

**KORELACIJE IZMEĐU SREDNJE VRIJEDNOSTI I
PARAMETARA STABILNOSTI ZA PRINOS ZRNA KOD
NOVOSTVORENIH HIBRIDA KUKURUZA**

**CORRELATIONS BETWEEN MEAN AND STABILITY
PARAMETERS FOR GRAIN YIELD IN NEW MAIZE HYBRIDS**

**Z. Zdunić, D. Šimić, I. Brkić, A. Jambrović, Renata Zdunić i
Tatjana Ledenčan**

SAŽETAK

U istraživanje je uključena 21 nova F1 hibridna kombinacija kukuruza i tri standardna hibrida. Na šesnaest lokaliteta korišten je slučajni blokni raspored u četiri ponavljanja tijekom 1995. i 1996. godine. Izračunate su korelacije između prinosa zrna i procijenjenih parametara stabilnosti – koeficijenta regresije, varijance odstupanja od regresije i ekvalence kao i pojedinačno između parametara. U 1995. godini nisu utvrđene statistički značajne korelacije između prinosa i procijenjenih parametara stabilnosti. U 1996. godini utvrđena je vrlo značajna pozitivna korelacija između prinosa i koeficijenta regresije te značajna negativna korelacija između prinosa i ekvalence. Na razini obje godine istraživanja utvrđena je vrlo značajna pozitivna korelacija između prinosa zrna i koeficijenta regresije. Ovakvi rezultati ukazuju na neovisnost prinosa o većini procijenjenih parametara što dalje navodi na zaključak da je moguća istovremena selekcija na visinu i stabilnost prinosa. U svakoj godini, kao i na razini obje godine istraživanja, utvrđena je vrlo uska povezanost između varijance odstupanja od regresije i ekvalence. Ovo ukazuje na mogućnost korištenja manjeg broja parametara za procjenu stabilnosti prinosa bez umanjivanja preciznosti procjene.

ABSTRACT

Twenty-one F1 new maize hybrid combinations and three checks were investigated in random block design in four replications at sixteen localities in 1995 and 1996. Correlations between mean grain yield and parameters describing yield stability - regression coefficient (b_i), deviations mean square (s_{di}) and ecovalence (W_i) were calculated. Correlations among parameters were also estimated. No significant correlations between grain yield and stability parameters were found in 1995. Highly significant positive correlations between yield and regression coefficient, as well as significant negative correlations between yield and ecovalence were found in 1996. In the two years, highly significant positive correlation was found between yield and regression coefficient. Estimated stability parameters were independent from mean yield indicating possibility of simultaneous selection for yield and yield stability. Very tight correlation between deviation mean square and ecovalence was found in each investigated year as well as for both years. This implies that smaller number of parameters can be used for estimation of yield stability with no reduction of accuracy.

UVOD I CILJ ISTRAŽIVANJA

U oštroj konkurenciji koja danas karakterizira tržište sjemena hibridnog kukuruza uspjeh novih hibrida u mnogome je ovisan o izražajnosti i zadržavanju visokih vrijednosti njihovih performansi. Ovo se prije svega odnosi na zadržavanje visokih vrijednosti prinosa zrna i drugih poželjnih svojstava u što je moguće većem broju različitih lokaliteta.

Idealan bi genotip trebao, bez obzira na okolinske uvjete, ostvarivati jednako visok prinos i ne mijenjati zadovoljavajuće vrijednosti drugih svojstava od interesa. Ovo se, na žalost, u prirodi ne događa jer se genotipovi ne ponašaju jednako u svim okolinama, nego zbog veće ili manje interakcije s uzgojnom okolinom, ostvaruju različiti poredak (rangiranje) vrijednosti istraživanog svojstva u različitim okolinama. Na taj način oni u većoj ili

manjoj mjeri odstupaju od idealnog genotipa. Cilj ovog rada jest utvrditi stupanj povezanosti prinosa zrna kao najvažnijeg agronomskog svojstva i parametara stabilnosti prinosa, u svrhu pronalaženja odgovora na pitanje je li moguće vrijednosti prinosa koristiti kao indikator (ili barem trend) visine stabilnosti prinosa, kao i utvrditi sličnost procjene stabilnosti putem različitih parametara. Ovo bi imalo praktično značenje u selekciji, jer bi smanjilo opseg testiranja novih hibridnih kombinacija.

