

## EFIKASNOST VIZUALNE SELEKCIJE KUKURUZA U UVJETIMA UMJETNE INFEKCIJE STABLJIKE

A. Vragolović, D. Parlov i B. Palaveršić

BC Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja d.d.  
BC Institut for Breeding and Productin of Field Crops, Zagreb

### SAŽETAK

U uvjetima umjetne infekcije stabljike smjesom izolata više uzročnika truleži od ukupno 85 linija kukuruza porijeklom iz sorte Beljski zuban vizualno je izabrano 47. Izabrane su linije otpornije prema truleži i lomu stabljike, međutim to nije imalo većeg učinka na smanjenje loma i polijeganja kod izabranih testkrižanaca. Nije utvrđena korelacijska povezanost između otpornosti linija prema truleži odnosno lomu i polijeganju stabljike i otpornosti njihovih testkrižanaca prema lomu i polijeganju stabljike. Vizualnim izborom povećan je relativni prosječni prinos u odnosu na standard s 96,3 na 101,3%.

Svih pet najrodnijih testkrižanaca je u skupini izabranih, ali nažalost s povećanim sadržajem vode u zrnu kod berbe.

Prinos testkrižanaca nije bio u korelaciji s otpornošću linija "per se" prema truleži, odnosno lomu i polijeganju stabljike.

### UVOD

Hibridni kukuruz (*Zea mays L.*) smatra se jednim od najvećim dostignuća u selekciji bilja u 20. st. Iako točno porijeklo nije utvrđeno, općenito se smatra da je promjena od divlje do današnje biljne vrste nastala prije 10.000 godina. Posebita američka civilizacija spoznala je potencijal te korovske vrste te postupno stvorila visokoproduktivnu vrstu *Zea mays*. Taj prelaz, čiji opstanak ovisi o ljudima odvijao se kroz stoljeća. Oko 140 stvorenih rasa, velike adaptabilnosti i oplemenjivačkog umijeća i znanja osiguralo je kukuruzu mjesto među tri najvažnije žitne kulture. S godišnjim poboljšanjem 3,1% i širenjem površina 1% kroz period 1975-85. (Hallauer, 1987) i četiri glavne uporabne vrijednosti, ishrana stoke, industrijska namjena, ljudska konzumacija i napretka. Ova činjenica zasluga je svih koji su svojim okom i umom korak po korak kukuruz doveli do današnjih dana. Izbor oplemenjivačkih i selekcijskih metoda je ograničen, samo fantazijom oplemenjivača.

Prva zapisana istraživanja (Beal, 1877) o proizvedenim i testiranim križancima kultivara u Michiganu, pa preko razvoja modernog koncepta oplemenjivanja linijskih hibrida (Shull, 1909) pa do definiranja OKS i SKS

(Sprague i Tatum, 1942) egzistiraju dva glavna sistema razvoja i procjene linija. Jedan se oslanja na vizualnu selekciju između i unutar potomstva kroz nekoliko generacija samooplodnje, dok je drugi sistem zasnovan na procjeni kombinacijske sposobnosti u ranim generacijama. Vizualni izbor je umjetnost, osobne sklonost na osnovama znanja, te iziskuje znanje i iskustvo.

U svim izvještaju (Bauman, 1981) izvještava da 60% oplemenjivača daje prednost kompromisu između ranog i kasnog testiranja, dok se 13% izjasnilo za testiranje iznad  $S_5$  generacije. Oni koji prednost daju kasnijem testiranju osjećaju da mogu vizualno odbaciti potomstva kroz selekciju, a testirati samo one linije koje su prihvatljive za praktičnu upotrebu u komercijalnoj proizvodnji hibrida.

Jenkins (1935) u većini ispitivanja kao i Spargue i Miller (1952) nisu ustanovili utjecaj vizualne selekcije na kombinacijsku sposobnost. Brown (1967) usporedivši prinos topkrižanaca 20 vizualno izabраниh linija i 20 po fenotipu najboljih linija dobio je identične prinose ovih dviju grupa testkrižanaca. Prema tome vizualan izbor po fenotipu nema povoljan niti nepovoljan utjecaj na prinos.

