

"Zbornik radova", Sveska 38, 2003.

## **STABILNOST PRINOSA ZRNA HIBRIDA KUKURUZA RAZLIČITIH FAO GRUPA ZRENJA**

*Ivanović, M., Vasić, N., Bekavac, G.<sup>1</sup>*

### **IZVOD**

U ovom radu proučavana je fenotipska plastičnost za prinos zrna hibrida kukuruza različitih FAO grupa zrenja (400 do 700). Korišćeni su rezultati predkomisijskih oglada sa 6 različitih lokaliteta u 2002. godini.

Procena fenotipske plastičnosti vršena je na osnovu proporcije zbira sume kvadrata ANOV-a lokaliteta i interakcije hibrid x lokalitet, u ukupnoj sumi kvadrata za svaku FAO grupu zrenja. Veća fenotipska plastičnost i približno podjednak prinos zrna (t/ha) hibrida FAO grupa zrenja 400 i 500, u odnosu na grupe zrenja 600 i 700 favorizuju ove hibride za komercijalnu proizvodnju.

KLJUČNE REČI: kukuruz, fenotipska plastičnost, analiza varijanse.

### **Uvod**

Sa agronomskog aspekta dva su osnovna zahteva koje bi komercijalni hibridi trebalo da ispune: visok genetički potencijal rodnosti i stabilnost (fenotipska plastičnost) ovog svojstva u različitim uslovima gajenja. Iako ove dve karakteristike, nažalost, nemaju stabilnu korelacionu povezanost (Eberhart and Russell, 1966; Russell, 1974; Husić i sar., 1999), veći broj istraživača ističe da je oplemenjivanjem moguće stvoriti visokoprinosne i stabilne hibride kukuruza (Eberhart, 1969; Savić i Ivanović, 1985; Petrović i sar., 1988).

Za procenu fenotipske plastičnosti (od početka šezdesetih godina prošlog veka do danas) razvijen je veliki broj statističkih metoda, od kojih većina bazira na adaptiranim modelima regresione analize i analize varijanse. Primenom ovih modela može se proceniti stabilnost između grupa (genotipova, pojedinih faktora ANOV-e, itd.), ili pojedinačnih genotipova u okviru grupa (pomoću regresionih koeficijenata).

Iskustvo u proizvodnji kukuruza u našoj zemlji, u poslednjih nekoliko godina je pokazalo da srednje-rani hibridi ne zaostaju po visini prinosa za

---

<sup>1</sup> Prof. dr Mile Ivanović, naučni savetnik, dr Nenad Vasić, naučni saradnik, dr Goran Bekavac, viši naučni saradnik, Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad.

srednje-kasnim (uz primenu odgovarajuće tehnologije gajenja, pre svega gustine useva). Zbog, istovremeno, niza drugih prednosti srednje ranih hibrida (FAO grupe zrenja 400-500), kao što su: ranija berba, manji udeo vlage u zrnu, jednostavnije čuvanje u skladištima itd., sigurno je da će oni imati sve veći značaj za proizvodnju. Nažalost, dinamika njihovog širenja i dalje je neopravdano spora; posebno u tradicionalno sušnim kukuruznim rejonima.

Cilj ovog rada bio je da prouči stabilnost prinosa zrna novostvorenih hibrida kukuruza različitih FAO grupa zrenja (400 do 700), gajenih na šest različitih lokaliteta u 2002. godini.

Dobijeni rezultati fenotipske plastičnosti i prinosa zrna (između FAO grupa zrenja) mogli bi biti od značaja, kako za praksu, tako i za razvoj novih oplemenjivačkih programa.

### **Materijal i metod rada**

U ovom radu koristili smo rezultate predkomisijskih (mikro) oglada sa novostvorenim hibridima kukuruza Instituta za Ratarstvo i Povrtarstvo - Novi Sad, FAO grupa zrenja 400, 500, 600 i 700. Ogledi su bili zasejani na 10 različitih lokaliteta u Srbiji u 2002. godini. Za analizu odabrani su podaci sa šest lokaliteta, zajednička za sve navedene grupe zrenja (R. Šančevi, Srbobran, Sombor, Pančevo, Sremska Mitrovica i Kikinda).

