

SUZBIJANJE TRULEŽI STABLIKE KUKURUZA PUTEM OPLEMENJIVANJA

CONTROL OF MAIZE STALK ROT THROUGH BREEDING

B. Palaveršić, J. Brekalo, I. Buhiniček, M. Rojc

SAŽETAK

U ovom radu prikazani su rezultati istraživanja nekih metoda umjetne infekcije stabljike s dva patogena i razni načini ocjenjivanja truleži stabljike kao kriterija u oplemenjivanju kukuruza na otpornost prema truleži stabljike.

Analizirani su vlastiti rezultati višegodišnjeg rada na poboljšanju otpornosti kukuruza prema truleži stabljike. Prikazani su rezultati 37 najznačajnijih od ukupno 78 ispitivanih samooplodnih linija u uvjetima umjetne zaraze stabljike s *Colletotrichum graminicola* (Cg) i *Fusarium graminearum* (Fg), svrstanih po dozrijevanju u tri grupe: rane, srednje kasne i kasne.

U istraživanjima nije utvrđena korelacijska povezanost između stupnja otpornosti samooplodnih linija u uvjetima umjetne zaraze s *Fusarium graminearum* i prirodnog napada truleži stabljike ($r=0.01-0.02$).

Međutim, utvrđeni su visoki i opravdani koeficijenti korelacije između dva načina očitavanja antraknoze stabljike, odnosno broja zaraženih internodija i broja internodija zaraženih više od 75% ($r=0.86^{**}$ i 0.88^{**}).

Utvrđeni su znatno niži koeficijenti korelacije ($r=0.20$ i $r=0.34$) između otpornosti linija u uvjetima umjetne zaraze s *Fusarium graminearum* i broja zaraženih internodija s *Colletotrichum graminicola*, nego kod ranijih istraživanja. Očitavanje napada antraknoze stabljike na temelju vanjske obojenosti stabljike nije u korelaciji s prva dva načina očitavanja, ali se najviše slaže s prirodnim napadom fuzarijske truleži stabljike ($r=0.60^{**}$ i $r=0.64^{**}$).

Na temelju ova dva kriterija najveću otpornost prema truleži stabljike pokazale su inbred linije: Bc 70153, Bc 70152, Bc 70151, Bc 16881, Bc 15210, Bc 20416, Bc 31002 i Bc 19402, a osjetljivost: Bc 701-6, Bc 747-8, Bc 405-5, i Bc 406-88. Osjetljiv tester bolje je razlikovao odporne roditeljske genotipove prema truleži stabljike od osjetljivih. Umjetna infekcija stabljike sa smjesom izolata više uzročnika truleži stabljike uz prevladavanje simptoma antraknoze povećala je napad truleži, dok je defolijacija povećala napad fuzarijske truleži stabljike.

Povećanje napada truleži stabljike ovisilo je o stupnju osjetljivosti pojedinih genotipova kukuruza prema fuzarijskoj odnosno antraknoznoj truleži stabljike.

Hibrid Bc 388 otporniji je prema antraknoznoj, a Bc 3786 prema fuzarijskoj truleži stabljike, dok je Bc 492 najotporniji prema antraknoznoj, a Medimurec 38 prema fuzarijskoj truleži stabljike. Novije selekcije Medimurec 38, Bc 492, Bc 3786 i Podravec 36 značajno su otpornije prema truleži i lomu stabljike u odnosu na starije selekcije Bc 488 i Bc 388.

UVOD

Trulež stabljike što je uzrokuju gljivice roda *Fusarium* najraširenija je bolest kukuruza kod nas i u svijetu gdje se primjenjuje intenzivna agrotehnika.

Ona je glavni uzrok polijeganja i loma stabljike kukuruza. Prema tome, bolest smanjuje prinos direktno slabljenjem normalne fiziološke aktivnosti biljke ili indirektno preko polijeganja. Sjetva otpornih hibrida odnosno oplemenjivanje na otpornost najefikasniji je i ekološki najbolji način borbe protiv bolesti.

Otpornost prema bolestima je visoko nasljedna i relativno se lako ocjenjuje, a geni nositelji otpornosti prema bolestima nemaju štetan utjecaj na rast i prinos kukuruza. Otpornost prema truleži stabljike ovisi o fiziologiji i rodnosti pa možda čini iznimku, međutim otpornost prema truleži stabljike i prinos mogu se kombinirati (Hooker 1973.) *Fusarium graminearum* Schwabe (*Gibberella zeae* (Schw.) Petch.) najznačajniji je uzročnik truleži stabljike u Hrvatskoj (Milatović 1969.). Smatra se da su gljivice roda *Fusarium* slabi fakultativni paraziti koji teško mogu zaraziti mlado sočno tkivo. Svrha svake umjetne infekcije je da se dobije siguran i jak napad bolesti kako bi se mogao razlučiti otporan od osjetljivog materijala. Umjetna zaraza (infekcija) stabljike s *F. graminearum* ne reproducira tipične simptome prirodne truleži i ne može značajnije povećati napad truleži i loma stabljike (Dodd 1980.a, 1980.b., Palaveršić B. 1983.).

Prema Zuberu i suradnicima (1957.) Koehleru (1960.) i Palaveršić B. (1983.) otpornost kukuruza prema truleži stabljike u uvjetima umjetne zaraze nije u korelaciji s otpornošću u prirodnim uvjetima, međutim Smith i suradnici (1938.), te Hooker (1956.) i Sultan (1985.) dobili su statistički opravdane koeficijente korelacije između otpornosti linija odnosno hibrida kukuruza u uvjetima prirodne i umjetne zaraze.

Selekciju otpornih linija na osnovi umjetne zaraze naročito u ranim generacijama samooplodnje i u programima rekurentne selekcije preporučuje nekoliko autora (Hooker 1973. Rusell 1961.).

Umjetna infekcija stabljike samo je djelomično prihvaćena od oplemenjivača kukuruza u svijetu (Bauman 1982.).

