

Naučni rad  
 Scientific Paper  
 UDK:632.122.1:633.15

# Fitotoksično delovanje trifluralina 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 različita hibrida kukuruza na trifluralin, metodom biotesta. Utvrđivana je inhibicija dužine i sveže mase korena i izdanka, kao pokazatelj fitotoksičnosti herbicida. Takode, ispitivana je metodom biotesta, perzistentnost trifluralina u zemljištu tipa degradirani čemozem, pri čemu je herbicid primenjen u dve količine. Degradacija herbicida praćena je od primene, pa do godinu dana nakon toga, 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 ZPSC 633 (u odnosu na sve merene parametre).

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

Ostaci trifluralina godinu dana nakon primene 960 g a.m./ha nisu izazvali oštećenja nadzemnog dela, a inhibicija dužine i sveže mase korena bila je oko 10% za najosetljiviji hibrid. Ostaci trifluralina primenjenog u količini od 1.920 g a.m./ha (godinu dana nakon aplikacije) bili su srazmerno veći, tako da su konstantovana i oštećenja nadzemnog dela (do 20% za najosetljiviji hibrid), dok je inhibicija dužine i sveže mase korena bila oko 30%.

**Ključne reči:** *Trifluralin; hibridi kukuruza; biotest; perzistentnost; efekti ostataka*

## UVOD

Trifluralin spada u grupu dinitroanilina, selektivnih zemljišnih herbicida, koji su u poljoprivrednu praksu uvedeni 60-ih godina XX veka. Koristi se za suzbijanje jednogodišnjih travnih i nekih širokolistnih korovskih vrsta u usevu soje, ali i u drugim usevima. Efikasan je i u suzbijanju sirka iz rizoma (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) kada se primeni u količinama dva puta većim od preporučenih za suzbijanje jednogodišnjih travnih korova i,

pogotovu, ako se takva primena ponovi u dve ili više uzastopnih godina (McWhorter, 1977, *cit.* po Brewer i sar, 1982; Jordan i sar., 1978). Trifluralin se primenjuje pre nicanja korova, uz obaveznu inkorporaciju u površinski sloj zemljišta (Bardsley i sar., 1968, *cit.* po Savage i Jordan, 1980; Ketchersid i sar., 1969, *cit.* po Kennedy i Talbert, 1977).

Trifluralin spada u relativno perzistentne herbicide. Podaci o njegovoj perzistentnosti dosta se razlikuju, zavisno od tipa zemljišta i klimata u kojima je vršeno

ispitivanje. Sumirajući rezultate velikog broja istraživanja Weber (1990) navodi da su vrednosti poluživota trifluralina, utvrđene u različitim uslovima i na različitim lokalitetima, varirale u rasponu od 7 do 132 dana. Na dužinu perzistentnosti trifluralina, pored opšte poznatih činilaca koji utiču na brzinu degradacije, kao što su temperatura, sadržaj vlage i tip zemljišta, veoma značajan uticaj imaju i fizičko-hemijske osobine zemljišta, posebno sadržaj organske materije (Jacques i Harvey, 1979a, 1979c; Rahman, 1973. i 1977; Solbakken i sar., 1982). Takođe, značajan uticaj na brzinu degradacije imaju i faktori kao što su dubina inkorporacije, količina primene i intenzitet obrade pre primene (Savage, 1978; Abernathy i Kelling, 1979; Hartzler i sar., 1989).

Ispitivanja perzistentnosti trifluralina vremenom su sve više bila inicirana pojavom oštećenja na različitim usevima zasejanim najčešće u plodoredu nakon soje. Već od polovine šezdesetih ustanovljavaju se štete na pšenici, ovsu, i gajenom sirku (Abernathy i Keeling, 1979; Jacques i Harvey, 1979b; Clay i sar., 1995). Podaci o pojavi oštećenja kukuruza, kao narednog useva u plodoredu posle soje, su različiti, od toga da oštećenja nije bilo, pa do oštećenja čak i do 70%, zavisno od uslova sredine i hibrida (Romanovski i Libik, 1978; Brewer i sar., 1982; Roggenbuck i Penner, 1987; Hartzler i sar., 1989).

Oštećenja koja se javljaju na osetljivim biljkama posledica su mehanizma delovanja trifluralina. Ispitivanja su pokazala da herbicid ne utiče na klijanje, već izaziva inhibiciju procesa mitoze. S obzirom na to da se trifluralin u biljkama izuzetno malo kreće (Standifer i Thomas, 1965, *cit.* po Hartzler i sar., 1990), simp-

tomi na lišću su praktično sekundarni odgovor prouzrokovan narušavanjem korenovog sistema, i kod monokotiledonih biljaka se manifestuju uvijanjem izdanka, zaostajanjem u porastu i pojavom pojačane crveno-ljubičaste obojenosti (Parka i Soper, 1977).

Iako se u našoj zemlji trifluralin relativno dugo nalazi u primeni, ne postoje podaci o njegovoj perzistentnosti i uticaju na naredne biljke u plodoredu. Otuda smo za cilj rada postavili utvrđivanje osetljivosti hibrida kukuruza različitih grupa zrenja prema trifluralinu metodom biotesta, kao i definisanje najosetljivijeg merenog parametra. Osim navedenog, cilj je bio i da se utvrdi dužina perzistentnosti trifluralina u zemljištu tipa degradirani černoziem, u zavisnosti od količine primene, a na osnovu prethodno utvrđenog najosetljivijeg merenog parametra.

## MATERIJAL I METODE

Za sva ispitivanja u ovom ogledu korišćen je preparat herbicida trifluralina ( $\alpha,\alpha,\alpha$ -trifluor- 2,6-dinitro-N, N-dipropil-p-toluidin) namenjen za komercijalnu upotrebu.

Jedan deo oglada postavljen je na parceli eksperimentalnog polja Instituta za kukuruz "Zemun Polje", Beograd-Zemun. Drugi deo oglada 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).

**Tabela 1.** Osobine karbonatnog černozema u Zemun Polju

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

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

### Praćenje fitotoksičnog delovanja trifluralina

U ogledu su korišćene sledeće koncentracije trifluralina: 3.84; 1.92; 0.96; 0.48; 0.24; 0.12; 0.06 i 0.03 mg/kg. Najveća koncentracija odgovarala je većoj količini koja je primenjena u polju, u ovom ogledu (1.920 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/8<sup>h</sup>), temperature (22°C dnevna 18°C noćna) i intenziteta svetlosti (300  $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ). Tokom celog oglada održavana je odgovarajuća vlažnost zemljišta. Paralelno su pripremani i gajeni kontrolni tretmani sa netretiranim zemljištem, za sva tri hibrida. 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 sva-

ku biljku pojedinačno, a zatim svedena na 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 trifluralina

Praćenje degradacije trifluralina i određivanje njegovih ostataka vršeno je tokom dve uzastopne godine. Primenjene su dve količine, 960 i 1.920 g a.m./ha, uz utrošak vode od 300 L/ha, a odmah nakon primene izvršena je inkorporacija. Narednog dana parcele su zasejane semenskom sojom. Elementarna parcela bila je veličine 7.5 x 7.5 m, a oba tretmana postavljena su u po četiri ponavljanja. U cilju praćenja degradacije trifluralina vršena su uzorkovanja zemljišta od dana primene (odmah nakon inkorporacije), pa do godinu dana posle, u određenim vremenskim intervalima (Tabela 2).

Zemljište je uzimano pomoću suda Kopecki ( $\varnothing$  5 cm), sa dubine do 7.5 cm. Uzorci su uzimani sa svake parcele (ponavljanja) istog tretmana i spajani u zbir-

**Tabela 2.** Datumi uzimanja uzoraka zemljišta za utvrđivanje ostataka trifluralina**Table 2.** Soil sampling for trifluraline residue determination

1995/96.										
22. IV	28. IV	5. V	25. V	7. VI	29. VI	13. VII	9. VIII	13. IX	23. XII	23. IV
dan primene (Application day)	7. dan (Day)	14. dan (Day)	34. dan (Day)	47. dan (Day)	69. dan (Day)	83. dan (Day)	110. dan (Day)	145. dan (Day)	246. dan (Day)	367. dan (Day)
1996/97.										
23. IV	29. IV	4. V	24. V	28. VI	25. VII	11. X	14. III	5. V		
dan primene (Application day)	7. dan (Day)	12. dan (Day)	32. dan (Day)	67. dan (Day)	94. dan (Day)	172. dan (Day)	326. dan (Day)	378. dan (Day)		

ni uzorak, koji je posle prosejavanja poddeljen na tri dela (za svaki od hibrida).

Prosejano zemljište raspoređeno je u 10 sudova zapremine po 200 mL, zatim je u svaku posudu zasejano po tri semenske 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 svodenje izmerenih vrednosti na konačne vrednosti za dalju statističku obradu izvedeno je na isti način kako je već ranije opisano.

