

POBOLJŠAVANJE DVOLINIJSKIH HIBRIDA KUKURUZA TROLINIJSKIM HIBRIDIMA SRODNIH LINIJA

I. BRKIĆ, D. ŠIMIĆ, A. JAMBROVIĆ, Z. ZDUNIĆ i Tatjana LEDENČAN

Poljoprivredni institut, Osijek
Agricultural Institute, Osijek

SAŽETAK

Trolinijski hibridi srodnih linija (kombinacije između križanca srodnih linija kao sjemenskog roditelja i inbred linije kao polinatora) koriste se u sjemenarstvu zbog osiguravanja rentabilnih prinosa sjemena. Cilj ovoga rada je na osnovi rezultata četiriju srodnih inbred linija, njihovih međusobnih križanaca, te odgovarajućih odnosnih test-križanaca ustanoviti razlike između dvolinijskih i trolinijskih hibrida srodnih linija za prinos zrna. Sjetva je obavljena po slučajnom bloknom rasporedu u četiri ponavljanja na dva lokaliteta 1998. i 1999. godine. Razlike u prinosu između test križanaca dvolinijskih i trolinijskih hibrida bile su minimalne i samo u jednom slučaju razlika je bila statistički značajna: trolinijski hibrid (B73×B37)×OS1-44 bio je značajno prinasniji od dvolinijskog hibrida B73×OS1-44. Prema našim rezultatima, preporučuje se korištenje srodnih križanaca kao majčinske komponente u širokoj proizvodnji hibridnog sjemena.

Ključne riječi: kukuruz, srodne inbred linije, trolinijski hibridi, prinos zrna

UVOD

Jedan od najvećih dostignuća genetike uopće jest početak eksploatacije heterozisa u oplemenjivanju bilja koje je predložio Shull 1908. godine na kukuruzu (Crow, 1998). Njegova osnovna ideja o hibridizaciji bila je konceptijski vrlo jednostavna (Becker, 1993). Shull je već tada predložio dvolinijske hibride kao najbolji tip hibrida po svom genetskom potencijalu. Međutim dvolinijski hibridi zbog vrlo slabe proizvodnje sjemena inbred linija uvedeni su tek 60-ih godina 20. stoljeća kada su inbred linije bile dovoljno morfološki i fiziološki razvijene za ekonomski opravdanu sjemensku proizvodnju.

U posljednje vrijeme su dvolinijski hibridi prevladavajući tip hibrida u kukuruznom pojasu SAD, dok po ukupnoj površini znatno zaostaju dvolinijski

hibridi između srodnih linija, trolinijski i četverolinijski hibridi (Hallauer et al., 1988). Međutim, u Europi situacija je različita. Primjerice, trolinijski hibridi su prevladavajući tip hibrida u SR Njemačkoj, iako sve veće značenje imaju dvolinijski hibridi (Becker, 1992). U Hrvatskoj, 80-ih godina 20. stoljeća napuštaju se četverolinijski hibridi, a u prometu se javljaju "modificirani" dvolinijski hibridi. Jugenheimer (1976) definira modificirane dvolinijske hibride $((A \times A') \times B)$ kao kombinaciju između križanca srodnih linija kao sjemenskog roditelja i inbred linije kao polinatora. Sjemenski roditelj (majčina komponenta) jest križanac dviju srodnih linija ("sestara") međusobno genetski udaljenih "tek toliko da izvjesna bujnost ovih križanaca osigura rentabilne prinose sjemena" (Radić, 1986). Prema Sortnoj listi Republike Hrvatske postoje četiri tipa priznatih kultivara kukuruza: dvolinijski, trolinijski, četverolinijski i "modificirani" dvolinijski hibridi. U posljednje vrijeme prevladavaju dvolinijski hibridi u svim FAO grupama osim u FAO 100 gdje su u većini trolinijski hibridi. Nadalje, u svim FAO grupama, osim u FAO 600 i 700 prisutni su u manjem broju i "modificirani" dvolinijski hibridi (Sortna lista za 2001. godinu). Iako se ne definira što su točno "modificirani" dvolinijski hibridi, prepostavka je da su to kultivari prema definiciji Jugenheimera (1976).