Otpornost prema truleži stabljike kvantitativno je svojstvo i nasljeđuje se poligenetski (Jinayhon i Russel 1969. i Sprague 1954.) Ipak se smatra da otpornost prema truleži stabljike ovisi i o genima ili blokovima gena s major efektima (Hooker - Smiljaković 1979.).

Oplemenjivanje na otpornost prema truleži i lomu stabljike kompleksno je

svojestvo i velikim dijelom pod utjecajem okoliša, te se u pedigree selekciji preporuča upotrijebiti velike segregacijske populacije da bi se dobilo i malo poboljšanje (Bauman 1977.).

U našem oplemenjivačkom radu umjetna infekcija stabljike s *F. graminearum* s uspjehom se primijenila u poboljšanju otpornosti (Rojc 1990.). Nužno je, da je izvor otpornosti linija koja ima i dobru kombinacijsku sposobnost. Početni materijal je F₁ ili backcross.

Frekvencija alela nositelja prinosa i otpornosti prema bolestima može se povećati i u sintetskim populacijama rekurentnom selekcijom.

Prema dosadašnjim objavljenim rezultatima metoda rekurentne selekcije pokazala se efikasnom u oplemenjivanju na otpornost prema truleži stabljike (Jinahyon, Russell 1969. Moll i suradnici 1977., Sultan 1985.).

Kappelman i Tompson (1966.) smatraju da je potrebno, unatoč toga što se otpornost prema truleži stabljike ne nasljeđuje tako složeno kao prinos, ocijeniti testkrižance odnosno hibride. Konačna ocjena čvrstoće stabljike može se ustanoviti samo u poljskim uvjetima, gdje dolazi do napada prirodne truleži i loma stabljike (Russell 1961.).

Najveći raspon ocjena čvrstoće stabljike dobiven je križanjem linija s osjetljivim testerom (Green 1948., Jinahyon, Russell 1969.). Primjena osjetljivog testera pokazala se efikasnom u razlikovanju otpornih od osjetljivih linija prema lomu stabljike (Palaveršić D. i suradnici 1975, Rojc i suradnici 1986.).

S fiziološkog aspekta, trulež stabljike napada biljke koje zbog stresa ne mogu osigurati dovoljno asimilata potrebnih za zrno i rast korijena (Dodd 1980.a, 1980.b).

Razni stresni uvjeti kao što su lisne bolesti, jaka oblačnost, visoka gustoća sklopa, suša, tuča i napad kukuruznog moljca povećavaju napad truleži stabljike, budući da svi ti uvjeti smanjuju fotosintezu.

Povećana gustoća sklopa i umjetna zaraza lisnim bolestima primjenjuju se u oplemenjivanju na otpornost prema truleži stabljike (Troyer 1990.).

Defolijacijom biljaka uspješno je stimuliran napad truleži stabljike. Ta se metoda primjenjuje i kod ispitivanja otpornosti hibrida prema fuzarijskoj truleži stabljike (Palaveršić B. i suradnici 1989.). Antraknozna trulež stabljike u Hrvatskoj se u poljskim uvjetima javlja sporadično (Milatović-Palaveršić 1979., Brekalo 1991.).

Uzročnik antraknozne truleži *Colletotrichum graminicola* je agresivniji patogen, te se umjetnom infekcijom stabljike, kod osjetljivijih genotipova, može znatno povećati broj trulih i polomljenih biljaka (Milatović i suradnici 1983., Brekalo 1991.).

U uvjetima umjetne zaraze stabljike ustanovljena je korelacijska povezanost između otpornosti linija kukuruza prema *Fusarium graminearum* i *Colletotrichum graminicola* $r = 0.78^{**}$ (kasne) te $r = 0.55^{**}$ (srednje kasne). Izuzetak su bile rane linije $r = 0.18$ (Palaveršić B. i suradnici 1990.).

Otpornost prema antraknoznoj truleži stabljike ovisno o autoru i ispitivanom materijalu uvjetovana je s genima na nekoliko lokusa sa značajnijim aditivnim djelovanjem od dominantnog (Lim-White 1978.), s dva dominantna gena, jedan s

major a drugi minor efektom (Carson 1981.) ili s jednim dominantnim genom (Badu-Apraku 1986.).

U ovom radu koji je nastavak dosadašnjih višegodišnjih istraživanja u tri pokusa provjeravali smo neke metode umjetne infekcije stabljike s dva patogena i razne načine ocjenjivanja truleži stabljike kao kriterija u oplemenjivanju. Osim toga analizirani su rezultati višegodišnjeg rada na poboljšanju otpornosti kukuruza prema truleži stabljike.

1. U prvom pokusu uspoređena je otpornost većeg broja linija u uvjetima umjetne i prirodne zaraze stabljike s *Fusarium graminearum* i *Colletotrichum graminicola* kod više načina očitavanja.
2. U drugom pokusu provjeravali smo vrijednost osjetljivog testera u uvjetima umjetne zaraze s dva navedena patogena u razlučivanju otpornosti linija kukuruza prema truleži stabljike.
3. U trećem pokusu (tab. 7 i tab. 8) ispitana je metoda povećanja napada truleži stabljike defolijacijom ili umjetnom infekcijom stabljike sa smjesom izolata više patogena radi lakšeg razlikovanja otpornih i osjetljivih hibrida.

MATERIJAL I METODIKA ISTRAŽIVANJA

Istraživanja su obavljena u tri grupe poljskih pokusa u Rugvici 1991. godine.

1. Otpornost 78 linija kukuruza prema truleži stabljike ispitana je u dva rasadnika:

a) *Fusarium graminearum* - rasadnik

Svaka linija posijana je na parcelu od po dva reda u tri ponavljanja. U prvom redu inficirane su sve biljke, dok su biljke drugog reda ostavljene u prirodnim uvjetima.