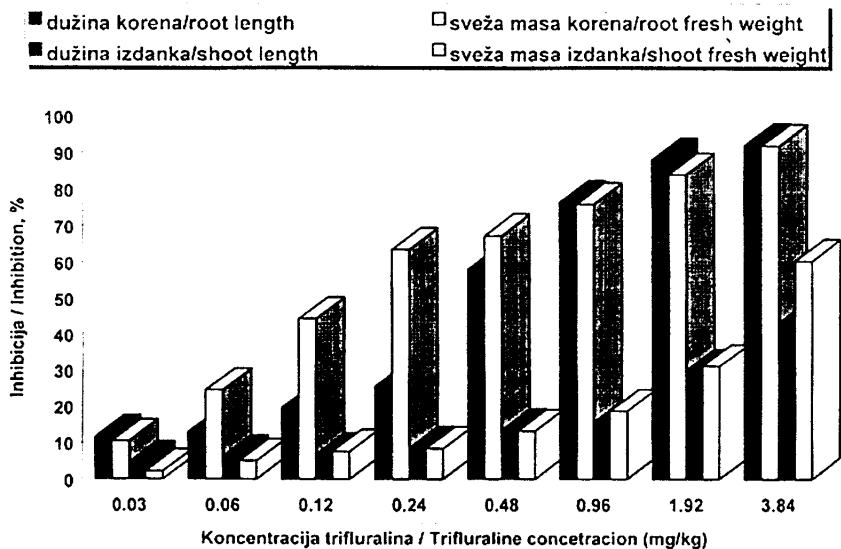
Statistička obrada podataka podrazumevala je pronalaženje najboljeg regresivnog modela. Pogodnost izabranog modela ocenjena je i izražena koeficijentom determinacije. Na osnovu utvrđene jednačine regresije izračunate su I50 vrednosti, kao jedan od pokazatelja za izbor najosetljivijeg i najpouzdanijeg merenog parametra, ali i utvrđivanje razlike u osetljivosti ispitivanih hibrida. Takođe je izvršena 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

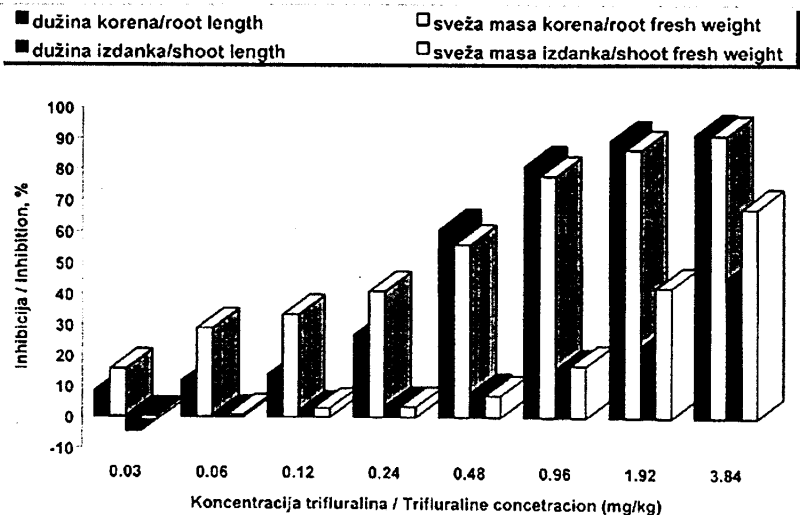
### Fitotoksično delovanje trifluralina

Rezultati istraživanja, prikazani na slikama 1-3, pokazuju da je ostvarena inhibicija svih merenih parametara, sva tri hibrida. Imajući u vidu da se pogodnom test-biljkom može smatrati ona koja ispoljava osetljivost na male količine herbicida, ali i pokazuje postepeno povećanje osetljivosti sa povećanjem koncentracije tog jedinjenja, pri čemu je odgovor koji manifestuje jasan, očigledan i pre svega merljiv (Horowitz, 1976), a na osnovu dobijenih rezultata u ovom is-



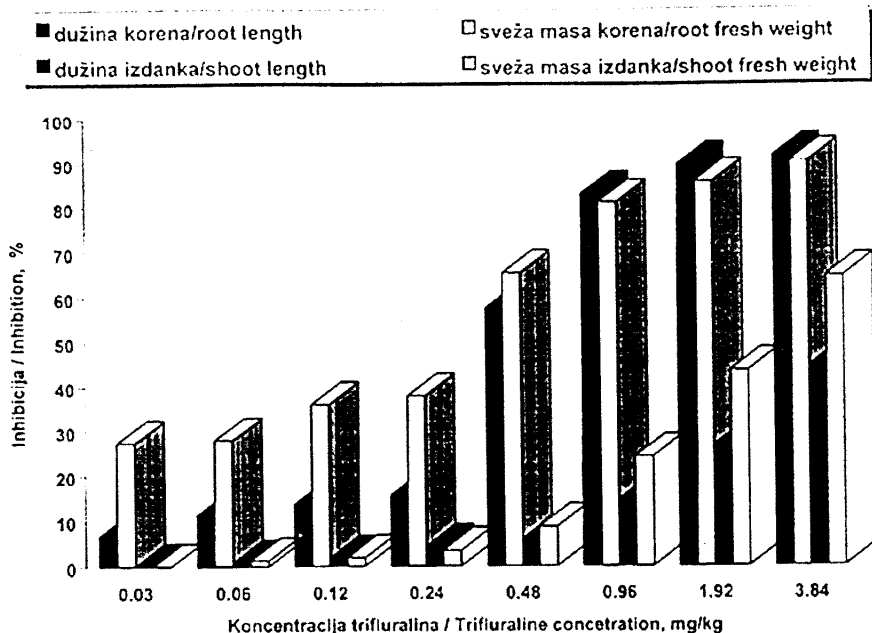
Sl. 1. Inhibicija merenih parametara hibrida ZPTC 125

Fig. 1. Inhibition of monitored parameters of ZPTC 125



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

traživanju jasno se vidi da je kukuruz dovoljno osetljiv na trifluralin, pa se može koristiti kao pouzdana test-biljka. U prilog ovome ide i činjenica da je najmanja primenjena koncentracija trifluralina (0.03 mg/kg) izazvala redukcije

rasta i sveže mase korena sva tri ispitivana hibrida, tako da su dužina i sveža masa korena bile statistički vrlo značajno različite od kontrole, a što je potpuno u saglasnosti sa Jacques i Harvey (1979c) koji navode da se ovas pokazao kao

Tabela 3. Inhibicije merenih parametara ispitivanih hibrida

Table 3. Inhibition of monitored parameters of hybrids tested

Hibrid - Hybrid	ZPTC 125	ZPTC 404	ZPSC 633
Parametar - Parameter	Inhibicija - Inhibition (%)		
Dužina korena - Root length	11.54 - 91.94	8.53 - 91.34	6.74 - 91.66
Sveža masa korena - Root fresh weight	10.44 - 91.73	15.65 - 90.76	27.41 - 90.39
Dužina izdanka - Shoot length	4.43 - 43.16	0.55 - 45.24	0.74 - 44.65
Sveža masa izdanka - Shoot fresh weight	2.20 - 60.26	0.92 - 67.18 *	1.26 - 64.57 *

\* Najniža primenjena koncentracija nije izazvala inhibiciju datog merenog parametra

No inhibition of monitored parameter was provoked using the smallest application rate

pouzdana test-biljka, kod koje je koncentracija trifluralina od 0.06 mg/kg izazvala inhibiciju rasta korena. Dobijeni odgovor kukuruza, kao potencijalne test-biljke, bio je očekivan s obzirom na to da su travne vrste mnogo osjetljivije na dinitroaniline od dikotiledonih, te da se zbog specifičnog mehanizma delovanja ovog jedinjenja njegovo negativno delovanje manifestuje i na rast korena i na rast izdanka.

Daljom analizom rezultata vidi se da su dužina i sveža masa korena osjetljiviji prema trifluralinu, pa se može smatrati da su pouzdaniji za ovakvu vrstu ispitivanja od dužine i sveže mase izdanka. Naime, nivo razlika u osjetljivosti korena i izdanka veoma je izražen za sve ispitivane koncentracije trifluralina kod sva tri hibrida (Tabela 3).

