

## IDENTIFIKACIJA SPECIFIČNIH INTERAKCIJA U OGLEDU PRINOSA ZRNA KUKURUZA

BABIĆ VOJKA, BABIĆ M.<sup>1</sup>

*IZVOD: Cilj istraživanja je bio da se na osnovu specifičnih interakcija genotipova izvrši grupisanje posmatranih spoljnih sredina u manji broj ciljnih sredina i na taj način izvrši preporuka hibrida za gajenje u datim sredinama. U rad je uključeno 15 komercijalnih hibrida kukuruza a ogled je izveden u 6 lokacija i dve godine. Na osnovu rezultata AMMI analize izdvojena su dva hibrida kao nosioci maksimalnog prinosa u ciljnim sredinama. Koristeći informaciju koja je sadržana u Gx $\times$ E interakciji iskorišćena je specifična adaptabilnos u cilju optimiziranja prinosa.*

**Ključne reči:** komercijalni hibridi, AMMI, ciljne sredine

UVOD: Ogledi prinosa obezbeđuju informacije na osnovu kojih oplemenjivači vrše selekciju poželjnih genotipova za dalji proces selekcije i daju preporuke varijeteta za gajenje proizvođačima biljaka. Međutim ova istraživanja su povezana sa nizom problema. Pre svega genotipovi koji se testiraju u više sredina često ne daju isti rang po visini prinosa, što se duguje interakciji. "Cross over" interakcije su one koje unose zabunu u donošenju odluka. Drugi važan ometajući faktor su šumovi (neobjašnjena varijansa). To su nepravilne varijacije u podacima ogleda koje nastaju usled nepredviđenih i neobjašnjivih uzroka i nepreciznosti u izvođenju ogleda. Da ne postoje šumovi eksperimentalni rezultati bi bili tačni i ne bi bilo potrebe za ponavljanjima. Dakle jedno ponavljanje u jednoj lokaciji bi bilo dovoljno da se odredi hibrid kukuruza ili varijetet bilo koje druge kulture, pogodan za gajenje.

Naravno, u stvarnosti interakcija i šumovi su prisutni pa istraživači u poljoprivredi moraju da tragaju za efikasnim statističkim oruđem za ublažavanje konfuzije koju oni stvaraju. Kada počinje statističku analizu novog ogleda prinosa istraživač je suočen sa izborom najadekvatnijeg modela. Iako se izbor bazira na opštem predhodnom iskustvu

i uvidu u konkretan materijal, a kako određeni istraživački prijekti variraju u svojoj nameni i pitanjima na koja treba da daju odgovore, dobar izbor uopšte nije lak. Naravno, iskustvo nam govori da "najbolji model" treba tražiti među nekoliko vodećih modela.

Bolja statistička analiza dizajna tretmana, u ovom slučaju AMMI analiza, se pokazala kao izuzetno štedljiv model jer postizanje preciznosti sa AMMI analizom ogleda prinosa sa 4 ponavljanja isto toliko je veliko kao i analiza bez korišćenja ovog modela sa 7 do 15 ponavljanja (Gauch, 1992).

Tek je Kempton 1984 obezbedio prvu suštinsku primenu AMMI analize na oglede prinosa. Ovaj rad je naglasio AMMI biplot grafik kao izuzetno statističko oruđe za razumevanje kompleksa Gx $\times$ E interakcija (Gauch, 1992).

Posle toga su Gauch (1988, 1990, 1992) i Gauch i Zobel (1987) u svojim radovima prikazali značajnu preciznost u predviđanju i statističku efikasnost AMMI modela. Zatim su Gauch i Zobel (1989) dali njegovu primenu u efikasnijoj i preciznijoj selekciji.

Nakon toga slede brojni radovi koji naglašavaju vrednost AMMI modela u interpretaciji kompleksa Gx $\times$ E interakcija (J. Crossa et al.,

Originalni naučni rad (Original scientific paper)

<sup>1</sup> Dipl.inž VOJKA BABIĆ, istraživač saradnik, Dr MILOSAV BABIĆ, Institut za kukuruz "Zemun Polje", Beograd - Zemun

1990, 1991, Gauch, 1990, Gauch, 1992, p 231-236, J. Moreno-Gonzalez et al., 1997).

