

Fitotoksično delovanje imazetapira na hibride kukuruza (*Zea mays* L.) i njegova perzistentnost

Katarina Jovanović-Radovanov i Ibrahim Elezović

Poljoprivredni fakultet, Beograd - Zemun

REZIME

U radu je ispitivana osetljivost tri hibrida kukuruza na imazetapir. Metodom biotesta utvrđivana je inhibicija dužine i sveže mase korena i izdanka, kao pokazatelj fitotoksičnosti herbicida. Osim navedenog, biotest metodom je praćena i degradacija imazetapira u zemljištu tipa degradirani černoziem, da bi se, na osnovu prethodno određenog najosetljivijeg merenog parametra, utvrdio nivo ostataka godinu dana nakon primene, a u zavisnosti od količine i vremena primene. Ova ispitivanja vršena su tokom dve uzastopne godine.

Ispitivani hibridi ispoljili su značajnu osetljivost, pri čemu je inhibicija dužine i sveže mase korena bila mnogo izraženija za sve ispitivane koncentracije. Regresionom analizom utvrđene su I_{50} vrednosti za sve merene parametre, koje su potvrdile da je redukcija sveže mase korena najosetljiviji i najprecizniji mereni parametar. Najveću osetljivost ispoljio je hibrid ZPTC 125.

Ispitivanja perzistentnosti pokazala su da veća količina i kasnije vreme primene herbicida uslovljavaju nešto sporiju degradaciju, a što je potvrđeno izračunatim DT-50 vrednostima.

Godinu dana nakon primene ostaci imazetapira (primenjenog u količini od 80 i 120 g a.m./ha, nisu izazvali oštećenja nadzemnog dela (u obe godine ispitivanja). U post-em tretmanu redukcije rasta i sveže mase izdanka bile su do 10% (i izraženije u prvoj godini). Inhibicije dužine i sveže mase korena bile su izraženije, i uvek veće pri većoj količini primene i u post-em tretmanu, tako da su za najosetljiviji hibrid iznosile nešto manje od 20 % u prvoj, odnosno približno 30 % u drugoj godini ispitivanja.

Ključne reči: Imazetapir; hibridi kukuruza; biotest; perzistentnost; efekti ostataka

UVOD

Imazetapir je selektivni herbicid iz grupe imidazolinona, koji se koristi za suzbijanje velikog broja širokolisnih i travnih korova u soji i nekim drugim leguminozama. U primenu je, u svetu, uveden 1987. godine (Hart i sar., 1991). Imazetapir se karakteriše velikom fleksibilnošću u pogledu vremena i načina primene; pre setve, neposredno pred setvu (uz inkorporaciju), pre nicanja i posle nicanja, što ga čini vrlo pogodnim za primenu u različitim poljoprivrednim proizvodnim sistemima širom sveta.

Perzistentnost imazetapira u zemljištu uslovljena je većim brojem faktora, čiji značaj nije podjednako važan. Imazetapir se ne ispira u dublje slojeve zemljišta (Mangels, 1991; Mills i Witt, 1989; Jourdan i sar., 1998). Pokretljivost molekula imazetapira direktno je u vezi sa njegovom mogućnošću da se eventualno adsorbuje za čestice zemljišta, koja najviše utiče na dužinu perzistentnosti ovog jedinjenja. Adsorpcija imazetapira se povećava sa smanjenjem pH zemljišta (Renner i sar., 1988), kao i povećanjem sadržaja organske materije i gline (Goetz i Lavy, 1988; Loux i sar., 1989a i b; Goetz i sar., 1990; Stougaard i sar., 1990; Gan i sar., 1994 i Jonson i Talbert, 1996).

Perzistentnost imazetapira može da varira u istom tipu zemljišta zavisno od klimatskih, odnosno meteoroloških uslova, pa je tako utvrđeno da je ovaj herbicid perzistentniji u suvom i hladnom nego u toplom i vlažnom zemljištu (Jourdan i sar., 1988., Cantwell i sar., 1989; Goetz i Lavy, 1990., Ayeni i sar., 1998).

Takođe, način primene i obrade zemljišta pre primene mogu značajno uticati na perzistentnost i rezidualno delovanje ovog herbicida (Jungman i Owen, 1989; Curran i sar., 1992a i b; Walsh i sar., 1993a; Mills i Witt, 1991) dok uticaj vremena primene za sada nije potvrđen (Buhler i Proost, 1992).

Činjenica da perzistentnost imazetapira značajno varira sa promenama osobina zemljišta i uslova sredine, nameće kao vrlo važno pitanje osetljivosti biljaka koje bi se mogle gajiti u plodoredu sa sojom ili drugim leguminozama, u kojima je ovo jedinjenje našlo primenu. Do sada su ovakva ispitivanja izvedena na brojnim biljnim vrstama (Tickes i Umeda, 1991; Renner i Powell, 1991. i 1992; Johnson i sar., 1993; Walsh i sar., 1993a i b; Johnson i Talbert, 1993. i 1996; Lueschen i sar., 1996; Moyer i Esau, 1996; Onofri, 1996).

U dosadašnjim istraživanjima većina istraživača je za jedinu, ili jednu od test-biljaka, obavezno uzimala kukuruz. Međutim, za ovu biljnu vrstu su dobijeni oprečni rezultati. Jedan broj autora nije ustanovio nikakav značajniji uticaj ostataka imazetapira, na rast i na prinos kukuruza, sejanog godinu dana nakon primene, bez obzira na količinu i način primene ovog herbicida (Curran i sar., 1991; Krausz i sar., 1992. i 1994; Renner i sar., 1998). Za razliku od njih, u literaturi se mogu naći i drugačiji podaci (Gunsolus i sar., 1986; Vencil i sar., 1990; Mills i Witt, 1991; Ayeni i Yakubu, 1995; i Rabaey i Harvey, 1997).

Najkarakterističnija vidljiva promena kod biljaka osetljivih na imazetapir (i uopšte imidazolinone) jeste izraženi zastoj u rastu, pri čemu biljke mogu ostati normalno zelene i tokom dužeg vremenskog perioda. Mills i Witt (1991) navode da je kod kukuruza zapažena izvesna hlороza lisnih nerava, a da smanjenje rasta može biti vidljivo sve do žetve, pri čemu intenzitet promena zavisi od količine prisutnog herbicida. Ovako ispoljeni simptomi posledica su specifičnog mehanizma delovanja imazetapira, koji za sobom povlači i niz fizioloških i metaboličkih poremećaja u biljci. Imazetapir spada u grupu inhibitora enzima acetolaktat sintaze (ALS; odnosno acetohidroksi acid sintaze – AHAS; E.C.4.1.3.18), koji katališe prve zajedničke reakcije u biosintezi esencijalnih amino-kiselina valina, leucina i izoleucina (Rost i sar., 1990, cit. Shaner, 1991).

Imazetapir se od devedesetih godina XX veka nalazi u primeni u našoj zemlji, ali ne postoje podaci o njegovoj perzistentnosti i opasnosti za naredne biljke u plodoredu. Zbog toga je cilj ovog rada bio utvrđivanje osetljivosti hibrida kukuruza različitih grupa zrenja prema imazetapiru, kao i dužine perzistentnosti u zemljištu tipa degradirani černoze.

MATERIJAL I METODE

Za sva ispitivanja u ovom ogledu korišćen je preparat herbicida imazetapira ((RS)-5-etil-2-(4-izopropil-4-metil-5-okso-2-imidazolin-2-il)-nikotinska kiselina) namenjen za komercijalnu upotrebu.

Jedan deo ogleda postavljen je na parceli eksperimentalnog polja Instituta za kukuruz »Zemun Polje«, Beograd-Zemun. Drugi deo ogleda izveden

je u kontrolisanim uslovima i u njemu je korišćeno netretirano zemljište sa iste parcele. Zemljište je tipa degradirani karbonatni černoziem, a njegove osnovne osobine date su u Tabeli 1.

U ogledu su korišćena tri hibrida kukuruza koji pripadaju različitim grupama zrenja, ZPTC 125 (grupa zrenja FAO 100); ZPTC 404 (FAO 400) i ZPSC 633 (FAO 600).

nivo srednje vrednosti. Druga dva parametra merena su kao zbirna vrednost za sve biljke iz jednog ponavljanja, a konačna vrednost je srednja vrednost za oba ponavljanja.

Praćenje degradacije imazetapira

Praćenje degradacije imazetapira i određivanje njegovih ostataka u polju vršeno je tokom dve uza-

Tabela 1. Osobine karbonatnog černoziema u Zemun Polju

Table 1. The properties of leached chernozem soil in Zemun Polje

Higroskopna vlaga %		Sadržaj frakcija - Fraction content					
		Pesak (1.0-0.05 mm) Sand	Prah (0.05-0.002 mm) Silt	Glina (<0.002 mm) Clay			
Dubina Depth	0 - 20 cm.	3.97	3.15	60.31	36.54		
Hemijske osobine - Chemical properties							
Dubina Depth	% CaCO ₃	pH		% Azota Nitrogen	Lakoprist. (Available) P ₂ O ₅ (mg/100 g)	Lakoprist. (Available) K ₂ O (mg/100 g)	
		u H ₂ O	u KCl	% Humusa Organic matter			
	3.97	8.23	7.53	4.46	0.212	4.19	21.69

Praćenje fitotoksičnog delovanja imazetapira

U ogledu su korišćene sledeće koncentracije imazetapira: 240, 120, 60, 30, 15, 7.5, 3.75 i 1.875 µg/kg. Najveća koncentracija odgovarala je većoj količini koja je primenjena u polju u ovom ogledu (120 g a.m./ha) računato na dubinu zemljišta 5-7 cm. Zemljište je pripremljeno standardnim metodama i preneto u sudove zapremine 200 ml. U svaki sud je posejano po tri semenke određenog hibrida, zaliveno do poljskog kapaciteta i preneto u fitotron. U komori su se biljke razvijale 18 dana u kontrolisanim uslovima dužine trajanja dana i noći (16h /8h), temperature (22 °C dnevna / 18°C noćna) i intenziteta svetlosti (300 µE/m²s). Tokom celog ogleda održavana je odgovarajuća vlažnost zemljišta. Paralelno su gajene kontrolne biljke. Ceo ogled ponovljen je dva puta.