Najniža primenjena koncentracija herbicida izazvala je redukciju rasta korena od 6.74 do 11.54%, a sveže mase korena od 10.44 do 27.41% (za sva tri hibrida), dok na dužinu i svežu masu izdanka ova ista koncentracija ili nije imala efekat, ili je on bio minimalan (4.43%, odnosno 2.20%, takođe za sva tri hibrida). Ovakav, ili i izraženiji odnos u različitosti odgovora ispoljen je za ceo raspon ispitivanih koncentracija tako da je za najveću primenjenu koncentraciju redukcija rasta i sveže mase korena bila u rasponu od 91.34 do 91.94%, odnosno 90.39 - 91.73%, a redukcija rasta i sveže mase izdanka svega 43.16 - 45.24%, odnosno 60.26 - 67.18% (takođe za sva tri hibrida). Ovako dobijeni rezultati u saglasnosti su sa rezultatima Jacques and Harvey (1979b) koji su, radeći sa ovsom kao test-biljkom, izdvojili dužinu primarnog korena kao najosjetljiviji i najprecizniji parametar za fitotoksičnost trifluralina. Ovi autori navode da je pri koncentraciji trifluralina od 0.25 µg/kg in-

hibicija rasta korena bila izraženija od inhibicije rasta izdanka ili sveže mase korena, a što je važno i za veće koncentracije. Oni dalje ističu da nivo osjetljivosti korena ili izdanka zavisi od biljne vrste i citiraju druge autore koji su zaključili da je kod gajenog sirka i ovsu koren osjetljiviji na delovanje trifluralina nego izdanak u slučaju kada su i koren i izdanak zajedno izloženi dejstvu herbicida. Naravno, ima i biljnih vrsta koje pokazuju obrnut odnos osjetljivosti, kao u slučaju *S. italica* i *P. miliaceum*, čiji su izdanci osjetljiviji na pare trifluralina nego koren, ili *S. viridis* za koju je trifluralin bio letalan kada se našao u zoni izdanka, ali ne i u zoni korena (Swann i Bihrens, 1972, Knake i sar., 1967, cit. po Jacques i Harvey, 1979b). Isti autori na kraju zaključuju da trifluralin, kada se nađe u kontaktu sa korenom, može značajno inhibirati rast korena, a da pri tome rast izdanka neće ili ne mora biti tako ugrožen, odnosno uticaj na njega će biti indirektan, kao posledica redukcije rasta korena. Ali, kada su herbicidu izloženi i izdanak i koren, rast i jednog i drugog može biti direktno inhibiran.

Poredeći ispitivane koncentracije među sobom i sa kontrolom, za sva tri hibrida je utvrđeno postojanje statistički vrlo značajnih razlika u dužini i svežoj masi korena za sve nivoe primene herbicida. Međutim, za dužinu i svežu masu izdanka, razlike između koncentracije bile su statistički veoma značajne za veće (0.24 mg/kg i na više, odnosno 0.12 mg/kg i na više), dok su za niže koncentracije bile ili statistički značajne ili to nisu bile.

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

$$Y = 100 \cdot \left[ 1 - \frac{1}{1 + \left( \frac{x}{b_2} \right)^{b_1}} \right]$$

u kojoj su: Y = efekat, tj. % inhibicije za mereni parametar; x = koncentracija herbicida;  $b_1$  = koeficijent u jednačini regresije;  $b_2$  = koncentracija trifluralina koja izaziva inhibiciju merenog parametra na nivou 50% u odnosu na netretiranu kontrolu (tj. vrednost koja odgovara  $I_{50}$ ). Pogodnost ovako izabranog regresionog modela ocenjena je i iskazana koeficijentom determinacije ( $R^2$ ), čije su vrednosti, kao i vrednosti  $I_{50}$  za svaki od merenih parametara date u Tabeli 4.

Razlika u osetljivosti korena i izdanka kukuruza na trifluralin, jasno se može videti i na osnovu vrednosti  $I_{50}$ , a koje su za parametre korena i do petnaest puta manje od istih za parametre izdanka (Tabela 4). Gotovo iste odnose, koristeći pirinač kao test biljku, u testu u kojem je

koren bio izložen herbicidu, dobili su i Brewer i saradnici (1982).

Zavisnost promene merenih parametara od promene koncentracije trifluralina, prikazane su na slikama 4-6, za sva tri hibrida.

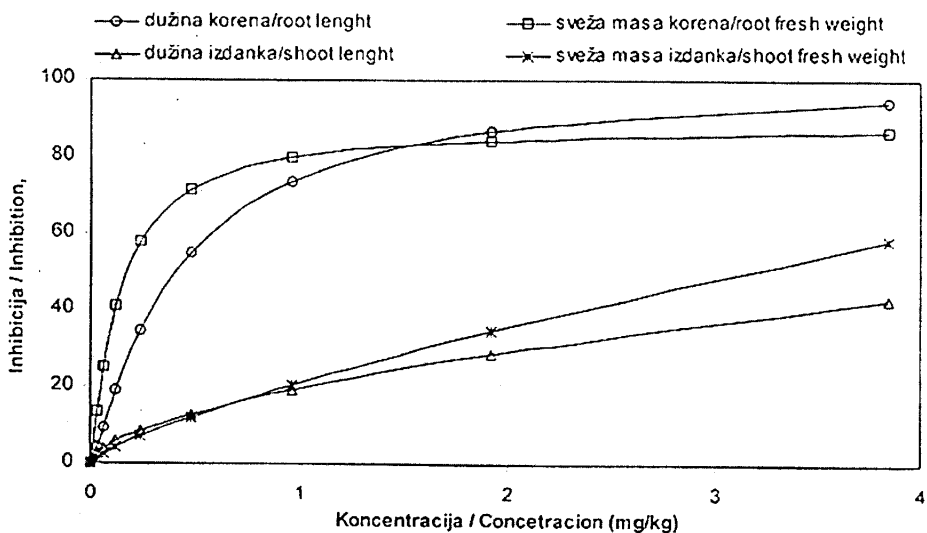
Imajući u vidu način na koji je biotest izveden, i poznajući mehanizam delovanja trifluralina, smatramo da je ispoljena izraženija inhibicija rasta i sveže mase korena bila logična, pa i očekivana posledica delovanja trifluralina, te da su to dva parametra koja u ovakvim ispitivanjima pružaju precizniji i pouzdaniji odgovor. Daljim poređenjem samo parametara vezanih za koren izdvojili bismo inhibiciju sveže mase korena kao osetljiviji i samim tim pouzdaniji odgovor. Za ovo postoje dva razloga. Kao prvo, gotovo pri svim, a naročito nižim koncentracijama herbicida, kod sva tri hibrida ispoljena je jača inhibicija sveže mase u odnosu na dužinu korena. S druge strane, LSD-testom za parna poređenja između sva tri hibrida u oba ponavljanja ogleada

**Tabela 4.**  $I_{50}$  vrednosti i odgovarajući koeficijenti determinacije za sve merene parametre ispitivanih hibrida

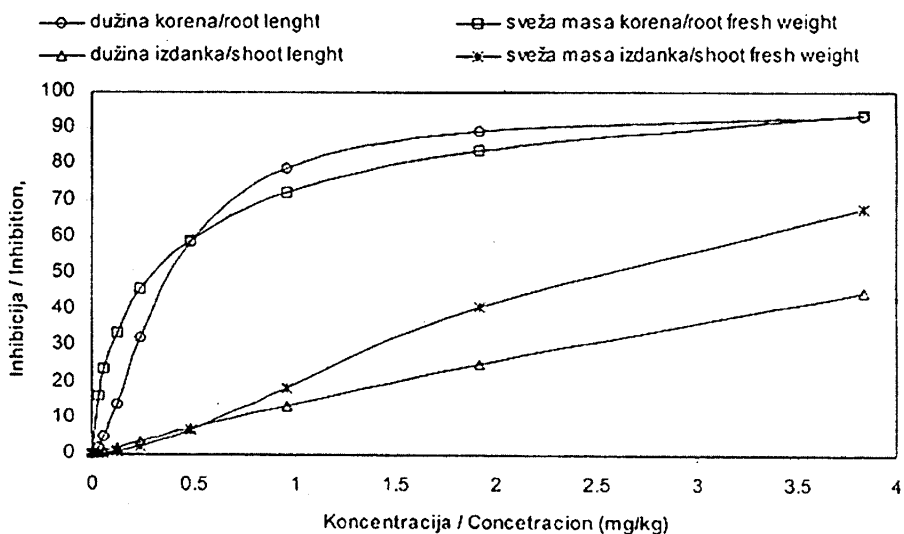
**Table 4.**  $I_{50}$  values and corresponding determination coefficients for all the monitored parameters of the hybrids tested

Mereni parametar Parameter measured	Hibrid - Hybrid					
	ZPTC 125		ZPTC 404		ZPSC 633	
	$I_{50}$ (mg/kg)	$R^2$	$I_{50}$ (mg/kg)	$R^2$	$I_{50}$ (mg/kg)	$R^2$
Dužina korena - Root length	0.406228	0.99	0.39411	0.99	0.441419	0.99
Sveža masa korena - Root fresh weight	0.195346	0.98	0.277695	0.99	0.227978	0.97
Dužina izdanka - Shoot length	6.152183	0.97	4.723336	0.98	4.623489	0.99
Sveža masa izdanka - Shoot fresh weight	3.146147	0.97	2.423198	0.99	2.378767	0.99

