

ANALIZA STABILNOSTI I ADAPTABILNOSTI PRINOSA ZRNA OS EKSPERIMENTALNIH HIBRIDA KUKURUZA

Z. ZDUNIĆ¹, D. ŠIMIĆ¹, I. BRKIĆ¹, A. JAMBROVIĆ¹, Renata ZDUNIĆ² i
Tatjana LEDENČAN¹

¹Poljoprivredni institut Osijek
¹Agricultural Institute Osijek

²Poljoprivredni fakultet u Osijeku
²Faculty of Agriculture in Osijek

SAŽETAK

Cilj svakog oplemenjivačkog programa kukuruza jest doći do što kvalitetnijeg genotipa. Ovo podrazumijeva kreiranje genotipova visokog prinosa koje će ujedno odlikovati visoka stabilnost (postojanost) i adaptabilnost svojstava od interesa. Provedena su dvogodišnja istraživanja stabilnosti i adaptabilnosti prinosa zrna F1 generacije križanaca dobivene linijaxtester planom križanja elitnih inbred linija kukuruza. Korišten je slučajni blokni raspored u četiri ponavljanja na ukupno šesnaest lokaliteta tijekom 1995. i 1996. godine. Prosječni prinos zrna u pokusima na razini obje godine istraživanja iznosio je 9.81 t ha^{-1} , a varirao je u rasponu od 7.28 do 11.18 t ha^{-1} . Procijenjeni parametri kojima se opisuje stabilnost i adaptabilnost prinosa – koeficijent regresije (b_i), varijanca odstupanja od regresije (s_{di}) i ekvalenca (W_i) omogućili su grupiranje genotipova u skupine s obzirom na visinu, stabilnost i adaptabilnost prinosa. Tako je izdvojeno pet genotipova visokog i stabilnog prinosa te široke opće adaptabilnosti, šest nestabilnih genotipova adaptabilnih na niskoprinodne okoline, sedam nestabilnih genotipova adaptabilnih na visokoprinodne okoline te šest genotipova kojima nije precizno utvrđena pripadnost niti jednoj od navedenih skupina. Potvrđena je činjenica da se najprinosniji genotip ne mora ujedno odlikovati i stabilnim prinosom.

Ključne riječi: kukuruz, stabilnost, adaptabilnost, prinos, koeficijent regresije, varijanca odstupanja od regresije, ekvalenca

UVOD I CILJ ISTRAŽIVANJA

Na Poljoprivrednom institutu Osijek već se dugi niz godina kreiraju hibridi kukuruza visokog genetskog potencijala rodnosti. Međutim, nedostatak istra-

živanja stabilnosti i adaptabilnosti prinosa zrna eksperimentalnih genotipova stvara opravdanu potrebu za provođenjem istih, kako bi sa većom sigurnošću mogli preporučiti odgovarajuće hibride za različita uzgojna područja. Kako je svaka godina za sebe jedinstvena i neponovljiva (vremenske prilike, heterogenost tla, agrotehnički zahvati) to je važno poznavati reakciju hibridnih biljaka kukuruza na ove fluktuacijske činioce. Dakle, biljka se kao živi organizam nalazi u međudjelovanju (interakciji) s okolinom u kojoj raste i razvija se. Iz tog razloga genotipovi reagiraju i prinos kao supersvojstvo varira u ovisnosti o promjeni uzgojne okoline. Postojanje ove interakcije zahtijeva od oplemenjivača da procijeni genotipove u više različitih okolina kako bi dobio višestruko rangiranje ispitivanih genotipova. Za objašnjenje ove interakcije koriste se metode analize stabilnosti i adaptabilnosti koje sumiraju ponašanja genotipova na različitim lokalitetima i godinama. Stoga je cilj ovog istraživanja procijeniti stabilnost i adaptabilnost prinosa zrna eksperimentalnih genotipova hibrida kukuruza nastalih križanjem elitnih inbred linija i to kroz dvije godine i šesnaest lokaliteta.