Dizajn oglada bio je slučajni blok sistem, sa dva ponavljanja i 25 hibrida po ponavljanju, uključujući i standard. Veličina elementarne parcele bila je 10m<sup>2</sup>, a gustina useva iznosila je 60.000 bilj./ha za FAO grupu zrenja 400 i 53.500 bilj./ha za FAO grupe zrenja 500-700, u svim lokalitetima, osim u Sremskoj Mitrovici i Kikindi, gde su FAO grupe 400 i 500 sejane na 63.000 bilj./ha a 600 i 700 u gustini od 57.000 bilj./ha. U svim lokalitetima setva i berba obavljene su mašinski, osim u Srbobranu i R. Šančevima, gde je berba obavljena ručno (zbog ocene zdravstvenog stanja klipa i zrna). Primenjena je standardna tehnologija gajenja kukuruza u uslovima suvog ratarenja. Proučavani su prinos zrna (t/ha sa 14% vode) i procenat vlage u zrnu pri berbi. Rezultati (samo za prinos zrna) obrađeni su metodom analize varijanse (ANOV-a), dvofaktorijalnog oglada (hibrid i lokalitet). Primenjen je mešoviti model (Model III) ANOV-a, gde su hibridi (H) tretirani kao fiksni, a lokaliteti (L) kao slučajni (random) faktor. Konsekventno, pri određivanju F i LSD vrednosti korišćena je varijansa interakcije (H x L) kao pogreška za testiranje značajnosti između hibrida. Testiranje homogenosti varijansi interakcije (H x L) između različitih FAO grupa zrenja, urađeno je standardnim postupkom pomoću F testa (Zar, 1996).

Kao pokazatelj fenotipske plastičnosti za svaku grupu zrenja, poslužila je proporcija suma kvadrata (SS), (zbirno) za lokalitete (L) i interakciju (L x H) u ukupnoj sumi kvadrata.

### **Rezultati**

Sredine kvadrata ANOV-a oba faktora (hibrid, H; i lokalitet, L), kao i njihove interakcije (H x L), bile su signifikantne ( $p < 0,01$ ) za prinos zrna svih ispitivanih FAO grupa zrenja (Tab. 2). Istovremeno, uočava se povećanje vrednosti varijansi

lokaliteta, odnosno smanjenje vrednosti varijansi hibrida, počev od srednje ranih (FAO 400 i 500) prema srednje kasnim i kasnim hibridima (FAO 600 i 700). Relativno niske vrednosti koeficijenta varijacije (CV, oko 10%) kod svih grupa zrenja, ukazuju na prihvatljivu pouzdanost ogleđa.

Tab. 2. Sredine kvadrata (MS) Analize varijanse (ANOVA) za prinos zrna hibrida kukuruza različitih FAO grupa zrenja u 2002. godini (6 lokaliteta).

Tab. 2. Mean squares (MS) from the Analysis of variance (ANOVA) for grain yield of maize hybrids of different FAO maturity groups in 2002. (6 locations).

Izvor varijacije Source of variation	df	MS FAO grupa zrenja ( FAO maturity group)			
		400	500	600	700
Lokalitet (L) Location (L)	5	215,614**	277,549**	278,375**	305,249**
Ponavljajnja / L Reps / L	6	2,031	1,161	1,655	0,763
Hibrid (H) + Hybrid (H) +	24	27,231**	17,174**	9,364**	7,518**
H x L	120	1,610**	1,554**	2,357**	1,560**
Pogreška Error	144	0,951	0,985	0,863	0,910
Ukupno Total	299	CV% 10,48	CV% 10,24	CV% 9,53	CV% 9,49

\*\* $p < 0,01$

+  $F_{H} = MS_{H} / MS_{H \times L}$

Varijansa interakcije (H x L) bila je najveća za hibride FAO grupe zrenja 600 (2,357), što je verovatno posledica specifične reakcije pojedinih hibrida na uslove sredine (npr. stres izazvan sušom u fazi cvetanja). Test homogenosti varijansi interakcije (H x L) signifikantan je ( $p < 0,05$ ) samo za poređenja hibrida FAO grupe 600 sa svim ostalim grupama. Varijanske interakcije između ostalih grupa zrenja (FAO 400, 500 i 700) bile su homogene (Tab. 3).

Tab. 3. Testiranje homogenosti varijansi (F test) interakcije (H x L) između različitih FAO grupa zrenja (ANOVA, Tab. 2).

