

UDK: 632.95.028

Naučni rad – Scientific paper

Fitotoksičnost simuliranih ostataka napropamida za useve pšenice i ovsa

Katarina Jovanović-Radovanov *, Dušan Stojanović, Ibrahim Elezović
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni Fakultet Nemanjina 6, 11080 Beograd - Zemun
*email: katarinajr@agrif.bg.ac.rs

REZIME

Ispitivanje osetljivosti pšenice i ovsa na simulirane ostatke napropamida izvedeno je primenom biotest metode, merenjem morfoloških parametara. Na osnovu određenih EC_{50} , EC_{20} i EC_{10} vrednosti za dužinu korena, svažu masu korena i svežu masu izdanaka utvrđena je razlika u osetljivosti ispitivanih vrsta, pri čemu je ovas ispoljio nešto veću osetljivost. Za ostvarivanje inhibicije merenih parametara na nivou 10 – 20 % potrebna je 2 – 4 puta veća koncentracija za biljke pšenice u odnosu na ovas.

Ključne reči: biotest, fitotoksičnost, napropamid, ostaci, ovas, pšenica

UVOD

Napropamid je selektivni, translokacioni, zemljišni herbicid, registrovan za primenu u mnogim povrtarskim usevima, duvanu, zasadima jagoda, voća i vinovoj lozi. U spektru delovanja obuhvata jednogodišnje travne i neke širokolisne korove. Biljke ga usvajaju korenom, odakle se translocira ksilemom u nadzemne delove. Njegova pokretljivost u apoplastima je različita: brža i u većem stepenu kod otpornih biljaka, a veoma slaba kod osetljivih biljaka (Barrett i Ashton, 1981). Napropamid inhibira deobu ćelija, izazivajući zaustavljanje rasta korena (što kod osetljivih biljnih vrsta nastupa gotovo odmah po usvajanju) i to samo onih korenova koji su u direktnom kontaktu sa herbicidom. Vrlo često, primarni simptomi su praćeni i zastojem u rastu izdanaka (Monaco i sar., 2002). Selektivnost delovanja zasniva se na metabolizmu

napropamida u otpornim biljnim vrstama, pri čemu se metabolička razgradnja mnogo brže odvija u zelenim biljnim tkivima (izdanku) nego u korenu (Murphy i sar., 1973). U uslovima polja, tolerantnost na napropamid se može ostvariti i na osnovu pozicione selektivnosti – ako se koren biljke razvija ispod zone u kojoj se nalazi herbicid (Jachetta i sar., 1979).

Napropamid je u zemljištu slabo pokretan (izrazito slab potencijal ispiranja u većini mineralnih zemljišta), a nešto mobilniji je u ilovasto-peskovitim zemljištima i u uslovima veće precipitacije ili irigacije (Wu i sar., 1975; Jury i sar., 1986; Fourie, 1992, 1993; Nelson i sar., 2000; Williams i sar., 2000, 2002; Antonious i sar., 2005). Ne podleže isparavanju, ali fotodegradacija može biti faktor od izrazitog značaja u njegovom nestajanju, pogotovu pri primeni po površini zemljišta (u izrazitoj korelaciji sa stepenom insolacije), zbog čega se preporučuje njegova inkorporacija u površinski sloj zemljišta (Stanger i Vargas, 1984).

Perzistentnost napropamida u zemljištu je relativno izražena, uslovljena pre svega sadržajem organske materije, gline, vlažnošću zemljišta i temperaturom, kao i ispoljavanjem desorpcionog histerezisa. Vrednost poluživota varira (u zavisnosti od tipa zemljišta i uslova nakon primene) u rasponu od 12 do 130 dana, pri čemu je u većini istraživanja vrednost poluživota bila u rasponu od 45 – 63 dana, sa tendencijom značajnog smanjenja pri sukcesivnoj primeni tokom dve ili tri uzastopne godine na istoj površini (Romanowski i Borowy, 1979; Gerstl i Yaron, 1983a, 1983b; Walker i sar., 1985, 1993, 1996; Blackshaw i sar., 1994; Turin i Bowman, 1997; Monako i sar., 2002; Biswas i sar., 2007, 2011; Sadegh-Zadeh i sar., 2012).