PREGLED LITERATURE

Becker (1981) definira dva različita koncepta stabilnosti - biološki i agronomski. Biološki koncept pretpostavlja sposobnost genotipa da zadrži jednake vrijedosti ispitivanih svojstava u različitim okolinama. Ovaj koncept nema veću podršku glede kvantitativnih svojstava, jer se takva svojstva nalaze pod znatnim utjecajem okoline (npr. prinos) ali ipak ima vrijednost kod svojstava koja su manje ovisna o okolini (npr. otpornost na bolesti). Ovaj koncept se naziva još i statični koncept (Léon, 1985; prema Becker i Léon, 1988). Agronomski koncept pretpostavlja predvidljivu reakciju genotipa na okolinske uvjete. Prema ovom konceptu stabilan genotip ne odstupa značajno od prosječne reakcije na okolinu. Ova reakcija ne mora biti jednaka za sve ispitivane genotipove ali važno je da se procjena reakcije genotipa podudara sa stvarnom reakcijom. Isti autor ovaj tip stabilnosti naziva dinamički koncept. Stoga, razmatrajući prinos ali i druga složeno nasljeđivana kvantitativna svojstva, govori se samo o agronomskom tj. dinamičkom konceptu stabilnosti.

Milas (1983) i Gunjača (1997) smatraju da najvažniji kriterij prilikom izbora metoda za procjenu stabilnosti i adaptabilnosti genotipova treba biti jednostavnost i pouzdanost procjene.

Eberhart i Russell (1966) su osim koeficijenta regresije (b_i) koristili još i varijancu odstupanja od regresije (s_{di}^2). Oni su smatrali da idealan genotip mora imati (i) što veći prosječni prinos, (ii) koeficijent regresije $b_i=1.00$, (iii) varijancu odstupanja od regresije $s_{di}^2=0.00$. Wricke (1962) je predložio ekovalencu (W_i) kao parametar stabilnosti. I drugi autori su predlagali korištenje ekovalence kao mjere stabilnosti prinosa, prije svega zbog pouzdanosti i jednostavnosti za računanje (Vasilj 1984; prema Becker i Léon, 1988).

Lin, Binns i Lefkovitch (1986) dali su pregled autora i radova koji proučavaju stabilnost genotipova. Predložili su da se genotip smatra stabilnim ako ispunjava sljedeće uvjete: - pokazuje malu varijancu genotipa među okolinama, - reakcija genotipa na okoline jednaka reakciji ostalih genotipova u pokusu, - mala varijanca odstupanja od regresije u regresijskom modelu.

Sikora (1973) je koristeći b_1 parametar proučavao stabilnost dva dvolinijiska hibrida kukuruza Poljoprivrednog instituta Osijek. Za oba hibrida vrijednost $b_1 > 1.00$ (1.18 i 1.20). Zaključio je da su ovi hibridi primjereniji za uzgoj na visokoprinostnim okolinama.

Eberhart i Russell (1966) su procjenjivali parametre stabilnosti i adaptabilnosti u pokusima s kukuruzom, u koje je bilo uključeno 45 SC (single cross), 45 DC (double cross) i još 10 komercijalnih hibrida. Pokusi su bili postavljeni na 21 lokalitet kroz dvije godine. Prema rezultatima srednjih vrijednosti, koeficijenta regresije, i varijance odstupanja od regresije zaključili su da su DC hibridi općenito stabilniji jer se ovdje radi o smjesi genotipova. Međutim, prosječni prinosi SC hibrida bili su 1.92% veći od prosječnih prinosa DC hibrida. Bez obzira na ove rezultate autori su uspjeli pronaći dva SC hibrida koji su bili jednako stabilni kao i DC hibridi, a uz to imali veći prosječni prinos.