Tab. 3. Test of homogeneity of variance (F test) of (H x L) interaction, among different FAO maturity groups (ANOVA, Tab. 2).

FAO grupa zrenja FAO maturity group	400	500	600
500	1,036		
600	1,464*	1,517*	
700	1,032	1,004	1,511*

\* $p < 0,05$

Tab. 4. Proporcija sume kvadrata (SS) za hibride (H), lokacije (L) + interakcije (H x L) u ukupnoj sumi kvadrata (ANOV-a, Tab. 2).

Tab. 4. Proportion of the sum of squares (SS) for hybrids (H), and location (L) + interaction (H x L) on the total sum of square (ANOV, Tab. 2).

Izvori varijacija Source of variation	SS (%)			
	FAO grupa zrenja (FAO maturity group)			
	400	500	600	700
L + (L x H)	61	74	82	84
H	31	19	11	9
Ostatak Residual	8	7	7	7
Ukupno Total	100	100	100	100

Tab. 1. Prosečan prinost zrna (t/ha) hibrida kukuruza FAO grupa zrenja 400-700, u 2002. godini (6 lokaliteta, 10 najrodnijih od 25 ispitivanih hibrida po ogledu).

Tab. 1. Average grain yield (t/ha) of maize hybrids of FAO 400-700 maturity groups, in 2002. (6 locations, the 10 top yielding hybrids among 25 examined ones per trial).

Tab. 1a) FAO grupa zrenja 400.

Tab. 1a) FAO 400 maturity group.

Rang hibrida Hybrid rank	Prinos zrna - Grain yield		Udeo vode u herbi (%) Grain moisture (%)
	t/ha	u odnosu na standard (%) relative to the check (%)	
1	11,26	103,89	22,33
2	11,14	102,77	26,18
3	11,13	102,71	24,71
4	10,82	99,84	23,29
5	10,64	98,19	23,65
6	10,60	97,80	24,55
7	10,10	93,20	25,73
8	10,03	92,53	20,63
9	10,01	92,36	23,38
10	9,94	91,71	21,03
Standard (rang 4) Check (rang 4)	10,83	100,00	21,97
$\bar{X}_{10}$	10,57	97,60	23,53
$\bar{X}_{25}$	9,3	85,87	21,58

$LSD_{(HxL)} 0,05 = 1,02$

$LSD_{(HxL)} 0,01 = 1,36$

Proporcije sume kvadrata lokacija i interakcije hibrida i lokacija ( $SS_L + SS_{L(H)}$ ) u ukupnoj sumi kvadrata bile su najmanje za FAO grupu zrenja 400 (61%). Kod hibrida duže vegetacije ova proporcija se postepeno povećavala do vrednosti 84%, kod FAO grupe zrenja 700 (Tab. 4). Obrnuti trend, u približno istoj srazmeri, utvrđen je za udeo  $SS_H$  (hibrida) u ukupnoj sumi kvadrata. Najveća proporcija iznosila je 31% (FAO grupa 400), a najmanja 9% (FAO grupa 700). Dobijeni rezultati jasno ukazuju

da testirani hibridi FAO grupe zrenja 400, potom 500, ispoljavaju veću fenotipsku plastičnost u odnosu na hibride duže vegetacije (FAO grupe 600 i 700).

Tab. 1b) FAO grupa zrenja 500.

Tab. 1b) FAO 500 maturity group.

Rang hibrida Hybrid rank	Prinos zrna - Grain yield		Udeo vode u berbi (%) Grain moisture (%)
	t/ha	u odnosu na standard (%) relative to the check (%)	
1	11,62	107,49	25,87
2	10,92	101,01	24,44
3	10,91	100,94	27,77
4	10,74	99,40	27,38
5	10,59	98,01	23,19
6	10,48	97,00	26,07
7	10,32	95,49	23,23
8	10,27	94,98	24,54
9	10,08	93,23	23,08
10	10,02	92,74	22,13
Standard (rang 4) Check (rang 4)	10,81	100,00	25,84
$\bar{X}_{10}$	10,60	98,06	24,77
$\bar{X}_{25}$	9,69	89,64	24,00

LSD<sub>(HSL)</sub> 0,05 = 1,01

LSD<sub>(HSL)</sub> 0,01 = 1,33

Tab. 1c) FAO grupa zrenja 600.