Međutim, Wellkausen i Wartman (1954) i OIser i sur. (1958) navode da je vizualna selekcija ipak malo poboljšala kombinacijsku sposobnost. Spomenuta ispitivanja vršena su s linijama koje su već dobivene vizualnom selekcijom.

Russell i Teich (1967) na temelju pokusa s neselekcioiranim linijama zaključili su da je vizualna selekcija u visokoj gustoći sklopa isto tako efikasna kao i selekcija na osnovi testkrižanaca.

Prema Baumanu (1981) vizualna selekcija je relativno uspješna za duljinu vegetacije, boju biljke, visinu i visinu do klipa i opći izgled biljke, a nešto manje uspješna za otpornost protiv bolesti. Najmanja je uspješnost vizualne selekcije za prinos zrna što je nažalost i najvažnije svojstvo. Trulež stabljike koju uzrokuju gljive roda *Fusarium* i sporadično *Colletotrichum graminicola* je najznačajnija bolest kukuruza u Hrvatskoj. Kod oboljelih smanjen je prinos zbog prekida, nalijevanja zrna i indirektno zbog loma stabljike tj. gubitka prinosa kod mehanizirane berbe. Oplemenjivanje na otpornost je najefikasniji način borbe protiv obe bolesti. Umjetna infekcija stabljike smjesom izolata gljiva više uzročnika truleži (*Fusarium graminearum*, *F. moniliforme*, *F. subglutinans* i *Colletotrichum graminicola* može se uspješno povećati napad truleži stabljike što se i koristi u oplemanjivanju (Palaveršić i sur., 1992).

Cilj ovih istraživanja je ispitivanje efikasnosti vizualne selekcije u uvjetima umjetne infekcije linija s smjesom izolata više gljiva uzročnika truleži stabljike.

## MATERIJAL I METODA RADA

### 1. Pokusi s linijama

Serijski 6 poljskih pokusa s linijama kukuruza posijana je po slučajnom blokom rasporedu u tri ponavljanja na istom polju u Rugvici 1993. godine.

Parcelica se sastojala od jednog reda, a gustoća sklopa je iznosila 71.400 biljaka/ha.

Ispitivane linije dobivene su pedegree selekcijom poboljšanjem linije Bc 14 koja je osjetljiva prema truleži stabljike i uključena je u svaki pokus kao standard.

Umjetna infekcija stabljike izvršena je 6 do 8 dana nakon 50% svilanja špicom u obliku pištolja sa smjesom izolata sljedećih uzročnika truleži stabljike, približne koncentracije spora:

<i>Fusarium graminearum</i>	5 x 10 <sup>4</sup> konidija/ml
<i>Fusarium subglutinans</i>	1 x 10 <sup>6</sup> konidija/ml
<i>Fusarium moniliforme</i>	1 x 10 <sup>6</sup> konidija/ml
<i>Colletotrichum graminicola</i>	1 x 10 <sup>6</sup> konidija/ml