Rozman, Vasilj i Kozumplik (1997) su istraživali stabilnost prinosa kod kukuruza i to: 30 hibrida FAO skupine 100 i 78 hibrida FAO skupine 200, u vremenu od 1970. do 1989. godine. Osim kod dva hibrida FAO skupine 100 i četiri hibrida FAO skupine 200 nisu pronađene značajne regresijske vrijednosti. Autori ističu da se regresijski parametri stabilnosti kao i varijanca stabilnosti nisu značajno promijenili u dvadesetogodišnjem periodu. Prinos hibrida FAO skupine 100 nije se mijenjao dok se prinos hibrida FAO skupine 200 povećao.

MATERIJAL I METODE

Osnovni materijal ovih istraživanja predstavlja dvadeset i jedan F_1 križanac elitnih inbred linija kukuruza, dobiven na temelju $L \times T$ križanja između sedam linija i tri testera, plus tri hibrida standarda (Tablica 2). Na svih šesnaest lokaliteta (Osijek, Bizovac, Đakovo, Kutjevo, Feričanci, Bjelovar, Pitomača, Varaždin, Rugvica u 1995. godini, te ponovo svi navedeni lokaliteti osim Bjelovara i Pitomače u 1996. godini) pokusi su sijani ručnim planterima po shemi slučajnog bloknog rasporeda u četiri ponavljanja. Površina osnovne parcelice iznosila je 7.56 m^2 (dva reda, dvanaest kućica po redu, dvije biljke u kućici, razmak između kućica $70 \times 45 \text{ cm}$). S obzirom da je svaki pokus sadržavao dvadeset i četiri člana, to je površina jednog pokusa iznosila 725.76 m^2 . Berba je obavljena ručno u klipu kod optimalne gospodarske zriobe. Prinos zrna (tha^{-1} sa 14% vode) preračunat je na osnovi odvage klipa po parcelici, sadržaja vode u zrnu (vlagomjer tipa Dickey-john GAC 2000) i udjela oklaska. Sadržaj vode i udjel oklaska utvrđen je iz prosječnog uzorka od 120 klipova iz svakog ponavljanja.

U ovom istraživanju kombinirano je između parametra podjele interakcijske varijance - ekovalence (W_i) i parametara regresijskog pristupa - koeficijenta regresije (b_i) i varijance odstupanja od regresije (s_{di}^2) unutar agronomskog koncepta stabilnosti. Sve statističke analize provedene su u PLABSTAT programskom paketu.

REZULTATI RADA I RASPRAVA

Pokusi s različitim genotipovima, postavljenim na više lokaliteta kroz dvije godine, omogućili su vrednovanje stabilnosti i adaptabilnosti novih, potencijalnih SC (single cross) hibrida kukuruza. Na razini svih okolina i godina istraživanja kombinirana analiza varijance je ukazala da su različitosti između okolina, genotipova i njihova interakcija vrlo značajno utjecale na prinos novostvorenih hibrida kukuruza (Tablica 1).

Tablica 1. Skupna kombinirana analiza varijance za 1995. i 1996. godinu
Table 1. Combined ANOVA for 1995 and 1996

Izvor variranja	Stupnjeva slobode	Prosječno kvadratno odstupanje
Source of variation	df	MS
Okolina (E)	15	49.20**
Genotip (G)	23	7.62**
Genotip \times Okolina (GE)	345	0.65**
Pogreška	1520	0.29

* F test značajan na razini $P < 0.05$,

** F test značajan na razini $P < 0.01$

Ovakvi rezultati kombinirane analize varijance opravdavaju provođenje analize stabilnosti prinosa novostvorenih hibrida kukuruza predloženim metodama.

Cilj većine komercijalnih oplemenjivačkih programa jest kreiranje genotipova visokog i stabilnog prinosa na što većem broju različitih okolina. Novi se genotipovi moraju odlikovati sposobnošću realiziranja visokog genetskog potencijala za prinos i drugih važnih gospodarskih svojstava (otpornost na polijeganje, sušu, toplinski udar i dr.) ali i zadržavanjem tih svojstava u širokom opsegu različitih lokaliteta. Srednje vrijednosti prinosa, parametara stabilnosti i adaptabilnosti prikazani su u Tablici 2.