Inokulum je proizveden na PDA. Korištena je smjesa 3-4 izolata *Fusarium graminearum* iz zrna kukuruza (Rugvica, Pitomača, Kutjevo i Bjelovar). Infekcija stabljike obavljena je u prvi produženi internodij sa štrcaljkom u obliku pištolja s 1 ml suspenzije inokuluma, 60-80 000 spora/ml 7 ± 1 dan nakon 50% svilanja, a očitavanje je izvršeno 6 tjedana kasnije po modificiranoj skali (1-5) (Christensen i Wilcoxon 1966.). Ocjena 5 znači prelazak truleži na susjedni internodij. Prirodna trulež stabljike ocijenjena je po FAO skali (1-9) (Palaveršić B. 1983.).

b) *Colletotrichum graminicola* - rasadnik

Svaka linija posijana je na parcelu od po dva reda u tri ponavljanja. Kao inokulum poslužila je smjesa čistih kultura gljivice izolirane iz lišća ili stabljike (Rugvica - list, Varaždin - list, Rugvica - stabljika i Pesnica - stabljika).

Substrat zobenih pahuljica i agara (Tuite 1969.) omogućio je upotrebu visoke koncentracije spora od $1-2 \times 10^6$ spora/ml. Infekcija je obavljena štrcaljkom u obliku pištolja u prvi produženi internodij 7 ± 1 dan iza svilanja. Oba reda inficirana su tako

da je kod prvog reda očitano broj zaraženih internodija, odnosno više od 75% zaraženih internodija 6 tjedana iza infekcije. Na drugom redu ocijenjeno je vanjsko obojenje stabljike po skali (1-9).

Napad prirodne truleži i antraknozno vanjsko obojenje stabljike ocijenjeni su u tri navrata, prema dozrijevanju linija, kako dužina vegetacije ne bi utjecala na ocjenu stupnja otpornosti.

Kod statističke obrade podataka za pojedine indekse otpornosti linija prema truleži stabljike analizirana je varijanca, F i t test i izračunata je granična diferencija (LSD). Na temelju granične diferencije i srednje vrijednosti prema Krüger-u i Weiler-u (1975.) svrstali smo linije po otpornosti u 5 razreda kako je prikazano u tablici 1.

Tablica 1. Podjela srednjih vrijednosti u razrede prema Krüger-u i Weiler-u.

--	Vrlo osjetljiva		+
-	osjetljiva	1 LSD	
0	srednje osjetljiva	$\frac{1}{2}$ LSD $\frac{1}{2}$ LSD	\bar{x}
+	srednje otporna	1 LSD	
++	otporna		-

Kod usporedbe različitih pokazatelja otpornosti primjenjeni su linearni koeficijenti korelacije (r).

2. Otpornost 18 testkrižanaca prema fuzarijskoj i antraknoznoj truleži stabljike ispitana je u dva odvojena pokusa u uvjetima umjetne zaraze. Testkrižanci su dobiveni križanjem devet roditeljskih genotipova s dva testera različite otpornosti prema truleži stabljike (Bc 14 osjetljiv i Bc 31002 otporan tester).

Pokusi su posijani po split-plot rasporedu u četiri ponavljanja. Prvi čimbenik je roditeljski genotip, a drugi tester.

L₁ = OH 51-23

L₂ = Bc 405

L₃ = Bc 3901

L₄ = Bc 405406

L₅ = Bc 01-80343

L₆ = Bc 406

L₇ = Bc 406-406

L₈ = Bc 406

L₉ = Bc 313-01

Umjetna infekcija izvršena je kao i u prvom pokusu. Očitavanje je obavljeno 6 tjedana nakon infekcije po skali (1-5) s *F. graminearum* i na temelju broja internodija zaraženih s *C. graminicola*.

3. Ispitana je reakcija 7 hibrida kukuruza na izazvani stres defolijacijom ili umjetnom zarazom stabljike smjesom izolata više uzročnika truleži stabljike (*Fusarium graminearum*, *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* i *Colletotrichum graminicola*).

Pokus je posijan po split-plot rasporedu u tri ponavljanja. Prvi čimbenik je hibrid, a drugi tretman.

H₁ - Bc 388

H₂ - Podravec 36

H₃ - Bc 3786

H₄ - Medimurec 38

H₅ - Bc 488

H₆ - Bc 492

H₇ - BcEH 49-82

T₁ - kontrola

T₂ - infekcija smjesom izolata *F. graminearum*, *F. moniliforme* var. *subglutinans* i *C. graminicola*

T₃ - defolijacija ispod klipa 21 dan iza svilanja

T₄ - defolijacija i infekcija

Svaki hibrid sijan je po 4 reda, od kojih je prvi red služio za infekciju (I), drugi za kontrolu, treći za defolijaciju (D), a četvrti za infekciju i defolijaciju (ID).

Napad truleži stabljike ocijenjen je pritiskivanjem prvog produženog internodija između palca i kažiprsta neposredno prije berbe. Također je zabilježen broj prisilno uvelih biljaka i postotak polomljenih biljaka ispod klipa, a mjereno je i prinos zrna.

Napad antraknoze stabljike ocijenjen je na temelju vanjskog obojenja stabljike (1-9).

REZULTATI I DISKUSIJA

1. Rezultati ispitivanja otpornosti samo najznačajnijih ranih, srednje kasnih i kasnih linija koje učestvuju u kreiranju komercijalnih i eksperimentalnih hibrida prikazani su na tablici 2. Na tablici 3 iznad dijagonale prikazani su koeficijenti korelacije između stupnja otpornosti svih 78 linija prema *Fusarium graminearum* i *Colletotrichum graminicola* kod raznih načina očitavanja, a ispod dijagonale za 49 srednje kasnih linija.

Za razliku od pojedinih autora nije ustanovljena korelacijska veza između stupnja otpornosti linija u uvjetima umjetne zaraze s *F. graminearum* i prirodnog napada uzročnika truleži stabljike ($r=0.01-0.02$) što se može objasniti različitim ispitivanim linijama i klimatskim uvjetima. Dobiveni su visoki i opravdani koeficijenti korelacije između dva načina očitavanja antraknoze stabljike tj. broja zaraženih internodija i broja internodija više od 75% zaraženih ($r=0.86^{**} - 0.88^{**}$).