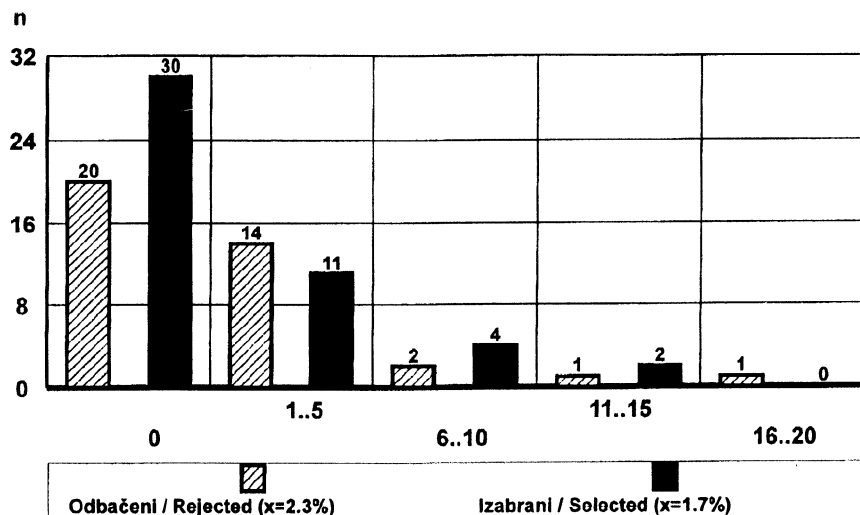
Vizualni izbor linija izvršen je na osnovi sve tri repeticije. Klipovi su okomušani te je izgled klipa kao i cijele biljke bi okriterij izbora.

## 2. Pokusi s testkrižancima

Serija 6 poljskih pokusa s testkrižancima testera Bc 18288 i linija koje smo ispitali per se 1993. godine posijano je po slučajnom bloknom rasporedu u tri ponavljanja u prirodnim uvjetima 1994. godine na istom polju u Rugvici. Pokusi od 1-5 su imali 25 članova, a šesti pokus 15. Parcelica se sastojala od dva reda, a gustoća sklopa je iznosila 71.400 biljaka/ha. Standard u svakom pokusu bio je komercijalni hibrid Bc 3786. Izračunati su i relativni prinosi ako je standard 100.

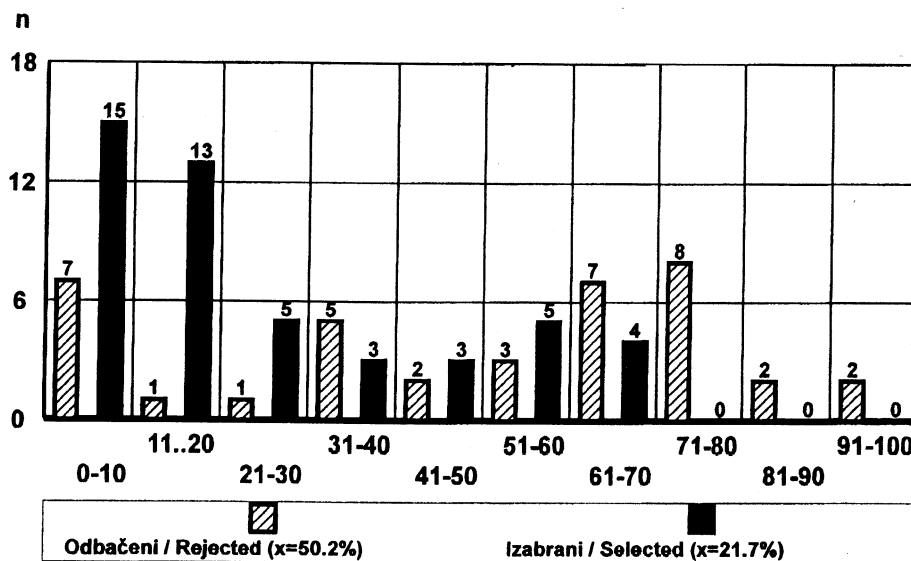
Graf 1. Utjecaj vizualnog izbora na otpornost linija kukuruza prema poljeganju i lomu stabljike (Bc14=1.9%), Rugvica 1994.

Fig. 1. Effect of visual selection on resistance to stalk lodging and breakage for maize lines (Bc14=1.9%), Rugvica 1994.



Graf 2. Utjecaj vizualanog izbora na otpornost linija kukuruza prema truleži stabljike (Bc14=79.6%), Rugvica 1994.

Fig. 2. Effect of visual selection on resistance to stalk rot for maize lines (Bc14=79.6%), Rugvica 1994.