Kao pokazatelj fitotoksičnosti mereni su sledeći parametri: dužina i sveža masa korena i dužina i sveža masa izdanka. Prva dva parametra određivana su za svaku biljku pojedinačno, a zatim svedena na

stopne godine. Primenjene su dve količine, 80 i 120 g a.m./ha, uz utrošak vode od 300 L/ha, u dva različita vremena primene; pre setve soje i kada je usev bio u fazi prve troliske. Elementarna parcela bila je veličine 7.5 x 7.5 m, a svi navedeni tretmani postavljeni su u po četiri ponavljanja. U cilju praćenja degradacije imazetapira vršena su uzorkovanja zemljišta od dana primene pa do godinu dana posle, u određenim vremenskim intervalima (Tabela 2).

Zemljište je uzimano pomoću suda Kopecki (Ø 5 cm) sa dubine do 7.5 cm. Uzorci su uzimani sa svake parcele (ponavljanja) istog tretmana i spajani u zbirni uzorak, koji je posle prosejavanja podeljen na tri dela (za svaki od hibrida).

Prosejano zemljište raspoređeno je u 10 sudova zapremine od po 200 mL, zatim je u svaku posudu zasejano po tri semenke određenog hibrida. Paralelno su zasejane i kontrolne biljke. Nakon zasejavanja svi sudovi su zaliveni do poljskog kapaciteta i odloženi u fitotron, sa istim uslovima kao i u prethodnom eksperimentu, Merenje zadatih parametara i svođenje izmerenih vrednosti na konačne

Tabela 2. Datumi uzimanja uzoraka zemljišta za utvrđivanje ostataka imazetapira
 Table 2. Soil sampling for imazetapyr residue determination

1995/96. godine – 1995/96. Year											
Pre-em	28.IV	5.V	11.V	25.V	7.VI	29.VI	13.VII	9.VIII	13.IX	23.XII	23.IV
	Dan tretiranja Application day	8. dan Day	14. dan Day	28. dan Day	41. dan Day	63. dan Day	77. dan Day	104. dan Day	139. dan Day	240. dan Day	361. dan Day
Post-em	25.V	1.VI	7.VI	29.VI	13.VII	9.VIII	13.IX	23.XII	23.IV		
	Dan tretiranja Application day	8. dan Day	14. dan Day	36. dan Day	50. dan Day	77. dan Day	112. dan Day	213. dan Day	334. dan Day		
1996/97. godine – 1996/97. year											
Pre-em	29.IV	4.V	11.V	31.V	28.VI	25.VII	11.X	14.III	5.V		
	Dan tretiranja Application day	6. dan Day	13. dan Day	33. dan Day	61. dan Day	88. dan Day	166. dan Day	320. dan Day	372. dan Day		
Post-em	24.V	1.VI	7.VI	28.VI	25.VII	11.X	14.III	5.V			
	Dan tretiranja Application day	9. dan Day	15. dan Day	36. dan Day	63. dan Day	141. dan Day	295. dan Day	345. dan Day			

vrednosti za dalju statističku obradu izvedeno je na način kako je to već ranije opisano.

Statistička obrada podataka podrazumevala je pronalaznje najboljeg regresionog modela. Pogodnost izabranog modela ocenjena je i izražena koeficijentom determinacije. Na osnovu utvrđene jednačine regresije izračunate su I_{50} vrednosti, i kao jedan od pokazatelja za izbor najosetljivijeg i najpouzdanijeg merenog parametra, ali i utvrđivanje razlike u osetljivosti ispitivanih hibrida. Takođe, izvršena je analiza varijanse dobijenih podataka, a značajnost razlika, pre svega u pogledu osetljivosti ispitivanih hibrida, ocenjivana je LSD-testom.

U ispitivanjima perzistentnosti herbicida, na osnovu prethodno određenog regresionog modela, utvrđene su koncentracije ispitivanog jedinjenja prisutne u zemljištu u određenim vremenskim intervalima, a zatim je degradacija opisana jednačinom trenda, na osnovu koje su izračunate i DT-50 vrednosti. Pogodnost izabranog modela i izračunate DT--50 vrednosti ocenjeni su koeficijentom korelacije.

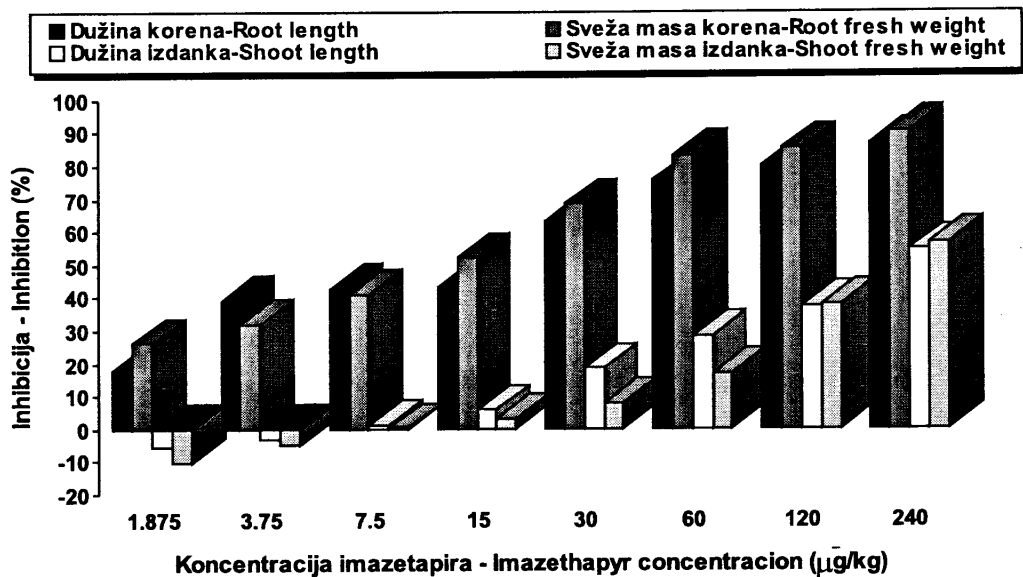
REZULTATI I DISKUSIJA

Fitotoksično delovanje imazetapira

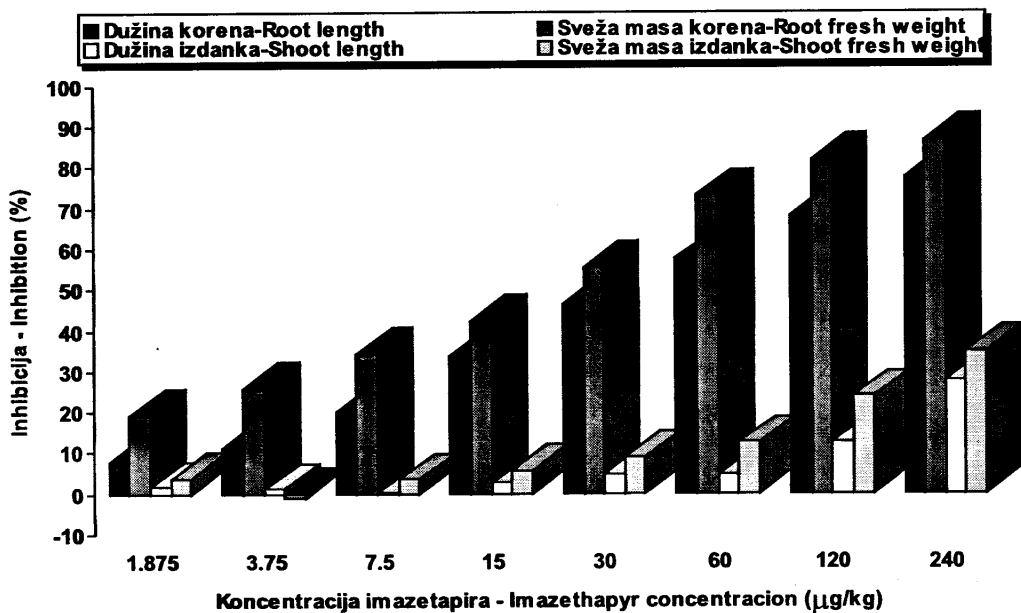
Na osnovu ispoljenog odgovora na primenjene koncentracije imazetapira (Slike 1-3) kukuruz se može smatrati dovoljno osetljivom, a samim tim

i sasvim pogodnom test-biljkom za ovakvu vrstu ispitivanja. Kao što se na slikama može videti ostvarena je inhibicija svih merenih parametara, ali je jasno ispoljena razlika u inhibiciji dužine i sveže mase korena u odnosu na dužinu i svežu masu izdanka, kod sva tri hibrida (Tabela 3). Najniža primenjena koncentracija izazvala je smanjenje dužine i sveže mase korena u rasponu od 7.86 – 17.90 %, odnosno, 12.11 – 26.23 %, dok smanjenja dužine i sveže mase izdanka ili nije bilo, ili je ona bila minimalna, tj. 1.42 – 1.55 %, odnosno 3.69 % (za sva tri hibrida). Ovako različit odnos u pogledu osetljivosti korena i izdanka, očigledan je i prisutan za ceo raspon ispitivanih koncentracija, tako da su maksimalne inhibicije dužine i sveže mase korena bile u rasponu 77.43 – 86.54 %, odnosno 86.44 – 93.18 %, a za izdanak znatno niže, 27.71 – 54.45 %, odnosno 34.68 – 56.60 % (za sva tri hibrida).