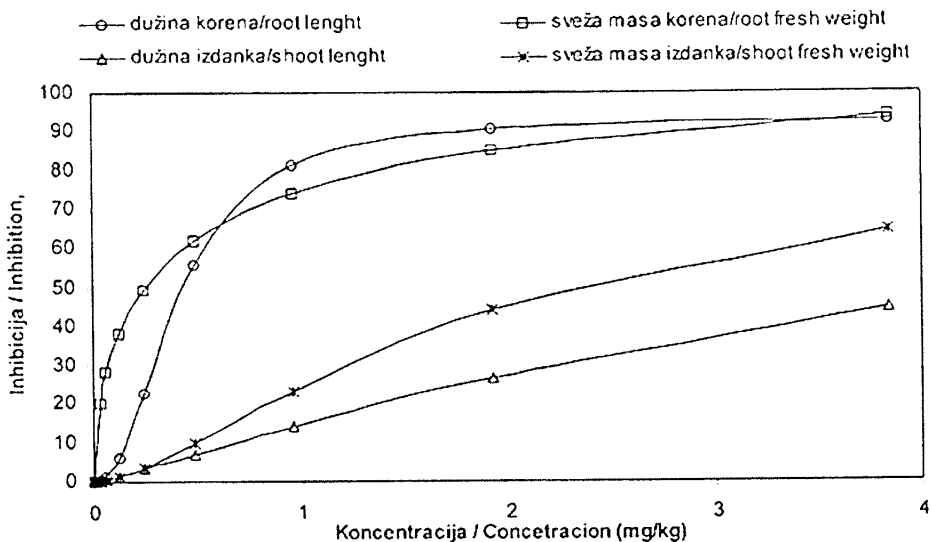




Sl. 4. Zavisnost promene merenih parametara od koncentracije trifluralina za hibrid ZPTC 125  
 Fig. 4. Changes in the monitored parameters depending on the trifluraline concentration for ZPTC 125 hybrid



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



Sl. 6. Zavisnost promene merenih parametara od koncentracije trifluralina za hibrid ZPSC 633  
 Fig. 6. Changes in the monitored parameters depending on the trifluraline concentration for ZPSC 633 hybrid

ispoljena je statistički vrlo značajna razlika u pogledu sveže mase korena, a što nije bio slučaj i sa dužinom korena kod koje su ispoljena određena variranja. U prilog ovoj tvrdnji su i vrednosti  $I_{50}$  koje su za inhibiciju dužine korena i do dva puta veće od onih za inhibiciju sveže mase korena. Ovakvi rezultati u saglasnosti su sa Roggenbuck i Penner (1987), koji su u ispitivanjima sa kukuruzom, kao test-biljkom, izdvojili svežu masu korena kao najosetljiviji mereni parametar. Isti autori su, međutim, izdvojili i kao pouzdan parametar dužinu izdanka, ali su istakli i razliku u odgovoru biljke u zavisnosti da li se biotest izvodi u kontrolisanim ili poljskim uslovima. U prvom slučaju, koren biljke je ograničen na prostor suda u kojem se ona gaji i ne može da izbegne herbicid. U drugom slučaju, koren se normalno razvija i prodire u dubinu, a imajući u vidu da se trifluralin uglavnom zadržava u površinskom sloju

zemljišta od desetak santimetara, jasno je da će, kada prođe kroz taj sloj, koren većinom izbeći herbicid.

Biotestom u kontrolisanim uslovima ustanovljene su i razlike u osetljivosti ispitivanih hibrida koji pripadaju različitim grupama zrenja. Za sve merene parametre hibrid ZPSC 633 ispoljio je najveću osetljivost. U odnosu na dužinu korena nešto manje osetljiv bio je ZPTC 125, a najmanje ZPTC 404, pri čemu su između ova dva hibrida razlike u prvom ponavljanju oglada bile statistički značajne, a u drugom ponavljanju nisu ustanovljene statistički značajne razlike. Za sve ostale parametre vrlo je jasno ispoljena razlika u osetljivosti, i to od najveće ka najmanjoj ovim redom: ZPSC 633 > ZPTC 404 > ZPTC 125, pri čemu su te razlike bile statistički vrlo značajne. Za razlike u osetljivosti različitih hibrida Davis i saradnici (1978, cit. po Roggenbuck i Penner, 1987) ističu značaj genet-

ske varijabilnosti, a čime se jedino mogu objasniti i razlike između ovih ispitivanih hibrida, s obzirom na to da su svi ostali uslovi, bitni za rast i razvoj biljaka, bili u granicama optimuma za ovu biljnu vrstu, te da nisu uticali na odgovor test biljke na delovanje trifluralina.

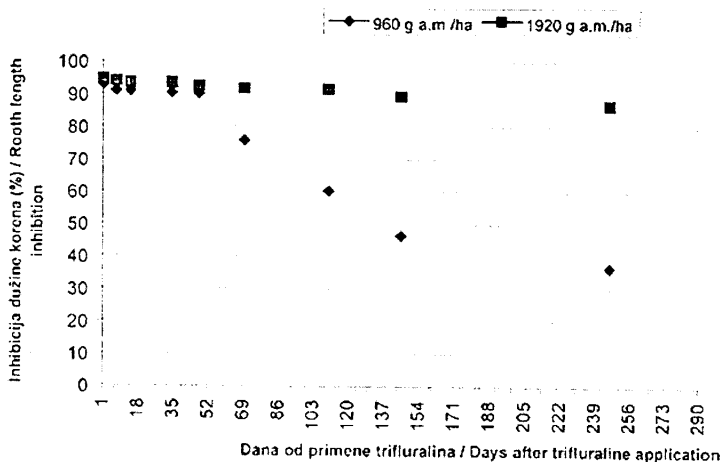
### Određivanje ostataka i degradacija trifluralina

Rezultati određivanja perzistentnosti trifluralina preko inhibicije dužine i sveže mase korena tri hibrida kukuruza, u prvoj godini, prikazani su na slikama 7-12. Analiza rezultata uzoraka zemljišta uzetih odmah posle primene pokazuje da je došlo do inhibicije svih merenih parametara, kod sva tri hibrida. Kod ZPTC 125 obe količine primene izazvale su redukcije rasta i sveže mase korena za 92.78 i 94.43%, odnosno 92.4 i 94.04% (sl. 7 i 8); za ZPTC 404 te vrednosti su

bile: 93.38 i 95.8%, odnosno 87.99 i 93.3% (sl. 9 i 10) i na kraju za ZPSC 633 utvrđene inhibicije su bile na nivou 91.8 i 94.49%, odnosno 90.15 i 92.8% (sl. 11 i 12).

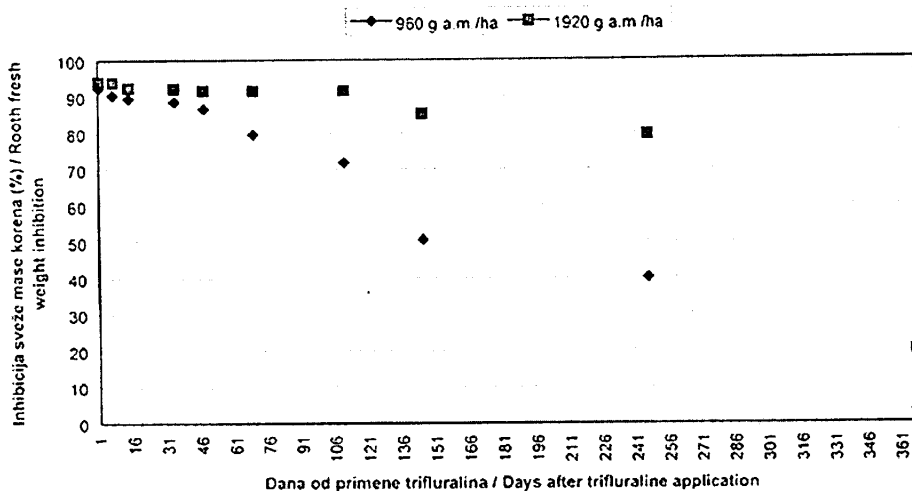
Utvrđene inhibicije svih merenih parametara, tokom celog perioda praćenja degradacije trifluralina, potvrđuju veću osetljivost dužine i naročito sveže mase korena nego dužine i sveže mase izdanaka. Inhibicija dužine i sveže mase izdanaka je bila manjeg intenziteta (u skladu sa navedenim rezultatima biotesta u kontrolisanim uslovima) i njihove vrednosti nisu prikazane.

