

W. SCHUSTER, M. ROJC

## GOSPODARSKA VRIJEDNOST RAZLIČITIH TIPOVA HIBRIDA KUKURUZA (*Zea mays* L.)

### PROBLEMATIKA I LITERATURA

Pronalazak hibridnog kukuruza i njegova upotreba povećali su prosječan prinos u svijetu za 20 — 25%, a zamjenom proširenih hibrida s novim, boljim i rodnijim moguće je daljnje povećanje (Kovač i Herceg, 1971).

Poslije 1960. godine u kukuruznom pojasu Amerike sve više se uzgajaju single cross hibridi i pojavljuje se sve veći broj istraživanja koja govore o njihovim visokim gospodarskim vrijednostima (Sprague i Fiederer, 1951; Eberhart i Russel, 1969, Weatherspoon, 1970; Palaveršić i Rojc, 1971).

Schnell (1975) dolazi do zaključka na osnovi proučavanja američkih podataka da najbolji single cross hibridi ne moraju biti rodniji od najboljih threeway cross ili double cross hibrida, te uz njihovu bitnu prednost u proizvodnji sjemena nad single crossima prema njemu, nema potrebe uzgajati single cross hibride. On smatra da threeway cross hibridi predstavljaju najpogodniji tip hibrida, naročito za evropske prilike s promjenljivim proizvodnim uvjetima. Veliki nedostatak single cross hibrida, niska i skupa proizvodnja sjemena, može se poboljšati upotrebom modificiranih dvolinijskih hibrida (Jugenheimer i Trifunović, 1959).

S obzirom na način dobivanja hibrida križanjem Jugenheimer (1976) navodi slijedeće oblike: dvolinijski križanci (A x B), modificirani dvolinijski križanci (A x A 1) x B, sestrinsko-linijski križanci (A x A 1) x (B x B 1), trolinijski križanci (A x B) x C, modificirani trolinijski križanci (A x B) x (C x C 1), jednostruko povratni križanci (A x B) x (C x D) (X C), dvostruko povratni križanci (A x B) x A) x ((C x D) x C), četverolinijski križanci (A x B) x ((C x D), višelinijski križanci (A x B) x (C x D) x (E x F) x (G x H), top cross hibridi A x sorta, i kompozite od mnogo linija.

### MATERIJAL I METODE RADA

U Institutu za oplemenjivanje i proizvodnju bilja Zagreb opsežno su između sebe uspoređivani kroz dvije godine (1975, 1976), paralelni materijali od inbred linija, njihovih srodnih križanaca, single cross, modificiranih single cross, threeway cross, modificiranih threeway cross i double cross hibrida. Oni su bili ispitivani u komparativnim pokusima na četiri vrlo različite lo-

Prof. dr Walter SCHUSTER, »Angewandte Biologie und Umweltsicherung« der Justus-Liebig-Universität Giessen, Fachgebiet »Pflanzenzüchtung«

Dr Marijan ROJC, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, OOUR Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja

kacije u Evropi (Trauen/Lüneburg Heide, Gross Gerau/Rhein-Main Gebiet, Zagreb/Rugvica i Pitomača. Ispitivane su prednosti srodnih križanaca i modificiranih hibrida u usporedbi s njihovim pravim oblicima.

Pokus s 23 inbred linije i 9 križanaca srodnih linija i pokus s 32 hibrida bili su postavljeni po blok metodi u četiri ponavljanja. Tokom vegetacije i nakon berbe uzimani su slijedeći podaci:

datum nicanja, metličanja i svilanja  
broj biljaka na parceli u vrijeme berbe  
broj jalovih biljaka, broj listova po biljci  
visina biljke do vrha metlice u cm  
prinos zrna s 14 % vode u dt/ha,  
sadržaj vode u zrnu kod berbe,  
prinos zrna po biljci u gramima,  
težinu 1000 zrna, duljina klipa u cm,  
presjek klipa u cm, broj redova zrna  
na klipu i broj zrna u redu.