Tablica 2 Rezultati ispitivanja otpornosti samooplodnih linija kukuruza u uvjetima umjetne zaraze stabljike s *Colletotrichum graminicola* (C. g.) i *Fusarium graminearum* (F. g.) Rugvica 1991. godina
 Table 2 Results of testing maize inbreds for resistance to artificial stalk infection with *C. graminicola* and *F. graminearum* in Rugvica in 1991

RANE LINIJE
 EARLY LINES

Linija - Line	C. g. br. zaraženih internodija C. g. number of infected internodes	C. g. vanjsko obojenje (1-9) C. g. outer discoloration	F. g. (1-5)	Prirodna trulež (1-9) Natural rot
Bc 190	2.2 +	5.2	2.8	7.5--
Bc 308	2.7+	4.1+	2.0+	6.1-
Bc 402	4.6--	4.1+	3.9--	3.4+
Bc 20011	2.5+	7.5--	1.8++	4.7
F2	2.8+	5.5	3.0	4.5+
LSD p=0.05	0.9	1.4	0.7	1.4

SREDNJE KASNE
 MID-LATE

Linija - Line	C. g. br. zaraženih internodija C. g. number of infected internodes	C. g. vanjsko obojenje (1-9) C. g. outer discoloration	F. g. (1-5)	Prirodna trulež (1-9) Natural rot
A632 HtHt	2.6+	2.2+	1.5++	2.3+
A634Ht	3.5	6.3--	1.9+	5.6--
Bc405-5	3.3	5.5--	3.9--	3.5
Bc406-88	3.0	4.3-	1.8++	4.7-
Bc701-6	2.5+	5.1-	3.8--	6.3--
Bc706-9	3.5	5.4--	2.8	2.9
Bc741-16	2.4+	4.2-	2.5	3.2
Bc742	2.3+	4.1-	1.1++	4.0-
Bc747-8	3.0	5.6--	3.0-	4.1-
Bc14603	5.3--	2.2+	2.1+	2.3+
Bc15210	2.0++	1.5++	2.3+	1.6+
Bc16881	3.2	1.6++	2.3+	1.2+

Nastavak tablice na idućoj stranici

Linija - Line	C. g. br. zaraženih internodija C. g. number of infected internodes	C. g. vanjsko obojenje (1-9) C. g. outer discoloration	F. g. (1-5)	Prirodna trulež (1-9) Natural rot
Bc17624	3.3	3.2	2.6	1.4+
Bc18310	3.6-	3.3	3.5--	1.2+
Bc19402	3.0	1.3++	2.1+	2.1+
Bc20287	3.9-	3.5	1.4++	3.1
Bc20340	2.9	1.5++	2.5	2.2+
Bc20416	3.1	1.7++	3.4--	1.4+
Bc20539	2.1++	2.8+	2.5	2.0+
Bc31001	1.1++	2.1+	1.2++	3.5
Bc31002	1.1++	1.1++	1.3++	2.0+
Bc70151	3.6+	1.1++	1.3++	1.4+
Bc70152	4.5--	1.4++	1.5++	1.1+
Bc70153	5.5--	1.0++	2.6	1.1+
Bc73153	3.6-	7.5--	4.2--	3.0
Ki01	3.6-	2.6+	3.5--	2.2+
MK01	4.1-	3.0	3.7--	2.6
LSD p=0.05	0.8	1.2	0.6	1.6

KASNE LINIJE
LATE LINES

Linija - Line	C. g. br. zaraženih internodija C. g. number of infected internodes	C. g. vanjsko obojenje (1-9) C. g. outer discoloration	F. g. (1-5)	Prirodna trulež (1-9) Natural rot
B73HtHt	5.0--	1.9+	2.8-	1.4
B84	3.2	3.7-	3.1-	2.0
Bc225Rfc	1.4++	1.8+	1.1++	3.4
Bc7373	3.2	4.0-	3.3-	2.9
Mo17	1.9+	2.0+	1.1++	3.9
LSD p=0.05	0.9	1.6	0.8	-

Tablica 3

Koeficijenti korelacije između različitih načina ocjenjivanja otpornosti linija kukuruza prema truleži stabljike u uvjetima umjetne zaraze s *C. graminicola* i *F. graminearum* i prirodne truleži biljke - Rugvica 1991.

Iznad dijagonale su koeficijenti za svih 78 linija, a ispod za 49 srednje kasnih

Table 3

Correlation coefficients of different ways of evaluating resistance of maize inbreds to artificial stalk rot infection with *C. graminicola* and *F. graminearum* and natural stalk rot - Rugvica 1991

Above the diagonale are the coefficients for all the 78 lines, below are for the 49 mid-late ones

	1.	2.	3.	4.	5.
1. <i>Colletotrichum graminicola</i> (broj zaraženih internodija) 1. <i>C. g.</i> (number of infected internodes)		0.88**	0.10	0.34**	-0.15
2. <i>Colletotrichum graminicola</i> (više od 75% zaraženih internodija). 2. <i>C. g.</i> (internodes infected more than 75%)	0.86**		0.18	0.51**	-0.11
3. <i>Colletotrichum graminicola</i> (vanjsko obojenje /1-9/) 3. <i>C. g.</i> (outer discoloration /1-9/)	0.05	0.04		0.17	0.60**
4. <i>Fusarium graminearum</i> (1-5)	0.20	0.42**	0.13		-0.02
5. Prirodna trulež stabljike (1-9) 5. Natural stalk rot (1-9)	-0.12	-0.21	0.64**	0.01	

Treći način očitavanja antraknoze na temelju vanjskog obojenja stabljike (1-9) nije u korelaciji s prva dva načina očitavanja.

Ustanovljena je slaba korelacijska povezanost između otpornosti linija kukuruza u uvjetima umjetne zaraze s *F. graminearum* i broja internodija zaraženih s *C. graminicola* ($r=0.20$ i 0.34).

Ovi koeficijenti su niži nego u dosadašnjim istraživanjima (Palaveršić B. i suradnici 1990.)