Dalje, vidi se da su ostvarene inhibicije svih merenih parametara za količinu od 1.920 g a.m./ha (koja odgovara koncentraciji od 3.84 mg/kg) na dan primene, veće od onih u prethodno razmatranom biotestu. Jedino objašnjenje za ovakve razlike nalazimo upravo u načinu primene.



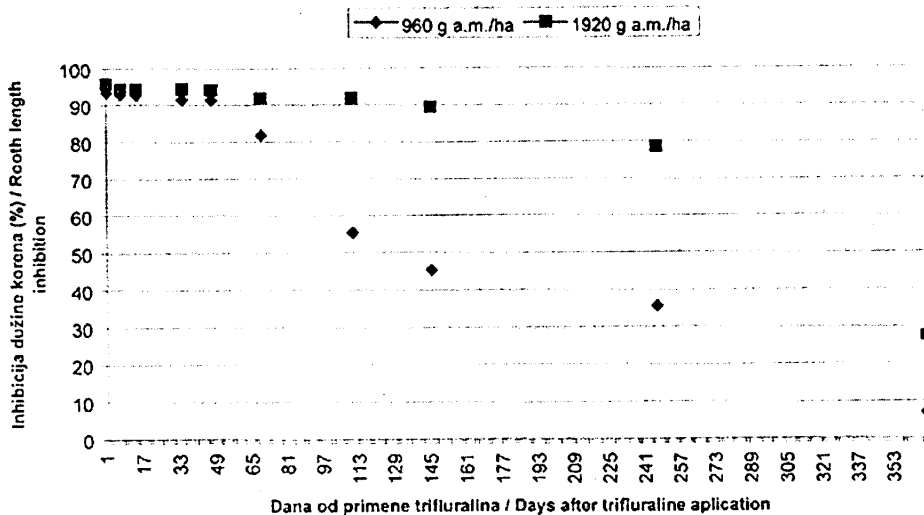
Sl. 7. Perzistentnost trifluralina izražena inhibicijom dužine korena hibrida ZPTC 125 (1 godina)

Fig. 7. Root length inhibition of ZPTC 125 hybrid showing trifluraline persistence (year 1)



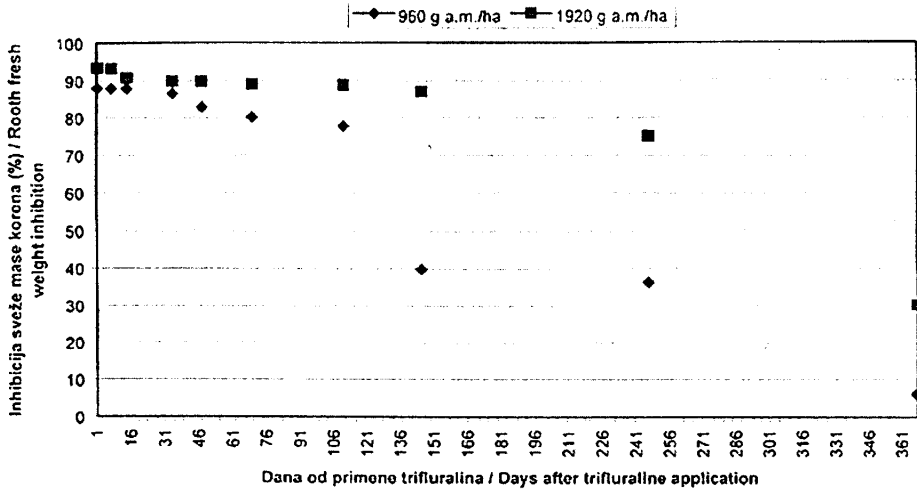
Sl. 8. Perzistentnost trifluralina izražena inhibicijom sveže mase korena hibrida ZPTC 125 (I godina)

Fig. 8. Root fresh weight inhibition of ZPTC 125 hybrid showing trifluraline persistence (year 1)



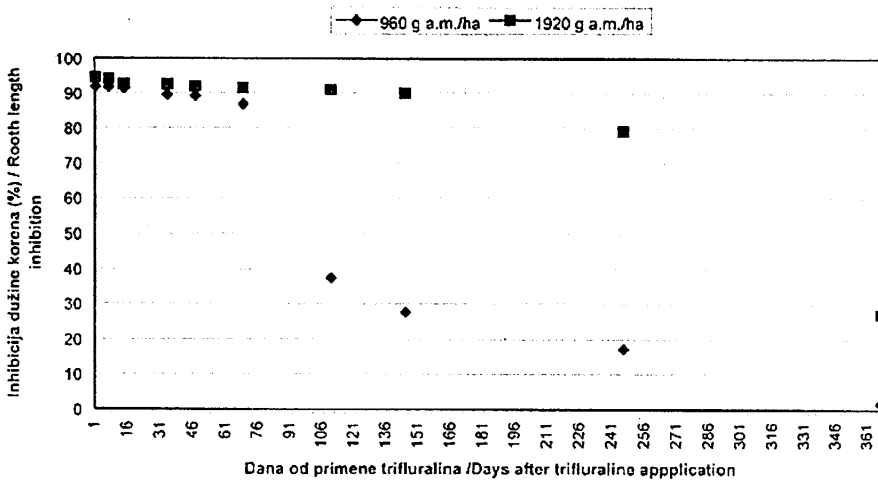
Sl. 9. Perzistentnost trifluralina izražena inhibicijom dužine korena hibrida ZPTC 404 (I godina)

Fig. 9. Root length inhibition of ZPTC 404 hybrid showing trifluraline persistence (year 1)



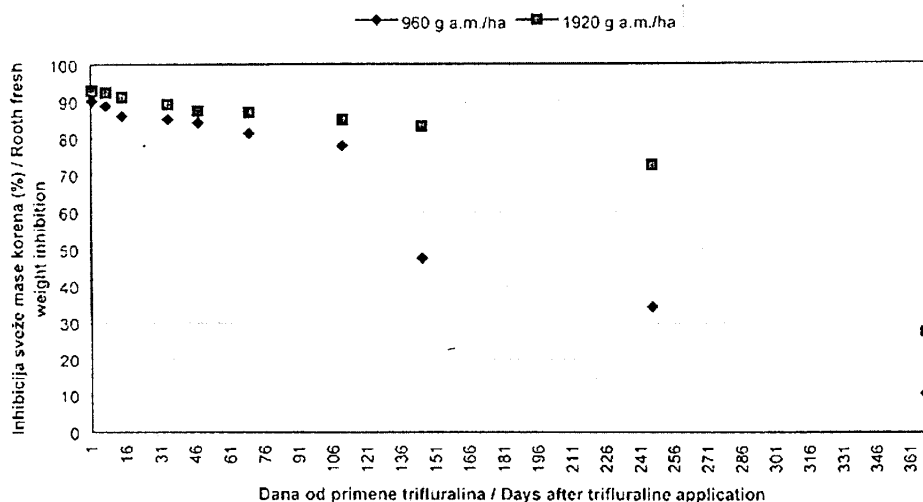
Sl. 10. Perzistentnost trifluralina izražena inhibicijom sveže mase korena hibrida ZPTC 404 (I godina)

Fig. 10. Root fresh weight inhibition of ZPTC 404 hybrid showing trifluraline persistence (year 1)



Sl. 11. Perzistentnost trifluralina izražena inhibicijom dužine korena hibrida ZPSC 633 (I godina)

Fig. 11. Root length inhibition of ZPSC 633 hybrid showing trifluraline persistence (year 1)



Sl. 12. Perzistentnost trifluralina izražena inhibicijom sveže mase korena hibrida ZPSC 633 (I godina)

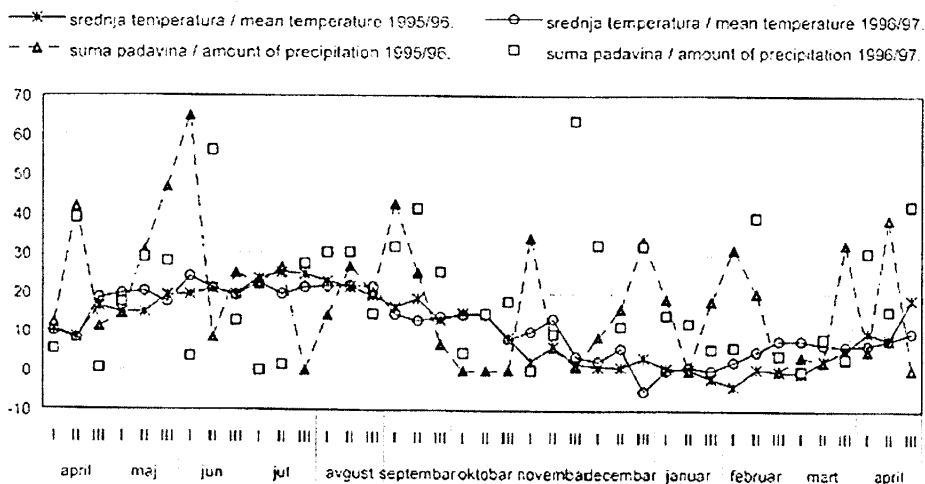
Fig. 12. Root fresh weight inhibition of ZPSC 633 hybrid showing trifluraline persistence (year 1)

Na grafikonima perzistentnosti trifluralina vrlo je uočljiva tendencija opadanja koncentracije trifluralina (za obe količine primene) tokom ispitivanog perioda, bez obzira na mereni parametar, s tim da je, naravno, inhibicija uvek veća za osetljiviji parametar.