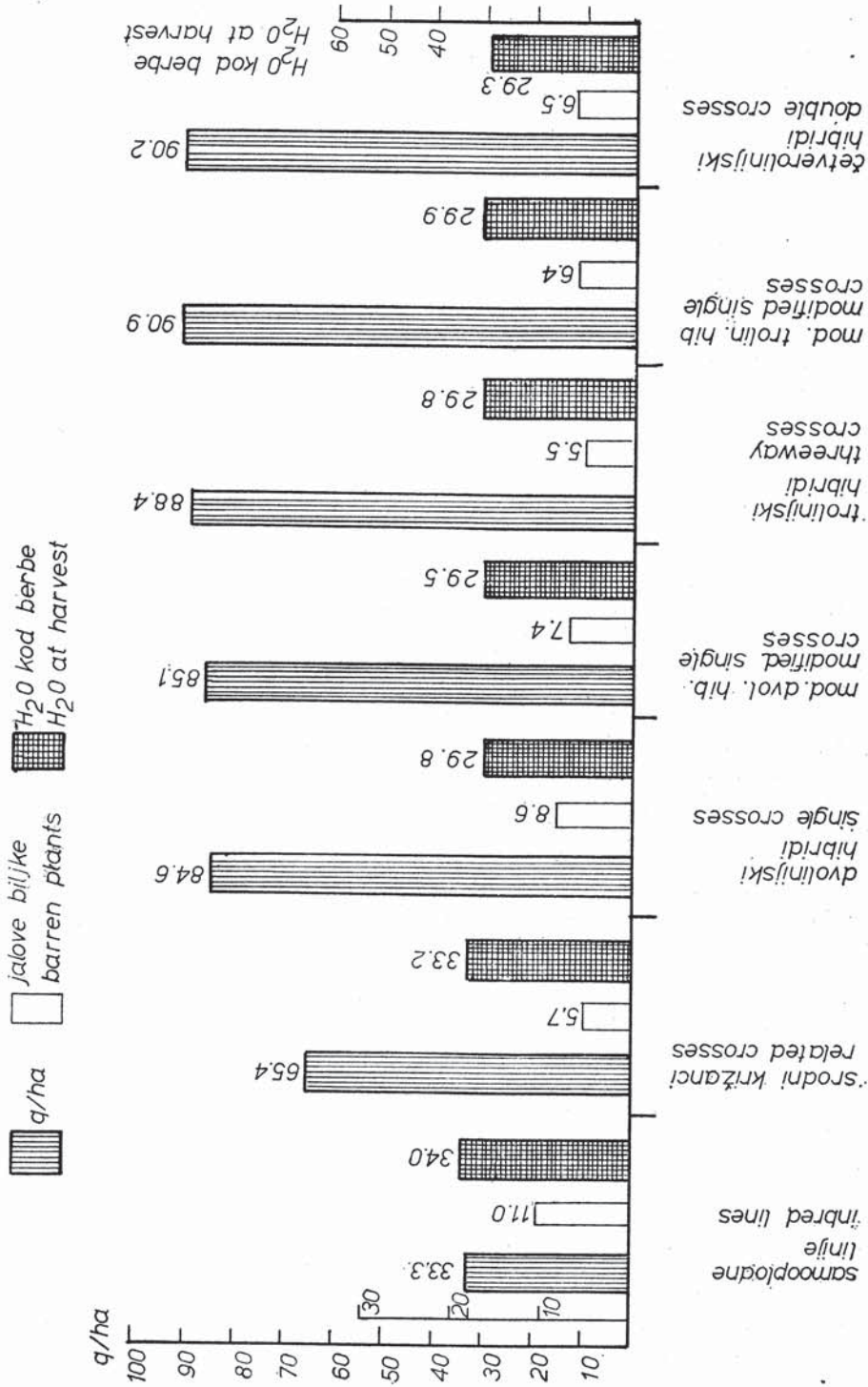
#### REZULTATI ISPITIVANJA

O pojedinačnim rezultatima pokusa s inbred linijama, srodnim križancima i različitim tipovima hibrida na četiri lokacije i dvije godine iznosi Rojc (1979). Ovdje će se iznijeti direktne usporedbe između različitih tipova linija (inbred linija i srodnih križanaca) i hibrida u prosjeku.