Zaraženost broja internodija više od 75% s *C. graminicola* bolje se podudara sa stupnjem zaraze stabljike s *F. graminearum* (1-5) ($r=0.51$ ** i 0.42 **). Antraknozno vanjsko obojenje stabljike je kriterij u oplemenjivanju kukuruza koji se najviše slaže s prirodnim napadom fuzarijske truleži stabljike ($r=0.60$ ** i 0.64 **). Ova očitavanja vrše se kod berbe, a prema dosadašnjim istraživanjima u visokoj su korelaciji s postotkom prisilno uvelih i trulih biljaka (Palaveršić B. 1983., Brekalo 1991.) što smo

i najviše primjenjivali u oplemenjivačkom radu.

Na osnovi ova dva kriterija najotpornije su slijedeće linije: Bc 70153, Bc 70152, Bc 70151, Bc 16881, Bc 15210, Bc 20416, Bc 31002 i Bc 19402, a najosjetljivije su: Bc 701-6, Bc 747-8, Bc 405-5 i Bc 406-88.

Linije Bc 31002, Bc 31001, Bc 16881, Bc 742 i Bc 14603 nastale su kao rezultat poboljšanja otpornosti linije Bc 14 (tablica 4). Poboljšana je otpornost prema antraknozi stabljike s izuzetkom Bc 14603.

Tablica 4 Rezultati poboljšanja otpornosti linija Bc 14 prema truleži stabljike, Rugvica (1985. -1991.)

Table 4 Results of improving resistance of Bc 14 to stalk rot, Rugvica (1985-1991)

Linija Line	Porijeklo Pedigree	F. graminearum (1-5)	C. graminicola (broj zaraženih internodija) C. g. (number of infected internodes)	Godina ispitivanja Year of testing
Bc 14	Beljski žuti zuban/ Belje Yellow Dent	3.8	3.5	5
Bc 742	(Mo 17xBc14) FR20	1.1	2.3	1
Bc 14478	(Bc14xA632Ht)Bc14	3.2	3.5	3
Bc14603	(Bc14xBc10)Bc14	2.6	3.0	2
Bc16881	Bc14xA632HtHt	2.3	3.2	1
Bc31001	Bc14xA632HtHt	2.2	1.4	1
Bc31002	Bc14xA632HtHt	1.5	1.4	3

2. U uvjetima umjetne zaraze s *Fusarium graminearum* i *Colletotrichum graminicola* ispitana je otpornost 9 roditeljskih genotipova kukuruza u hibridnim kombinacijama s dva testera različite otpornosti prema truleži stabljike (tab. 5 i 6.) Njihovim križanjem s osjetljivim testerom Bc 14 dobiven je veći raspon i varijanca što upućuje na dominaciju otporne reakcije.

Otporan tester Bc 31002 prikrio je razlike između testiranih linija, a naročito kod antraknoze gdje je interakcija L x T opravdana, a opravdane razlike su dobivene samo između testkrižanaca s osjetljivim testerom.

U oplemenjivanju na otpornost prema truleži stabljike idealan je osjetljiv tester, što je primijenjen u dosadašnjem radu (Palaveršić D. i suradnici 1975., Rojc i suradnici 1986.). Linija Bc 31002 je najbolji primjer poboljšanja otpornosti linije Bc 14 prema truleži stabljike.

Tablica 5 Testiranje linija kukuruza s dva tipa testera na otpornost prema *Fusarium graminearum* u uvjetima umjetne zaraze stabljike, Rugvica 1991.
Table 5 Testing maize inbreds with two tester types for resistance to *F. graminearum* under artificial stalk infection, Rugvica 1991

Linija Line	Trulež stabljike (1-5)/ Stalk rot (1-5)		
	T ₁ -Bc 31002*	T ₂ - Bc 14**	\bar{x} (linija/lines)
L ₁ - OH 51-23	1.7	2.9	2.3 a
L ₆ - Bc 406	1.7	3.6	2.6 a b
L ₄ - Bc 405406	1.5	3.9	2.7 a b
L ₂ - Bc 405	1.5	3.9	2.7 a b
L ₈ - Bc 406	1.6	4.2	2.9 b
L ₇ - Bc 406-406	1.8	4.1	3.0 b c
L ₉ - Bc 313-01	2.2	4.7	3.5 c
L ₃ - Bc 3901	2.4	4.6	3.5 c
L ₅ - Bc 01-80343 ;	2.5	4.6	3.5 c
\bar{x} (testera/testers)	1.9 a	4.1 b	
raspon/range	1.0	1.8	
s ²	0.15	0.33	

* Bc 31002 - otporan tester/resistant tester

** Bc 14 - osjetljiv tester/susceptible tester

Tablica 6 Testiranje linija kukuruza s dva tipa testera na otpornost prema antraknozi stabljike, Rugvica 1991.
Table 6 Testing maize inbreds with two tester types for resistance to stalk anthracnose, Rugvica 1991

Linija Line	Broj zaraženih internodija - Number of infected internodes -		
	T ₁ - Bc 31002*	T ₂ - Bc 14**	\bar{x} (linija/lines)
L ₁ - OH 51-23	1.9 a	3.7a	2.8 a
L ₂ - Bc 405	2.1 a	4.4 a	3.2 a b
L ₃ - Bc 3901	2.4 a	5.4 b	3.9 b c
L ₄ - Bc 405406	2.3 a	5.7 b	4.0 c
L ₅ -Bc 01-80343	2.3 a	5.8 b	4.0 c
L ₆ - Bc 406	2.6 a	6.3 b c	4.5 c d
L ₇ - Bc 406-406	2.2 a	6.9 c	4.6 c d
L ₈ - Bc 406	2.2 a	6.9 c	4.6 c d
L ₉ - Bc 313-01	2.7 a	6.9 c	4.8 d
\bar{x} (testera/testers)	2.3 a	5.8 b	
raspon/range	0.8	3.2	
s ²	0.06	1.30	

* Bc 31002 - otporan tester/resistant tester

** Bc14 - osjetljiv tester/susceptible tester

Tablica 7 Utjecaj infekcije stabljike i defolijacije na intenzitet napada truleži i loma stabljike 7 hibrida
 Table 7 Effect of stalk infection and defoliation on severity of stalk rot and breakage in 7 maize hybrids