U prvoj godini ispitivanja uočena je velika razlika u pogledu perzistentnosti, u zavisnosti od količine primene. Za tretman od 960 g a.m./ha utvrđen je manji pad u pogledu ispoljenog efekta na biljke (a samim tim i pad u koncentraciji prisutnog herbicida u zemljištu) već nakon sedam dana od primene. Posle toga usledio je period blagog opadanja koncentracije trifluralina, da bi od kraja maja došlo do naglog smanjenja, a koje se poklapa sa periodom većih količina padavina (sl. 13). Za tretman od 1.920 g a.m./ha utvrđeno je održavanje trifluralina u prilično nepromenjenim količinama tokom goto-

vo celog vegetacionog perioda u prvoj godini. Značajniji pad u pogledu sadržaja ostataka ovog herbicida, usledio je tek početkom sledeće vegetacione sezone. Slična zapažanja, da perzistentnost trifluralina zavisi i od količine primene, izneli su u svojim istraživanjima Horowitz i saradnici (1974), koji su utvrdili da se rezidualno delovanje trifluralina gubi nakon četiri meseca za tretman od 1 mg/kg; nakon pet meseci za 2 mg/kg i nakon deset i po meseci za 4 mg/kg, odnosno Rahman (1977) koji navodi da je trifluralin primenjen u količini od 0.5 kg/ha ispoljavao rezidualno delovanje dva-tri meseca; za količinu primene od 1 kg/ha taj period je bio oko pet meseci, a za tretman od 2 kg/ha oko sedam meseci.

Shodno napred navedenom i nivo ostataka u dva različita tretmana bio je značajno različit godinu dana posle primene. Za količinu primene od 960 g



Sl. 13. Srednje dnevne temperature i suma padavina po dekadama

Fig. 13. Mean daily temperatures and total amount of precipitation

a.m./ha, nisu se mogli konstatovati efekti na dužinu i svežu masu izdanka sva tri hibrida, dok su inhibicije dužine i sveže mase korena dostizale i do 10%. Međutim, za veću količinu primene zapažena je inhibicija parametara izdanka kod svih hibrida, a najveća za najosetljiviji ZPSC 633 (oko 8%), dok su inhibicije parametara korena bile i do 30%. Slična zapažanja izneli su i Miller i saradnici (1978) u svojim ispitivanjima utvrdivši da su oštećenja od ostataka trifluralina izazivala i za dva do tri puta veća oštećenja test-biljaka pri većoj, nego pri manjoj količini primene.

Degradacija trifluralina u zemljištu tipa degradirani černozem opisana je jednačinom trenda oblika:

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

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 1/2 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 ZPSC 633 (najosetljiviji mereni parametar, najosetljivijeg hibrida kukuruza u odnosu na trifluralin (Tabela 5).

**Tabela 5.** Izračunate vrednosti DT-50 i odgovarajući koeficijenti korelacije za trifluralin (na osnovu redukcije sveže mase korena) za hibrid ZPSC 633 (I godina)

**Table 5.** Computed DT-50 values and corresponding correlation coefficients for trifluralin (based on root fresh weight inhibition) for ZPSC 633 hybrid (year 1)

Količine primene Application rate	DT-50 (dana / days)	R <sup>2</sup>
960 g a.m./ha	110	0.96
1920 g a.m./ha	140	0.99

Na osnovu ranije određenih jednačina regresije i ostvarene inhibicije za najosetljiviji mereni parametar (sveža masa

korena) izračunate su koncentracije trifluralina, koje su kao takve prisutne u zemljištu i dostupne biljkama (Tabela 6).

**Tabela 6.** Ostaci trifluralina godinu dana nakon primene određeni metodom biotesta (redukcije sveže mase korena hibrida ZPSC 633)

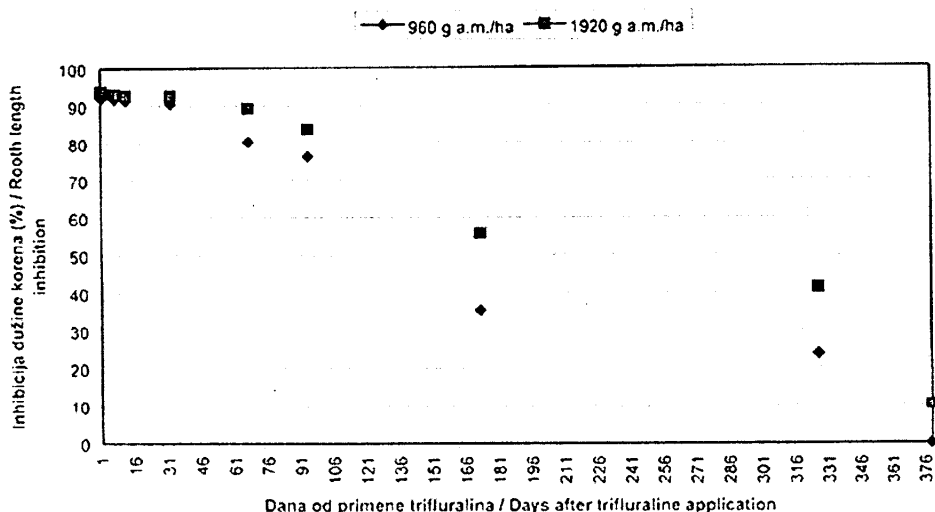
**Table 6.** Trifluraline residues determined one year after application using bioassay (root fresh weight reduction of ZPSC 633 hybrid)

Količine primene Application rate	Koncentracija trifluralina Trifluraline concentration (mg/kg)	
	I godina - Year 1	II godina - Year 2
960 g a.m./ha	0.01	0.001
1920 g a.m./ha	0.04	0.08

U drugoj godini ispitivanja degradacija trifluralina imala je nešto drugačiji trend, pogotovu u slučaju veće količine primene (sl. 14-19). Naime,

zapaža se da je opadanje koncentracije herbicida u zemljištu u prvom delu vegetacije relativno blago, ali da od jula taj pad postaje izraženiji. To se poklapa i sa periodom većih količina padavina (većih i u odnosu na prethodnu godinu). Trend opadanja koncentracija herbicida kod primene 960 g a.m./ha, relativno je sličan onom od prethodne godine, odnosno zapaža se da se i u jednom i u drugom slučaju periodi nešto brže i nešto sporije razgradnje herbicida smenjuju shodno periodima sa većom, odnosno manjom količinom padavina (pri čemu se ti periodi ne poklapaju u obe godine ispitivanja, odnosno u drugoj godini najčešće nastupaju 10-20 dana kasnije nego u prvoj godini).

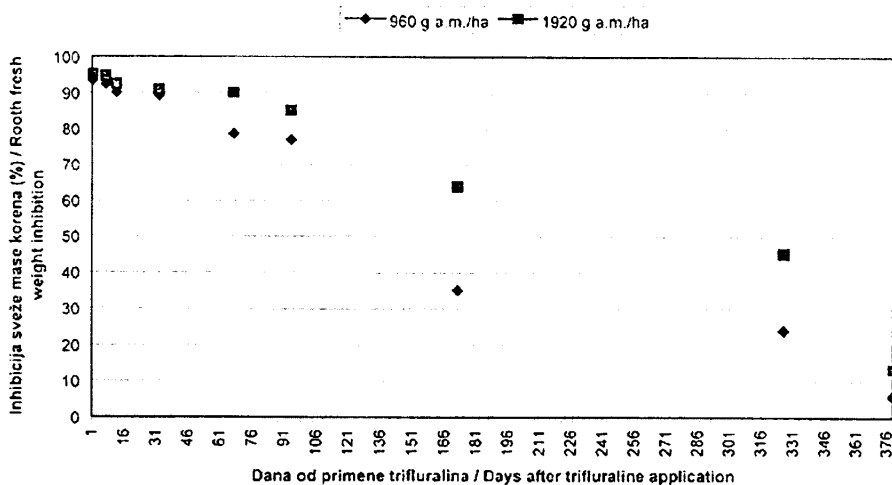
I u drugoj godini istraživanja zapaža se da su tendencije opadanja koncentracije trifluralina u zemljištu veoma slične i da postoji izrazita sličnost u