Primenu napropamida prate ograničenja u pogledu izbora i setve narednih useva u plodoredu (Janjić i Elezović, 2010), i to od 12 meseci za pšenicu, ječam, raž i kukuruz, do 16 meseci za ovas (kada su u pitanju usevi iz familije trava, a koji su, imajući u vidu spektar delovanja napropamida, i najosetljiviji). U dostupnoj literaturi je malo podataka o oštećenjima pojedinih gajenih vrsta ostacima ovog herbicida, a postoje i oprečni rezultati u pogledu osetljivosti i mogućnostima setve u jesen ili u proleće nakon njegove primene. Prema rezultatima Romanowski i Borowy (1979) evidentna je razlika u osetljivosti između kukuruza i strnih žita: I_{50} za kukuruz na različitim tipovima zemljišta bila je 0,9 i 1,8 kg/ha, dok je za pšenicu utvrđena I_{50} iznosila 0,1 i 0,9 kg/ha (na ilovastoj peskuši, odnosno praškastoj ilovači). Ovakva razlika može se objasniti morfološkim razlikama u građi ove dve vrste, odnosno, činjenicom da kukuruz razvija osovinski koren koji brzo prorasta u dubinu, i većim svojim delom se razvija u zoni u kojoj nema herbicida (zbog slabe pokretljivosti napropamida). Sa druge strane, pšenica se, kao i ostala strna žita karakteriše žiličastim korenovim sistemom, koji se predominantno razvija u plićim slojevima zemljišnog profila što produžava vreme ekspozicije ostacima herbicida, čineći ga znatno osetljivijim. Imajući u vidu činjenice da nema dovoljno jasnih i pouzdanih pokazatelja na kojima se zasnivaju ograničenja u plodoredu nakon primene napropamida, cilj ovog rada je bio da se biotest metodom utvrdi nivo osetljivosti pšenice i ovasa. Ovas se smatra jednom od najosetljivijih i najpogodnijih test biljaka u biotestovima sa herbicidima (bez obzira na mehanizam delovanja), a pšenica je najviše gajena od strnih žita kod nas.

MATERIJAL I METODE

U biotestu izvedenom u kontrolisanim uslovima korišćeno je netretirano zemljište sa parcela eksperimentalnog polja Instituta za kukuruz „Zemun Polje”, Beograd-Zemun, čije su osnovne karakteristike date u tabeli 1. Za ispitivanje osetljivosti datih useva korišćeno je seme pšenice (sorta Evropa) i ova (sorta Jadar) dobijeno iz Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu. U oglecima je korišćen herbicid napropamid (N,N-diethyl-2-(1-naphthalenyloxy)propanamide), preparat Razza namenjen za komercijalnu upotrebu, koji sadrži 450 g a.s./l.

Za izvođenje oglada prvo je pripremljena serija rastvora određenih koncentracija, pri čemu najveća koncentracija odgovara maksimalnoj količini primene herbicida u polju, u duvanu i povrtarskim usevima (1800 g a.s./ha, odnosno 4 l/ha preparata) računato na dubinu zemljišta od 5 cm. Za svaku od koncentracija odmeren je uzorak prosejanog zemljišta (600 g) koji je raspoređen u tankom sloju u plastičnu kadicu dimenzija 60 x 50 cm. Od prethodno pripremljenog rastvora pipetom je odmereno 6 ml i preneto u prskalicu za tankoslojnu hromatografiju koja je priključena na kompresor. Ovom količinom rastvora tretirano je pripremljeno zemljište, ravnomerno po celoj površini, uz konstantni pritisak od 1,2 bar-a. Zemljište je odmah nakon primene herbicida izmešano ručno, a potom prebačeno u rotacionu mešalicu u kojoj je dodatno mešano još 7 minuta pri brzini od 60 obrtaja/minuti. Na ovaj način dobijena je serija