Na grafikonu 1 prikazan je prinos zrna u dt/ha, sadržaj vode u zrnu kod berbe i broj jalovih biljaka.

Prinos zrna srodnih križanaca je s 65,4 dt/ha za 96 % viši, nego kod uspoređivanih inbred linija s 33,3 dt/ha. Ti rezultati se uglavnom slažu s rezultatima Jungenheimera i Trifunovića (1959), kao i Massona Zuberu (1972). To ukazuje na mogućnost poboljšanja proizvodnje sjemena na bazi srodnih križanaca u odnosu na inbred linije kao sjemenskog roditelja u proizvodnji sjemena hibrida. Razlika u prinosu srodnih križanaca i njihovih »konvencionalnih« single cross hibrida s 84,6 dt/ha iznosi 29 %. Visoka vitalnost, odnosno heterozis efekt kod srodnih križanaca pokazuje i manji broj jalovih biljaka, a također i nešto niži sadržaj vode u zrnu kod berbe. Srodni križanci pokazuju na lokacijama s boljim proizvodnim uvjetima (Zagreb, Pitomača) izrazito više prinose zrna (Rojc, 1979). To znači da se kod približno istih prinosa inbred linija kod boljih proizvodnih uvjeta naročito može koristiti vitalnost srodnih križanaca u proizvodnji hibridnog sjemena kukuruza. Vitalnost, na primjer heterozis efekt srodnih križanaca ovisi o stupnju srodnosti roditeljskih inbred linija, na primjer »Bc 5 x W 153 R« u odnosu na »Bc 5 x Bc 5B« (Rojc, 1979). Prinos srodnog križanca »Bc 5 x W 153 R« je s 86,3 dt/ha viši nego prosječni prinos single crossa, koji iznosi 84,6 dt/ha.

Ispitivanje različitih tipova hibrida kroz analogne parove pokazala su da su najviši prinos dali modificirani threeway crossi 90,9 dt/ha. Također su dva uspoređivana double crossa s prinosom od 90,2 dt/ha bila iznad prosječnih prinosa osam kompariranih single crossa. Rezultati prikazani u grafikonu 1 odgovaraju i slažu se u prosječnim vrijednostima što ih je utvrdio



Grafikon 1. Prinos zrna q/ha sa 86% AST, broj jalovih biljaka sadržaj vode u zrnu kod berbe (prosjek sa 4 lokacije i 2 godine)  
 Grain yield q/ha at 86% AST, number of barren plants, moisture content in grain at harvest (mean of 4 location and 2 years)

Schnell (1975), to jest da threeway cross hibridi mogu dati bolje prinose od single crossa, međutim, naša istraživanja su pokazala da su modificirane forme dale još više prinose. Također iz grafikona 1 može se vidjeti i nešto veća rodnost, od 0,5 dt/ha modificiranih single crossa u odnosu na »prave« single cross hibride.

U pojedinačnim slučajevima »pravi« single crossi mogu ipak dati više prinose (Tabela 1). Ovdje su u prosjeku dvije godine i četiri lokacije single crossi »W 401 x MA 21« i »MA 72 A 20 x MA 21« dali za 8,5 odnosno 9,1 dt/ha više prinose nego najbolji threeway cross. Oni su također bili rodniiji za 3,7 dt/ha i 4,3 dt/ha od najboljeg modificiranog threeway cross hibrida, što govori o superiornosti single crossa u specifičnim slučajevima gdje dolazi do izražaja specifična kombinatorna sposobnost sa dobrom sposobnošću prilagođivanja različitim proizvodnim uvjetima. Modificirane forme navedenih imale su manji prinos za 3,9 dt/ha, što se kompenzira boljom i sigurnijom proizvodnjom sjemena modificiranih oblika.

U grafikonu 1 vidljiva je i nešto niža vrijednost za jalove biljke kao rezultat jedne bolje vitalnosti kod modificiranih single crossa, threeway crossa i double crossa u odnosu na single cross hibride.