Iako se u praksi razlikuju "modificirani" dvolinijski hibridi od trolinijskih hibrida, teorijski i tehnički međutim, "modificirani" dvolinijski hibridi u osnovi su trolinijski hibridi. Prema našim spoznajama u literaturi ne postoje niti teorijska načela niti empirijskih studija po kojima bi se mogli razlikovati ovi hibridi vrlo sličnih genetskih struktura. Teško je utvrditi, pogotovo samo na osnovi fenotipskih informacija, kolika je stvarna genetska udaljenost srodnih linija u križancu "modificiranog" dvolinijskog hibrida, a kolika u križancu standardnog trolinijskog hibrida. Zbog metodičke sličnosti ovih zapravo trolinijskih hibrida, a i zbog mogućih pogrešnih asocijacija s modifikacijama genetskoga inženjerstva i biotehnologije, u našem radu izbjegavan je u daljnjem tekstu izraz "modificiran dvolinijski hibrid". Umjesto njega, koristit će se izraz "trolinijski hibrid srodnih linija".

Cilj ovoga rada je na osnovi rezultata četiriju inbred linija, njihovih međusobnih (srodnih) križanaca, te odgovarajućih odnosnih test-križanaca ustanoviti razlike između dvolinijskih i trolinijskih hibrida srodnih linija za prinos zrna.

MATERIJAL I METODE

Za istraživanje su kao majčinske komponente odabrane linije (i njihovi križanci) koji vode porijeklo iz oplemenjivačkih populacija Iowa Stiff Stalk Synthetic (BSSS). Linije OS84-44 i OS84-28 pripadaju FAO grupi 400, a po genotipu su najbliže B73 subpopulaciji BSSS-a. Linije B37 i B73, porijeklom su iz različitih ciklusa istog sintetika (BSSS-a), ali genetski toliko udaljene da se

njihov F_1 križanac može koristiti kao komercijalni hibrid. Linija OS1-44 je prema duljini vegetacije u FAO grupi 600, a po genotipu spada u Mo17 subpopulaciju oplemenjivačke populacije "Lancaster Sure Crop". U istraživanju je korištena kao tester.

Pokus je kreiran od četiri linije i šest srodnih križanaca, testiranih zajedničkim testerom, što čini ukupno dvadeset članova. Sjetva je obavljena po slučajnom bloknom rasporedu u četiri ponavljanja na dva lokaliteta (Osijek i Karanac) 1998. i 1999. godine. Površina obračunske parcelice iznosila je 8.4 m², sa dva zaštitna reda u svrhu anuliranja učinaka kompeticije kod materijala različite genetske strukture. Analiza varijance je provedena prvo posebno po okolinama sa svim pokusnim članovima, zatim skupno kroz sve okoline sa svim pokusnim članovima, te po pojedinim genetskim strukturama, odnosno procijenjene su razlike u prosječnoj vrijednosti za četiri linije u njihovim dvolinijskim hibridima (linija \times tester) i njihovim odnosnim trolinijskim hibridima [(linija \times srodna linija) \times tester] za prinos zrna, kroz četiri okoline (dva lokaliteta kroz dvije godine), u četiri ponavljanja.

REZULTATI I RASPRAVA

Dobivena statistička značajnost razlika srednjih vrijednosti između pojedinih genotipova u pokusu nije relevantna zbog različite genetske strukture članova u pokusu. Stoga su u Tablici 1 zbirno prikazane samo srednje vrijednosti svih genotipova bez odgovarajućeg testa. Očekivano, najmanje srednje vrijednosti imale su inbred linije, zatim srodni križanci, te vrlo slične vrijednosti dvolinijski i trolinijski hibridi. Najniži prosječni prinos (2.03 t ha⁻¹) utvrđen je kod linije B37, dok su linije OS84-28 i OS84-44 imale najviši, praktično isti prinos (5.98 t ha⁻¹ i 6.08 t ha⁻¹). Puno korištena "public" linija B73 dala je prinos 5.19 t ha⁻¹, što ukazuje na relativno visok potencijal rodosti *per se* ove linije u povoljnim agroekološkim uvjetima. Najviši prinos srodnih križanaca postignut je s linijom B37 (10.08 t ha⁻¹ – 11.69 t ha⁻¹), što potvrđuje najveću genetsku udaljenost ove linije u odnosu na sve ostale, a može imati značaja u proizvodnji sjemena komercijalnih hibrida.

Zbog neortogonalnosti, nisu direktno statistički uspoređivane srednje vrijednosti između svih genotipova pojedinih genetskih struktura. Međutim, prosječne vrijednosti svih genotipova po pojedinim genetskim strukturama pokazuju velike razlike u prinosu između inbred linija, srodnih križanaca i hibrida (Slika 1). Međutim, razlike između trolinijskih hibrida i dvolinijskih hibrida su minimalne.