Berba je izvršena kombajnom, a prije berbe je ustanovljen postotak pleglih i polomljenih biljaka. Izračunati su koeficijenti korelacije između relativnog priroda zrna i % pleglih i polomljeni stabljika kod testkrižanaca i % trulih, pleglih i polomljenih biljaka linija. Koeficijenti odnosno korelacije su izračunati samo za 85 od ukupno 134 linija (testkrižanaca) budući da su neke linije otpale zbog slabog sklopa odnosno nedostatka sjemena testkrižanaca te su u pokuse uključene rezervne kombinacije koje u radu ne navodimo.

Vizulano je izabrano 47 linija, odnosno 55%. Izračunata je srednja vrijednost i relativna frekvencija slijedećih svojstava: % trulih, % pleglih i polomljenih, % vode u zrnu kod berbe i relativni prirod zrna kod 47 izabranih i 38 i odbačenih linija testkrižanaca.

Izdvojili smo 18 linija koje su dale najrodnije testkrižance.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Na osnovi šest pokusa s gotovim linijama kukuruza u uvjetima umjetne infekcije stabljike, vizualno je izabrano 47 od ukupno 85 linija. Proučavane linije su dobivene pedegree selekcijom, poboljšanjem linije Bc 14 koja je osjetljiva prema truleži stabljike.

U Grafikonu 1. i 2. prikazana je relativna frekvencija za svojstvo postotka loma i polijeganja, te postotka trulih stabljike kod grupe odabranih i grupe odbačenih linija kukuruza.

U uvjetima umjetne infekcije stabljike smjesom izolata više gljiva uzročnika postignut je jak napad truleži stabljike, međutim postotak polomljenih i pleglih stabljika je bio nizak tj. prosječno 2,0%. Vidljivo je da su izabrane linije znatno otpornije prema truleži stabljike s prosječno 21,7% u odnosu na odbačene s 50,2% trulih biljaka (Grafikon 2). Ovaj izbor omogućila je umjetna zaraza stabljike s više uzročnika truleži tj. dodatak agresivnijeg patogena *Colletotrichum graminicola*.

Tablica 1. Otpornost linija kukuruza prema truleži stabljike u uvjetima umjetne infekcije, Rugvica 1993.

Table 1. Resistance of maize lines to stalk rot under conditions of artificial Infection, Rugvica 1993.

Pokus Trial	Linija Line	Porijeklo Pedigree	Poglele (%) Lodged (%)	Lom (%) Broken (%)	Trule (%) Rotted (%)
1.	Bc151083	Bc14xB14 pool	0	0	20.0
	Bc151078	Bc14xB14 pool	0	0	21.1
	Bc151791	Bc14xOh pool	0	0	21.7
	Bc14	Beljski zuban	0	0	84.6
2.	Bc151188	(Bc15xB14)B14 pool	0	2.6	21.9
	Bc151832	(Bc14xB14) B14 pool	0	0	4.2
	Bc14	Beljski zuban	0	0	72.2
3.	Bc151925	Bc14xB14 pool	0	4.7	73.8
	Bc151916	Bc14 x B14 pool	0	0	76.8
	Bc151881	(Bc14xB14) pool	3.3	0	19.4
	Bc151921	Bc14xB14 pool	0	4.4	75.4
	Bc14	Beljski zuban	0	0	98.3
4.	Bc153278	(Bc14xB14) B14 pool	0	0	15.1
	Bc153301	(Bc14xB14) B14 pool	0	0	1.8
	Bc153310	(Bc14xB14) B14 pool	0	0	21.1
	Bc14	Beljski zuban	0	4.2	83.3
5.	Bc150156	Bc14xB14 pool	0	0	13.2
	Bc150189	Bc14xB14 pool	0	0	8.5
	Bc150180	Bc14xB14 pool	0	0	6.1
	Bc154444	Bc14 x Oh pool	0	0	67.0
	Bc14	Beljski zuban	3.0	5.6	68.1
6.	Bc151846	Bc14xBSSS	0	0	16.5
	Bc151857	Bc14xBSSS	0	0	17.6
	Bc14	Beljski zuban	0	0	71.0

A. Vragolović i sur: Efikasnost vizualne selekcije kukuruza u uvjetima umjetne infekcije stabljike  
 Siemenarstvo 14(97)3-4, str. 163-172

Tablica 2. Gospodarska vrijednost testkrižanaca kukuruza, Rugvica 1994.  
 Table 2. Performance of maize testcrosses, Rugvica 1994.