Sl. 14. Perzistentnost trifluralina izražena inhibicijom dužine korena hibrida ZPTC 125 (II godina)

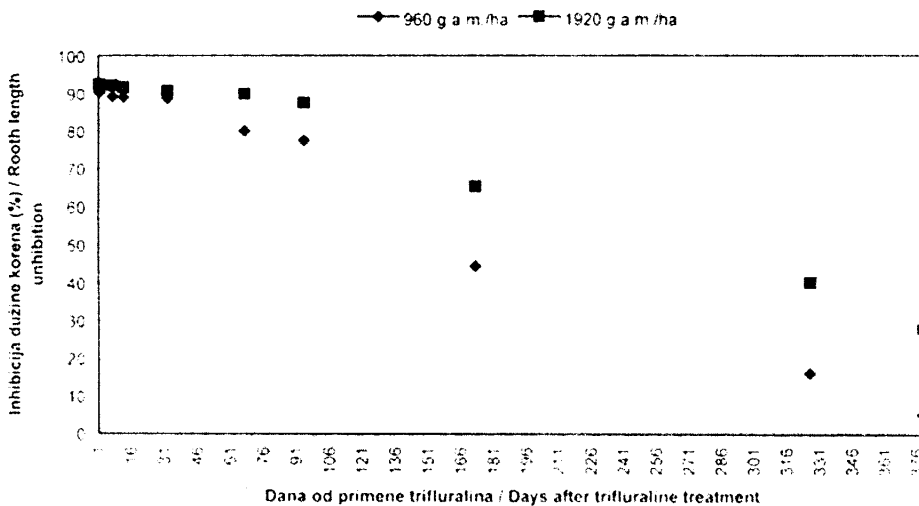
Fig. 14. Root length inhibition of ZPTC 125 hybrid showing trifluraline persistence (year 2)





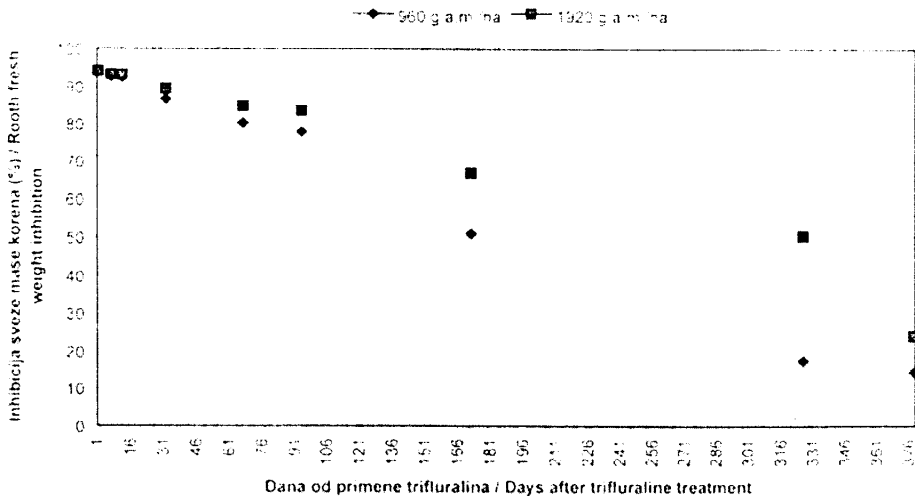
Sl. 15. Perzistentnost trifluralina izražena inhibicijom sveže mase korena hibrida ZPTC 125 (II godina)

Fig. 15. Root fresh weight inhibition of ZPTC 125 hybrid showing trifluraline persistence (year 2)



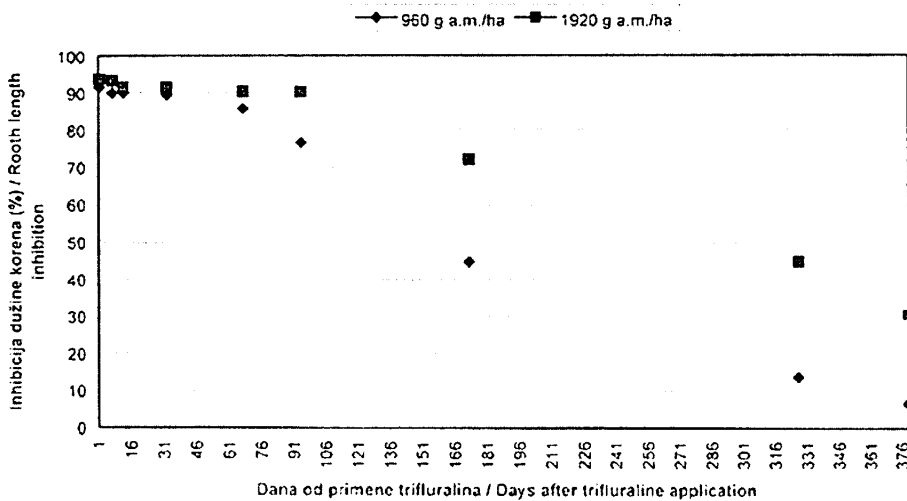
Sl. 16. Perzistentnost trifluralina izražena inhibicijom dužine korena hibrida ZPTC 404 (II godina)

Fig. 16. Root length inhibition of ZPTC 404 hybrid showing trifluraline persistence (year 2)



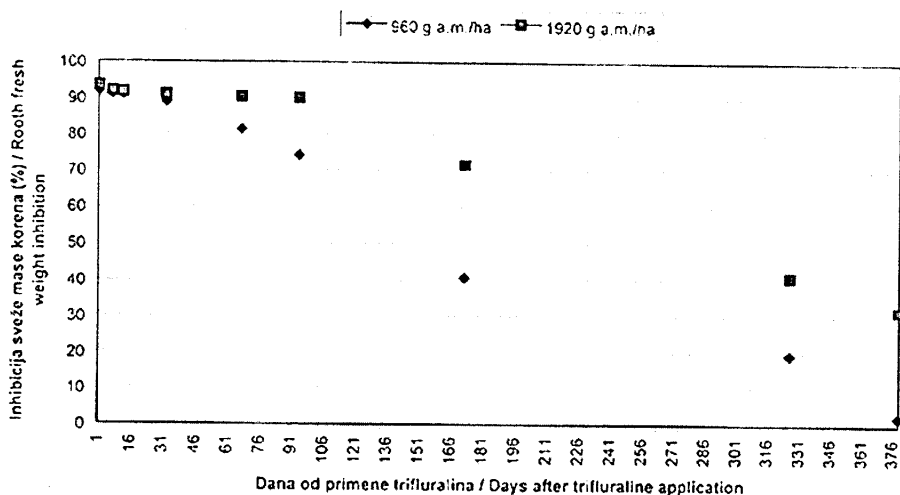
Sl. 17. Perzistentnost trifluralina izražena inhibicijom sveže mase korena hibrida ZPTC 404 (II godina)

Fig. 17. Root fresh weight inhibition of ZPTC 404 hybrid showing trifluraline persistence (year 2)



Sl. 18. Perzistentnost trifluralina izražena inhibicijom dužine korena hibrida ZPSC 633 (II godina)

Fig. 18. Root length inhibition of ZPSC 633 hybrid showing trifluraline persistence (year 2)



Sl. 19. Perzistentnost trifluralina izražena inhibicijom sveže mase korena hibrida ZPSC 633 (II godina)

Fig. 19. Root fresh weight inhibition of ZPSC 633 hybrid showing trifluraline persistence (year 2)

odgovoru sva tri hibrida u odnosu na isti mereni parametar.

U drugoj godini ispitivanja, inhibicije merenih parametara godinu dana nakon primene 960 g a.m./ha bile su zanemarljive (za izdanak) ili na nivou onih iz prethodne godine (za koren). Međutim, količina od 1.920 g a.m./ha, izazvala je oštećenja parametara izdanka koja su bila značajnije veća (oko 20% za ZPSC 633), dok su oštećenja parametara korena bila ili na nivou onih od prethodne godine ili nešto izraženija.

Na osnovu do sada iznetog, proizlazi da trifluralin pri primeni od 960 g a.m./ha ne perzistira dovoljno dugo da bi izazvao ozbiljnija oštećenja biljaka kukuruza, odnosno ispoljena inhibicija korena, iako značajna na tom nivou u toj fazi razvoja, ne odražava se na nadzemni deo. Sve to dalje ukazuje da bi u poljskim uslovima, u kojima bi došlo i do prolaska korena

kroz zonu herbicida, ta inhibicija verovatno bila i manja.