Tabela 1. Osobine zemljišta korišćenog za laboratorijska ispitivanja

Higroskopna vlaga, %		Sadržaj frakcija, %					
		Pesak 1,0 – 0,05 mm		Prah 0,05 – 0,002 mm		Glina < 0,002 mm	
3,97	3,15			60,31	36,54		
Hemijske osobine							
% CaCO ₃	pH				Lakoprist.	Lakoprist.	
	u H ₂ O	u KCl	% humusa	% azota	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	
3,97	8,23	7,53	4,46	0,212	4,19	21,69	
Vodno fizičke osobine							
Zapreminska masa, g/cm ²	Specifična masa, g/cm ²	Poroznost %	Kapacitet, %		Vlažnost venuća, %	Pristupačna voda, %	
			Poljski	Vazdušni			
1,41	2,7	47,77	38,85	8,92	17,42	21,43	

uzoraka zemljišta sa tačno određenim sadržajem napropamida i to: 3,6; 1,8; 0,9; 0,45 i 0,225 mg a.s./kg zemljišta. Nakon homogenizacije, zemljište je raspoređivano u sudove zapremine 200 ml i zasejavano sa po 8 semenki (pšenice, odnosno ovs). Paralelno sa ovim tretmanima pripremani su kontrolni tretmani sa netretiranim zemljištem za svaku od ispitivanih biljnih vrsta. Za svaku koncentraciju urađena su po četiri ponavljanja. Nakon zasejavanja zemljište je zalivano (do poljskog kapaciteta), a zatim su sudovi odlagani u fitotron u kome su se biljke razvijale u kontrolisanim uslovima dužine trajanja dana i noći (16h/8h), temperature (22 °C dnevna/18 °C noćna) i inteziteta svetlosti (300 µE/m2s). Tokom tog perioda biljke su redovno zalivane kako bi se održala odgovarajuća vlažnost zemljišta. Nakon 8 dana vršeno je merenje odgovarajućih morfoloških parametara.

Nakon pažljivog vađenja biljaka iz sudova i detaljnog pranja korenova pod mlazom vode, mereni su dužina i sveža masa korenova, kao i sveža masa izdanaka. Dužina korena merena je kod svake biljke pojedinačno, a dobijene vrednosti za sve biljke u ponavljanju svedene su na nivo srednje vrednosti i kao takve korišćene u daljoj statističkoj analizi. Parametri koji se odnose na masu predstavljaju srednje vrednosti dobijene iz odnosa ukupne mase svih biljaka u datom tretmanu i broja biljaka.

Za utvrđivanje osetljivosti test biljaka na napropamid prvo je urađena analiza varijanse u statističkom programu STATISTICA 5.0., kako bi se utvrdilo postojanje statistički značajnih razlika neophodnih za dalju regresionu analizu. Nivo na kome dolazi do ispoljavanja statistički značajnih razlika određen je primenom t-testa. Za nelinearnu regresionu analizu dobijenih podataka korišćena je log-logistic funkcija sa četiri parametra:

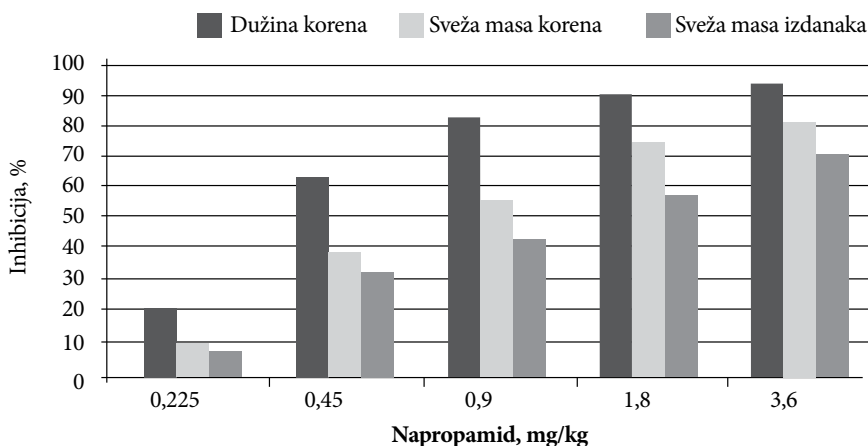
$$Y = C + \frac{D - C}{1 + \exp \{b \cdot [\log(X) - \log(E)]\}} \quad (1)$$