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. Pokusi su posijani na devet lokaliteta (Osijek, Bizovac, Đakovo, Kutjevo, Feričanci, Bjelovar, Pitomača, Varaždin i Rugvica) u 1995. godini, a u 1996. godini na sedam lokaliteta (Osijek, Bizovac, Đakovo, Kutjevo, Feričanci, Varaždin i Rugvica). 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 klipku kod optimalne gospodarske zriobe. Prinos zrna (t ha^{-1} s 14% vode) izračunat 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. Cjelokupni istraživani materijal pripadao je FAO skupini 400. Procijenjeni su parametri stabilnosti - koeficijent regresije (b_i), varijanca odstupanja od regresije (s_{di}^2) i ekvalenca (W_i). Izračunate su korelacije između prinosa zrna i navedenih parametara stabilnosti prinosa genotipova pojedinačno za svaku godinu, kao i skupno na razini obje godine istraživanja. Sve statističke analize provedene su u PLABSTAT programskom paketu (Utz, 1995).

REZULTATI RADA I RASPRAVA

U obje godine istraživanja kombinirane analize varijance ukazale su na okoline, genotipove i njihove međusobne interakcije kao vrlo značajne izvore variranja prinosa zrna (Tablica 1 i 2). Ovakvi rezultati opravdali su procjenu parametara stabilosti prinosa genotipova.

Tablica 1. Rezultati analize varijance kombinirane po lokalitetima za 1995. godinu
Table 1. Combined ANOVA for 1995

Izvor variranja Source of variation	Stupnjevi slobode df	Prosječno kvadratno odstupanje (MS)
Okolina (E)	8	40.14**
Genotip (G)	23	2.99**
Genotip×Okolina (GE)	184	0.60**
Pogreška	621	0.34

* F test značajan na razini $P < 0.05$, ** F test značajan na razini $P < 0.01$

Tablica 2. Rezultati analize varijance kombinirane po lokalitetima za 1996. godinu
Table 2. Combined ANOVA for 1996

Izvor variranja Source of variation	Stupnjevi slobode df	Prosječno kvadratno odstupanje (MS)
Okolina (E)	6	61.79**
Genotip (G)	23	5.62**
Genotip×Okolina (GE)	138	0.67**
Pogreška	483	0.24

* F test značajan na razini $P < 0.05$, ** F test značajan na razini $P < 0.01$

Prosječni prinos zrna svih istraživanih genotipova u 1995. godini iznosio je 9.46 t ha^{-1} , varirajući od 10.44 do 7.62 t ha^{-1} . Procjene parametara stabilnosti - koeficijenta regresije bile su u rasponu od 1.38 do 0.61, varijance odstupanja od regresije od 2.42 do 0.09, a ekovalence od 2.29 do 0.09 (Tablica 3). U 1996. godini ostvareni prosječni prinos zrna svih istraživanih genotipova bio je nešto veći i iznosio je 10.16 t ha^{-1} , varirajući od 11.91 do 6.94 t ha^{-1} . Koeficijent regresije procijenjen je u rasponu od 1.27 do 0.24, varijanca odstupanja od

Z. Zdunić et al.: Korelacije između srednje vrijednosti i parametara stabilnosti za prinos zrna kod novostvorenih hibrida kukuruza

regresije od 2.16 do 0.07, a ekovalenca od 2.74 do 0.06 (Tablica 4). Najprinosniji genotip u obje godine bio je Os84-28xOs3-48 s prinosom zrna od 10.44, odnosno 11.91 t ha⁻¹. Bartlettov test heterogenosti varijanci odstupanja od regresije u obje godine istraživanja je pokazao da i ovdje postoje vrlo značajne, odnosno značajne razlike (Tablica 3 i 4).