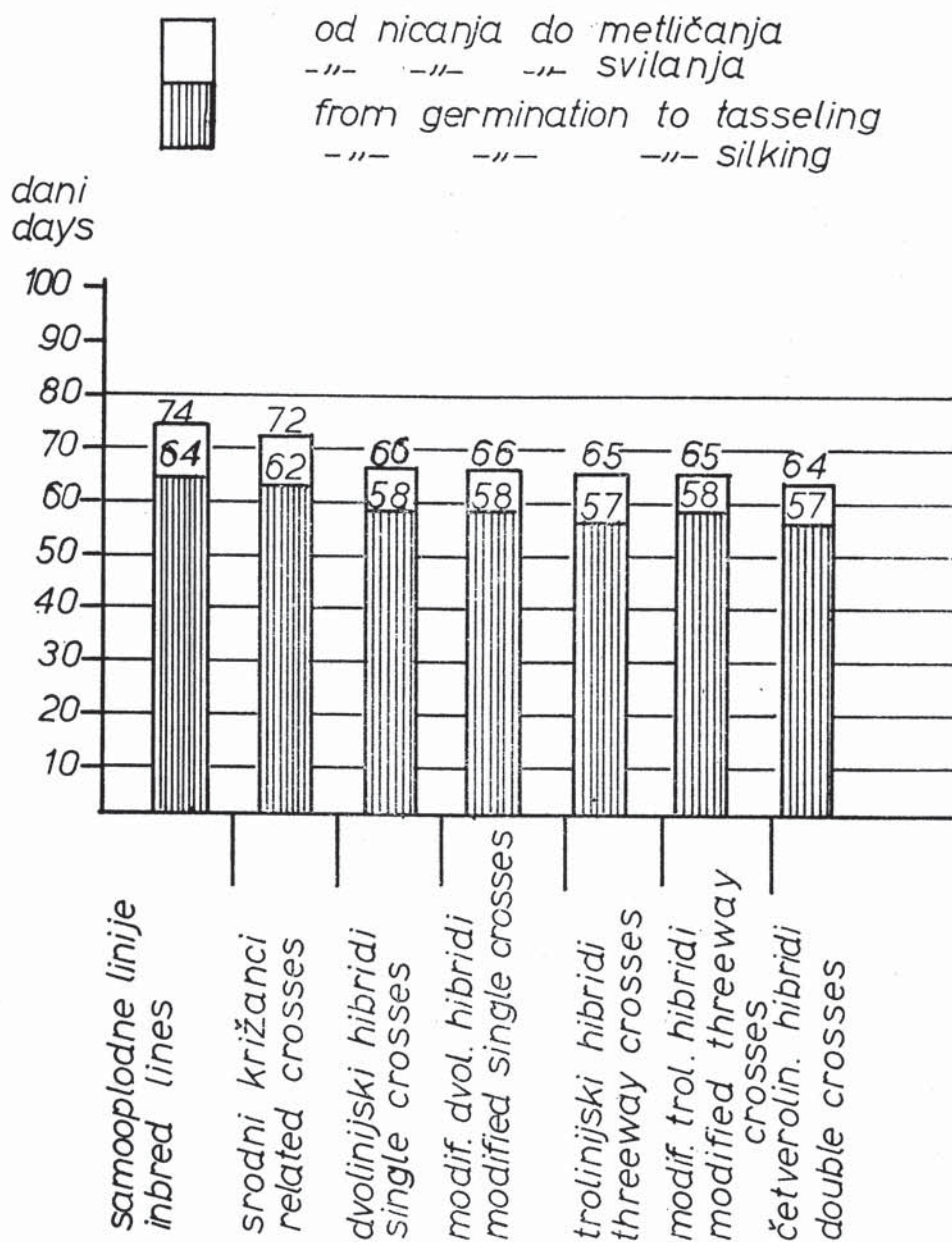
Razlika u sadržaju vode u zrnu kod berbe između pojedinih tipova hibrida bila je zanemariva. Međutim, sadržaj vode u zrnu bio je niži kod svih tipova hibrida, nego kod inbred linija i srodnih križanaca. Jača vitalnost srodnih križanaca nasuprot inbred linija također se očitovala kraćom vegetacijom od nicanja do metličanja, odnosno svilanja za prosječno dva dana (Grafikon 2). Slične rezultate dobili su Kovač i Herceg (1971) u Mađarskoj. Najveća razlika dobivena je u Pitomači, a iznosila je četiri dana. Skraćivanje vegetacije kod hibrida u odnosu na inbred linije iznosilo je 6 do 8 dana. Razlika u duljini vegetacije između pojedinih tipova hibrida nije se pokazivala, slično kao ni u sadržaju vode u zrnu kod berbe (Grafikon 1).