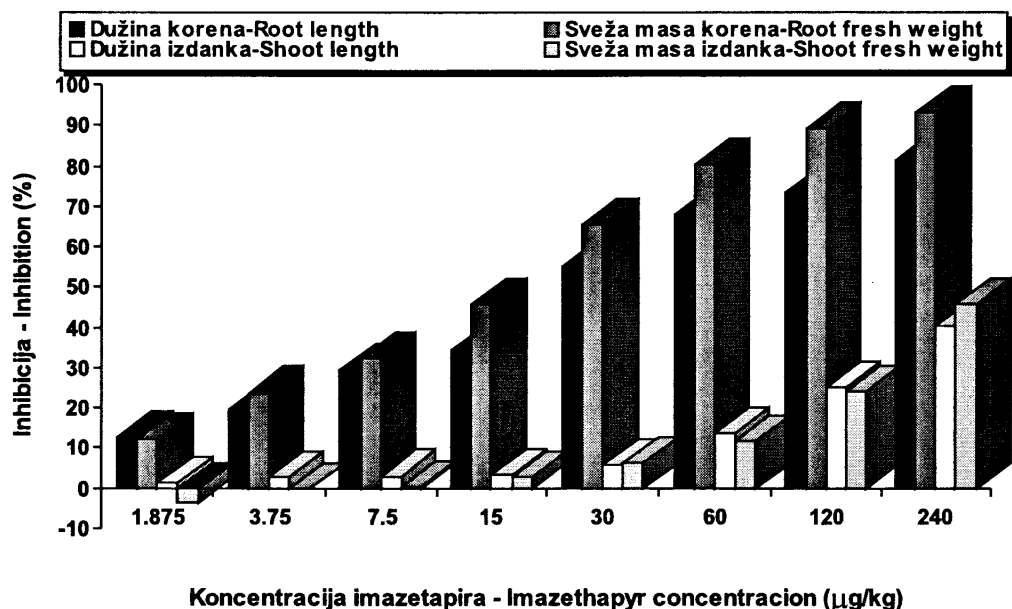
Pri poređenju primenjenih tretmana među sobom i sa kontrolom, za sva tri hibrida je utvrđeno postojanje statistički vrlo značajnih razlika u smanjenju dužine i sveže mase korena, za sve primenjene koncentracije. Međutim, za smanjenje dužine i sveže mase izdanka razlike između tretmana bile su statistički veoma značajne za veće koncentracije (od 15 µg/kg naviše) dok za niže koncentracije one ili nisu bile statistički značajne, ili su bile samo statistički značajne.



Sl. 1. Inhibicija merenih parametara hibrida ZPTC 125
 Fig. 1. Inhibition of monitored parameters of ZPTC 125 hybrid



Sl. 2. Inhibicija merenih parametara hibrida ZPTC 404
 Fig. 2. Inhibition of monitored parameters of ZPTC 404 hybrid



Sl. 3. Inhibicija merenih parametara hibrida ZPSC 633
Fig. 3. Inhibition of monitored parameters of ZPSC 633 hybrid

Tabela 3. Inhibicije merenih parametara ispitivanih hibrida
Table 3. Inhibition of monitored parameters of hybrids tested

Parametar - Parameter	Hibrid - Hybrid		
	ZPTC 125	ZPTC 404	ZPSC 633
Inhibicija - Inhibition (%)			
Dužina korena - Root length	17.90 – 86.54	7.86 – 77.43	12.70 – 81.40
Sveža masa korena - Root fresh weight	26.23 – 90.42	19.09 – 86.44	12.11 – 93.18
Dužina izdanka - Shoot length	1.05 – 54.45*	1.55 – 27.71	1.42 – 40.51
Sveža masa izdanka - Shoot fresh weight	0.21 – 56.60 *	3.43 – 34.68 *	0.05 – 45.93 *

* Najniža primenjena koncentracija nije izazvala inhibiciju datog merenog parametra
No inhibition of monitored parametar was provoked the smallest application rate

Ovako dobijeni rezultati se u velikoj meri podudaraju sa rezultatima drugih istraživača u različitim aspektima. Tako je Onofri (1996) utvrdio da je doza bez efekta za kukuruz, za svežu masu izdanka, na nivou 20.88 µg/kg. U našem istraživanju je zapaženo da pri koncentracijama manjim od 15 µg/kg, ukoliko one uopšte i dovode do smanjenja

sveže mase izdanka, te razlike u poređenju sa kontrolom uglavnom nisu statistički značajne, odnosno, tek pri koncentraciji od 30 µg/kg one postaju statistički vrlo značajne. Takođe, u ovom ogledu se zapaža da se pri najnižim primenjenim koncentracijama kod sva tri hibrida događa da je sveža masa izdanka (kod ZPTC 125 i dužina izdanka)

nešto veća u poređenju sa kontrolom, što navodi i Onofri u svom istraživanju, kako za kukuruz tako i za neke druge biljne vrste, pri čemu napominje da su tu pojavu zapazili i drugi istraživači u ispitivanjima različitih herbicida. Ova pojava se, najčešće, opisuje kao optimalni adaptivni proces preko koga organizam kompenzuje promene u spoljnoj sredini.

Za opisivanje zavisnosti promene merenih parametara sa promenom koncentracije imazetapira od svih ispitivanih modela, kao najbolja se pokazala regresija tipa :

$$y = 100 \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{b_2} \right)^{b_1}} \right) \quad (1)$$

u kojoj su: Y = efekat, tj. % inhibicije za mereni parametar; x = koncentracija herbicida (imazetapira); b1 = koeficijent u jednačini regresije; i b2 = koncentracija imazetapira koja izaziva inhibiciju merenog parametra na nivou 50 % u poređenju sa netretiranom kontrolom (vrednost koja odgovara I₅₀). Pogodnost ovako izabranog regresionog mod-

ela ocenjena je i iskazana koeficijentom determinacije (R²), čije su vrednosti, kao i vrednosti I₅₀, za svaki od merenih parametara date u Tabeli 4.

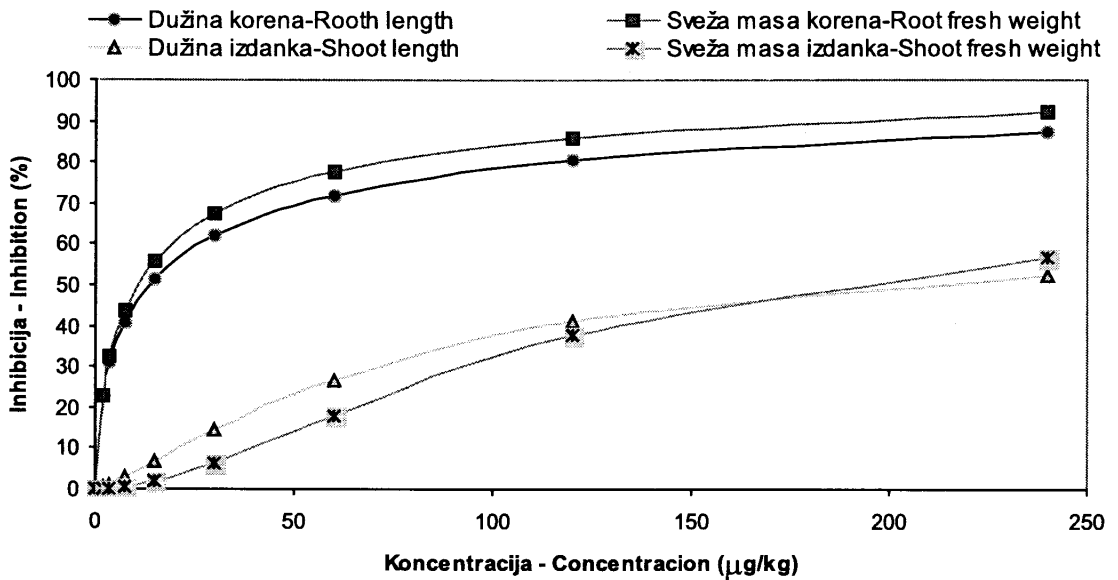
Zavisnost promena merenih parametara od promene koncentracije imazetapira za sva tri hibrida prikazani su na Slikama 4 - 6.

Ayeni i Yakubu (1995) su, mereći različite parametre vezane za nadzemni deo biljke kukuruza, utvrdili da najveću osetljivost ispoljava dužina izdanka, za koju je utvrđena I₅₀ vrednost od 260 µg/kg. Poredeći to sa našim rezultatima (I₅₀ vrednosti za dužinu izdanka za sva tri hibrida bila je u rasponu 190.68 - 513.45 µg/kg) smatramo da možemo govoriti o podudarnosti rezultata, imajući naravno u vidu različitost genetskog materijala koji je korišćen.