Tablica 3. Prosječan prinos zrna i procijenjeni parametri stabilnosti za 1995. godinu
Table 3. Mean grain yield and stability parameters estimated for 1995

Redni broj Comb. no.	Genotip Genotype	Prosjeak Mean	bi	s2di	Wi
1	Os86-39xOs1-48	9.17	0.88	0.10	0.11
2	Os84-28xOs1-48	10.03	0.94	0.79	0.70
3	Os89-9xOs1-48	9.52	0.99	0.46	0.41
4	Os87-24xOs1-48	9.12	0.96	0.83	0.73
5	Os84-49xOs1-48	9.34	1.18	0.65	0.62
6	Os84-24xOs1-48	9.04	1.04	0.46	0.40
7	Os87-61xOs1-48	9.20	1.13	0.46	0.43
8	Os86-39xOs2-48	9.08	0.94	0.09	0.09
9	Os84-28xOs2-48	9.75	1.02	0.20	0.17
10	Os89-9xOs2-48	7.62	0.99	0.78	0.68
11	Os87-24xOs2-48	9.39	0.90	0.30	0.28
12	Os84-49xOs2-48	9.46	0.87	0.42	0.40
13	Os84-24xOs2-48	9.30	0.68	1.08	1.12
14	Os87-61xOs2-48	9.42	0.97	0.80	0.71
15	Os86-39xOs3-48	10.07	0.80	0.54	0.54
16	Os84-28xOs3-48	10.44	1.36	0.63	0.77
17	Os89-9xOs3-48	9.77	1.38	0.12	0.35
18	Os87-24xOs3-48	9.74	0.95	0.45	0.40
19	Os84-49xOs3-48	9.71	1.38	0.18	0.39
20	Os84-24xOs3-48	9.94	0.61	0.18	0.41
21	Os87-61xOs3-48	9.57	1.19	0.75	0.71
22	OsSK382	8.49	0.85	0.67	0.63
23	Bc408E	9.98	0.67	2.42	2.29
24	OsSK373	9.89	1.32	0.26	0.40
	Prosjeak / Mean	9.46	-	-	-
	LSD 0.05	0.72	0.58	-	-
	Bartlett test	-	-	44.84**	-

Z. Zdunić et al.: Korelacije između srednje vrijednosti i parametara stabilnosti za prinos zrna kod novostvorenih hibrida kukuruza

Tablica 4. Prosječan prinos zrna i procijenjeni parametri stabilnosti za 1996. godinu
Table 4. Mean grain yield and stability parameters estimated for 1996

Redni broj Comb. no.	Genotip Genotype	Prosjek Mean	b_i	s^2_{di}	W_i
1	Os86-39xOs1-48	9.89	0.87	0.98	0.86
2	Os84-28xOs1-48	10.78	1.16	0.54	0.52
3	Os89-9xOs1-48	9.44	1.12	0.39	0.36
4	Os87-24xOs1-48	9.95	1.13	0.26	0.26
5	Os84-49xOs1-48	10.49	1.21	0.99	0.93
6	Os84-24xOs1-48	10.11	1.10	1.60	1.36
7	Os87-61xOs1-48	9.66	0.95	0.26	0.22
8	Os86-39xOs2-48	10.06	1.01	0.23	0.19
9	Os84-28xOs2-48	9.85	0.98	0.62	0.52
10	Os89-9xOs2-48	6.94	0.24	1.49	2.74
11	Os87-24xOs2-48	10.53	0.87	0.19	0.20
12	Os84-49xOs2-48	9.64	1.12	0.13	0.14
13	Os84-24xOs2-48	9.68	0.98	0.42	0.35
14	Os87-61xOs2-48	10.03	0.90	0.48	0.43
15	Os86-39xOs3-48	10.86	0.99	0.07	0.06
16	Os84-28xOs3-48	11.91	1.27	0.72	0.78
17	Os89-9xOs3-48	10.27	0.85	0.20	0.23
18	Os87-24xOs3-48	11.08	1.03	0.78	0.66
19	Os84-49xOs3-48	10.50	1.26	2.16	1.98
20	Os84-24xOs3-48	10.98	1.21	1.02	0.96
21	Os87-61xOs3-48	10.64	1.02	0.21	0.18
22	OsSK382	9.71	0.96	0.51	0.43
23	Bc408E	10.73	1.08	0.44	0.39
24	OsSK373	10.07	0.70	0.46	0.62
	Prosjek / Mean	10.16	-	-	-
	LSD 0.05	0.86	0.54	-	-
	Bartlett test	-	-	34.91*	-

U dosadašnjem razmatranju vidljivo je da različiti parametri stabilnosti i adaptabilnosti procjenjuju genotipove na različite načine tj. putem različitih vrijednosti, što upućuje na raznolikost stabilnosti istraživanih genotipova. To,

međutim, ne govori o vezi između prosječnog prinosa i procijenjenih parametara, kao niti o međusobnoj povezanosti (podudarnosti) u procjeni između pojedinih parametara. Stoga, da bi se utvrdilo postojanje i značajnost navedenih odnosa izračunati su korelacijski koeficijenti i utvrđena njihova značajnost za svaku godinu istraživanja pojedinačno, kao i skupno na razini obje godine istraživanja (tablice 5, 6, i 7).