u kojoj je Y odgovor (mereni parametar ili inhibicija merenog parametra), C predstavlja donji limit, D predstavlja gornji limit, b je nagib regresione linije, X je koncentracija ispitivanog herbicida, a E je koncentracija koja izaziva efekat od 50 % (merenog parametra) u odnosu na kontrolu (poznata i kao EC₅₀). Sve regresione analize i grafici izvedeni su u R softverskom programu uz korišćenje *Dose Response Curves* (drc) statističkog paketa (R Development Core Team, 2009) i izračunate su EC₅₀, EC₂₀ i EC₁₀ za obe biljne vrste, kao parametri na osnovu kojih je moguće izvršiti poređenje.

REZULTATI I DISKUSIJA

Primenom ispitivanih koncentracija napropamida (0,225 – 3,6 mg a.s./kg zemljišta) ispoljena je inhibicija svih merenih parametara kod obe ispitivane biljne vrste, a dobijene vrednosti su date kao prosečne vrednosti.

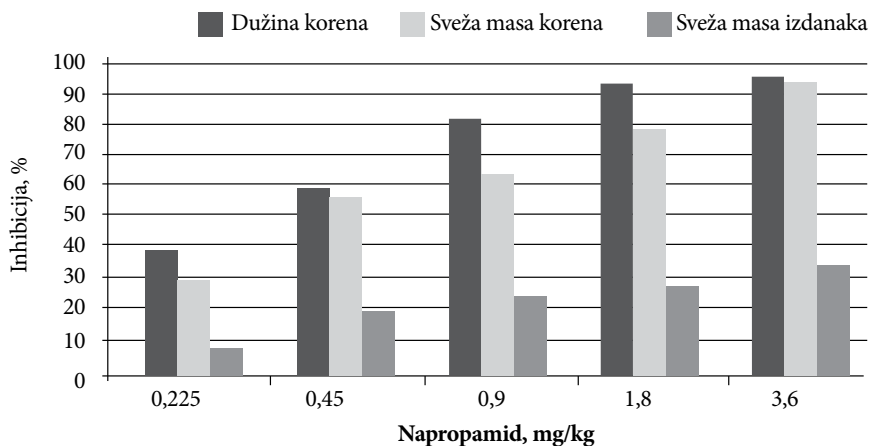
Inhibicija rasta korena pšenice bila je u rasponu od 21,66 – 95,45 %, smanjenje sveže mase korena od 10,04 – 82,22 %, dok je redukcija sveže mase izdanaka bila manje izražena, od



Grafikon 1. Uticaj napropamida na inhibiciju merenih parametara pšenice

7,51 – 71,56 %, (grafikon 1). Analizom varijanse dobijenih podataka utvrđeno je postojanje statistički značajnih razlika između primenjenih tretmana i kontrole i to za dužinu korena ($F = 594,36$, $p = 2,54E-19$), za svežu masu korena ($F = 75,92$, $p = 1,85E-11$) i svežu masu izdanaka ($F = 122,62$, $p = 2,96E-13$). Međutim, za svežu masu korena i izdanaka statistički značajne razlike su ustanovljene za koncentracije od 0,45 mg a.s./kg i veće.