Ogledi u više sredina su važni u oplemenjivačkim i agronomskim programima koji se bave proučavanjima stabilnosti i proceni performansi prinosa kroz lokacije. Različiti odgovori genotipova na promene sredine predstavljaju interakciju. AMMI model odvaja interakciju od srednje vrednosti a onda je razlaže PCA analizom na više principal component osa. Razlažući TxE (tretman puta sredina) interakciju u više dimenzija otvaraju se veće mogućnosti za njeno proučavanje i predstavljanje nego što to nudi analiza varijanse ili različiti regresioni pristupi. (Mateo Vargas et al., 2001).

G. Jerko (2001) u svojoj doktorskoj disertaciji naglašava važnost otkrivanja i ocene interakcije u oplemenjivanju biljaka kao i mogućnosti različitih pristupa u rešavanju ovog važnog problema. Upoređujući više modela zaključuje da je, bez podataka o svojstvima okoline, bilo moguće uspešno primeniti samo AMMI model. Na taj način, primena AMMI modela može predstavljati značajan doprinos izboru najboljih genotipova u procesu oplemenjivanja biljaka jer otkriva osetljivost genotipova na promene uslova sredine, kao i njihovu prilagođenost na specifične uslove.

Tako kompleksan skup podataka kao što su podaci o interakciji teško je razumeti sa uobičajenom analizom varijanse. Kako ANOVA predstavlja aditivni model koji ne razmatra interakciju ona je uglavnom na ovaj način ignorisana. Pošto u brojnim slučajevima kompleks GxE interakcija postoji u veoma značajnom obimu on komplikuje rad na preporuci varijeteta. U svom radu na travama (*Poa pratensis* L. i *Lolium perenne* L.) J. S. Ebdon i H. G. Gauch, (2002), su pokušali, na osnovu specifičnih interakcija i AMMI analize, da razumeju zašto genotipovi reaguju sa sredinom. U oba eksperimenta GE interakcija se mogla objasniti kroz biološke odgovore delom kao posledica nivoa agrotehnike a delom kao otpornost na bolesti. Takođe sugerišu da ako je cilj, preporuka najboljeg genotipa za dato područje, prednost uvek treba dati onom genotipu koji ima najveći AMMI prilagođeni prinos.

Primećujući da je procena prinosa samo na osnovu glavnih, genotipskih i efekata sredine nedovoljno efikasna S. Omar PB. Samote et al. (2005), u svojoj studiji prikazuju

značajnost AMMI modela u rasvetljavanju GE interakcija.

U slučajevima kada su oba, i glavni i efekat interakcije značajni, AMMI model predstavlja model izbora. Međutim kako AMMI model predstavlja familiju modela od AMMI0 do AMMIF, izbor mora biti napravljen između članova AMMI familije. Kako model uključuje nekoliko izvora: glavni genotipski efekat, glavni efekat sredine i interakciju sa 0 do F PCA osa, izbor mora biti napravljen upravo kod broja PCA osa.

## Materijal i metode

Obzirom na relativno učešće srednje kasnih i kasnih hibrida kukuruza u ukupno zasejanim površinama, za istraživanje je odabrano 15 hibrida (FAO 400-700) i to : ZP-42a, ZP-599, ZP-677, ZP-732, ZP-480, ZP-570, ZP-704, ZP-735, st. 500, ZP-580, ZP701, st.600 (standard), ZP-533, ZP-633, ZP-753.

Ogled je postavljen po slučajnom blok sistemu sa četiri ponavljanja tokom dve godine u šest lokacija (ukupno 12 spoljašnjih sredina). Površina elementarne parcele je 8.736 m<sup>2</sup>, a gustina useva iznosila je 54.000 biljaka.

Podaci su prvo urađeni klasičnom dvofaktorijskom analizom varijanse (ANOVA) a nakon toga su se, na osnovu podele GE interakcijskog efekta AMMI modelom (Additive main effect and multiplicative interaction), identifikovali ciljni genotipovi za ciljne sredine. AMMI model kombinuje aditivni i interakcijski efekat i predstavljen je sledećom jednačinom:

$$Y_{ger} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \rho_{ge} + \lambda_n + \gamma_{gn} + \delta_{en} + \varepsilon_{ger}$$

$\mu$  - opšta sredina

$\alpha_g$  - genotipska devijacija opšte sredine  $\alpha_g$

$\beta_e$  - devijacija sredine

$\rho_{ge}$  - ostatak

$\lambda_n$  - pojedinačna vrednost za PCA n ose

$\gamma_{gn}$  - genotipski eugen- vektor za osu n

$\delta_{en}$  - eugen- vektor sredine

$\varepsilon_{ger}$  - greška

Prihvaćeni su stepeni slobode određeni po Gollob ovom metodu (Gauch, 1992).