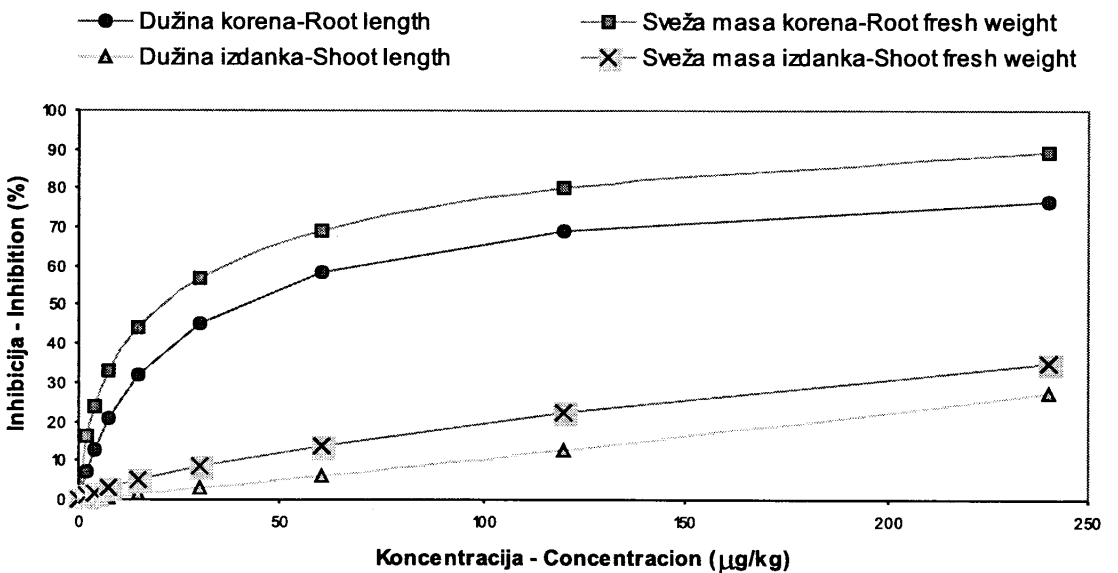
Ispitujući osetljivost kukuruza na imazetapir Loux i saradnici (1989) su utvrdili I₅₀ vrednosti za rast korena (za različite tipove zemljišta), na nivou 17 i 162 µg/kg. Prva vrednost dobijena je u testu u kome je korišćeno zemljište sa manjim sadržajem organske materije, dok se druga vrednost odnosi na zemljište bogatije organskom materijom, a samim tim i veće adsorptivne moći iz koga je imazetapir manje dostupan biljci. U našem ispitivanju vrednosti I₅₀ za dužinu korena bile su u rasponu 13.35 - 41.68 µg/kg za sva tri hibrida, što su vrlo

Tabela 4. I₅₀ vrednosti i odgovarajući koeficijenti determinacije za merene parametre
Table 4. I₅₀ values and corresponding determination coefficients for monitored parameters

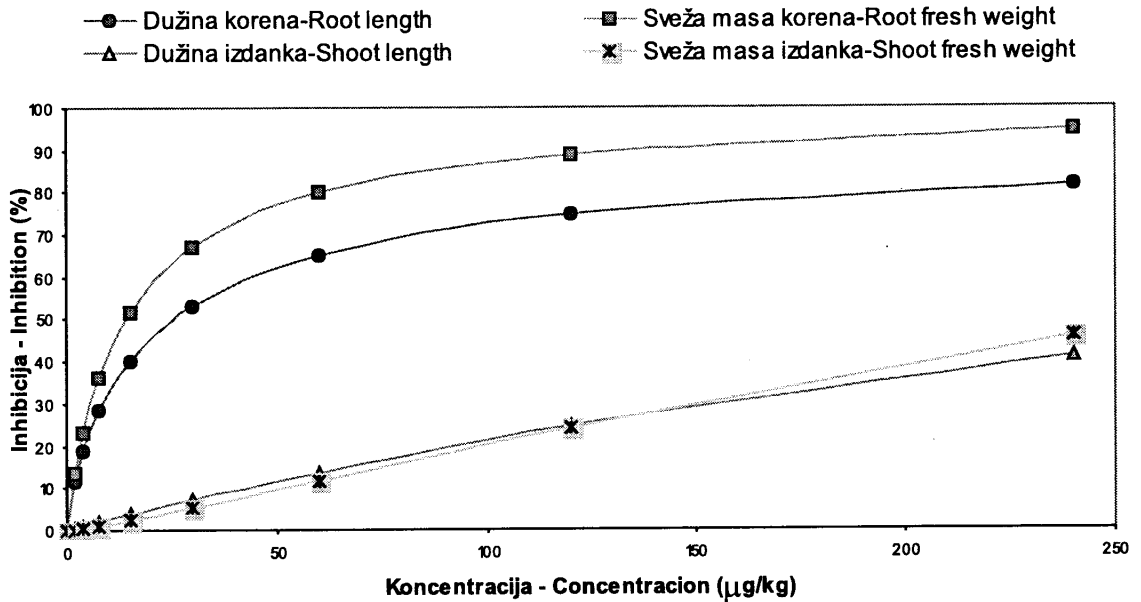
Mereni parametar Parameter measured	Hibrid - Hybrid					
	ZPTC 125		ZPTC 404		ZPSC 633	
	I ₅₀ (µg/kg)	R ²	I ₅₀ (µg/kg)	R ²	I ₅₀ (µg/kg)	R ²
Dužina korena Root length	13.34867	0.98	41.6777	0.99	26.56232	0.99
Sveža masa korena Root fresh weight	10.50555	0.99	19.39057	0.99	13.70924	0.97
Dužina izdanka Shoot length	190.6788	0.97	513.4579	0.96	341.5881	0.98
Sveža masa izdanka Shoot fresh weight	187.2034	0.98	502.4095	0.95	276.4782	0.96



Sl. 4. Zavisnost promene merenih parametara od koncentracije imazetapira za hibrid ZPTC 125
 Fig.4. Changes in the monitored parameters depending on the imazethapyr concentration for ZPTC 125 hybrid



Sl. 5. Zavisnost promene merenih parametara od koncentracije imazetapira za hibrid ZPTC 404
 Fig.5. Changes in the monitored parameters depending on the imazethapyr concentration for ZPTC 404 hybrid



Sl. 16. Zavisnost promene merenih parametara od koncentracije imazetapira za hibrid ZPSC 633

Fig. 6. Changes in the monitored parameters depending on the imazethapyr concentration for ZPSC 633 hybrid

bliske vrednosti prethodno navedenim, pri čemu je zemljište korišćeno u ovom ispitivanju po sadržaju organske materije između gore navedenih. Osim toga, u obzir treba uzeti i činjenicu da su u ovim ispitivanjima korišćeni različiti hibridi, što je, takođe, bitan činilac različitosti dobijenih odgovora. Ovi autori su, takođe, zaključili da je rast korena mnogo osetljiviji parametar nego rast izdanka, a da u odnosu na svežu masu izdanka nisu utvrđene značajnije razlike za dati nivo primenjenih koncentracija.

Na osnovu svega do sada navedenog jasno je da su merenja vezana za koren preciznija i pouzdanija od onih vezanih za izdanak, što je naravno i posledica specifičnog mehanizma delovanja imazetapira i promena do kojih dolazi u biljci pod dejstvom ovog jedinjenja. Shodno ovome i dobijene I_{50} vrednosti jasno ukazuju na izraženu razliku u osetljivosti korena i izdanka, s obzirom na to da su za parametre korena one i za preko 25 puta niže od onih za izdanak (Tabela 7).

Daljim poređenjem merenih parametara korena uočava se da je smanjenje sveže mase u proseku

izraženije pri gotovo svim ispitivanim koncentracijama imazetapira (za sva tri hibrida) od smanjenja rasta korena. Takođe su i I_{50} vrednosti za svežu masu korena oko dva puta manje od onih za dužinu korena, što sve potvrđuje da je sveža masa korena osetljiviji i pouzdaniji parametar za ovakva ispitivanja i ovu test-biljku.

LSD-testom za parna poređenja potvrđena je razlika u osetljivosti hibrida prema imazetapiru za svaki od merenih parametara. U odnosu na inhibiciju rasta korena najveću osetljivost ispoljio je ZPTC 125, sledi ZPSC 633, a najmanje osetljivim pokazao se ZPTC 404 (mada između poslednja dva hibrida nije bilo statistički značajnih razlika u drugom ponavljanju ogleda). Kada je u pitanju sveža masa korena razlike između hibrida su u svim slučajevima bile statistički veoma značajne, a redosled hibrida po osetljivosti, krenuvši od najveće, bio je sledeći: ZPTC 125 > ZPSC 633 > ZPTC 404. U odnosu na dužinu izdanka najveću osetljivost ispoljio je ZPSC 633, dok između ZPTC 125 i ZPTC 404 nije bilo statistički značajnih razlika. U odnosu na masu

izdanka među hibridima je ispoljena statistički vrlo značajna razlika, pri čemu je najveću osetljivost ispoljio ZPSC 633, zatim ZPTC 404 i na kraju ZPTC 125.

Određivanje ostataka i degradacija imazetapira

Prvi uzorci zemljišta uzeti su odmah nakon primene herbicida (za obe količine i oba vremena

primene), a ispoljene inhibicije dužine i sveže mase korena date su u Tabelama 5 i 6 (za obe godine ispitivanja). Inhibicije dužine i sveže mase izdana-ka bile su znatno niže i ovde neće biti prikazane.

Smanjivanje koncentracije imazetapira tokom godinu dana nakon primene (odnosno perzistentnost imazetapira) predstavljena je na slikama 7 – 12, na osnovu biotestom utvrđenih inhibicija dužine i sveže mase korena sva tri hibrida i za obe godine ispitivanja.