Tab. 1c) FAO 600 maturity group.

Rang hibrida Hybrid rank	Prinos zrna - Grain yield		Udeo vode u berbi (%) Grain moisture (%)
	t/ha	u odnosu na standard (%) relative to the check (%)	
1	11,59**	121,67	24,22
2	11,37**	119,34	27,26
3	10,65	111,83	27,73
4	10,44	109,57	27,05
5	10,36	108,74	25,30
6	10,29	107,97	30,14
7	10,23	107,35	24,88
8	10,22	107,32	25,40
9	10,13	106,31	26,26
10	10,10	105,99	26,43
Standard (rang 16) Check (rang 16)	9,53	100,00	26,63
$\bar{X}_{10}$	10,54	110,60	26,47
$\bar{X}_{25}$	9,75	102,31	26,23

LSD<sub>(HSL)</sub> 0,05 = 1,24

LSD<sub>(HSL)</sub> 0,01 = 1,64

\*\*<sub>1</sub>, p < 0,01

Prosečan prinos zrna (svih 25 hibrida / ogledu) bio je najmanji za FAO grupu zrenja 400 ( $\bar{X} = 9,30$  t/ha), a najveći za FAO grupu 700 ( $\bar{X} = 10,06$  t/ha; Tab. 1a, 1d). Međutim, posmatrajući prosečne prinose 10 najrodnijih hibrida u svakoj grupi zrenja ( $\bar{X}_{10}$ ), može se zaključiti da su oni bili približno podjednaki (Tab. 1). Samo u grupi zrenja 600 (dva hibrida) i 700 (pet hibrida), ostvaren je signifikantno veći prinos od standarda (Tab. 1c, 1d). Istovremeno, prosečna vlaga u zrnu najrodnijih srednje kasnih i kasnih hibrida bila je na nivou proseka ogleda (Tab. 1c, 1d), dok su najrodniji srednje rani hibridi imali veći udeo vlage u zrnu od prosečne u ogledu (Tab. 1a, 1b).

Tab. 1d) FAO grupa zrenja 700.

Tab. 1d) FAO 700 maturity group.

Rang hibrida Hybrid rank	Prinos zrna - Grain yield		Udeo vode u berbi (%) Grain moisture (%)
	t/ha	u odnosu na standard (%) relative to the check (%)	
1	11,56**	120,27	25,94
2	11,33**	117,84	26,62
3	11,00**	114,45	32,07
4	10,96**	114,06	30,22
5	10,89*	113,28	26,52
6	10,39	108,12	26,08
7	10,38	107,94	31,45
8	10,36	107,82	31,22
9	10,31	107,28	24,39
10	10,27	106,79	25,61
Standard (rang 18) Check (rank 18)	9,61	100,00	25,99
$\bar{X}_{10}$	10,74	111,76	28,01
$\bar{X}_{25}$	10,06	104,68	28,01

LSD<sub>(18x1)</sub> 0,05 = 1,01

LSD<sub>(18x1)</sub> 0,01 = 1,33

\*, p < 0,05

\*\*, p < 0,01

## Diskusija

Osnovni cilj ovih istraživanja bio je da utvrdi moguće razlike u fenotipskoj plastičnosti između hibrida različitih grupa zrenja (dužine vegetacije). Komplementarnim istraživanjima (regresioni koeficijent, na primer; Eberhart and Russell, 1966) moguće je proceniti i stabilnost pojedinih genotipova. Istovremeno, analiziran je i prinos zrna ukupno ispitivanih (25 hibrida) i 10 najrodnijih u svakoj FAO grupi zrenja, odnosno razlike između grupa zrenja u pogledu fenotipske plastičnosti i rodnosti zrna.

Izbor hibrida (kao i kod većine sličnih istraživanja) nije bio slučajan (random), već sistematski. Na osnovu prethodnih istraživanja, izabrani su najrodniji hibridi u svakoj grupi zrenja. Najrodniji, na osnovu ovih rezultata, biće prijavljeni Zavodu za biljne i životinjske genetičke resurse (zvanična procedura

registracije). Zbog toga ovi rezultati mogu imati više praktičnu nego teorijsku implementaciju.