Pri istraživanju se pošlo od pretpostavke da se komercijalni ZP hibridi kukuruza razlikuju kako po prosečnom prinosu tako i po specifičnim reakcijama na uslove spoljašnje sredine. Da bi smo optimizirali prinos,

uprkos GE interakciji, koja prouzrokuje pojavu da jedan superioran genotip ne "pobeduje" svuda i uvek, nužna je podela rejonu gajenja na manje ciljne sredine. Pošlo se od pretpostavke da se podela može izvršiti ne samo na osnovu geografsko klimatskih faktora već i na osnovu specifičnih interakcija genotip puta sredina u ovom slučaju za osobinu prinosa zrna, koja je i inače od primarnog značaja za proizvođače.

## Rezultati i diskusija

Kao što se i pretpostavilo, komercijalni ZP hibridi kukuruza se razlikuju po visini prosečnog prinosa. U tabeli 1 predstavljena je analiza varijanse urađena po ANOVA modelu. Ona nam ukazuje na visoku značajnost i glavnih efekata i interakcije. U takvim slučajevima AMMI model predstavlja model izbora.

**Tab. 1** Tabela analize varijanse ANOVA modela

**Tab. 1** Table of Analysis of Variance for ANOVA model

Izvori Var.	df	SS	MS	F
Lokacije	11	5462,149	496,559	99,513**
Pon.(Lokacije)	36	179,635	4,990	5,122**
Genotipovi	14	116,383	8,313	8,532**
Lok. x Genot.	154	362,288	2,353	2,415**
Greška	504	491,052	0,974	
Total	719	6611,539	9,195	

CV = 10.79 ; \*\*P < 0,01

**Tab. 2** Analiza varijanse za AMMI2 model

**Tab. 2** Anallysis of Variance for AMMI2 model

Izvor varijacije	DF	SS	% šuma	MS
Sredine	11	5462,02	0,20	496,55**
Blokovi	36	179,57	19,53	4,99**
genotipovi	14	116,42	11,72	8,31**
GxE	154	362,39	41,41	2,35**
PCA 1	24	120,01	19,49	5,00**
PCA 2	22	80,00	26,79	3,64**
Ostatak	108	162,38	64,80	1,50*
Greška	504	491,08		0,97
Tretman	179	5940,81		33,19
Total	719	6611,46		9,19

\* P < 0,05; \*\* P < 0,01

Tabela 2 predstavlja analizu varijanse AMMI modela .U ovom slučaju AMMI 1 obuhvata 95.9 % od SS tretmana, a AMMI koji uključuje dve PCA ose obuhvata 97.27 % od sume kvadrata tretmana .

Iz analize varijanse AMMI modela možemo uočiti kako je udeo glavnog genotipskog efekta u SS tretmana 2% a udeo GxE interakcije 6% što zajedno predstavlja 8%. Kako se izbor genotipova i time ciljnih sredina zasniva isključivo na genotipskom i interakcijskom efektu a kako on obično sadrži samo 10-40% od ukupne varijacije tretmana (Gauch and Zobel, 1997) možemo zaključiti

kako statističke analize često obuhvataju veliki deo nebitnih informacija koje otežavaju valjanu odluku.

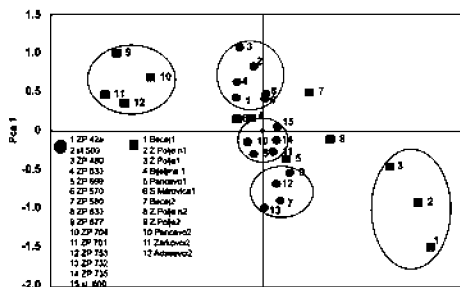
Interakcija sadrži najveći procenat šuma. Za dati ogled prinosa to iznosi 41.41%. Dalje možemo zaključiti da je PCA 1 osa opterećena sa 19% šuma i da obuhvata 57% informacije sadržane u sumi kvadrata interakcije, dok PCA 2 osa obuhvata 38% od ove informacije. Dakle AMMI model sa dve PCA ose obuhvata 94% od sume kvadrata interakcije bez šuma iz kojih razloga smo se opredelili za AMMI2 model.