Tabela 5. Inhibicije dužine i sveže mase korena na dan primene imazetapira (I godina ispitivanja)

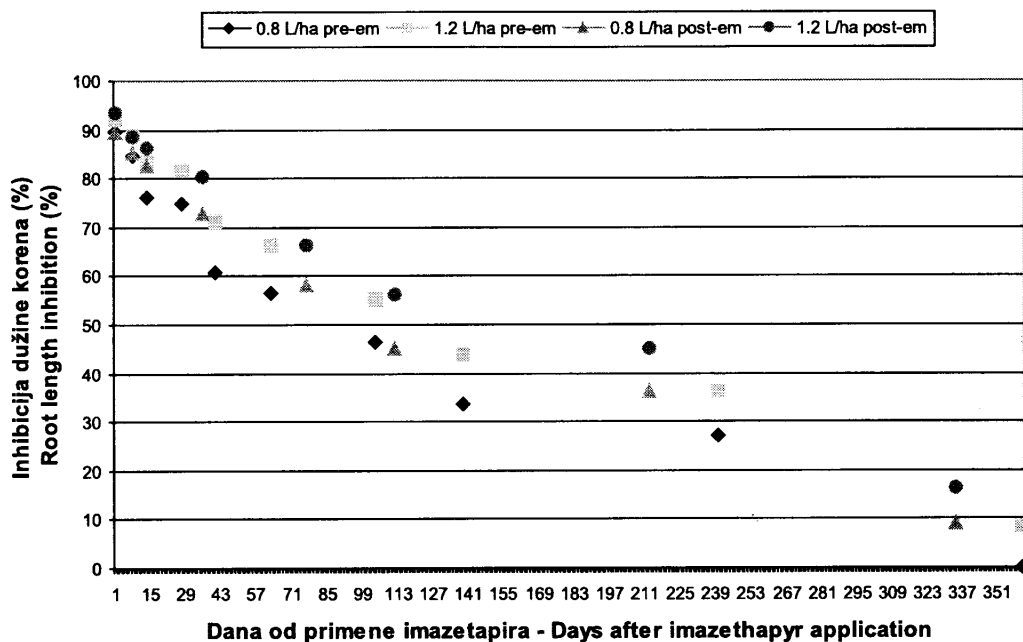
Table 5. Root length and fresh weight reduction measured at the application day (I year)

		Hibrid – Hybrid					
		ZPTC 125		ZPTC 404		ZPSC 633	
Vreme primene Time of application	Količina primene Application rate (g a.m./ha)	Inhibicija - Inhibition (%)					
		Duž. korena Root length	Sv.m.korena Root fresh weight	Duž. korena Root length	Sv.m.korena Root fresh weight	Duž. korena Root length	Sv.m.korena Root fresh weight
Pre-em	80	89.56	93.60	89.66	95.96	89.60	96.27
	120	92.32	93.80	92.63	97.12	92.34	98.41
Post-em	80	89.54	92.80	90.65	91.41	88.62	89.20
	120	93.62	93.69	92.72	93.67	91.32	91.62

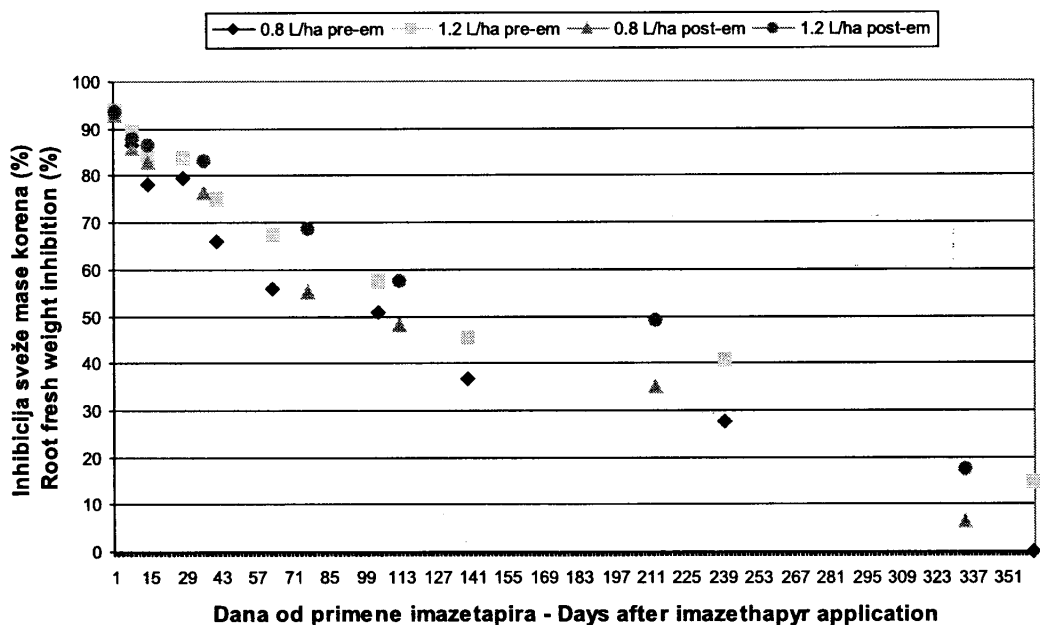
Tabela 6. Inhibicije dužine i sveže mase korena na dan primene imazetapira (II godina ispitivanja)

Table 6. Root length and fresh weight reduction measured at the application day (II year)

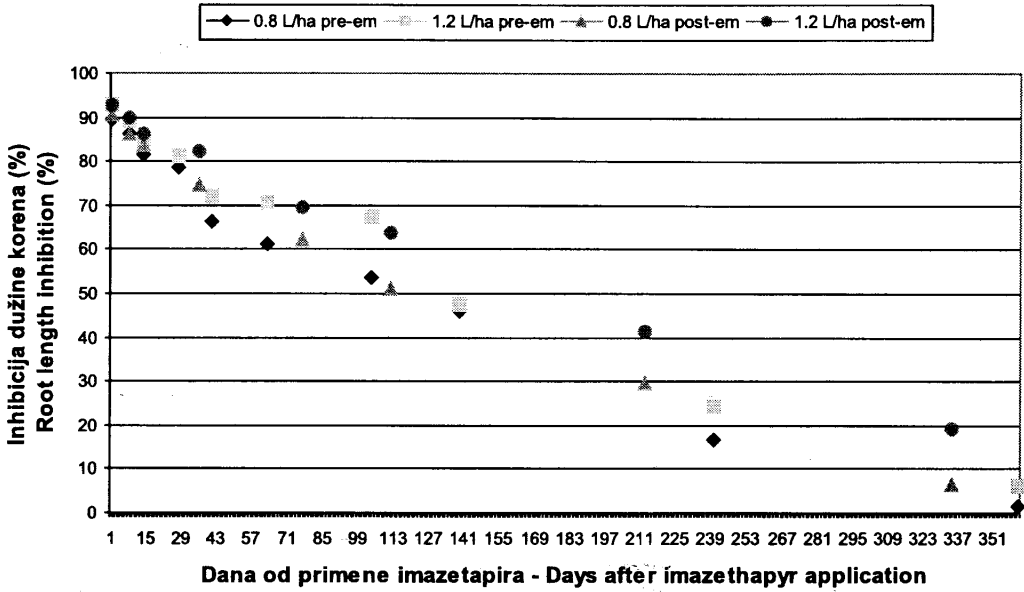
		Hibrid – Hybrid					
		ZPTC 125		ZPTC 404		ZPSC 633	
Vreme primene Time of application	Količina primene Application rate (g a.m./ha)	Inhibicija-Inhibition (%)					
		Duž. korena Root length	Sv.m.korena Root fresh weight	Duž. korena Root length	Sv.m.korena Root fresh weight	Duž. korena Root length	Sv.m.korena Root fresh weight
Pre-em	80	83.82	85.98	77.63	87.23	82.51	89.66
	120	85.79	92.37	83.14	93.36	84.60	94.03
Post-em	80	90.47	89.46	83.58	87.19	86.43	89.67
	120	90.91	90.07	87.29	92.58	88.38	92.80



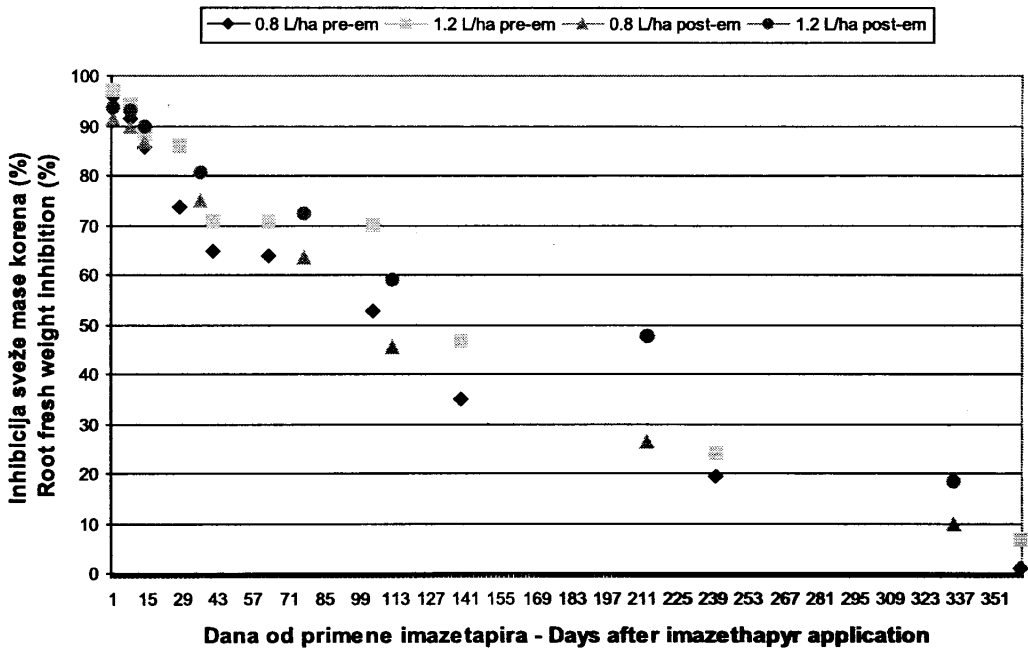
Sl. 7. Perzistentnost imazetapira izražena inhibicijom dužine korena hibrida ZPTC 125 (I godina)
 Fig. 7. Root length inhibition of ZPTC 125 hybrid showing imazethapyr persistence (year 1)