Pokus Trial	Hibrid Hybrid	Pogle (% Lodged (%)	Lom (% Broken (%)	Voda u zrnju (%) Grain moisture (%)	Prinos zrna (dt/ha) Grain yield (dt/ha)	Prinos STD=100 Yield relative to standard
1.	Bc151083xBc18288	1.7	35.8	21.7	77.9	116.5
	Bc151078 xBc18288	0.8	45.0	22.6	73.2	109.6
	Bc151791 xBc18288	0.0	41.7	21.9	71.9	107.5
	Bc3786	2.5	18.3	21.1	66.8	100.0
2.	Bc151188 xBc18288	17.5	30.0	21.7	77.3	131.1
	Bc181821 xBc18288	0.0	41.7	20.9	64.8	110.0
	Bc3786	0.8	8.3	20.9	50.9	100.0
3.	Bc151925 xBc18288	0.0	40.0	21.0	79.5	131.4
	Bc151916 xBc18288	0.0	31.7	20.4	73.4	121.3
	Bc151881 xBc18288	0.0	26.7	20.5	73.0	120.5
	Bc151921 xBc18288	0.0	37.5	20.7	72.3	119.3
	Bc3786	2.5	20.0	20.6	60.6	100.0
4.	Bc153273 xBc18288	0.0	16.7	21.5	86.1	120.6
	Bc153301 xBc18288	1.7	18.3	21.7	84.0	117.7
	Bc153310 xBc18288	0.0	24.2	19.7	83.9	117.6
	Bc3786	3.3	34.2	20.7	71.4	100.0
5.	Bc150156 xBc18288	0.0	11.7	23.2	106.1	149.2
	Bc150189 xBc18288	0.8	21.7	22.8	90.9	123.6
	Bc154444 xBc18288	0.0	35.0	21.9	80.5	113.3
	Bc3786	1.7	23.3	20.2	71.1	100.0
6.	Be151846 xBc18288	0.0	32.5	22.0	73.5	121.3
	Bc151857 xBc18288	0.0	30.8	21.9	62.2	102.7
	Bc3786	0.8	12.5	21.6	60.6	100.0

Otpornost prema truleži stabljike je poboljšana kod većine linija u odnosu na standard Bc 14 s 79,6% trulih biljaka. Postotak pleglih i polomljenih stabljika je niži kod izabranih s 1,7% u odnosu na odbačene 2,3% (Grafikon 1).

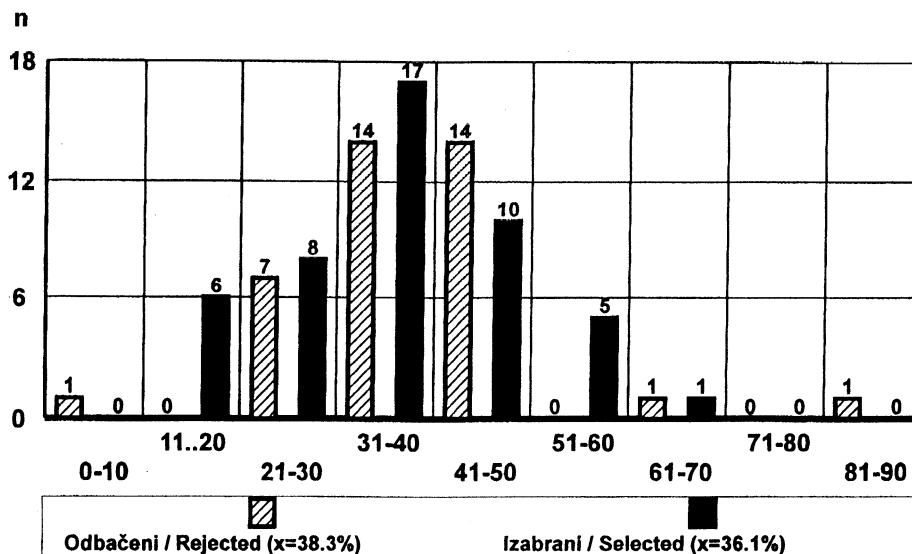
U Tablici 2. prikazani su rezultati ispitivanja kombinacijske sposobnosti test križanaca 1995. godine. Kod pojedinih linija znatno je poboljšana otpornost prema truleži stabljike per se u odnosu na standard Bc 14. Kao otporne ističu se linije Bc 153278, Bc 153301, Bc 150156, Bc 150189 i Bc 150180 (Tablica 1).