U proteklih desetak godina za procenu fenotipske plastičnosti sve više se primenjuju nešto složeniji statistički modeli (faktorijelna regresija, ANOV-a glavnih komponenti - Principal Component, itd.), uključujući i mogućnost predikcije (Vargas M. et al., 1999). Pojedinačno, ili (pouzdanije) kombinovanjem više modela, rezultati mogu biti od koristi pri izboru materijala u procesu selekcije.

Po pravilu niska ili nepouzdana korelacija između prinosa zrna i parametara stabilnosti (Russell, 1974; Savić i Ivanović, 1985; Jocković i sar., 1995) ne znači i nepremostiv problem u selekciji. Ona pre ukazuje na potrebu da bi selekciju na ova svojstva (prinos i fenotipsku plastičnost) trebalo sprovesti istovremeno.

I najzad, približno isti prosečni prinosi najrodnijih srednje ranih u odnosu na srednje kasne i kasne hibride (Tab. 1), uz istovremeno povoljnije pokazatelje fenotipske plastičnosti, favorizuju ovu grupu hibrida u praksi.

## ZAKLJUČAK

Hibridi FAO grupa zrenja 400 i 500 ispoljili su veću fenotipsku plastičnost za prinos zrna u odnosu na hibride kasnije vegetacije (FAO grupe 600 i 700). Istovremeno, prosečan prinos zrna (t/ha) deset najrodnijih hibrida (od 25 ispitivanih) u svakoj FAO grupi sa 6 lokaliteta u 2002. godini bio je približno podjednak između grupa.

Dobijeni rezultati ovih istraživanja favorizuju srednje rane, u odnosu na srednje kasne i kasne hibride za komercijalnu proizvodnju.

## LITERATURA

- Eberhart, S.A. (1969): Yield stability of single-cross genotypes. Proc. 24<sup>th</sup> Ann. Corn and Sorghum Conf., 22-35.
- Eberhart, S.A., Russell, W. A. (1966): Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6, 36-40..
- Husić, I., Trifunović, S., Rošulj, M., Filipović, M. (1999): Agroekonomske osobine i stabilnost prinosa hibrida kukuruza u završnoj fazi ispitivanja. Selekcija i semenarstvo 1-2: 35-41.
- Jocković, Đ., Popov, R., Vasić, N., Purar, B. (1995): Stabilnost prinosa NS-hibrida kukuruza. Zbornik radova Instituta za Ratarstvo i Povrtarstvo, Novi Sad, 23, 253-260.
- Petrović, R., Stojnić, O., Ivanović, M. (1988): Maturity and yield potential and yield stability in maize (*Zea mays* L.). Genetica 20 (30), 269-279.
- Russell, W. A. (1974): Comparative performance of maize hybrids representing different eras of maize breeding. Proc. 29<sup>th</sup> Ann. Corn and Sorghum Conf., Washington D.C., 81-101.
- Savić, N., Ivanović, M. (1985): Parametri stabilnosti prinosa zrna hibrida kukuruza (*Zea Mays* L.) različitih grupa zrenja . Arhiv za polj. Nauke 46 (16), 3-11.

- Vargas, M., Crossa, J., Eeuwijk, F. A., Ramirez, E. M., Sayre, K. (1999): Using partial least squares regression, factorial regression, and AMMI models for interpreting Genotype x Environment Interaction. *Crop Sci.*, 39, 955-967.
- Zar, J. (1966): *Biostatistical analysis*. Third edition. Prentice-Hall International, Inc., New Jersey, USA.

***GRAIN YIELD STABILITY AMONG MAIZE HYBRIDS  
OF DIFFERENT FAO MATURITY GROUPS***

*Ivanović, M., Vasić, N., Bekavac, G.*

Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad

**SUMMARY**

In this paper we investigated stability (phenotypic plasticity) for grain yield among different FAO maturity groups of maize hybrids (FAO 400 to 700). Twenty five hybrids in each maturity group were tested in a randomized complete block design at six different locations in 2002. The proportion of the location + hybrid x location interaction sum of squares on the total sum of squares within each FAO group were used for evaluation of phenotypic plasticity.

The better performance of yield stability and approximately the same yield potential of the ten top yielded hybrids of the FAO 400 and FAO 500 groups versus FAO 600 and FAO 700 ones, are recommended that groups of hybrids for a commercial production.

KEY WORDS: maize, phenotypic plasticity, analysis of variance.