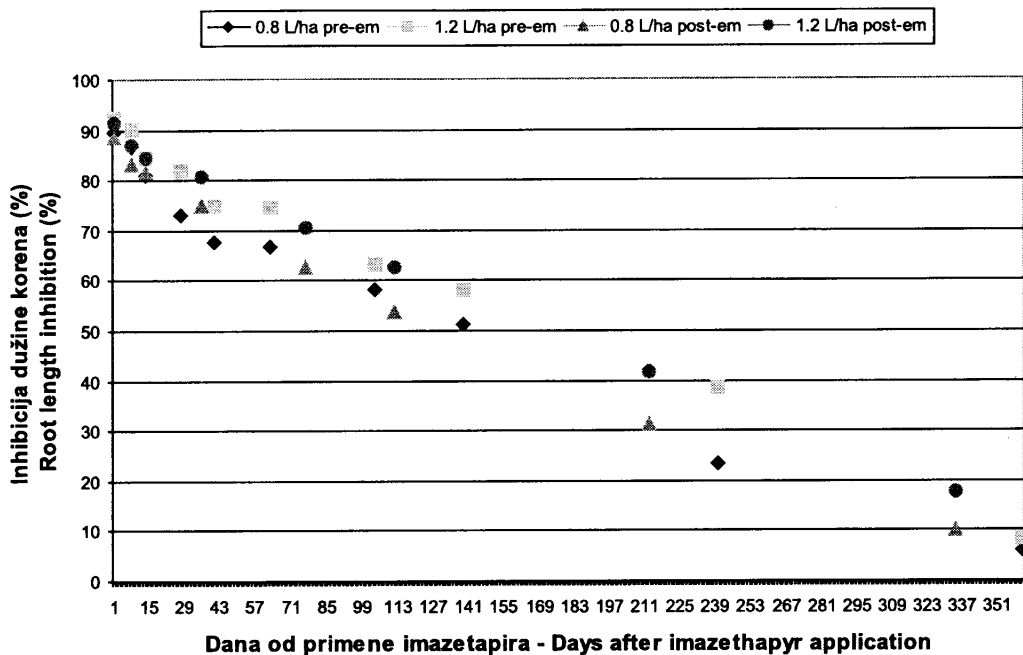
Sl. 8. Perzistentnost imazetapira izražena inhibicijom sveže mase korena hibrida ZPTC 125 (I godina)
 Fig. 8. Root fresh weight inhibition of ZPTC 125 hybrid showing imazethapyr persistence (year 1)



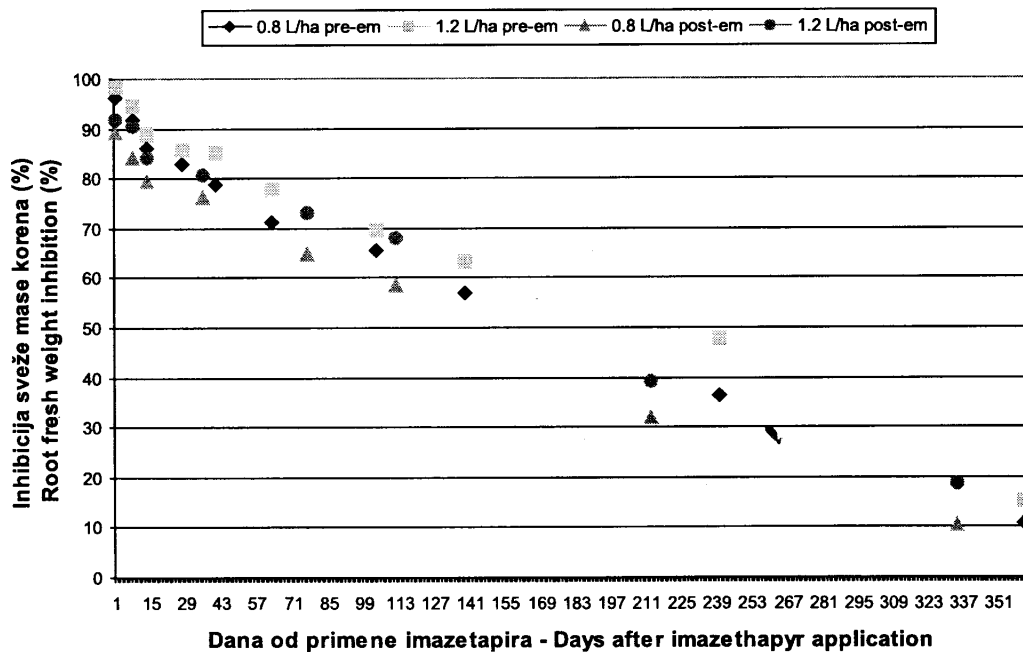
Sl. 9. Perzistentnost imazetapira izražena inhibicijom dužine korena hibrida ZPTC 404 (I godina)
 Fig. 9. Root length inhibition of ZPTC 404 hybrid showing imazethapyr persistence (year 1)



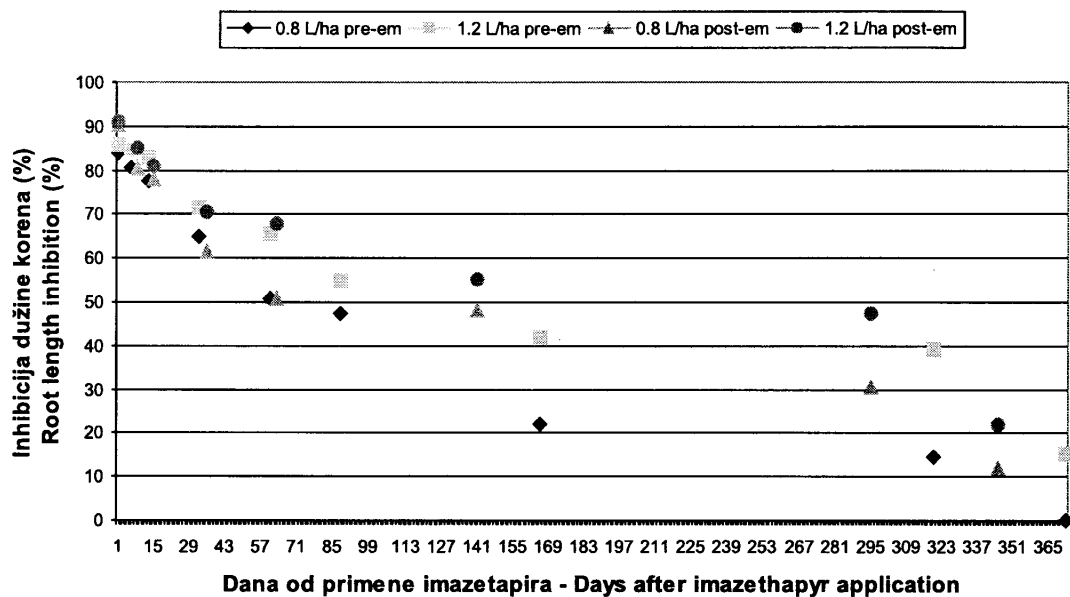
Sl. 10. Perzistentnost imazetapira izražena inhibicijom sveže mase korena hibrida ZPTC 404 (I godina)
 Fig. 10. Root fresh weight inhibition of ZPTC 404 hybrid showing imazethapyr persistence (year 1)



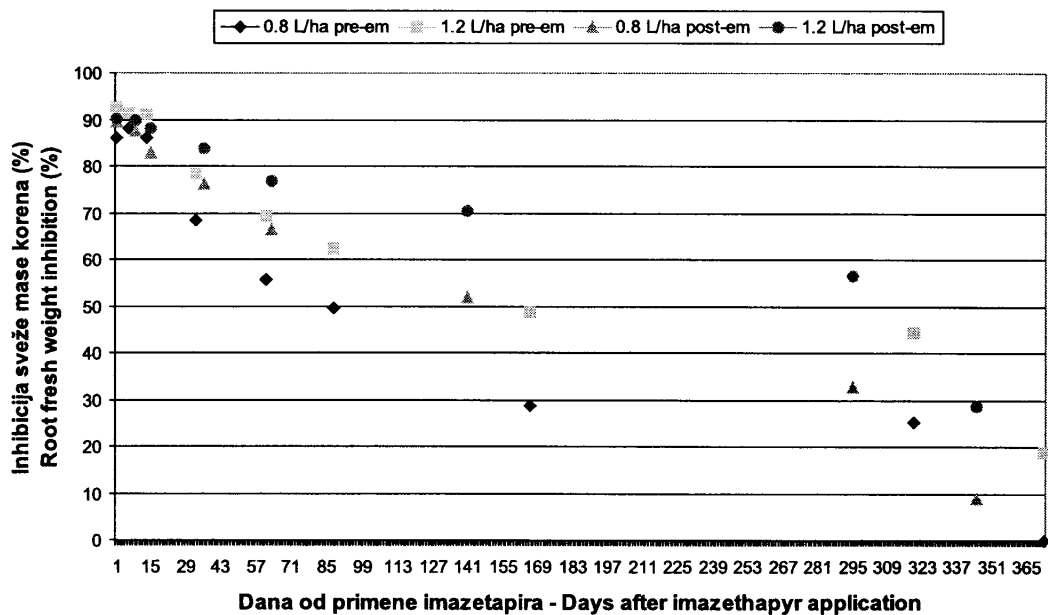
Sl. 11. Perzistentnost imazetapira izražena inhibicijom dužine korena hibrida ZPSC 633 (I godina)
 Fig. 11. Root length inhibition of ZPSC 633 hybrid showing imazethapyr persistence (year 1)