Trolinijski srodni hibridi su kod sve četiri ispitivane linije imale više prinose od odgovarajućih dvolinijskih hibrida (Slika 2). Međutim, samo u jednom slučaju razlika je bila statistički značajna: trolinijski hibrid (B73 \times B37) \times Os 1-44 bio je značajno prinrodniji od dvolinijskog hibrida B73 \times Os 1-44.

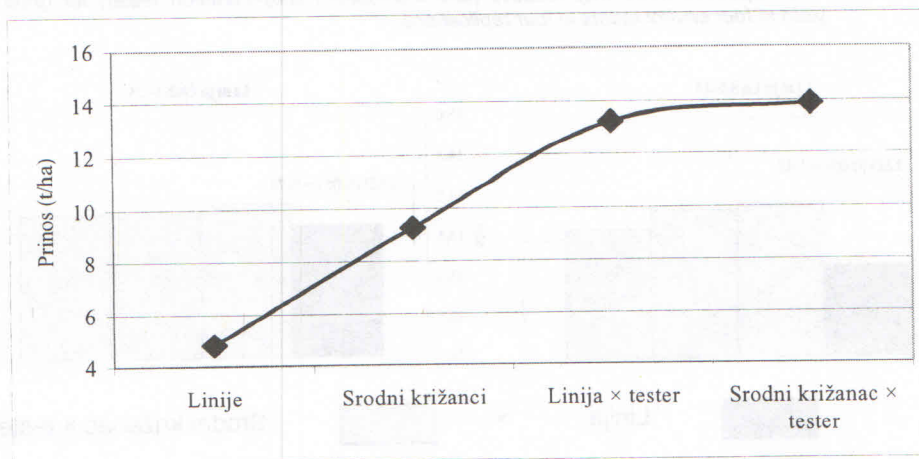
Tablica 1. Srednje vrijednosti 20 genotipova kukuruza različitih genetskih struktura na četiri okoline za prinos zrna (t/ha)

Table 1. Mean values of 20 maize genotypes of different genetic structures

Genotip-Genotypes	Osijek 1998	Karanac 1998	Osijek 1999	Karanac 1999	Prosjek
Inbred linije - Inbred lines					
Os 84-44	7.12	3.93	7.03	5.83	5.98
Os 84-28	6.33	4.66	6.67	6.64	6.08
B 37	0.62	1.21	2.59	3.70	2.03
B 73	3.25	5.21	6.55	5.74	5.19
Srodni križanci - Related crosses					
Os 84-44 × Os 84-28	10.65	7.32	10.38	9.33	9.42
Os 84-44 × B 37	11.23	7.83	10.25	10.99	10.08
Os 84-44 × B 73	8.99	7.24	5.22	2.73	6.05
Os 84-28 × B 37	12.67	9.78	12.14	12.18	11.69
Os 84-28 × B 73	8.81	6.67	7.36	6.36	7.30
B 37 × B 73	11.37	8.88	12.30	12.01	11.14
Linija × tester - Line×tester					
Os 84-44 × Os 1-44	14.50	10.99	14.14	13.02	13.16
Os 84-28 × Os 1-44	15.33	10.95	13.14	15.20	13.66
B 37 × Os 1-44	14.06	10.82	14.43	14.06	13.34
B 73 × Os 1-44	12.33	11.19	13.15	14.19	12.72
Srodni križanac × tester - Related cross×tester					
Os 84-44 × Os 84-28 × Os 1-44	15.36	11.34	14.70	14.34	13.94
Os 84-44 × B 37 × Os 1-44	14.36	11.25	14.80	15.03	13.86
Os 84-44 × B 73 × Os 1-44	15.47	10.84	14.21	13.97	13.62
Os 84-28 × B 37 × Os 1-44	13.58	12.09	15.45	14.01	13.78
Os 84-28 × B 73 × Os 1-44	15.65	11.04	14.96	13.63	13.82
B 37 × B 73 × Os 1-44	15.33	11.38	14.23	16.02	14.24

Slika 1. Prosječne razlike u prinosu zrna između četiriju inbred linija, njihovih međusobnih sestrinskih (srodnih) križanaca i njihovih odnosnih test-križanaca kroz četiri okoline u četiri ponavljanja.