REZULTATI PO ČIMBENICIMA ISPITIVANJA /RESULTS BY THE TESTED FACTORS						
A. HIBRIDJ/HYBRIDS						
	% prisilno uvelih % premature death	% trulih % rotted	antraknoza (1-9) anthracnose (1-9)	% loma stabljike % stalk breakage	Prinos zrna Grain yield	
Medimurec 38	13.9 a	37.9 a	2.2 a	4.9 a	101.5 a	
Bc 492	17.9 a b	31.7 a	2.0 a	3.9 a	111.2 a	
Bc 3786	15.7 a	40.1 a b	3.4 c d	14.7 b	106.4 a	
Podravec 36	21.8 a b	45.0 b	3.1 b c	10.6 a b	101.2 a	
Bc EH 49-82	37.4 c	63.8 c	3.5 d	6.3 a	101.5 a	
Bc 388	28.2 b c	71.1 c d	2.8 b	45.5 d	88.7 a	
Bc 488	37.5 c	72.4 d	* 4.0 e	26.5 c	100.6 a	
B. TRETIRANJA/TREATMENTS						
Kontrola/Check	1.5 a	21.3 a	1.2 a	17.9 a	110.9 a	
Infekcija/Infection	10.1 b	44.5 b	3.4 b	15.4 a	102.4 a b	
Defolijacija/Defoliation	29.4 c	53.5 b	1.4 a	14.2 a	99.1 b	
Infekcija i defolijacija /infect. and defoliation	57.5 d	81.8 c	5.9 c	16.7 a	93.9 b	

3. Rezultati trećeg pokusa prikazani su na tablicama 7 i 8. Umjetna infekcija stabljike smjesom izolata više uzročnika truleži stabljike (*F. graminearum*, *F. moniliforme* var. *subglutinans* i *C. graminicola*) kao i defolijacija signifikantno su povećali prosječan postotak prisilno uvelih i trulih biljaka u odnosu na kontrolu, međutim su utjecali na lom stabljike (tablica 7). Na umjetno zaraženim biljkama prevladavali su simptomi antraknoze što se tumači većom agresivnošću *C. graminicola*. Kod defoliranih biljaka i u kontroli uglavnom su ustanovljeni simptomi fuzarijske truleži stabljike.

Tablica 8
Table 8

Interakcija hibrid x tretiranje, Rugvica 1991
Hybrid x treatment interaction, Rugvica 1991

a) Postotak prisilno uvelih biljaka/Premature death, %				
Hibrid Hybrid	Kontrola Check	Infekcija Infection	Defolijacija Defoliation	Infekcija i defolijacija Infect. and defoliation
Medimurec 38	0	11	11+	34+
Bc 3786	0	8	7+	48+
Bc 492	2	0+	24	46+
Podravec 36	0	6	17+	64
Bc 388	4	10	33	66
Bc EH 49-82	0	13	67-	70-
Bc 488	4	24-	48-	75-
b) Postotak trulih biljaka/Rotted plants, %				
Medimurec 38	7+	26+	18+	60+
Bc 492	10	8+	47+	62+
Bc 3786	2+	44	28+	86-
Podravec 36	13	40	39+	88-
Bc EH 49-82	30	58-	81-	85-
Bc 388	52-	63-	79-	91-
Bc 488	35-	73-	82-	100-
c) Antraknoza stabljike (1-9)/ Stalk anthracnose (1-9)				
Bc 492	1.0	1.4+	1.1	4.5+
Medimurec 38	1.0	2.6+	1.0	4.2+
Bc 388	1.3	3.3	1.9	4.6+
Podravec 36	1.2	3.4	1.2	6.3-
Bc 3786	1.0	4.2-	1.3	6.9-
Bc EH 49-82	1.4	4.5-	1.4	6.5-
Bc 488	1.3	4.7-	2.1	8.0-

+ otporan / resistant
- osjetljiv / susceptible

Interakcija hibrid x tretiranje bila je opravdana za postotak prisilno uvelih i postotak trulih biljaka te za vanjsko obojenje stabljike (tablica 8). Povećanje napada truleži stabljike ovisilo je o stupnju osjetljivosti pojedinih hibrida prema fuzarijskoj, odnosno antraknoznoj truleži stabljike. Bc 388 je otporniji prema antraknoznoj, a Bc 3786 prema fuzarijskoj truleži stabljike. Kod osjetljivih hibrida defolijacija ili infekcija jače su povećale postotak prisilno uvelih i trulih biljaka. Bc 492 je najotporniji prema antraknoznoj, a Medimurec 38 prema fuzarijskoj truleži stabljike.

Kod kombinacije infekcije i defolijacije napad truleži je prejak, a razlike među hibridima su se smanjile.

Noviji hibridi Medimurec 38, Bc 492, Bc 3786 i Podravec 36 značajno su otporniji prema truleži i lomu stabljike u odnosu na starije hibride Bc 488 i Bc 388.

Oplemenjivanje na otpornost prema *Colletotrichum graminicola* zbog veće agresivnosti tog patogena bit će relativno jednostavno u odnosu na fuzarijsku trulež stabljike koja će zbog široke zastupljenosti ostati glavni problem.

Na temelju svih ovih rezultata izgleda da će primjena umjetne zaraze stabljike s *C. graminicola* povećati i učinkovitost oplemenjivanja na otpornost i prema fuzarijskoj truleži stabljike.

ZAKLJUČAK

- U istraživanjima nije utvrđena korelacijska povezanost između stupnja otpornosti samooplodnih linija u uvjetima umjetne zaraze s *Fusarium graminearum* i prirodnog napada truleži stabljike ($r=0.01-0.02$).

- Ustanovljena je pozitivna korelacijska povezanost između otpornosti linija kukuruza prema antraknoznom vanjskom obojenju stabljike i prirodnog napada fuzarijske truleži stabljike.

- Osjetljiv tester bolje je razlikovao otporne od osjetljivih linija prema truleži stabljike u uvjetima umjetne zaraze, naročito s *Colletotrichum graminicola*.

