chernozem soil type. Nicosulfuron was applied in concentrations 0.3, 1.5 and 3 mg/kg soil. Sampling for analysis was done 1, 7, 14, 21, 30 and 60 days after atrazine application.

The results showed that the effect of nicosulfuron depended on rates of application, duration of activity and group of microorganisms. Nicosulfuron had an inhibiting effect on *Azotobacter* sp., amino-heterotrophs, and phospho-mobilizers. Nicosulfuron inhibited amino-autotrophs initially, and stimulated them after the population recovered, while nicosulfuron had stimulating effect on phospho-mineralizers. However, the changes detected were found to be transient, and therefore there is no real risk of the compound disrupting the balance of biochemical processes in chernozem soil.

**Keywords:** nicosulfuron, chernozem, amino-autotrophs, amino-heterotrophs, *Azotobacter* sp., phospho-mobilizers and phospho-mineralizers

Primljen: 21.11.2011.  
Odobren: 19.12.2011.