Figure 1. Mean differences for grain yield between inbred lines, their related crosses, and respective testcrosses at four environments in four replications



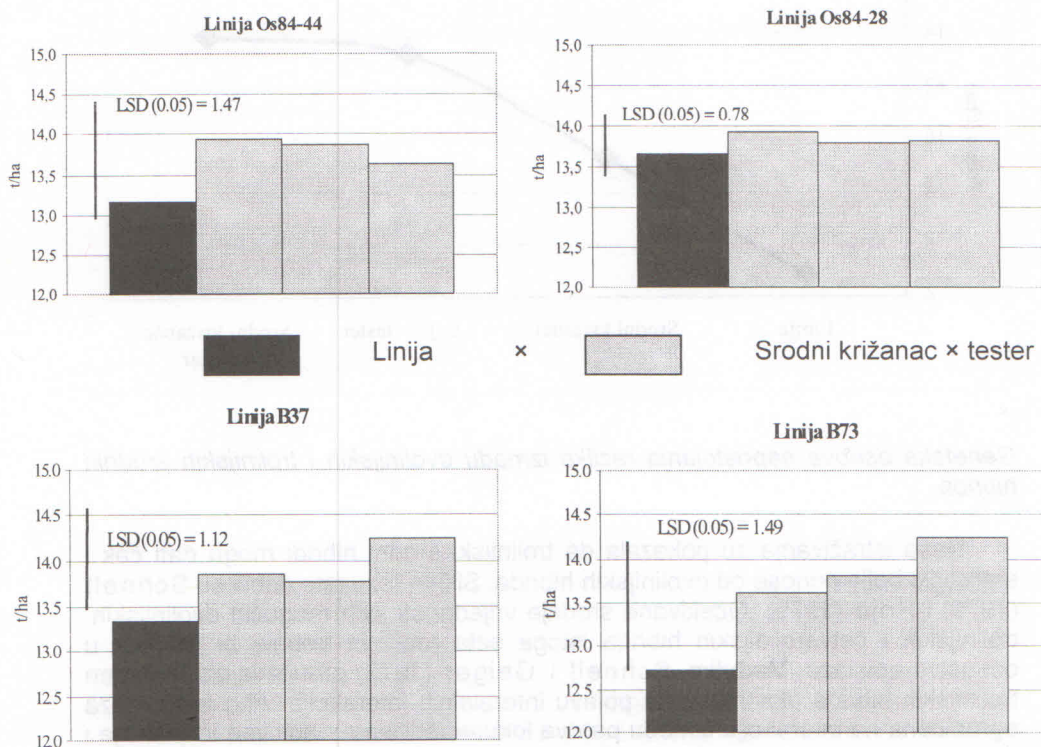
Genetska osnova nepostojanja razlika između dvolinijskih i trolinijskih srodnih hibrida

Naša istraživanja su pokazala da trolinijski srodni hibridi mogu dati čak i statistički bolje prinose od dvolinijskih hibrida. Slične rezultate dobili su Schnell (1975) i Rojc (1979). Očekivane srednje vrijednosti svih mogućih dvolinijskih, trolinijskih i četverolinijskih hibrida istoga seta roditelja trebale bi biti iste u odsustvu epistaze. Međutim, Schnell i Geiger (1973) proučavajući fenomen trolinijskih hibrida ukazali su na pojavu interalelnih interakcija. Ako je epistaza ograničena na interakciju između parova lokusa, aditivno \times aditivne interakcije i dominantno \times dominantne interakcije odgovorne su za razlike u srednjim vrijednostima. Tako u zavisnosti od ovih epistatičnih efekata, kao i veličine devijacije od ekvilibrija gametnih faza moguće su značajne razlike u svim smjerovima između dvolinijskih, trolinijskih i četverolinijskih hibrida. (detaljno kod Wricke i Weber, 1986)

Međutim uz odsutnost epistaze najmanje jedan dvolinijski hibrid bi morao biti bolji od odnosnih trolinijskih hibrida (Wricke i Weber, 1986). Budući da u praksi bira fenotipski, a ne genotipski, oplemenjivač može krivo detektirati najbolji dvolinijski hibrid. Naši rezultati ukazuju da kao i za pronalaženje najboljeg heterotičnog sistema (*heterotic pattern*), tako i odluka koji je bolji tip hibrida ovisi o dostupnosti i porijeklu materijala, znanju i iskustvu oplemenjivača kao i o stupnju razvoja oplemenjivačkog programa (Hallauer i Miranda, 1988).