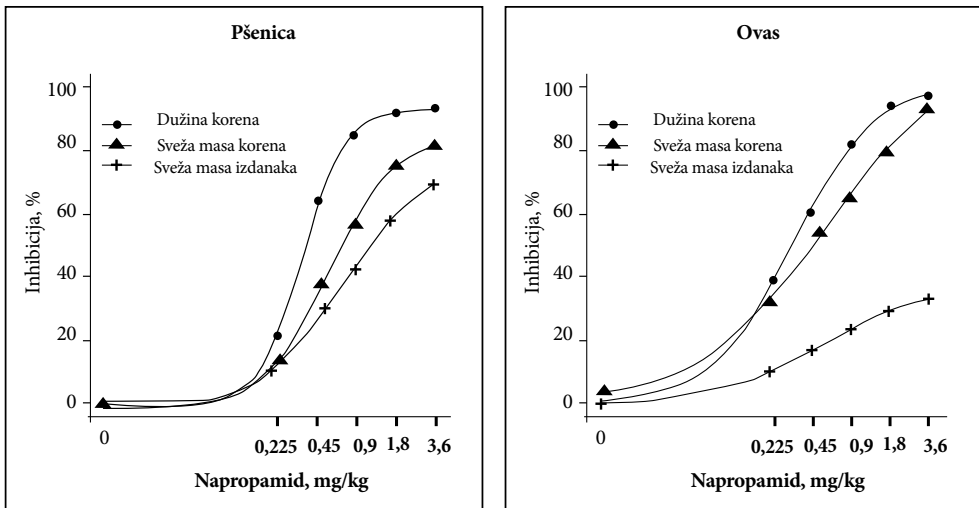
I kod biljaka ova bila je vrlo izražena zavisnost dužine korena od primenjene koncentracije herbicida (39,62 – 96,75 %), kao i inhibicija sveže mase korenova (30,46 – 94,98 %), dok se smanjenje sveže mase izdanaka ispoljilo u rasponu od 8,75 – 34,69 % (grafikon 2). Analizom varijanse potvrđeno je postojanje statistički značajnih razlika između primenjenih tretmana i



Grafikon 1. Uticaj napropamida na inhibiciju merenih parametara ova

kontrole za sve merene parametre (za dužinu korena $F = 3987,25$, $p = 9,74E-27$; za svežu masu korena $F = 1413,58$, $p = 1,08E-22$; i svežu masu izdanaka $F = 1021,01$, $p = 2E-21$).

Za opisivanje zavisnosti promene merenih morfoloških parametara sa promenom koncentracije napropamida korišćena je nelinearna regresija (1) (grafikon 3) na osnovu koje su izračunate EC_{50} vrednosti, kao pokazatelji osetljivosti ispitivanih biljnih vrsta, a takode i EC_{10} i EC_{20} vrednosti (tabela 2) kao pokazatelji koncentracija koje ne izazivaju statistički značajan efekat, ili izazivaju efekat, koji ne mora značajno da utiče na dalji razvoj biljke. Koeficijenti jednačina regresione zavisnosti za obe biljne vrste i merene parametre dati su u tabeli 3.



Grafikon 3. Zavisnost promene merenih morfoloških parametara od promene koncentracije napropamida

		EC,mg/kg		
Mereni parametar		EC ₅₀ ± SG	EC ₂₀ ± SG	EC ₁₀ ± SG
Pšenica	Dužina korena	0.34280±0.0188	0.20385±0.0172	0.15040±0.0177
	Sv. masa korena	0.54378±0.0548	0.25080±0.0286	0.15949±0.0257
	Sv. masa izdanaka	0.71296±0.1512	0.25461±0.0397	0.13940±0.0307
Ovas	Dužina korena	0.321756±0.0151	0.117298±0.0089	0.065004±0.0074
	Sv. masa korena	0.576640±0.1028	0.116928±0.0102	0.045978±0.0070
	Sv. masa izdanaka	0.514204±0.1536	0.148054±0.0299	0.071470±0.0249

Tabela 2. Vrednosti koeficijenata EC₅₀, EC₂₀ i EC₁₀ za sve merene parametre pšenice i ovasa

a) pšenica				
	vrednost	SG	t	p
Dužina korena				
b	-2.666990	0.350620	-7.606499	0.0000
C	-0.495143	2.927729	-0.169122	0.8663
D	93.448585	2.241601	41.688330	0.0000
e	0.342805	0.018824	18.211524	0.0000
Sveža masa korena				
b	-1.791371	0.255115	-7.021831	0.0000
C	-1.386844	2.811915	-0.493203	0.6237
D	84.158598	4.003979	21.018739	0.0000
e	0.543781	0.054824	9.918754	0.0000
Sveža masa izdanaka				
b	-1.346295	0.258110	-5.215983	0.0000
C	-1.175187	2.816442	-0.417260	0.6780
D	77.715347	7.731170	10.052210	0.0000
e	0.712960	0.151183	4.715870	0.0000
b) ovas				
	vrednost	SG	t	p
Dužina korena				
b	-1.373823	0.100446	-13.677201	0.0000
C	-0.090497	1.437440	-0.062957	0.9500
D	101.688046	1.978005	51.409396	0.0000
e	0.321756	0.015086	21.328435	0.0000
Sveža masa korena				
b	-0.868792	0.097322	-8.927023	0.0000
C	-0.101328	1.422665	-0.071224	0.9435
D	112.213897	7.360629	15.245150	0.0000
e	0.576640	0.102796	5.609581	0.0000
Sveža masa izdanaka				
b	-1.113450	0.305801	-3.641094	0.0006
C	-0.036162	1.406863	-0.025704	0.9796
D	112.213897	7.360629	15.245150	0.0000
e	0.514204	0.153590	3.347908	0.0014