Tablica 5. Procijenjeni korelacijski koeficijenti (r) između prosječnog prinosa i parametara stabilnosti u 1995. godini

Table 5. Estimated correlation coefficients (r) between mean yield and stability parameters in 1995

	Prosjek / Mean	b_i	S_{di}^2
b_i	0.147		
S_{di}^2	0.029	-0.372	
W_i	0.131	-0.314	0.978**

*F vrijednosti opravdane uz P=0.05; ** F vrijednosti opravdane uz P=0.01

Tablica 6. Procijenjeni korelacijski koeficijenti (r) između prosječnog prinosa i parametara stabilnosti u 1996. godini

Table 6. Estimated correlation coefficients (r) between mean yield and stability parameters in 1996

	Prosjek / Mean	b_i	S_{di}^2
b_i	0.748**		
S_{di}^2	-0.158	0.013	
W_i	-0.445*	-0.336	0.9**

*F vrijednosti opravdane uz P=0.05; ** F vrijednosti opravdane uz P=0.01

U 1995. godini nisu utvrđene značajne korelacije između prosječnog prinosa i procijenjenih parametara. Prinos se nalazio u slaboj pozitivnoj nesignifikantnoj korelaciji sa svim parametrima stabilnosti. S obzirom na odnos između koeficijenta regresije, varijance odstupanja od regresije i ekovalence utvrđene su negativne nesignifikantne, korelacije osim što je vrlo značajna (gotovo potpuna) pozitivna korelacija utvrđena između parametara varijance odstupanja od regresije i ekovalence ($r=0.978^{**}$).

Z. Zdunić et al.: Korelacije između srednje vrijednosti i parametara stabilnosti za prinos zrna kod novostvorenih hibrida kukuruza

Tablica 7. Procijenjeni korelacijski koeficijenti (r) između prosječnog prinosa i parametara stabilnosti

Table 7. Estimated correlation coefficients (r) between mean yield and stability parameters across both years of investigation

	Prosjek / Mean	b_i	S_{di}^2
b_i	0.709**		
S_{di}^2	-0.324	-0.305	
W_i	-0.392	-0.303	0.972**

*F vrijednosti opravdane uz $P=0.05$; ** F vrijednosti opravdane uz $P=0.01$

U 1996. godini utvrđena je jaka, vrlo značajna pozitivna korelacija između prosječnog prinosa i koeficijenta regresije ($r=0.748^{**}$), te negativna značajna korelacija srednje jakosti između prosječnog prinosa i Wricke-ove ekovalence ($r=-0.445^*$). Glede međusobnih odnosa između parametara stabilnosti, kao i prethodne godine, utvrđena je vrlo značajna pozitivna korelacija između varijance odstupanja od regresije i ekovalence ($r=0.9^{**}$). Između ostalih parametara nisu utvrđene signifikantne korelacijske vrijednosti.

S obzirom na iznenađujuće jaku, visoko signifikantnu korelaciju između prinosa i koeficijenta regresije u 1996. godini, a na temelju iz literature podataka koji podržavaju nesignifikantnost između navedenih varijabli (Milas, 1983; Rozman, 1994) i procijenjenih koeficijenata korelacije iz 1995. godine, pokušalo se pronaći uzrok tako visokosignifikantnoj korelaciji u 1996. godini. Osnovna ideja bila je računati koeficijente korelacije kao i do tada između svih parametara uključujući i prinos, ali s tom razlikom što se sada prilikom svakog računanja izuzimao redom po jedan genotip iz cjelokupnog seta od 24 kombinacije. Tako je utvrđeno da je genotip pod brojem 10 (Os89-9×Os2-48) zbog svojih ekstremno niskih vrijednosti (Prosjek=6.94 t ha⁻¹; $b_i=0.237$) najviše utjecao na porast vrijednosti koeficijenta korelacije od svih ostalih kombinacija. Naime, kada se izuzme navedeni genotip tada vrijednost koeficijenta korelacije između prinosa i koeficijenta regresije opada na $r=0.403$. Uobičajeno je da se ovakve genotipove koji narušavaju cjelokupnu sliku odnosa između različitih parametara naziva *outlier-ima*.