Međutim, pri primeni trifluralina od 1.920 g a.m./ha nivo oštećenja je bio mnogo značajniji, imajući u vidu i očigledne promene na nadzemnom delu. Kolika bi zaista bila realna opasnost u poljskim uslovima, najbolje bi se moglo proceniti daljim ispitivanjima u samom polju, s obzirom na to da je često utvrđeno da određena oštećenja mogu biti i prolaznog karaktera, bez kasnijeg uticaja na prinos. Činjenica da je sveža masa korena inhibirana skoro 30%, ukazuje na moguća znatnija oštećenja i probleme u razvoju biljaka.

Za opisivanje degradacije trifluralina u drugoj godini istraživanja takođe je korišćena ista jednačina (2), na osnovu koje su izračunate i DT-50 vrednosti. Ove vrednosti, kao i odgovarajući koeficijenti korelacije dati su u Tabeli 7.

**Tabela 7.** Izračunate vrednosti DT-50 i odgovarajući koeficijenti korelacije za trifluralin (na osnovu redukcije sveže mase korena) za hibrid ZPSC 633 (II godina)

**Table 7.** Computed DT-50 values and corresponding correlation coefficients for trifluraline (based on root fresh weight inhibition) for ZPSC 633 hybrid (year 2)

Količina primene Application rate	DT-50 (dana / days)	R <sup>2</sup>
960 g a.m./ha	122	0.97
1.920 g a.m./ha	107	0.93

Ako se već navedeno uporedi sa izračunatim DT-50 vrednostima, videće se da je za količinu od 960 g a.m./ha ta vrednost nešto veća u drugoj (122 dana), nego u prvoj godini (110 dana), što se u potpunosti poklapa sa činjenicom da je do izraženijeg pada u količini ostataka nešto ranije došlo u prvoj godini, kao što je i period većih količina padavina nastupio ranije u toj sezoni. U slučaju količine primene od 1.920 g a.m./ha vrednosti DT-50 se mnogo više razlikuju (140 dana, u prvoj, u odnosu na 107 dana u drugoj godini), što je potpuno saobrazno ispoljenom trendu, a koji, barem u prvoj godini, nije zavisio od meteoroloških uslova.

Na osnovu vrednosti inhibicija utvrđenih za najosetljiviji mereni parametar, a preko ranije utvrđenih jednačina regresije, izračunate su koncentracije trifluralina prisutnog u zemljištu i dostupnog biljkama (Tabela 6).

Slično kao i za utvrđene inhibicije merenih parametara i vrednosti DT-50, utvrđeni ostaci trifluralina godinu dana nakon primene bili su veći u drugoj godini ispitivanja.

Što se izračunatih DT-50 vrednosti tiče, one su ovde predstavljene za najosetljiviji hibrid i u odnosu na najosetljiviji mereni parametar. Različiti autori na-

vode da u zavisnosti od, pre svega, tipa zemljišta, zatim test-biljke, a na kraju i statističkog modela koji se koristi u izračunavanju, te vrednosti mogu značajno da se razlikuju. Kao neki opšti zaključak Horowitz i saradnici (1974) navode da se pri ispitivanjima u kontrolisanim uslovima poluživot trifluralina procenjuje na oko dva meseca, što je u saglasnosti i sa drugim autorima, ali da je ta vrednost uvek veća od one koja se dobija kada se prati perzistentnost trifluralina u poljskim uslovima. Na osnovu dobijenih rezultata jasno je da je to vrednost koja je promenljiva, zavisno od pedološko - klimatskih uslova, ali i test-biljke koja se koristi i merenog parametra. U tom smislu, ona je uvek samo orijentaciona vrednost za date i definisane uslove.

## LITERATURA

*Abernathy, J.R. and Keeling J.W.:* Efficacy and rotational crop response to levels and dates of dinitroaniline herbicide applications. *Weed Science*, **27**, 312-317, 1979.

*Brewer, F., Lavy T.L. and Talbert R.E.:* Effect of three dinitroaniline herbicides on rice (*Oryza sativa*) growth. *Weed Science*, **30**, 153-158, 1982.

*Clay, S.A., Gaffney J.F. and Wrage L.J.:* Spring wheat (*Triticum aestivum*) cultivar responses to trifluralin and postemergence herbicides. *Weed Technology*, **9**, 352-355, 1995.

*Hartzler, R.G., Fawcett R.S. and Owen M.D.K.:* Effects of tillage on trifluralin residue carryover injury to corn (*zea mays*). *Weed Science*, **37**, 609-615, 1989.

*Hartzler, R.G., Fawcett R.G. and Taber H.G.:* Effects of trifluralin on corn (*Zea mays*) growth and nutrient content. *Weed Science*, **38**, 468-470, 1990.

- Horowitz, M.*: Application of bioassay techniques to herbicide investigations. *Weed Research*, **16**, 209-215, 1976.
- Horowitz, M., Hulin N. and Blumenfeld T.*: Behaviour and persistence of trifluralin in soil. *Weed Research*, **14**, 213-220, 1974.
- Jacques, G.L. and Harvey R.G.*: Adsorption and diffusion of dinitroaniline herbicides in soils. *Weed Science*, **27**, 450-455, 1979a.
- Jacques, G.L. and Harvey R.G.*: Dinitroaniline herbicide phytotoxicity as influenced by soil moisture and herbicide vaporization. *Weed Science*, **27**, 536-539, 1979b.
- Jacques, G.L. and Harvey G.L.*: Persistence of dinitroaniline herbicides in soil. *Weed Science*, **27**, 660-665, 1979c.
- Jordan, T.N., Baker R.S. and Barrentine W.L.*: Comparative toxicity of several dinitroaniline herbicides. *Weed Science*, **26**, 72-75, 1978.
- Kennedy, J.M. and Talbert R.E.*: Comparative persistence of dinitroaniline type herbicides on the soil surface. *Weed Science*, **25**, 373-381, 1977.
- Miller, J.H., Keeley P.E., Thullen R.J. and Carter C.H.*: Persistence and movement of ten herbicides in soil. *Weed Science*, **26**, 20-27, 1978.
- Parka, S.J. and Soper O.F.*: The physiology and mode of action of the dinitroaniline herbicides. *Weed Science*, **25**, 79-87, 1977.
- Rahman, A.*: Effects of temperature and soil type on the phytotoxicity of trifluralin. *Weed Research*, **13**, 267-272, 1973.
- Rahman, A.*: Persistence of terbacil and trifluralin under different soil and climatic conditions. *Weed Research*, **17**, 145-152, 1977.
- Roggenbuck, F.C. and Penner D.*: Factors influencing corn (*Zea mays*) tolerance to trifluralin. *Weed Science*, **35**, 89-94, 1987.
- Romanowski, R.R. and Libik A.W.*: Soil persistence of isopropalin, nitralin and trifluralin. *Weed Science*, **26**, 258-261, 1978.
- Savage, K.E.*: Persistence of several dinitroaniline herbicides as affected by soil moisture. *Weed Science*, **26**, 465-471, 1978.
- Savage, K.E. and Jordan T.N.*: Persistence of three dinitroaniline herbicides on the soil surface. *Weed Science*, **28**, 105-110, 1980.
- Solbakken, E., Hole H., Lode O. and Pedersen T.A.*: Trifluralin persistence under two different soil and climatic conditions. *Weed Research*, **22**, 319-328, 1982.
- Weber, J.B.*: Behaviour of dinitroaniline herbicides in soils. *Weed Technology*, **4**, 394-406, 1990.

---

## Fitotoxic Effects of Trifluralin to Hybrid Maize (*Zea mays* L.) and Their Persistence

### SUMMARY

The objective of the study was to analyze the susceptibility of three different types of hybrid maize to carryover potential of trifluralin using the bioassay, and persistence of trifluralin. Herbicide toxicity was analyzed by determining the inhibition of root and shoot length and fresh weight. In addition, using the bioassay trifluralin persistence in the leached chernozem soil type was studied applying two doses. Herbicide degradation was monitored over a period of one year following application during the two trial years.

The hybrids tested showed a significant susceptibility to herbicide tested. The doses analyzed inhibited root length and fresh weight. Regression analysis was used to determine  $I_{50}$  values for the parameters tested thus proving fresh root weight reduction to be the most susceptible and accurately computed parameter. Hybrid ZPSC 633 was the most susceptible (with regard to the parameters tested).

Higher herbicide doses provoked slower degradation of trifluralin, as confirmed by calculated DT-50 values.

Trifluralin residues (applied at the rate of 960 g a.i./ha) provoked no damage to ground parts. Root length and fresh weight inhibition was about 10% in the case of the most susceptible hybrid. However, trifluralin (applied at the rate of 1920 g a.i./ha) residues one year following application provoked damage to ground parts (up to 20% in the case of the most susceptible hybrid), whereas root length and fresh weight inhibition was approx. 30%.

**Key words:** *Trifluralin; Hybrid maize; Bioassay; Persistence; Carry-over.*

---