Tabela 3. Koeficijenti u jednačini regresije zavisnosti promene morfoloških parametara od promene koncentracije napropamida

Ispitivanja osetljivosti pšenice i ovasa na napropamid, biotestom u kome su za dobijanje odgovora korišćeni dužina i sveža masa korena kao i sveža masa izdanaka, pokazala su da postoji razlika u osetljivosti korišćenih parametara, u smislu veće osetljivosti korena nego izdanaka. Ova razlika potvrđena je i ranije, a direktna je posledica mehanizma delovanja napropamida. Međutim, imajući u vidu da se u mnogim istraživanjima kao osnovni mereni parametri često koriste sveža ili suva masa izdanaka, kao i da su to vegetativni organi koji su u uslovima polja jedini pokazatelji fitotoksičnog delovanja ostataka herbicida bilo je neophodno i ovim istraživanjima obuhvatiti bar jedan od pokazatelja odgovora nadzemnog dela biljke.

Na osnovu ispoljenih odgovora zapaža se mala, ali dosledno prisutna razlika u osetljivosti između pšenice i ovasa. Naime, stepen ostvarene inhibicije primenom serija koncentracija napropamida, je veći kod biljaka ovasa, kao i utvrđene EC_{50} , EC_{20} i EC_{10} za parametre korena. Za ostvarenje inhibicije rasta korena ovasa u rasponu od 10 – 20 %, potrebna je 2 – 4 puta manja koncentracija nego za pšenicu. Ovako utvrđeni odnosi u potpunosti se poklapaju sa poznatom činjenicom da je ovas zbog izrazite osetljivosti najčešće i najviše korišćena test biljka u biotestovima sa herbicidima.

Parametar EC_{10} u literaturi se označava i kao NOEL (nivo koncentracije koji ne izaziva vidljive efekte), i opšte je prihvaćeno da se on uzima kao pokazatelj nivoa ostataka pri kojem se može obaviti bezbedna setva narednog useva. Međutim, u ispitivanjima herbicida sa drugačijim mehanizmom delovanja, ali čije se posledice prvenstveno i najizraženije manifestuju na korenu, Jovanović-Radovanov (2012) je utvrdila da se kod manje osetljivih biljaka i količina ostataka na nivou EC_{20} može prihvatiti kao bezbedna po usev, jer su biljke u stanju da prevladaju početne simptome fitotoksičnosti. Kao potvrda ovom stavu mogu se uzeti rezultati LaMondia i Ahrens (1996) koji pokazuju da nakon primene napropamida (1,7 kg/ha i 2,2 kg/ha), ostaci ovog herbicida u usevu ozime raži izazivaju početna oštećenja od 36 - 37 %, koja se nakon mesec dana smanjuju na 15 - 18 %, a da pri tome nema statistički značajnih razlika u ostvarenoj svežoj masi (g/m^2) između ovih tretmana i kontrole. Prva istraživanja sa napropamidom ukazala su na značajnu osetljivost pšenice, što je rezultiralo preporukom da se po primeni ovog herbicida u prolećnim usevima, ne vrši setva ozimih žita (Romanowski i Borowy, 1979; Beste, 1982). Međutim, pojedini istraživači navode da pšenica ne spada u izrazito osetljive vrste na ovaj herbicid (Blackshaw, 1994). Takođe, iz istraživanja Americas i Vouzounis (1996) proističe da je bezbedan period za setvu ozimih žita nakon prolećne primene napropamida 14 nedelja (za pšenicu), odnosno, 17 nedelja (za ječam) (na glinovitim i glinovito-ilovastim zemljištima). U istraživanju Walker i Brown (1982) navodi se da je EC_{20} za ječam, u odnosu na redukciju rasta biljaka, na nivou 0,14 mg/kg što je jednako vrednosti dobijenoj za ovas u našem istraživanju, a gotovo upola manje od vrednosti dobijene za pšenicu. Na veću osetljivost ječma u odnosu na pšenicu ukazuju i istraživanja Walker i sar. (1985) kojima je takođe potvrđeno da se nivo ispoljene fitotoksičnosti povećava sa smanjenjem sadržaja organske materije u zemljištu. Tako ispoljene razlike nameću pitanje opravdanosti svrstavanja