Razumljivo je da su ovakve procjene morale utjecati na koeficijente korelacije na razini svih okolina u obje godine istraživanja. Tako je i ovdje utvrđena jaka, vrlo značajna pozitivna korelacija između prinosa i koeficijenta

regresije ($r=0.709^{**}$), dok su korelacije prinosa s drugim parametrima pokazale slabu, negativnu i nesigificantnu vezu. Slični slabi negativni odnosi vladali su između pojedinih parametara. Izuzetak je bila korelacija između varijance odstupanja od regresije i ekovalence gdje je, kao i na razini svake godine posebno, utvrđena pozitivna (gotovo potpuna) visoko signifikantna korelacija ($r=0.972^{**}$).

I ovdje se željelo ispitati kolika bi bila korelacija ako se izuzme outlier (kombinacija pod rednim brojem 10). Tako bi koeficijent korelacije za 23 ispitivana genotipa u ovom slučaju iznosio 0.446^* , što bi također oslabilo vezu između prinosa i koeficijenta regresije i time ju učinilo, čini se, realnijom.

Ovakvi rezultati se u potpunosti podudaraju s rezultatima Beckera (1981), gdje također nisu utvrđene značajne korelacijske vrijednosti između parametara stabilnosti, osim između varijance odstupanja od regresije i ekovalence (0.89^{**} - 0.96^{**}). Prema istom autoru, slične rezultate postigli su Wricke i Weber (1980) kod krumpira. Vasilj i Milas (1984) također nisu utvrdili postojanje značajnih korelacija između prinosa i parametara stabilnosti. Rozman, Vasilj i Kozumplik (1997) nisu procijenili značajnu korelaciju između regresijskih parametara stabilnosti i varijance stabilnosti.

ZAKLJUČCI

Tijekom dvogodišnjih istraživanja na ukupno šesnaest okolina nije utvrđena značajna korelacijska povezanost između procijenjenih parametara stabilnosti (osim između varijance odstupanja od regresije i ekovalence). Ovo upućuje na sljedeće zaključke: 1) prilikom izbora parametara za procjenu stabilnosti prinosa zrna treba koristiti parametre dinamičkog tj. agronomskog koncepta; 2) kod procjene stabilnosti prinosa zrna varijanca odstupanja od regresije i ekovalenca kao parametri mogu zamijeniti jedna drugu. Za preporučiti je korištenje ekovalence, jer je jednostavnija za računanje.

U ovom radu u najvećem broju slučajeva nisu utvrđene statistički opravdane korelacije između prosječnog prinosa zrna i parametara stabilnosti tj. prinos i procijenjeni parametri najčešće se nalaze u međusobno neovisnom odnosu. Ovo navodi na zaključak da je selekcijom moguće doći do kombinacija koje će istovremeno odlikovati visok i stabilan prinos.

LITERATURA

- Becker, H. C.** (1981) Correlations among some statistical measures of phenotypic stability, *Euphytica* 30: 835-840
- Milas, S.** (1983) Metode procjene parametara stabilnosti prinosa nekih hibrida kukuruza i sorata pšenice, Magistarski rad, Fakultet Poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu
- Rozman, L.** (1994) Doprinos oplemenjivanja povećanju i stabilnosti prinosa hibrida kukuruza FAO grupe 100 i 200, Doktorska disertacija, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- Rozman, L., Đ. Vasilj, 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
- Utz, A. F.** (1995): PLABSTAT Version M. Ein Computerprogramm zur statistischen Analyse von pflanzenzüchterischen Experimenten. Selbstverlag Universität Hohenheim, Stuttgart.
- Vasilj, Đ., S. Milas** (1984) Relationship between stability parameters estimated with different methods for some maize and wheat genotypes, *Votr. Pflanzenzuech* 7, 266-279
- Wricke, G., W. E. Weber** (1980) Erweiterte Analyse von Wechselwirkungen in Versuchsserien. In: Kopcke, W and K. Uberla (eds), *Biometrie - heute und morgen*, 87-95

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

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