Procjena stabilnosti i adaptabilnosti prinosa u ovom radu izvršena je pomoću navedenih parametara koji odgovaraju dinamičkom konceptu stabilnosti. Ovi su parametri su se pokazali kao vrlo pouzdani, a ujedno i dovoljno jednostavni za računanje u praktičnom oplemenjivanju kukuruza, koje je uvijek limitirano vremenom, konkurencijom i materijalnim sredstvima. Prosječni prinos svih genotipova na svim lokalitetima u obje godine istraživanja

iznosio je 9.81 t ha^{-1} , a varirao je u rasponu od 7.28 do 11.18 t ha^{-1} . Procjene koeficijenta regresije varirale su od 0.49 do 1.36 , varijance odstupanja od regresije od 0.16 do 1.53 i ekvalence od 0.14 do 1.95 (Tablica 2).

Tablica 2. Srednje vrijednosti prinosa zrna (t ha^{-1}), procijenjeni parametri stabilnosti i adaptabilnosti za sve okoline i obje godine istraživanja

Table 2. Mean grain yield (t ha^{-1}), estimated stability and adaptability parameters across all environments and both years of investigation

Redni broj	Genotip	Avg.	b_i	s^2_{di}	W_i
1	Os86-39xOs1-48	9.53	0.89	0.40	0.40
2	Os84-28xOs1-48	10.41	1.06	0.61	0.58
3	Os89-9xOs1-48	9.48	0.99	0.55	0.52
4	Os87-24xOs1-48	9.54	1.06	0.52	0.50
5	Os84-49xOs1-48	9.92	1.22	0.70	0.76
6	Os84-24xOs1-48	9.58	1.10	0.83	0.80
7	Os87-61xOs1-48	9.43	1.01	0.36	0.33
8	Os86-39xOs2-48	9.57	1.00	0.16	0.14
9	Os84-28xOs2-48	9.80	0.94	0.42	0.40
10	Os89-9xOs2-48	7.28	0.49	1.53	1.95
11	Os87-24xOs2-48	9.96	0.93	0.29	0.28
12	Os84-49xOs2-48	9.55	0.96	0.36	0.34
13	Os84-24xOs2-48	9.49	0.82	0.75	0.76
14	Os87-61xOs2-48	9.73	0.93	0.58	0.55
15	Os86-39xOs3-48	10.47	0.91	0.32	0.31
16	Os84-28xOs3-48	11.18	1.36	0.66	0.88
17	Os89-9xOs3-48	10.02	1.07	0.29	0.29
18	Os87-24xOs3-48	10.41	1.05	0.62	0.58
19	Os84-49xOs3-48	10.11	1.31	0.87	1.00
20	Os84-24xOs3-48	10.46	0.97	0.68	0.64
21	Os87-61xOs3-48	10.11	1.12	0.49	0.49
22	OsSK382	9.10	0.96	0.62	0.58
23	Bc408E	10.36	0.90	1.46	1.38
24	OsSK373	9.98	0.91	0.56	0.53
Prosjek / Mean		9.81	-	-	-
LSD 0.05		0.56	0.37	-	-
Bartlett test		-	-	39.77*	-

Rezultati procjene ukazuju na postojanje značajnih razlika među genotipovima za visinu, stabilnost i adaptabilnost prinosa. Bartlett-ov test homogenosti varijanci odstupanja od regresije pokazao je da i ovdje postoje značajne razlike. Na razini obje godine istraživanja najprinosnijim se pokazao genotip Os84-28×Os3-48, a zatim kombinacije Os84-28×Os1-48, Os86-39×Os3-48, Os84-24×Os3-48 i Os87-24×Os3-48. Najslabija kombinacija bila je u obje godine istraživanja bila je Os 89-9×Os 2-48. Nadalje vidljivo je da su standardi korišteni u istraživanju u obje godine ispitivanja bili poprilično nadmašeni prinosom novostvorenih genotipova pa se može zaključiti da novi, potencijalni SC hibridi predstavljaju značajno poboljšanje glede rodnosti "per se" u odnosu na korištene standarde.