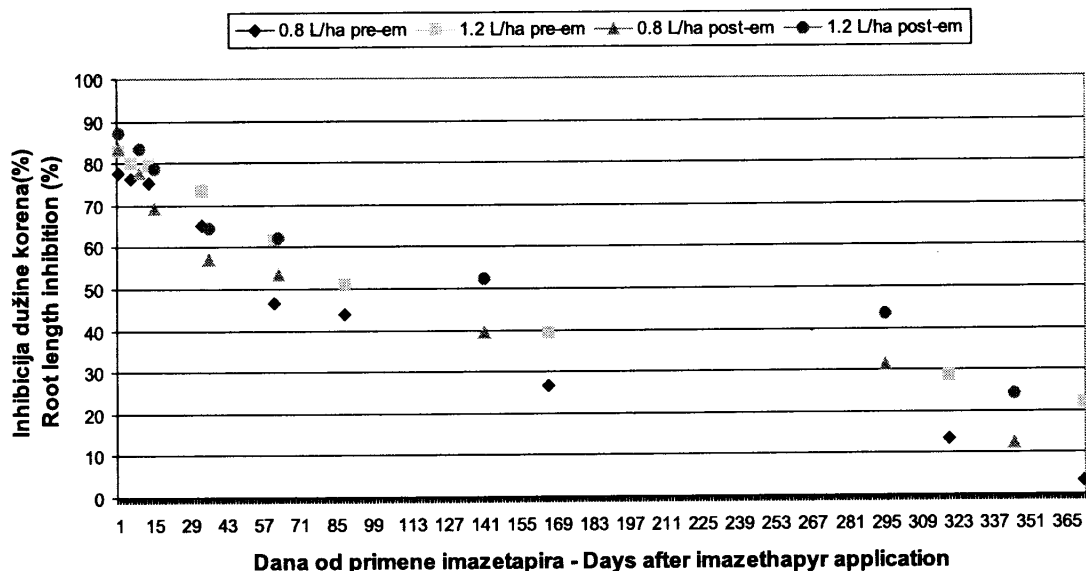
Sl. 12. Perzistentnost imazetapira izražena inhibicijom sveže mase korena hibrida ZPSC 633 (I godina)
 Fig. 12. Root fresh weight inhibition of ZPSC 633 hybrid showing imazethapyr persistence (year 1)



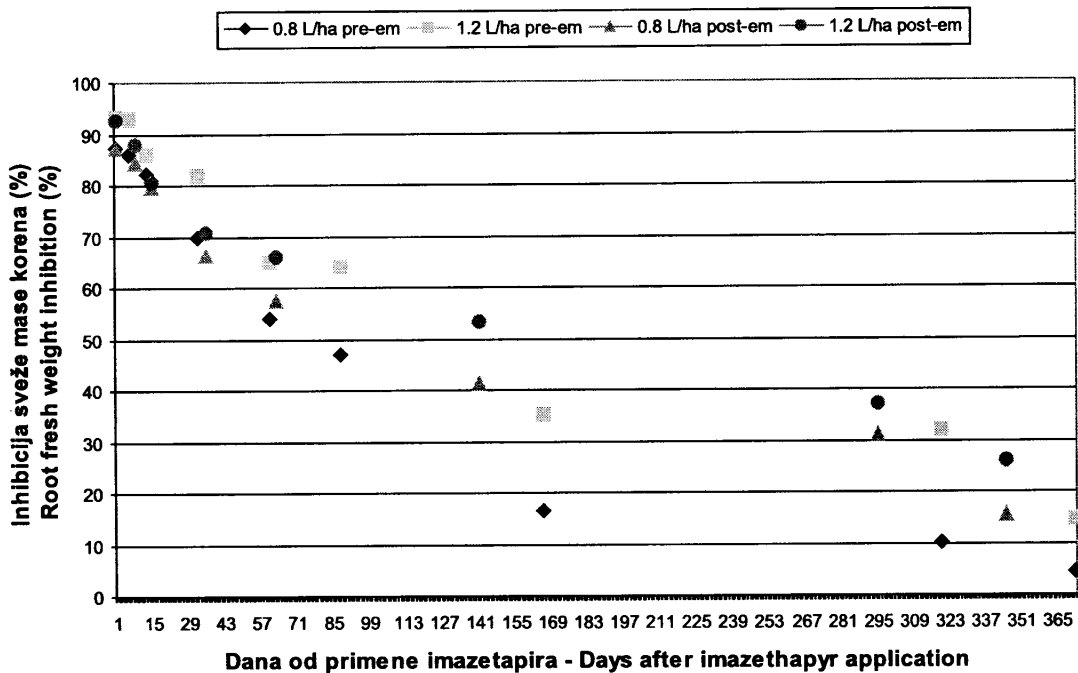
Sl. 13. Perzistentnost imazetapira izražena inhibicijom dužine korena hibrida ZPTC 125 (II godina)
 Fig. 13. Root length inhibition of ZPTC 125 hybrid showing imazethapyr persistence (year 2)



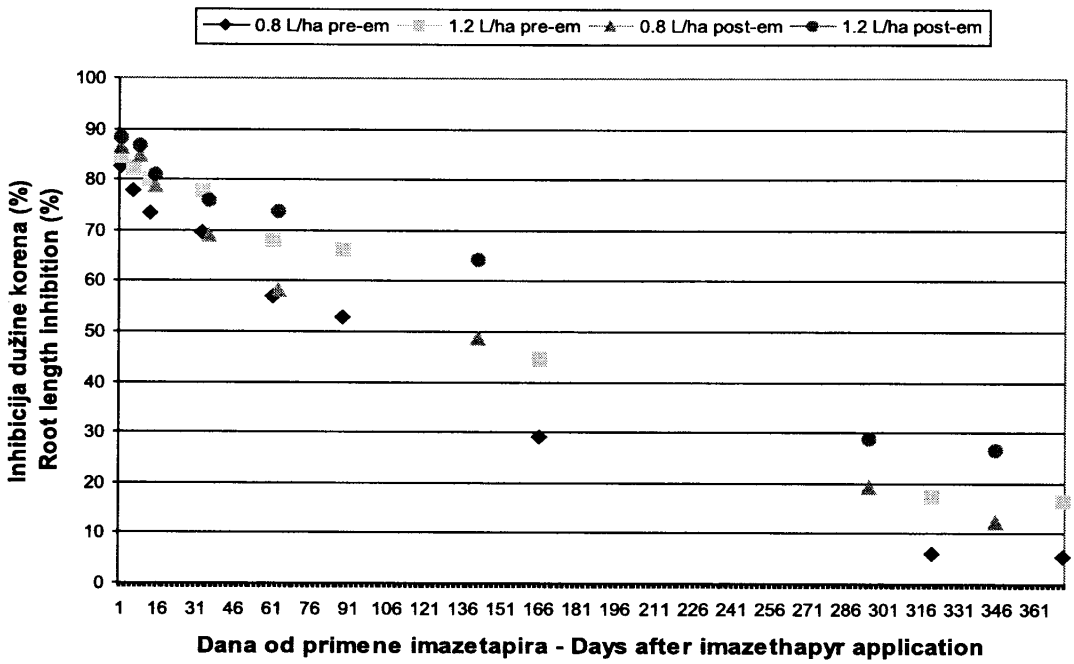
Sl. 14. Perzistentnost imazetapira izražena inhibicijom sveže mase korena hibrida ZPTC 125 (II godina)
 Fig. 14. Root fresh weight inhibition of ZPTC 125 hybrid showing imazethapyr persistence (year 2)



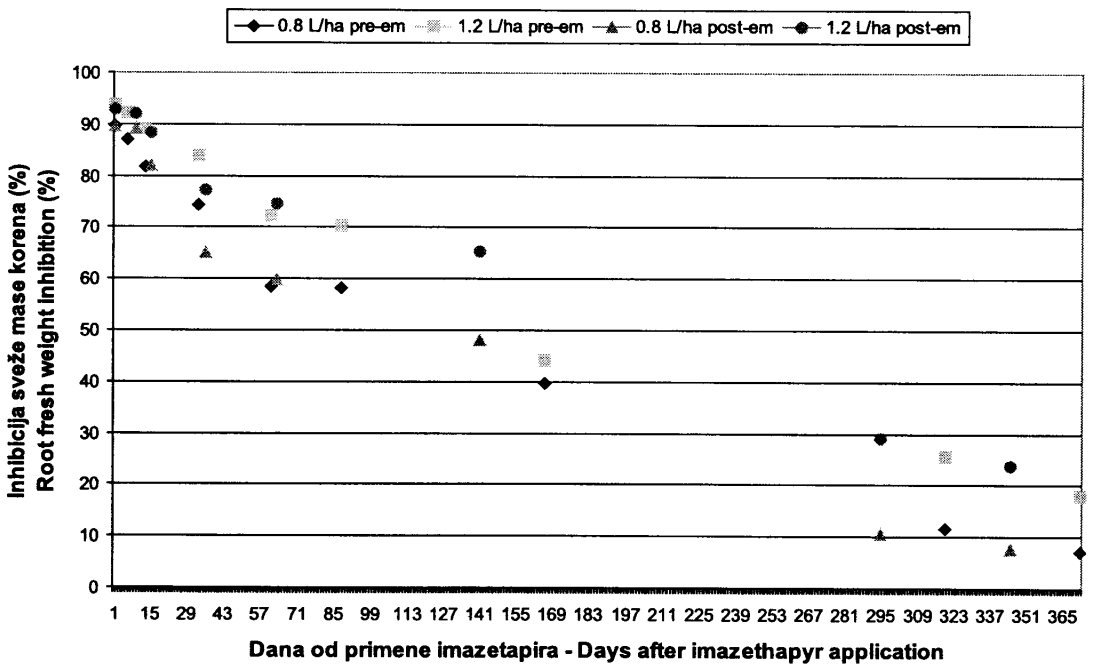
Sl. 15. Perzistentnost imazetapira izražena inhibicijom dužine korena hibrida ZPTC 404 (II godina)
 Fig. 15. Root length inhibition of ZPTC 404 hybrid showing imazethapyr persistence (year 2)



Sl. 16. Perzistentnost imazetapira izražena inhibicijom sveže mase korena hibrida ZPTC 404 (II godina)
 Fig. 16. Root fresh weight inhibition of ZPTC 404 hybrid showing imazethapyr persistence (year 2)



Sl. 17. Perzistentnost imazetapira izražena inhibicijom dužine korena hibrida ZPSC 633 (II godina)
 Fig. 17. Root length inhibition of ZPSC 633 hybrid showing imazethapyr persistence (year 2)



Sl. 18. Perzistentnost imazetapira izražena inhibicijom sveže mase korena hibrida ZPSC 633 (II godina)
 Fig. 18. Root fresh weight inhibition of ZPSC 633 hybrid showing imazethapyr persistence (year 2)

Na osnovu dobijenih rezultata predstavljenih na slikama, uočava se da je tendencija opadanja koncentracije imazetapira ista za obe količine i oba vremena primene, ali da je nivo ostataka uvek srazmerno veći za veću količinu i kasnije vreme primene u vegetaciji. Ova konstatacija važi za obe godine ispitivanja.