Tablica 3. Koeficijenti korelacije između nekoliko proučavanih svojstava linija i testkrižanaca kukuruza  
 Table 3. Correlation coefficients among several studied traits for maize lines and testcrosses

Svojstvo - Trai	1	2	3	4
1. % trulih stabljika linija % of stalk rotted lines		0.28	0.14	-0.00
2. % poleglih i loma linija % of stalk lodged and broken lines			0.18	-0.24
3. % poleglih i loma testkrižanaca % of stalk lodged and broken testcrosses				-0.44
4. relativan prinos zrna testkrižanaca relative grain yield of testcrosses				

Graf 3. Utjecaj vizualnog izbora na otpornost testkrižanaca kukuruza prema polijeganju i lomu stabljike (Bc3786=21.4%), Rugvica 1994.

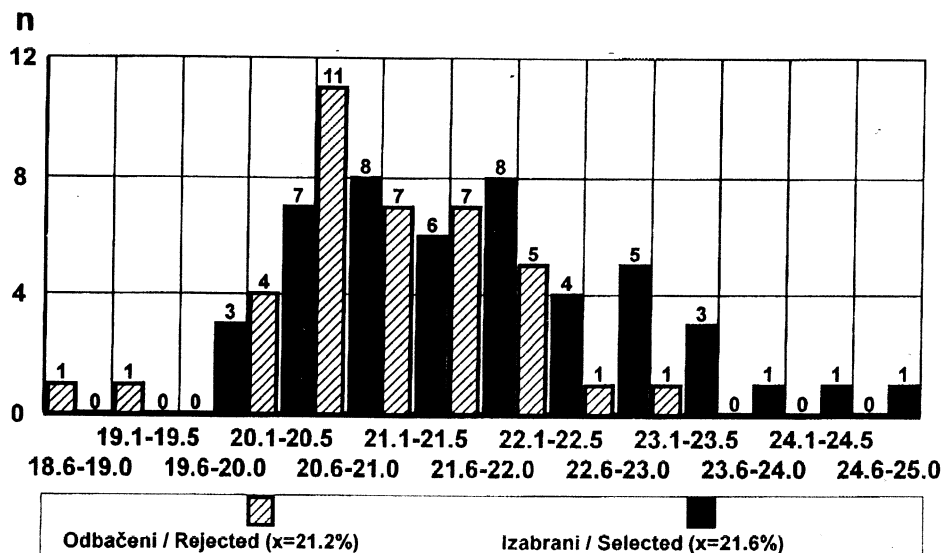
Fig. 3. Effect of visual selection on resistance to stalk lodging and breakage for maize testcrosses (Bc3786=21.4%), Rugvica 1994.



Iako su izabrane linije otpornije prema truleži i lomu stabljike to nije imalo većeg učinka na smanjenje loma i polijeganja testkrižanaca (36,1%) u odnosu na odbačene (38,5%) - Grafikon 3. Očekivano je veće poboljšanje budući da prema Brownu (1967) vizualno izabrane linije su superiornije u odnosu na otpornost prema lomu i polijeganju stabljike u odnosu na odbačene. Također nije utvrđena korelacijska očekivana povezanost između otpornosti linija i testkrižanaca prema lomu i polijeganju stabljike (Tablica 3).