S obzirom na stabilnost i adaptabilnost prinosa, istraživani genotipovi uglavnom ne pokazuju podudarnost sa visinom prinosa, pa se tako mogu izdvojiti kao genotipovi stabilnog prinosa i široke opće adaptabilnosti sljedeće kombinacije križanja: Os87-61×Os1-48, Os86-39×Os2-48, Os87-24×Os2-48, Os84-49×Os2-48 i Os89-9×Os3-48.

Skupina nestabilnih genotipova adaptiranih na niskoprinosne okoline uključivala je ukupno šest kombinacija križanja: Os86-39×Os1-48, Os84-24×Os2-48, Os89-9×Os2-48, Os84-24×Os2-48, Os87-61×Os2-48, Os86-39×Os3-48.

Skupina nestabilnih genotipova adaptiranih na visokoprinosne okoline uključivala je ukupno sedam kombinacija križanja: Os84-24×Os1-48, Os87-24×Os1-48, Os84-49×Os1-48, Os84-24×Os1-48, Os84-28×Os3-48, Os84-49×Os3-48 i Os87-61×Os3-48. Prinos ovih kombinacija bio je veći ili manji od prosjeka svih genotipova, a visoke vrijednosti parametra stabilnosti ukazivale su na nestabilne genotipove. U ovoj skupini nalazi se i najprinosnija kombinacija kroz obje godine istraživanja (Os84-28×Os3-48).

Skupina od ukupno šest kombinacija križanja predstavljala je genotipove za koje se nije moglo jednoznačno utvrditi pripadnost niti jednoj od navedenih skupina:

Os89-9×Os1-48, Os87-24×Os3-48, Os84-24×Os3-48, OsSK382, Bc408E i OsSK373.

I ove kombinacije križanja odlikovao je prosječni prinos na razini prosjeka svih genotipova ili veći, no nesklad između vrijednosti parametara stabilnosti bio je osnovni razlog zbog kojeg se nisu mogli sa sigurnošću grupirati niti u jednu od navedenih skupina. Naime, kada koeficijent regresije upućuje na stabilan genotip ($b_i \approx 1.00$) tada varijanca odstupanja od regresije i ekovalenca pokazuju velika odstupanja od nule ($s_{di}^2 \ll 0.00$ i $W_i \ll 0.00$) što je odlika nestabilnih genotipova raznolike adaptabilnosti i obratno. Zanimljiva je činjenica da su u ovu skupinu genotipova svrstani standardi korišteni u ovom istraživanju. S obzirom da su to već priznati hibridi, to upućuje na zaključak da je ispitivanje stabilnosti i adaptabilnosti svojstava od interesa jedan od najvažnijih i najtežih (i najskupljih) zadataka oplemenjivača kukuruza u procesu testiranja potencijalnih novih hibrida kukuruza.

ZAKLJUČAK

Temeljem dvogodišnjih istraživanja stabilnosti i adaptabilnosti prinosa F_1 generacije križanaca dobivene linijaxtester ($L \times T$) križanjem elitnih inbred linija kukuruza, provedenih na devet lokaliteta u 1995. godini i sedam lokaliteta u 1996. godini može se zaključiti sljedeće:

U skupinu visokoprinosnih, stabilnih genotipova široke opće adaptabilnosti mogu se izdvojiti kombinacije: Os87-61xOs1-48, Os86-39xOs2-48, Os87-24xOs2-48, Os89-9xOs3-48 i Os86-39xOs3-48.