- Umjetna infekcija stabljike smjesom izolata više uzročnika truleži stabljike uspješno je povećala napad truleži stabljike uz prevladavanje simptoma antraknoze.

- Defolijacija ispod klipa 21 dan iza svilanja povećala je napad fuzarijske truleži stabljike te su se lakše mogli razlikovati otporni i osjetljivi hibridi.

- Na temelju kriterija antraknozno obojenja stabljike i prirodne truleži stabljike u vrijeme berbe najotpornije od ispitivanih linija su: Bc 70153, Bc 70152, Bc 70151, Bc 16881, Bc 15210, Bc 20416, Bc 31002 i Bc 19402.

- Linija Bc 31002 je najbolji primjer poboljšanja otpornosti prema truleži stabljike u odnosu na Bc 14.

- Noviji hibridi kukuruza Medimurec 38, Bc 492, Bc 3786 i Podravec 36 značajno su otporniji prema truleži i lomu stabljike u odnosu na standardne hibride Bc 488 i Bc 388.

SUMMARY

Results of a study of methods of artificial stalk infection with two pathogens are given and different ways of evaluating stalk rot as a criterion in breeding maize for resistant to stalk rot.

Analysis is made of our work of many years on improving maize resistance to stalk rot. The results are given of 37 most important inbreds out of a total of 78 tested in condition of artificial stalk infection with *Colletotrichum graminicola* (Cg) and *Fusarium graminearum* (Fg), grouped into three groups based on maturity. No correlative association was found between the degree of inbreds' resistance to artificial infection with *Fusarium graminearum* and natural stalk rot ($r=0.01-0.02$). However, high and significant correlation coefficients between the two rating methods of stalk anthracnose were found, i. e. between the number of internodes infected and the number over 75% of internodes infected ($r=0.86^{**}$ and 0.88^{**}).

Considerably lower correlation coefficients ($r=0.20$ and $r = 0.34$) were found between line resistance to artificial infection with *Fusarium graminearum* and the number of internodes infected with *Colletotrichum graminicola*, than in earlier studies.

Evaluation of stalk anthracnose on the basis of outer stalk discoloration did not correlate with the two former rating methods, but it mostly agreed with natural *Fusarium* stalk rot ($r=0.60^{**}$ and $r=0.64^{**}$).

On the basis of those two criteria, the highest resistance to stalk rot was exhibited by inbreds: Bc 70153, Bc 70152, Bc 70151, Bc 16881, Bc 15210, Bc 20416, Bc 31002, and Bc 19402, whereas the most susceptible inbreds were Bc 701-6, Bc 747-8, Bc 405-5, and Bc 406-88. The susceptible tester better differentiated resistant from susceptible parental genotypes to stalk rot here tested. Artificial stalk infection with a mixture of isolates of several stalk rot pathogens increased rot, the symptoms of anthracnose prevailing, while defoliation enhanced more severe attack of *Fusarium* stalk rot.

Increase of stalk rot attack depended on the degree of resistance of individual maize genotypes to *Fusarium* or anthracnose stalk rot. Hybrid Bc 388 was more resistant to anthracnose, whereas Bc 3786 to *Fusarium* stalk rot. Bc 492 was most resistant to anthracnose and Medimurec 38 to *Fusarium* stalk rot. New selections Medimurec 38, Bc 492, Bc 3786, and Podravec 36 were significantly more resistant to stalk rot and breakage as related to earlier selections Bc 488 and Bc 388.

LITERATURA

1. Badu-Apraku, B., 1986.: The inheritance and nature of resistance to anthracnose leaf blight and stalk rot of corn. Ph. D. Thesis - Cornell University.
2. Bauman, L. F., 1977.: Improvement of established maize inbreds. *Maydica* XXII: 213-222.
3. Bauman, L. F., 1982.: Review of methods used by breeders to develop superior

corn inbreds. Proc. of 36th annual Corn and Sorghum Research Conference.

4. Brekalo, J., 1991.: *Colletotrichum graminicola* (Ces) G. W. Wils. kao uzročnik truleži stabljike kukuruza (*Zea mays* L.). Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Magistarski rad 82 strane.

5. Carsan, M. L., 1981.: Sources and inheritance of resistance to anthracnose stalk rot of corn. Ph. D. Thesis, University of Illinois, Urbana - Champaign, 62 p.

6. Christensen, J. J., Wilcoxon, R. D., 1966: Stalk rot of corn. Monograph No. 3. Am. Phytopathological Soc. St. Paul Minn.

7. Dodd, J. L., 1980 a.: Grain sink size and predisposition of *Zea mays* to stalk rot. *Phytopathology* 70: 534-535.

8. Dodd, J. L., 1980 b.: The role of plant stresses in development of corn stalk rots. *Plant Disease* 64: 533-537.

9. Green, J. M., 1948.: Relative value of two testers for estimating top cross performance in segregation maize populations. *J. Am. Soc. Agron.* 40: 45-57.

10. Hooker, A. L., 1956.: Association of resistance to several seedling, root, stalk and ear diseases in corn. *Phytopathology* 64: 379-384.

11. Hooker, A. L., 1973.: New developments in the corn leaf and stalk tissue picture. Proceedings of the 28th Annual Corn and Sorghum Conference, ASTA: 62-71.

12. Hooker, A. L., Smiljković, H., 1979.: Maize breeding for disease resistance. EUCARPIA - Varna 1979.

13. Jinahyon, S. and Russell, W. A., 1969.: Evaluations of recurrent selection for stalk-rot resistance in an open-pollinated variety of maize. *Iowa J. Sci.* 43: 229-237.

14. Jinahyon, S. and Russell, W. A., 1969.: Effects of recurrent selection for stalk-rot resistance on other agronomic characters in an open-pollinated variety of maize¹. *Iowa state journal of science*. Vol. 43, No. 3, pp. 239-251.

15. Kappelman, A. J., Thompson, D. L., 1966.: Inheritance of resistance to *Diplodia* stalk-rot in corn. *Crop Science* 6: 288-290.