Graf 4. Utjecaj vizualnog izbora na sadržaj vode u zrnu testkrižanaca kukuruza (Bc3786=20.8%), Rugvica 1994.

Fig. 4. Effect of visual selection on grain moisture for maize testcrosses (Bc3786=20.8%, Rugvica 1994.



Kod linija je prosječna postotak pleglih i polomljenih stabljika bio samo 2,0 %, a kod testkrižanaca čak 37,1%. Zbog malog postotka pleglih i polomljenih biljaka linije je teško bilo međusobno razlučiti.

Nije ustanovljena korelacijska povezanost između otpornosti prema truleži i lomu i polijeganju stabljike (Tablica 3). Na otpornost prema lomu i polijeganju stabljike, osim otpornosti prema truleži stabljike utječe i otpornost protiv kukuruznog moljca, kao i građa stabljike i korijena.

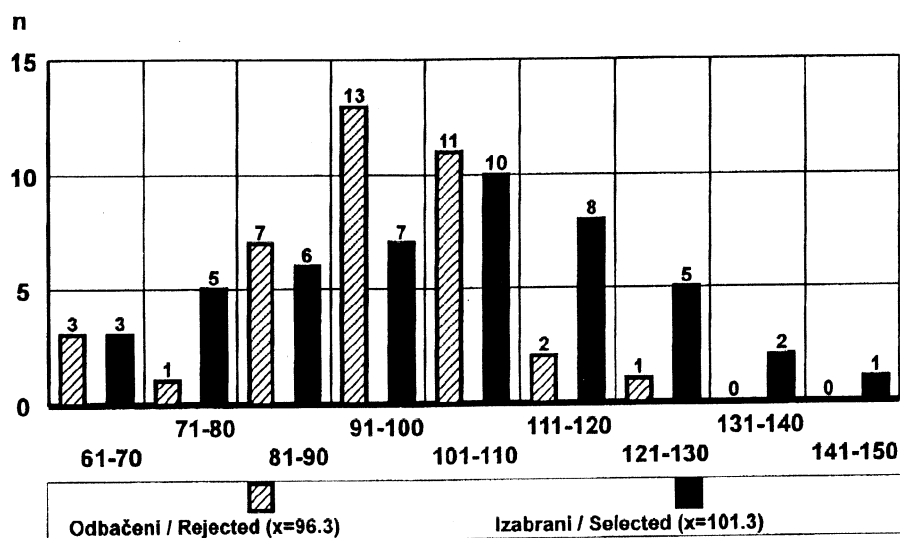
Prirodni napad truleži stabljike je uzrokovao jaki lom i polijeganje stabljike, te je većina testkrižanaca bila osjetljivija od otpornog standarda Bc 3786. Prinos zrna hibrida kukuruza je u očekivanoj negativnoj korelacijskoj povezanosti s postotom pleglih i polomljenih biljaka ( $r=0,44$ ) (Tablica 3).

Vizualnim izborom povećan je relativan prosječan prinos zrna s 96,3% na 101,3 % (Grafikon 5). Ovo povećanje prinosa slaže se s rezultatima Wellkausena i Wartmana (1954) i Oslera i sur. (1958).

Najviši prinos i značajno viši od standarda postigao je otporan hibrid prema lomu i polijeganju stabljike Bc 15156 x Bc 18288 (tablica 2). Testkrižanci Bc 15189 x Bc 18288 i Bc 150180 x Bc 18288 također su otporni i s višim prinosom od standarda. Više prinose od standarda su dali i hibridi Bc 151925 x Bc 18288 i Bc 151188 x Bc 18288 međutim osjetljiviji su prema lomu i polijeganju stabljike. Svih pet najrodnijih testkrižanaca je u grupi izabranih, ali nažalost s povećanim sadržajem vode u zrnu kod berbe (0,4 do 3%). Kod izabranih testkrižanac prosječan sadržaj vode u zrnu kod berbe je malo povećan (Tablica 2, Grafikon 4).