Razlike u visini biljaka (Grafikon 3) su očite između inbred linija i srodnih križanaca kao i između pojedinih tipova hibrida, slično razlikama dobivenih kod prinosa zrna (Grafikon 1).

Najviše biljke su u prosjeku imali modificirani threeway cross hibridi, odnosno, modificirane forme su bile nešto više od analognih tipova. To se može protumačiti jednom višom heterozigotnošću modificiranih oblika.

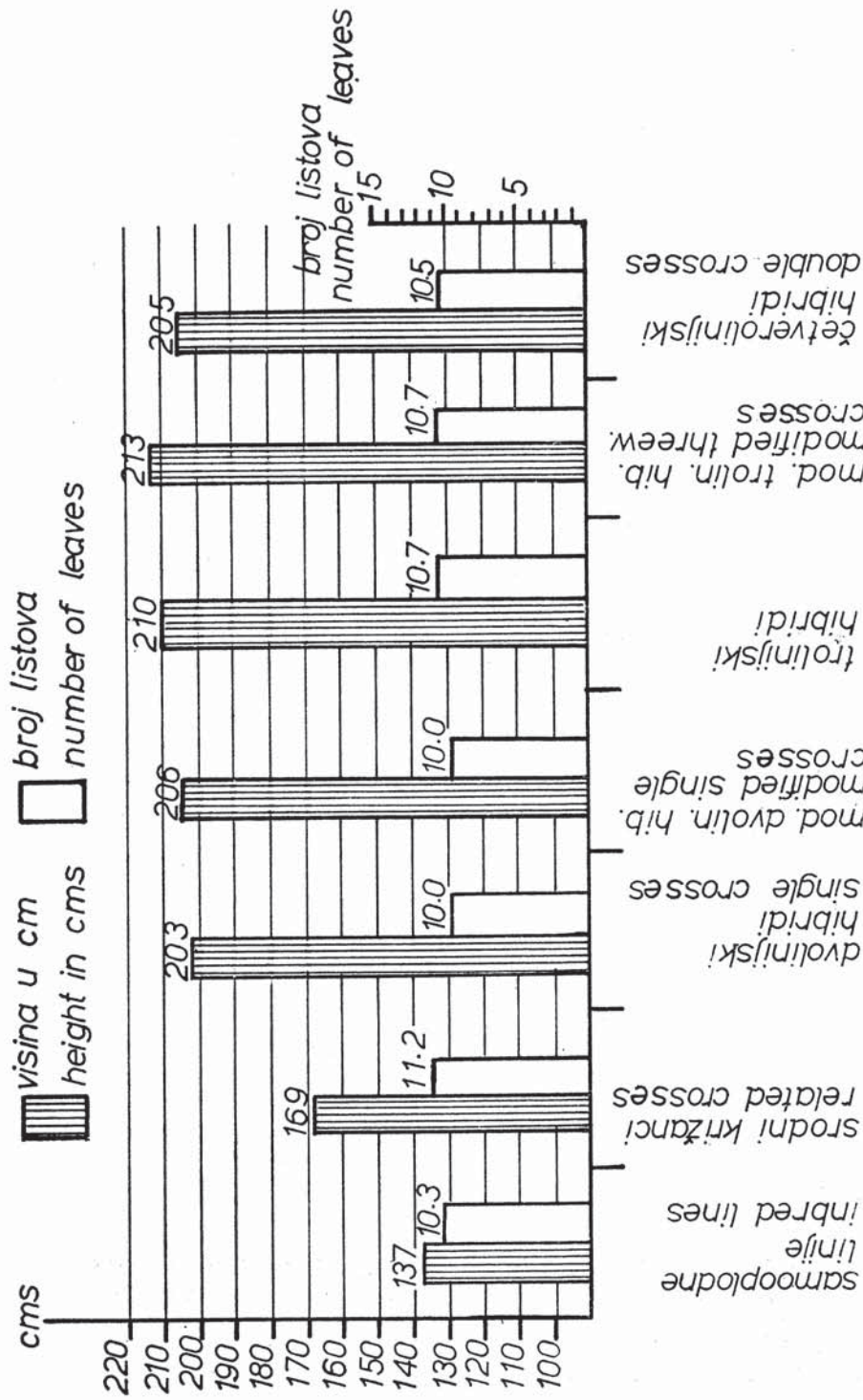
Razlika u broju listova je jedva zamjetljiva kako između inbred linija i hibrida tako i između tipova hibrida. Samo su križanci srodnih linija imali jedan list više nego odgovarajuće inbred linije.