Odnos informacije i šuma u sumi kvadrata tretmana iznosi 33.1, a kada je u pitanju suma

kvadrata interakcije taj odnos iznosi 1.4 što je preko dvadeset puta manje. Iz ovoga možemo zaključiti da korisna informacija koju dobijamo od interakcije može jako brzo biti anulirana šumom. Upravo zbog činjenice da su PCA ose višeg reda veoma opterećene šumom najčešće kod izbora AMMI modela izbor pada na AMMI1 ili AMMI2 (koji uključuju jednu ili dve PCA ose, respektive)

**Graf. 1. AMMI1 Biplot (prinos-Pca1)**

**Graf. 1. AMMI1 Biplot (yield-Pca1)**



Grafikon 1 predstavlja biplot grafikon sa prinosom na apscisi i PCA1 osom na ordinati. Krugovima su predstavljeni genotipovi a kvadratima spoljne sredine. Na grafikonu se vidi da i genotipovi i sredine variraju kako po prosečnom prinosu tako po interakcijskom efektu. Variranje sredina je daleko veće kada je u pitanju prosečan prinos što je i razumljivo ako se zna da su u ogled uključeni komercijalni hibridi sa visokim potencijalom rodnosti. Na biplotu se uočavaju tri grupe genotipova i za svaku od njih po jedan genotip kao pobednik. U gornjoj polovini se nalaze genotipovi 1-ZP 42a, 2-st. 500, 3-ZP 480, 4-ZP 533, 6-ZP 570, i genotipom br 8-ZP

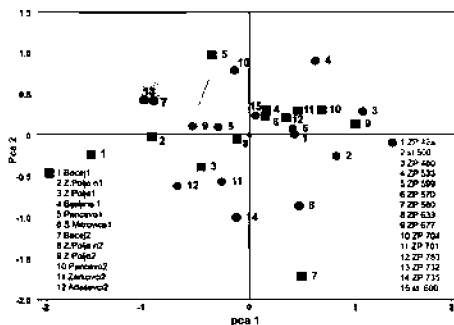
633 koji predstavlja pobednika za tu grupu. U drugoj grupi, koja se može smatrati i grupom sa najvećom stabilnošću nalaze se genotipovi 5-ZP 599, 10-ZP 704, 11-ZP 701, 14-ZP 735 i genotipom 15-st 600 kao pobednikom. Obzirom da se njihove srednje vrednosti prinosa nalaze oko opšte sredine a vrednosti PCA skora oko nule genotipovi ove grupe se mogu smatrati stabilnim. U trećoj grupi se nalaze genotipovi 9-ZP 677, 12-ZP 753, 7-ZP 580 i sa genotipom 9-ZP 677 kao pobednikom. Istovremeno se vidi da je ova skupina sa najvećim potencijalom rodnosti.

Takođe se uočava da niske prosečne prinose i pozitivne vrednosti interakcije imaju sredine 9, 10, 11, 12. Prosečan prinos oko proseka i malu interakciju imale su sledeće lokacije: 4, 5, 6 i uslovno lokacije 7 i 8. U treću skupinu se izdvajaju lokacije sa visokim prinosima i visokim interakcijama, a to su lokacije 1, 2 i 3.

Posmatrajući prosečne padavine u toku vegetacije za date lokacije u obe godine ispitivanja jasno se vidi da je visina PCA1 skora u korelaciji sa visinom padavina (korelacija ranga 0.86)

**Graf. 2. AMMI2 Biplot (Pca1-Pca2)**

**Graf. 2. AMMI2 Biplot (Pca1-Pca2)**



**Tab. 3 Rezultati za ciljne sredine 1 i 2 (t/ha)**

**Tab. 3 Results for target environments 1 and 2**

Ciljna sredina 1	Očekivani prinos ZP 677	Ciljna sredina 2	Očekivani prinos ZP 580
Z.Polje suvo 1	13,114	Bečej 1	14,892
Bijeljina 1	9,478	Z.Polje n 1	14,170
S.Mitrovica 1	9,139	Pančevo 1	10,882
Bečej 2	10,516		
Z.Polje n.2	11,514		
Z.Polje suvo 2	5,756		
Pančevo 2	6,797		
Žarkovci 2	5,774		
Adaševci 2	6.31898		

Grafikon 2 predstavlja AMMI biplot 2 sa PCA1 osom kao apscisom i PCA2 osom kao ordinatom. Vidimo da se i genotipovi i sredine razlikuju po visini PCA1 i PCA2 skora. Dalje se uočava da ako izuzmemo sredine 2 i 5 lokacije imaju manje variranje PCA2 vrednosti. Deleći oblast biplota na 70x70 polja i preračunavanjem AMMI2 očekivanog prinosa dobijene su dve ciljne sredine koje imaju različite favorite (ZP 677 i ZP 580). Na taj način izvršeno je grupisanje ispitivanih spoljnih sredina u dve grupe (Tab. 3)