Slika 2. Razlike u prosječnoj vrijednosti za četiri srodne inbred linije kukuruza u njihovim dvolinijskim hybridima (linija × zajednički tester) i njihovim odnosnim trolinijskim hybridima ((linija×srodna linija)×zajednički tester) za prinos zrna kroz četiri okoline u četiri ponavljanja.

Figure 2. Differences between related inbred lines in their single crosses (line×common tester) and respective three way crosses ((the line×related line)×common tester) for grain yield at four environments in four replications.



ZAKLJUČAK

Na temelju analiza prinosa četiriju srodnih linija, njihovih križanaca i test križanaca, na dva lokaliteta kroz dvije godine, moguće je zaključiti:

1. Prosječni prinos linija kretao se u rasponu od 2.03 t ha⁻¹ za liniju B37 do 6.08 t ha⁻¹ za liniju OS84-28.
2. Najveći prosječni prinos srodnih križanaca postignut je sa linijom B37 (10.08 t ha⁻¹ – 11.69 t ha⁻¹).
3. Razlike u prinosu između test križanaca dvolinijskih i trolinijskih hibrida su minimalne i samo u jednom slučaju razlika je bila statistički

značajna: trolinijski hibrid (B73×B37)×OS1-44 bio je značajno priniosniji od dvolinijskog hibrida B73×OS1-44.

4. Preporučuje se korištenje srodnih križanaca kao majčinske komponente u širokoj proizvodnji hibridnog sjemena.

IMPROVING SINGLE CROSSES BY RELATED THREE WAY CROSSES IN MAIZE

SUMMARY

Related three way crosses (combinations between a cross of related lines as seed parent and an inbred line as pollinator) are used in seed production because of greater yield of hybrid seed. Objective of the study is to determine differences for grain yield between single crosses and related three way crosses investigating related lines *per se*, their crosses as well as their corresponding testcrosses. All genotypes were planted in randomized complete block design in four replications at two locations in 1998 and 1999. Differences in testcross-hybrids between related three way crosses and respective single crosses were minimal. Only in one case the difference was significant: three way cross (B73×B37)×OS1-44 had higher yield than the respective single cross B73×OS1-44. According to our results, the use of crosses of related lines as seed parent in hybrid seed production can be recommended.

Key words: maize, related lines, three way crosses, grain yield

LITERATURA - REFERENCES

1. Becker, H.C. (1992) Pflanzenzüchtung. Ulmer, Stuttgart
2. Crow, J.F. (1998): 90 Years ago; the beginning of hybrid maize. *Genetics* 148:923-928
3. Hallauer, A.R. i J.B. Miranda, Fo. (1988): Quantitative genetics in maize breeding. Second edition. Iowa State University Press, Ames
4. Hallauer, A.R., W.A. Russel, and K.R. Lamkey. (1988): Corn breeding. p. 463-564. U: G.F. Sprague and J.W. Dudley (eds.) Corn and corn improvement. Third edition. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA.
5. Jugenheimer, R.W. (1976): Corn improvement, seed production and uses. John Wiley & Sons, New York
6. Radić Lj. (1986): Kukuruz u Slavoniji i Baranji, rukopis, Poljoprivredni institut Osijek
7. Rojc, M. (1979): Untersuchungen über die Leistungsfähigkeit von "modifizierten" Hybriden von Mais. Diss. Giessen.

8. Schnell, F.W. (1975): Type of variety and average performance in hybrid maize. Z. Pflanzenzüchtung 74, 177-188.
9. Schnell, F.W. i H.H. Geiger (1973): Possible genetic causes of differences between the mean yields of various types of hybrids. Proc. 1st Meeting Sect. Biometrics of EUCARPIA
10. Wricke, G. i W.E. Weber. (1986): Quantitative genetics and selection in plant breeding. Walter de Gruyter, Berlin, New York
11. *** - Sortna lista za 2001. godinu. (2001): Zavod za sjemenarstvo i rasadničarstvo RH, Osijek

Adrese autora - Authors' addresses:

Dr. sc. Ivan Brkić
Dr. sc. Domagoj Šimić
Dr. sc. Antun Jambrović
Dr. sc. Zvonimir Zdunić
Dr. sc. Tatjana Ledenčan
Poljoprivredni institut Osijek
Južno predgrađe 17
31000 Osijek
Croatia

Primljeno - Received:
12. 02. 2002.