Odnosi između prinosa pojedinačnih biljaka, broja zrna po biljci i težine 1000 zrna za inbred linije, srodne križance i različite tipove hibrida prikazani su u grafikonu 4. Odnosi navedenih elemenata prinosa utvrđeni su pomoću koeficijenta korelacije. Kod hibrida su dobivene visoko pozitivne korelacije ( $r = 0,994$ ) između prinosa po biljci i prinosa po ha. Slične veze nisu utvrđene kod inbred linija što je sigurno bilo uvjetovano dosta visokom jalovošću biljaka (Rojc, 1979). Prosječan prinos biljci određen je brojem zrna po biljci ( $r = 0,627$ ) i težini zrna ( $r = 0,427$ ). Ove korelacione veze izrazito su različite kod inbred linija i srodnih križanaca s jedne strane, i pojedinih tipova hibrida s druge strane, (Rojc 1979). Relativno nizak broj zrna po biljci kod trolinijskih hibrida i vrlo niski kod modificiranih dvolinijskih hibrida može se protumačiti specifičnom kombinacijom genotipova.

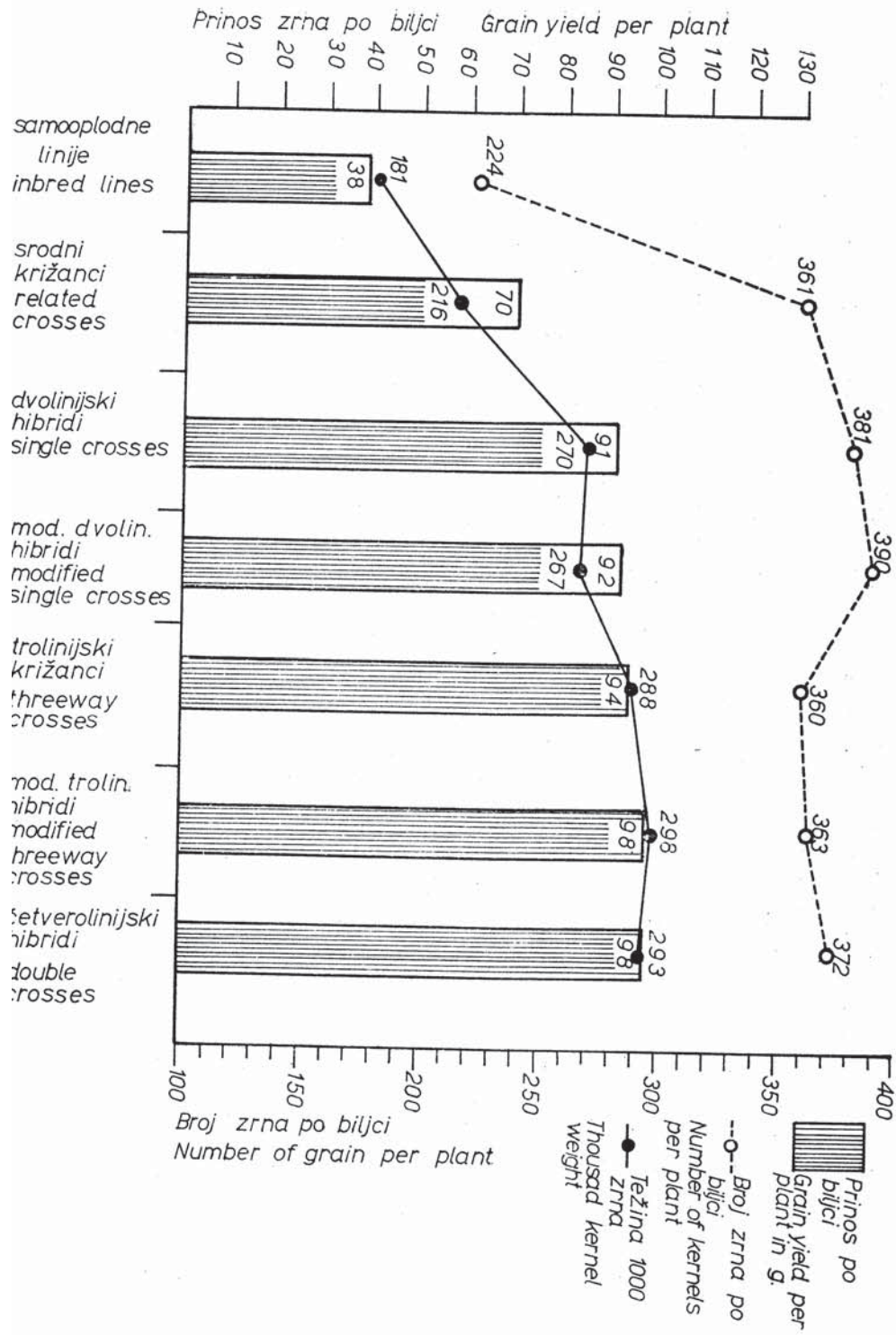


Grafikon 2. Vegetacioni period u danima: od nicanja do metličanja, metličanja do svilanja (nicanja do svilanja) (prosječne vrijednosti 4 lokacije i 2 godine)

Vegetation period in days: From germination to tasseling, tasseling to silking (germination to silking) (mean values of 4 locations and 2 years)



Grafikon 3. Visina biljke u zriobi u cm, broj listova po biljci (prosječne vrijednosti 4 lokacije i 2 godine)  
 Plant height at maturity in cms, number of leaves per plant (mean values of 4 locations and 2 years)



Grafikon 4. Struktura prinosa po biljci: prinos zrna biljke u g, broj zrna po biljci, težina 1000 zrna u g. (prosjek 4 lokacije i 2 godine)  