Na ovaj način potvrdili smo pretpostavku da se interakcija GxE može koristiti za optimiziranje prinosa kada jedan superioran genotip ne pobeđuje uvek i svuda. Da je istovremeno moguća superiorna selekcija sa obe, i širokom i uskom-specifičnom adaptabilnošću navode J. Crossa et al. (1991), koristeći AMMI i klaster analizu u svom radu na multilokacijskom ogledu pšenice.

Veoma često istraživači sprovode ogled prinosa u veoma širokom arealu a onda svoju odluku zasnivaju pretežno na prosečnim

vrednostima genotipa, zanemarujući interakciju. Svakako da su podaci od R ponavljanja relevantni za datu procenu prinosa ali su i podaci GxRxE takođe važni i zaslužuju određenu pažnju. AMMI i viši modeli koriste podatke GxRxE opažanja i na taj način, koristeći više podataka, daju i precizniju procenu budućeg prinosa.

### Zaključak

Praktično, najveća korist od upotrebe AMMI analize je bolje razumevanje genotipova, sredina i kompleksa njihovih interakcija, što može biti primenjeno kod donošenja mnogih odluka uključujući preporuke varijeteta za date sredine kao i smanjenje broja test sredina i definisanju ciljne sredine. Koristeći informaciju koja je sadržana u GxE interakciji koristimo usku adaptabilnost genotipa u cilju dobijanja optimalnog prinosa u datoj sredini. Na taj način možemo dati veći doprinos napredku poljoprivredne proizvodnje.

### LITERATURA

- CROSSA, J., GAUCH, H. G. JR. and ZOBEL, R. W. (1990). Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis of Two International Maize Cultivar Trials. *Crop Sci.* 30:493-500.
- CROSSA, J., PFEIFFER, P. N., RAJARAM, S. and GAUCH, H. G. Jr. (1991): AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. *TAG* 81: 27-37.
- EBDON, J. S. and GAUCH, H. G. Jr. (2002): Additive Main Effect and Multiplicative Interaction Analysis of National Turfgrass Performance Trials. *Crop Sci.* 42:489-496.
- GAUCH, H. G. Jr and ZOBEL, R.W. (1988): Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials. *TAG* 76:1-10.
- GAUCH, H. G. Jr. (1990): Full and reduced models for yield trials. *TAG* 80: 153-160
- GAUCH, H. G. Jr. (1990): Using Interaction to Improve Yield Estimate Genotype-By-Environment Interaction and Plant Breeding. Louisiana State University. P 141-150
- GAUCH, H. G. Jr., (1992): Statistical analysis of regional yield trials. Cornell University, Ithaca, USA
- GAUCH, H. G. Jr. and RICHARD W. ZOBEL (1997): Identifying Mega-Environments and Targeting Genotypes. *Crop Sci.* 37:311-326.
- GURNJACA, JERKO (2001): Interakcija genotip x okolina u nebalansiranim serijam apokusa. Doktorska teza, Sveuciliste u Zagrebu.
- VARGAS, M., CROSSA, J., VANEUWIJK, F., SAYRE, K. and REYNOLDS, M. (2001) Interpreting Treatment x Environment Interaction in Agronomy Trials. *Agronomy Journal* 93:949-960
- MORENO-GONZALEZ, J., CROSSA, J. and CORNELIUS, P. L. (1997): Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Model. *Crop Sci.* 43:6
- OMAR, S., SAMOTE, P. B., WILSON, L.T., MCCLUNG, ANNA and MWDLEY, C. (2005): Targeting Cultivars onto Rice Growing Environments Using AMMI and SREG GGE Biplot Analyses. *Crop Sci.* 45:2414-2424.

## IDENTIFICATION OF SPECIFIC INTERACTIONS IN MAIZE GRAIN YIELD TRIALS

BABIĆ VOJKA, BABIĆ M.

### SUMMARY

Purpose of investigation was to group test environments in less number of target environments on the basis of specific interactions of genotypes. Fifteen commercial maize hybrids were investigated. Trials were conducted in six locations during two years. Two hybrids were detected as carriers of maximal grain yield in target environments. By use of information from GxE interaction, narrow adaptability for maize was utilized.

**Key words:** commercial hybrids, AMMI, target environments.