ove dve vrste u istu kategoriju u pogledu dužine intervala za bezbednu setvu u plodoredu nakon primene napropamida kod nas.

ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati jasno pokazuju da je pšenica manje osetljiva od ovsu pri istom nivou ostataka napropamida u zemljištu. Međutim, neophodna su dalja istraživanja u cilju utvrđivanja dinamike degradacije napropamida na različitim tipovima zemljišta u našim agroekološkim uslovima, određivanje nivoa ostataka napropamida u različitim vremenskim intervalima nakon primene, kao i ispitivanja osetljivosti ostalih vrsta strnih žita te njihovih sorata, kako bi se preispitala opravdanost dužine postojećih ograničenja u setvi.

LITERATURA

- Americanos, P.G and Vouzounis, N.A.:** Persistence of napropamide, propachlor and propyzamide in soil. Technical Bulletin 171, 3-8, 1996.
- Antonious, G.F., Patterson, M.A., Snyder, J.C.:** Impact of soil amendments on broccoli quality and napropamide movement under field conditions. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 75, 797-804, 2005.
- Barrett, M. and Ashton, F. M.:** Napropamide uptake, transport and metabolism in corn (*Zea mays*) and tomato (*Lycopersicon esculentum*) Weed Sci., 29, 697-703, 1981.
- Beste, C.E.:** Napropamide and diphenamid soil-residual influence on wheat following tomatoes. Abstr. Weed Sci. Soc. Am. 22, 28, 1982.
- Biswas, P.K., Pramanik, S.K., Mitra, S.R., Bhattacharyya, A.:** Persistence of napropamide in/on tea under Indian climatic condition. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 79, 566-569, 2007.
- Biswas, P.K., Pramanik, S.K., Bhowmick, M.K., Mitra, S.R., Bhattacharyya, A.:** Studies on persistence of napropamide in soils under laboratory simulated conditions. SATSA Mukhlaptra Annual Technical Issue, 15, 87-90, 2011.
- Blackshaw, R.E., Moyer, J.R., Kozub, G.C.:** Efficacy of downy brome herbicides as influenced by soil properties. Canadian Journal of Plant Science, 74, 177-183, 1994.
- Fourie, J.C.:** Herbigation in a vineyard: Persistence of four pre-emergence herbicides in a sandy loam soil. S. Afr. J. Enol. Vitic., 13, 64-70, 1992.
- Fourie, J.C.:** Herbigation in a vineyard: efficacy and persistence of five pre-emergence herbicides in a sandy soil. S. Afr. J. Enol. Vitic., 14, 3-10, 1993.
- Gerstl, Z. and Yaron, B.:** Behaviour of bromacil and napropamide in soils: I Adsorption and degradation. Soil. Sci. Soc. Am. J., 47, 474-478, 1983a.
- Gerstl, Z. and Yaron, B.:** Behaviour of bromacil and napropamide in soils: II Distribution after application from a point source. Soil. Sci. Soc. Am. J., 47, 478-483, 1983b.
- Jachetta, J.J., Radosevich, S.R., Elmore, C.L.:** Differential susceptibility of two pigweed (*Amaranthus spp*) species to napropamide. Weed Sci., 27, 189-191, 1979.
- Janjić, V. i Elezović, I.:** Pesticidi u poljoprivredi i šumarstvu u Srbiji. Društvo za zaštitu bilja Srbije, Beograd, 2010.
- Jovanović-Radovanov, K.:** Osetljivost gajenih biljaka na rezidualno delovanje imazetapira i klomazona. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet-Zemun, Univerzitet u Beogradu, 1-131, 2012.
- Jury, W.A., ElAbd, H., Reseketo, M.:** Field study of napropamide movement through unsaturated soil. Water Resour. Res., 22, 749-755, 1986.