 Structure of yield per single plant: grain yield of plant in g., kernel number per plant, 1000 kernel weight in g., (mean of 4 location and 2 years)

**Tabela 1** — *Usporedba konvencionalnih hibrida kukuruza i njihovih modificiranih tipova; prinos u dt/ha u prosjeku dvije godine i četiri lokacije S % (= varijacioni koeficijent) kroz godine i lokacije*  
 — *Comparison of conventional hybrids and Their modified form s; yield dt/ha in the average of two years and four locations, and s % (= variation coefficient) over years and locations*

Konvencionalni hibridi	dt/ha	s %	Modificirani hibridi	dt/ha	s %
<b>Dvolinijski hibridi</b>					
W 401 x MA 21	99,4	29,9	(W401 x MA72A20) x MA 21	95,8	32,2
MA 72A20 x MA 21	100,0	24,2	(Bc29B x Bc 29) x MA 21	88,7	26,5
Bc29B x MA 21	83,2	30,8	(Q183 x Co 106) x DeBe 26	75,7	23,8
Q 183 x DeBe 26	83,3	28,8	(Bc27D4 x 108) x Co 106	81,7	20,2
Co 106 x DeBe 26	76,9	20,4	(Bc27D4 x 108) x Bc478/72	83,8	20,3
Bc 27 D4 x Co 106	84,7	21,7	M	85,1	24,6
108 x Co 106	70,1	27,3			
Bc 27 D 4 x Bc 478/72	79,2	23,0	Modificirani trolinijski hibridi		
M	84,6	25,8			
<b>Trolinijski hibridi</b>					
(F <sub>7</sub> x F <sub>2</sub> ) x Bc 5	85,8	28,8	(F <sub>7</sub> x F <sub>2</sub> ) x (Bc5 x Bc 5B)	95,7	29,0
(F <sub>2</sub> MA69A7) x MA69A4C	90,9	19,8	(F <sub>7</sub> x F <sub>2</sub> ) x Bc5 x W 153R)	94,2	25,5
M	88,4	24,3	(F <sub>7</sub> x F <sub>2</sub> ) x (Bc 5 x Bc 3)	89,5	31,4
			(F <sub>2</sub> xMA69A7) x (MA69A4Cx MA70A3)	84,1	26,9
			M	90,0	28,2
<b>Četverolinijski hibridi</b>					
(F <sub>7</sub> x F <sub>2</sub> ) x (W 629A x Bc 5)	90,1	24,1			
(F <sub>7</sub> x F <sub>2</sub> ) x (W 629A x W 59E)	90,3	22,6			
M	90,2	23,4			