U skupinu nestabilnih genotipova adaptiranih na niskoprinosne okoline mogu se izdvojiti kombinacije: Os86-39xOs1-48, Os84-24xOs2-48, Os89-9xOs2-48, Os84-24xOs2-48, Os87-61xOs2-48, Os86-39xOs3-48.

U skupinu nestabilnih genotipova adaptiranih na visokoprinosne okoline mogu se izdvojiti kombinacije: Os84-24xOs1-48, Os87-24xOs1-48, Os84-49xOs1-48, Os84-24xOs1-48, Os84-28xOs3-48, Os84-49xOs3-48 i Os87-61xOs3-48.

Skupinu genotipova za koje je potrebno provesti dodatna istraživanja čine kombinacije: Os89-9xOs1-48, Os87-24xOs3-48, Os84-24xOs3-48, OsSK382, Bc408E, i OsSK373.

Potvrđene su i neke ranije spoznaje da najprinosniji genotip ne mora biti ujedno i najstabilniji.

STABILITY AND ADAPTABILITY ANALYSIS OF GRAIN YIELD IN EXPERIMENTAL OS MAIZE HYBRIDS

SUMMARY

The primary goal of every maize breeding program is to develop good performing genotypes. It means creating high yielding genotypes, which will be also characterized by high stability and adaptability of the investigated trait(s). Investigation of yield stability and adaptability were carried out in two years. It has been used F_1 generation obtained by linextester mating design of elite inbreds. The investigation was performed in random block design in four replications at sixteen locations during 1995 and 1996 growing season. The average grain yield in trials was 9.81 t ha^{-1} , varied from 7.28 to 11.18 t ha^{-1} . Estimated parameters describing yield stability and adaptability - regression coefficient (b_i), deviations mean square (s_{di}) and ecovalence (W_i) enabled grouping of genotypes regarding level, stability and adaptability of grain yield. Thus, four groups of genotypes were determined. The first group included five genotypes

of high and stable yields and of wide general adaptability. The second group was made of six genotypes of unstable yield adapted to low yielding environments. The third group included seven genotypes of unstable yield adapted to high yielding environments. The fourth group consisted of six genotypes which could not be precisely determined. It has also been confirmed that the highest yielding genotype is not always the most stable at the same time.

Key words: maize, stability, adaptability, grain yield, regression coefficient, deviations mean square, ecovalence

LITERATURA-REFERENCES

1. Becker, H. C. (1981) Correlations among some statistical measures of phenotypic stability, *Euphytica* 30: 835-840.
2. Becker, H. C. and J. Léon (1988) Stability analysis in Plant Breeding, *Plant Breeding* 101: 1-23.
3. Eberhart, S. A. and W. A. Russell (1966) Stability parameters for comparing varieties, *Crop Sci.* 6, 36-40.
4. Gunjača, J. (1997) Procjena stabilnosti prinosa iz nebalansiranih setova podataka, Magistarski rad, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
5. Lin, C. S.; M. R. Binns and L. P. Lefkovich (1986) Stability analysis: Where do we stand? *Crop Sci.* 26, 894-900.
6. Milas, S. (1983) Metode procjene parametara stabilnosti prinosa nekih hibrida kukuruza i sorata pšenice, Magistarski rad, Fakultet Poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.
7. Rozman, L.; Đ. Vasilj and V. Kozumplik (1997) Yield stability in long-term released maize hybrids FAO 100 and 200, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 179, (4), 193-199.
8. Sikora, I. (1973) Procjena stabilnosti jednostrukih hibrida OSSK 295 i OSSK 619, Zbornik radova Poljoprivrednog instituta Osijek, sv. 1, 29-36.
9. Wricke, G. (1962) Über eine Methode zur Erfassung der Ökologischen Streubreite in Feldversuchen, *Z. Pflanzenzüchtung* 47, 92-96.

Adrese autora - Authors' addresses:

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

Renata Zdunić, dipl. ing.
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Trg Sv. Trojstva 3
31000 Osijek
Croatia

Primljeno - Received:

15. 01. 2002.