16. Koehler, B., 1960.: Corn stalks rots in Illinois. University of Illinois, Bulletin 658.

17. Krüger, W., Weiler, N., 1975.: Über die anfälligkeit der maishybriden gegen wurzelfäuler. *Z. Acher- und Pflanzenbau*, 141: 205-210.

18. Lim, S. M., White, D. G. 1978.: Estimates of heterosis and combining ability for resistance of maize to *Colletotrichum graminicola*. *Phytopathology* 68: 1366-1372.

19. Milatović, I., 1969.: Bolesti korijena i prizemnog dijela stabljike kukuruza na području Hrvatske. Zbornik radova Savjetovanja o novijim dostignućima u zaštiti bilja. Zagreb 13-14 II.

20. Milatović, I., 1976.: Neke manje poznate bolesti kukuruza. *Biljna zaštita* br. 1, 50-53.

21. Milatović, I., Palaveršić, B., 1979.: Ispitivanje otpornosti linija kukuruza prema *Colletotrichum graminicola* (Ces.) G. W. Wils. u uslovima umjetne infekcije. *Zaštita bilja* Vol. 30, br. 149: 255- 258.

22. Milatović, I., Palaveršić, B., Vlahović, V., 1983.: Višegodišnja ispitivanja otpornosti kukuruza prema *Colletotrichum graminicolum* (Ces.) G. W. Wils. *Zaštita bilja* Vol. 34 (1), br. 163: 15-26.
23. Moll, R. H., A., Stuber, C. W., 1977.: Frequency distributions of maize yield before and after reciprocal recurrent selection. *Crop Sci.* 17: 749-796.
24. Palaveršić, B., 1983.: Ispitivanje otpornosti kukuruza na trulež stabljike u uslovima prirodne i umjetne infekcije s *Gibberella zeae* (Schw.) Petch. s posebnim osvrtom na lom stabljike. Magistarski rad.
25. Palaveršić, B., Parlov, D., Rojc, M., 1988.: Izučeniye gnjilih i lomkosti stablja kukuruzoy v uslovijah stressa vyzvannoga defolijacij. *Informacionnyj bjulleten po kukuruze* No. 7, KOC-2, Martonvašar.
26. Palaveršić, B., 1989.: Proučavanje otpornosti samooplodnih linija i hibrida kukuruza prema truleži i lomu stabljike u uvjetima prirodnog i izazvanog stresa. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Disertacija 131 strana.
27. Palaveršić, B., Brekalo, J., Crvelin Judita, 1989.: Rezultati ispitivanja Bc hibrida kukuruza na otpornost prema bolestima i lomu stabljike u 1988. godini. *Poljoprivredne aktualnosti 3-4/89.*, str. 463-486.
28. Palaveršić, B., Rojc, M., Parlov, D., Pejnović, M., 1990.: Possibilities for using induced stress in maize breeding. KOC-2, Vraca - Bugarska 1990.
29. Palaveršić, B., Brekalo, J., Rojc, M., 1990.: Usporedba otpornosti kukuruza prema truleži stabljike u uvjetima umjetne infekcije s *Colletotrichum graminicola* (Ces.) G. W. Wils. i *Fusarium graminearum* Schwabe. VII Jugoslavenski simpozij o zaštiti bilja za više hrane i bolju životnu sredinu. Opatija 3-6. XII 1990. *Glasnik zaštite bilja* 9-10 (1990) abstract str. 323.
30. Palaveršić, D., Rojc, M., Parlov, D., Nemeth, J., 1975.: Importance of stalk lodging in maize breeding. *Eucarpia*, Paris-Versailles 1975.
31. Rojc, M. i suradnici, 1990.: Oplemenjivanje kukuruza na otpornost prema bolestima lista, stabljike i klipa. Projekt JFP 651- Završni izvještaj 1985-1990.
32. Rojc, M., Palaveršić, B., Parlov, D., Tomičić, B., Gabrić, I., Crnobrnja Leonela, 1986.: Ispitivanje gospodarskih svojstava Bc linija i hibrida. Ciljevi programa oplemenjivanja kukuruza u Zavodu za kukuruz - Instituta za oplemenjivanje i proizvodnju bilja u Zagrebu. *Agronomski glasnik* br. 1-2, str. 41-52.
33. Rojc, M., Palaveršić, B., Vragolović, A., 1989.: Selekcija kukuruza na otpornost prema najznačajnijim bolestima lista i stabljike u suvremenim oplemenjivačkim programima. 23. Seminar agronoma. Zbornik referata - Kupari 10-18. II.
34. Russell, W. A., 1961.: A comparison of five types of testers in evaluating the relationship of stalk rot resistance in corn inbred lines and stalk strenght of the lines in hybrid combinations. *Crop Sci.* 1 : 393-397.
35. Troyer, A. F., 1990.: A Retrospective View of Corn Genetic Resources. *Journal of Heredity* 81: 17-24.
36. Tuite, J., 1969.: *Plant Pathological Methods. Fungi and Bacteria.* Burgess Publishing Co.

37. Smith, A. E., Hoppe, Holbert, J. R., 1938.: Development of a differential inoculation technique for Diplodia stalk rot of corn. *Phytopathology* 28: 497-504.

38. Sprague, G. F., 1954.: Breeding for resistance to stalk rot. Proc. of 9th Corn and Sorghum Research Conference.

39. Sultan, M., 1985.: Selekcija samooplodnih linija kukuruza na genetsku otpornost prema prouzročivaču truleži stabljike *Gibberella zeae* (Schw.) Petch. u ranim generacijama samooplodnje. Doktorska disertacija - Univerzitet u Novom Sadu. Poljoprivredni fakultet.

40. Zuber, M. S., Grogan, C. O., Michaelson, M. E., Gherke, C. W., Mange, J. F., 1957.: Studies of the interrelation of field stalk rotting fungi, and chemical composition of corn. *Agron. J.* 49: 328-331.

Adresa autora - Author's address:

Primljeno: 11.09.1992.

Dr. Branko Palaveršić

Mr. Josip Brekalo

Dipl. ing. Ivica Buhiniček

Dr. Marijan Rojc

Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja

41 000 Zagreb, Marulićev trg 5