## ZAKLJUČAK

Na osnovi ispitivanja međusobno srodnih inbred linija, njihovih srodnih križanaca, dvolinijskih hibrida (single crosses) modificiranih dvolinijskih hibrida (modified single crosses), trolinijskih hibrida (threeay crosses), modificiranih trolinijskih hibrida (modified threeway crosses) i četverolinijskih hibrida (double crosses) dobiveni su podaci o vrijednosti križanaca srodnih linija u hibridnim kombinacijama kukuruza.

Gospodarska vrijednost križanaca srodnih linija (related crosses) bila je superiorna prema vrijednosti odgovarajućih inbred linija.

U prosjeku kod ovđe ispitivanih slučajeva sposobnost heterotičnosti je bila čak nešto viša kod primjene križanaca srodnih linija u kreiranju hibrida, nego kod odgovarajućih »konvencionalnih« samooplodnih linija.

U prosjeku najviša gospodarska vrijednost kod ispitivanog materijala utvrđena je kod modificiranih trolinijskih hibrida i četverolinijskih hibrida. Međutim najviši su prinosi ipak postignuti kod dva dvolinijska hibrida.

## SUMMARY

On the basis of investigations of mutually related inbred lines, their related crosses, single crosses, modified single crosses, threeway crosses modified threeway crosses and double crosses, data were obtained concerning the value of related inbred line crosses in maize breeding and hybrid combinations respectively. Related crosses surpassed corresponding inbred lines in performance. Taken on the average, in cases studied here, heterotic ability was even slightly higher in using related crosses for making hybrids than at corresponding »conventional« inbred lines. The best performance, taken on the average, was displayed at modified threeway crosses and double crosses. Nevertheless, the highest yields were obtained with two single crosses.

## LITERATURA

- Eberhart, S.A., and W.A. Russel, 1969:** Yield and stability for a 10-line diallel of single cross and double cross maize hybrids. *Crop. Sci.* 9, 357—361.
- Jugenheimer, R.W., 1976:** Corn improvement, seed production, and uses. A. Wiley-Interscience Publication John Wiley and sons; New York 375-385.

- Jugenheimer, R.W., and V. Trifunović, 1959:** Inbred lines and sister line crosses. *Maize Genet. Coop., Newslett.* 33, 40—41.
- Kovač, I., i M. Herceg, 1971:** Isledovanie selekcionnoj cennosti inbrednyh linij. *Trudy, Vashnil, Moskva, Kolos*, 92—100.
- Masson, L., and M.S. Zuber, 1972:** Report of uniform evaluations tests corn inbred lines. *North Central Res. Publ. No 213.*
- Palaveršić, D., i M. Rojc, 1971:** Izučeniye dvuhvosemlinjenih gibridov. *Trudy, Vashnil, Moskva, Kolos*, 113—120.
- Rojc, M., 1979:** Untersuchung über die Leistungsfähigkeit von »modifizierten« Hybriden von Mais (*Zea mays* L.). *Diss. Giessen.*
- Schnell, F. W., 1975:** Type of variety and average performance in hybrid maize. *Z. Pflanzenzüchtg.* 74, 177—188.
- Sprague, G. F., and W.T. Fuderer, 1951:** A comparison of variance components in corn yield trials. *Agron. J.* 43, 505—541.
- Weatherspoon, I.H., 1970:** Comparative yields of single, three way and double crosses of maize. *Crop Sci.* 10, 157—159.