- La Mondia, J.A. and Ahrens, J.F.:** Effects of napropamide and pendimethalin on Connecticut tobacco weed control and fall-seeded rye (*Secale cereale*). Tobacco science, 40, 44-47, 1996.
- Monaco, T.J., Weller, S.C., Ashton, M.:** Weed Science: Principles and practices. John Wiley and Sons Inc., New York, 2002.
- Murphy, J.J., Didriksen, J., Gray, R.A.:** Metabolism of 2-(α -naphthoxy)-N,N-diethyl propionamide in tomato. Weed Sci., 21, 11-15, 1973.
- Nelson, S.D., Farmer, W.J., Letey, J., Williams, C.F.:** Stability and mobility of napropamide complexed with dissolved organic matter in soil columns. Soil. Sci. Soc. Am. J., 29, 1856-1862, 2000.
- R Development Core Team:** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>, 2009.
- Romanowski, R.R. and Borowy, A.:** Soil persistence of napropamide. Weed Sci., 27, 151-153, 1979.
- Sadegh-Zadeh, F., Samsuri, A.W., Bahi, J., Radziah, O., Dzolkhifli, O.:** Fate of napropamide herbicide in selected Malaysian soils. J. Of Environ. Sci. And Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes, 47, 144-151, 2012.
- Stanger, C.E and Vargas, T.C.:** A photodecomposition study of napropamide. Proc. West. Weed Sci. Soc., 37, 221-225, 1984.
- Turin, J.H. and Bowman, R.S.:** Sorption behaviour and competition of bromacil, napropamide and prometryn. Journal of Environmental Quality, 26, 1282-1287, 1997.
- Walker, A. and Brown, P.A.:** Crop response to low doses of pendimethalin, napropamide, metazachlor and chlor-sulfuron in the soil. Proceedings British Crop Protection Conference – Weeds. Brighton. BCPC Publication, 1, 141-147, 1982.
- Walker, A., Brown, P.A., Mathews, P.R.:** Persistence and phytotoxicity of napropamide residues in soil. Annals of Applied Biology, 106, 323-333, 1985.
- Walker, A., Parekh, N.R., Roberts, S.J., Welch, S.J.:** Evidence for the enhanced biodegradation of napropamide in soil. Pest. Sci., 39, 55-60, 1993.
- Walker, A., Welch, S.J., Roberts, S.J.:** Induction and transfer of enhanced biodegradation of the herbicide napropamide in soils. Pest. Sci., 47, 131-135, 1996.
- Williams, C.F., Letey, J., Farmer, W.J., Nelson, S.D.:** Facilitated transport of napropamide by dissolving organic matter through soil columns. Soil. Sci. Soc. Am. J., 64, 590-594, 2000.
- Williams, C.F., Letey, J., Farmer, W.J.:** Molecular weight of dissolved organic matter-napropamide complex transported through soil columns. J.Environ.Quality, 31, 619-627, 2002.
- Wu, C., Buehring, N., Davidson, J.M., Santelmann, P.W.:** Napropamide adsorption, desorption and movement in soils. Weed. Sci., 23, 454-457, 1975.

Phytotoxicity of simulated napropamide residues for wheat and oat crops

SUMMARY

The sensitivity of wheat and oat to simulated napropamide residues was tested using bioassay based on morphological parameters. The difference in calculated EC_{50} , EC_{20} i EC_{10} values for root length, root fresh weight and shoot fresh weight indicate the difference in sensitivity of the species tested. Oat showed slightly higher sensitivity than wheat. For the achievement of the same level of inhibition (10 – 20 %) higher concentrations are needed for wheat in comparison to oat (2 – 4 times higher).

Keywords: bioassay, napropamide, wheat, oat, phytotoxicity