Degradacija imazetapira u zemljištu tipa degradirani černoziem opisana je jednačinom oblika:

$$X = \frac{c}{a + b \cdot T} \quad (2)$$

u kojoj su : x = koncentracija herbicida; a , b i c koeficijenti u jednačini; T – vreme (izraženo u danima). Na osnovu ove jednačine izračunato je vreme za koje se koncentracija herbicida smanji za polovinu u odnosu na početnu. Vrednosti DT-50, kao i koeficijenti korelacije kojima je ocenjena pogodnost izabranog modela jednačine i procena dobijene DT-50, date su u odnosu na svežu masu korena hibrida ZPTC 125 (najosetljiviji mereni parametar najosetljivijeg hibrida kukuruza (Tabela 7) zajedno sa odgovarajućim koeficijentima korelacije kao pokazateljem pouzdanosti modela i izračunatih vrednosti.

Poređenjem grafikona perzistentnosti sa grafikonima meteoroloških uslova može se primetiti da postoji velika usaglašenost između perioda

opadanja koncentracije imazetapira i perioda veće količine padavina. Ovako utvrđena činjenica u saglasnosti je sa ranije pomenutim rezultatima drugih autora (Ayeni i sar., 1998, Goetz i Lavy, 1990., Onofri, 1996).

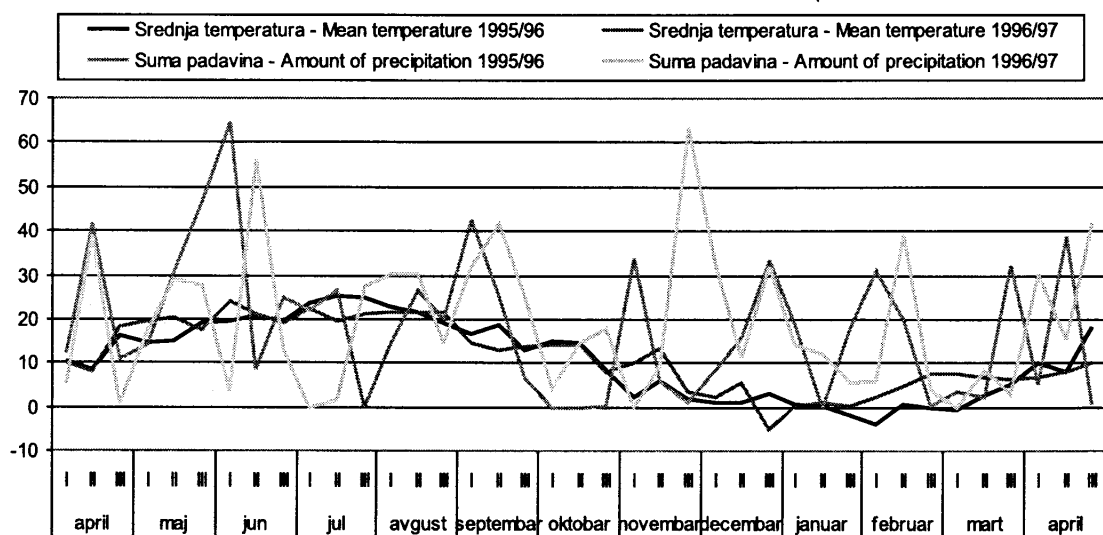
Iz rezultata prikazanih na većini grafikonu može se zapaziti da postoji period u kome je opadanje koncentracije prisutnih ostataka veoma slabo ili gotovo nezatno. Ovaj period se kalendarski poklapa sa nastupanjem jeseni, tj. hladnijeg perioda u godini i traje sve do proleća, tj. značajnijeg porasta temperature. Nakon toga nastupa opet ubrzana razgradnja preostale količine imazetapira u zemljištu. Ovo zapažanje je u saglasnosti sa navodima Goetz i saradnika (1990) da je usporena razgradnja imazetapira, koja nastupa nakon dvanaest nedelja od njegove primene, u vezi sa smanjenom dostupnošću ovog herbicida mikroorganizmima i, kako oni navode, drugim faktorima koji utiču na nestajanje ovog jedinjenja.

Sa navedenim činjenicama o ujednačenim trendovima opadanja koncentracija imazetapira u saglasnosti su i izračunate DT-50 vrednosti, koje su nešto više za varijante sa većom količinom primene, kao i za post-em tretmane (Tabela 7). Ove vrednosti su promenljive i zavisne, ne samo od količine i vremena primene, već i od pedoloških i klimatskih uslova, test-biljke i, naravno, primenjenog statističkog modela za njihovo izračunavanje. U tom smislu, u literaturi je bilo moguće pronaći

Tabela 7. Izračunate vrednosti DT-50 i odgovarajući koeficijenti korelacije za smanjenje sveže mase korena hibrida ZPTC 125 (I i II godina)

Table 7. Computed DT-50 values and corresponding correlation coefficients for root fresh weight inhibition for ZPTC 125 hybrid (year 1 and 2)

Vreme primene Time of application	Količina primene Application rate (g a.m./ha)	I godina Year 1		II godina Year 2	
		DT-50 (Dana/Days)	R ²	DT-50 (Dana/Days)	R ²
Pre-em	80	14	0.99	19	0.91
	120	15	0.99	27	0.96
Post-em	80	15	0.99	22	0.98
	120	27	0.99	27	0.98



Sl. 19. Srednje dnevne temperature i suma padavina po dekadama
Fig. 19. Mean daily temperatures and total amount of precipitation

istraživanja u kojima su te vrednosti vrlo bliske ovde utvrđenim (Onofri, 1996) ili se pak od njih manje ili više razlikuju. Tako su u istraživanjima Goetz i saradnika (1990) one bile u rasponu od 2.6 do 10.6 meseci.

Godinu dana nakon primene imazetapira inhibicija dužine i sveže mase izdanaka ili nije konstatovana ili je bila minimalna u prvoj godini ispitivanja. U drugoj godini, međutim, kod hibrida ZPSC 633 i ZPTC 125 zapažena je nešto izraženija inhibicija ovih parametara, što se poklapa sa napred utvrđenim, većim, DT-50 vrednostima, odnosno nešto dužom perzistentnošću ovog jedinjenja. I u ovom slučaju dobijeni rezultati potvrdili su prethodno utvrđene činjenice u biotestu da je hibrid ZPSC 633 ispoljio najveću osetljivost prema imazetapiru u pogledu ovih merenih parametara.

Za razliku od navedenih, inhibicije dužine i sveže mase korena godinu dana nakon primene imazetapira, bile su takve da su nesumljivo potvrdile prisustvo ostataka ovog jedinjenja. U skladu sa već navedenim je i činjenica da su zapažena oštećenja bila izraženija za veće količine primene, za post-em tretman i u II godini ispitivanja (Tabele 8 i 9).

Na osnovu ranije određenih jednačina regresije i ovako utvrđenih inhibicija izračunata je koncentracija ostataka imazetapira prisutna u zemljištu i

dostupna biljkama, godinu dana nakon primene (Tabela 10).

Slično kao i za utvrđenu inhibiciju merenih parametara, izračunate DT-50 vrednosti i ostaci imazetapira u zemljištu godinu dana nakon primene, bili su veći u drugoj godini ispitivanja.

Ako se upoređi inhibicija merenih parametara izdanka godinu dana nakon primene, može se videti da, uglavnom, nije bila značajna, odnosno, u prvoj godini inhibicija dužine i sveže mase izdanka bila je blizu 10 %, za hibrid ZPSC 633, a u drugoj godini na približno istom nivou za ZPTC 125.

Inhibicija korena ostvarena u pre-em tretmanu bila je u prvoj godini oko 10 % za obe količine primene za ZPTC 125 i ZPTC 404, odnosno oko 15 % za ZPSC 633. U drugoj godini inhibicija je bila nešto izraženija, naročito pri količini primene od 120 g a.m./ha, u proseku oko 20% (za oba parametra korena).

U post-em tretmanu perzistentnost imazetapira bila je nešto duža i manifestovala se inhibicijom parametara korena u proseku za oko 10 % za količinu primene od 80 g a.m./ha u prvoj i drugoj godini i nešto manje od 20 % za primenu od 120 g a.m./ha u prvoj, odnosno približno 30% u drugoj godinu (za hibrid ZPTC 125).

Iz priloženih podataka može se videti da su za perzistentnost imazetapira od značaja kako količina tako i vreme primene, te da bi se pri od-