Graf 5. Utjecaj vizualnog izbora na prirod zrna testkrižanaca kukuruza (Bc3786=100), Rugvica 1994.  
Fig. 5. Effect of visual selection on grain yield for maize testcrosses (Bc3786=100), Rugvica 1994.



Primjena umjetne infekcije stabljike omogućila je daljni vizualni izbor kod već gotovih linija, što je rezultiralo i većim prinosom zrna. Umjetna infekcija stabljike sa smjesom izolata više uzročnika truleži preporuča se u procesu oplemenjivanja kukuruza.

### EFFECTIVENESS OF VISUAL SELECTION OF MAIZE UNDER CONDITIONS OF ARTIFICIAL STALK INFECTION

#### SUMMARY

Of the 85 maize inbred lines originating from the variety Beljski zuban, 47 were chosen by visual selection under conditions of artificial stalk infection with a mixture of several stalk rot pathogens. The selected lines were more resistant to stalk rot and breakage, however without any appreciable effect on reduced breakage and lodging in selected testcrosses. No correlation association was found between line resistance to stalk rot, stalk breakage and lodging and resistance of their testcrosses. By visual selection relative average yield was increased from 93.3 to 101.3% in comparison with the standard.

All five most yielding testcrosses are in the group of selected testcrosses, but unfortunately with increased grain moisture at harvest.

Yield of testcrosses was not in correlation with line resistance per se to stalk rot, stalk breakage and lodging.

LITERATURA - REFERENCES

1. Bauman, L.F. 1981. Review of methods used by breeders to develop superior corn hybrids. Proc. Corn Sorghum Ind. Res. Conf. 36:119-208.
2. Beal, W.J. 1988. Report of the Professor of Botany and Horticulture, Rep. Michigan Bd. Agric., pp. 41-59.
3. Brown, W.L. 1967. Results of non-selective inbreeding in maize. Zchter 37:155-59.
4. Hallauer, A.R. 1987. Maize p.p. 249-294. In Walter R. Fehr (ed) Principles of cultivar development. Macmillan Publishing Company Inc New York.
5. Jenkins, M.T. 1935. The effect of inbreeding and of selection within inbred lines of maize upon the hybrids made after successive generations of selfing. Iowa State J. Sci. 3:429-50.
6. Osler, R.D., E.J. Wellhausen, G. Palacios. 1958. Effect of visual selection during inbreeding upon combining ability in corn. Agron. J. 50: 45-48.
7. Palaveršić, B., J. Brekalo, I. Buhiniček, M. Rojc 1892. Suzbijanje truleži stabljike kukuruza putem oplemenjivanja. Agronomski glasnik 6/1992.
8. Russell, W.A., A.H. Teich. 1967. Selectin in *Zea mays* L. by inbred line appearance and testcross performance in low and high plant densities. Iowa Agric. Home Econ. Exp. Stn. Res. Bull. 542.
9. Shull, G.H. 1990. A pure-line method of corn breeding. Am. Breeders Assoc. Rep. 5:51-59.
10. Sprague, G.F., and P.A. Miller. 1952. The influence of visual selection during inbreeding on combining ability in corn. Agron. J. 44:258-62.
11. Sprague, G.F., L.A. Tatum 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. J. Am. Soc. Agron. 34: 923-932.
12. Wellhausen, E.J. S. Wortman. 1954. Combining ability in S1 and derived S3 lines of corn. Agron. J. 46:86-89.

**Authors' address - Adresa autora:**  
mr. sc. Antun Vragolović  
dr. sc. Drago Parlov  
dr. sc. Branko Palaveršić  
BC Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja d.d.  
Marulićev trg 5/1  
HR-10000 Zagreb

**Primljeno - Received:**  
25.04.1997.