

## POREĐENJE PARAMETARA STABILNOSTI PO FINLAY-WILKINSON, EBERHART-RUSSELL I AMMI MODELU

BABIĆ M., BABIĆ VOJKA, DELIĆ N., PRODANOVIĆ S., ANĐELKOVIĆ VIOLETA<sup>1</sup>

### *Izvod*

*Opšte je poznato da se fenotip formira na osnovu kapaciteta svog genotipa pod uticajem faktora spoljašnje sredine. Prisustvo kvalitativne interakcije značajno otežava izbor najboljih genotipova u procesu selekcije. Još su ranih šezdesetih godina istraživači primetili da se primenom linearne regresije može, u velikom broju slučajeva, definisati adaptabilnost i stabilnost genotipa. Međutim, u slučajevima kada podaci nisu dobro prilagođeni linearnom modelu bolji rezultati se postižu primenom multivarijacionih modela (PCA, AMMI, GGE).*

*U ovim istraživanjima izvršeno je poređenje procene stabilnosti hibrida kukuruza pomoću linearnih (Finlay u Wilkinson, Eberhart u Russell, modeli) i multivarijacionog modela statistike (AMMI model). Sva tri modela su dala veoma slične rezultate. Prednost se ipak daje AMMI modelu jer model sa jednom osom podjednako dobro kao i linearni modeli analizira interakciju, dok je model sa dve ose izdvojio još jedan deo sistematske varijacije interakcijskog efekta koji nije prilagođen linearnom modelu.*

***Ključne reči:*** AMMI, kukuruz, parametri stabilnosti

---

<sup>1</sup> Originalni naučni rad (Original scientific paper)  
dr MILOSAV BABIĆ, viši naučni saradnik, dr VOJKA BABIĆ, naučni saradnik, dr NENAD DELIĆ, viši naučni saradnik, VOLETA ANĐELKOVIĆ, viši naučni saradnik, Institut za kukuruz Zemun Polje, Slobodana Bajića 1, 11185 Beograd. dr SLAVEN PRODANOVIĆ, redovni profesor, Poljoprivredni Fakultet Zemun-Beograd

## Uvod

Činjenica da jedan hibrid ne ispoljava elitne proizvodne performanse u različitim agroekološkim uslovima nameće potrebu stvaranja hibrida prilagođenih različitim uslovima spoljašnje sredine. U tom smislu hibridi mogu biti široko adaptirani (pokazuju dobre proizvodne performanse u širem spektru različitih uslova spoljne sredine) i usko adaptirani (dobro prilagođeni specifičnim uslovima spoljne sredine). Sa stanovišta semenskih kompanija, široka adaptiranost ima niz prednosti, posebno u smislu organizacije semenske proizvodnje i nastupa na tržištu. Sa druge strane proizvođači su zainteresovani da dođu do najboljeg hibrida za sopstvene uslove zemljišta, klime i proizvodne prakse. Stabilnost prinosa se u statističkom smislu izražava kroz interakciju genotipa i spoljašnje sredine. Interakcija predstavlja deo varijacije ogleada koji uključuje genotip i uticaj faktora spoljašnje sredine (Dimitrijević i Petrović, 2000). U višelokacijskim sortnim ogledima upoređuje se potencijal rodnosti većeg broja sorti (hibrida) u više spoljnih sredina. Genotipovi se veoma često razlikuju u odgovoru na različite uslove sredine kada dolazi do promene u rangu genotipova. Ova pojava naziva se kvalitativna ili kross-over interakcija. Njeno prisustvo značajno otežava izbor najboljih genotipova u procesu selekcije. Još su ranih šezdesetih godina istraživači primetili da se primenom linearne regresije može, u velikom broju slučajeva, definisati adaptabilnost i stabilnost genotipa. Kompleksna pojava kao što je interakcija teško se može objasniti jednim univerzalnim pokazateljem kako to pokušavaju brojni rani koncepti stabilnosti. U slučajevima kada podaci nisu dobro prilagođeni linearnom modelu bolji rezultati se postižu primenom hibridnih modela koji u nekom svom delu primenjuju dekompoziciju pojedinačnih

vrednosti matrice (PCA, AMMI, GGE) (Babić et al., 2011). Primena savremenih statističkih metoda kao što je AMMI model (*Additive Main effects and Multiplikative Interactions*; Glavni aditivni efekti i multiplikativna interakcija), omogućava identifikaciju većeg broja sistematskih varijacija unutar interakcijskog efekta koji mogu da imaju prepoznatljiv uzrok (Gauch, 1992). Primenom ovog modela iz interakcijskog efekta je izdvojen deo sistematskog variranja koji se odnosi na dužinu vegetacije kod hibrida i na količinu padavina u toku vegetacije za spoljne sredine (Babić et al., 2010). Bolje razumevanje genotipova, spoljnih sredina i njihovih interakcija utiče na kvalitetnije procene prinosa i obezbeđuje kvalitetnije odgovore na pitanja koja su od značaja u oplemenjivanju biljaka. Međutim, kada se govori o stabilnosti prinosa određenog genotipa, mora se imati na umu da ona može biti posledica različitih faktora, kao što su tolerantnost prema suši ili otpornosti na najvažnije bolesti ili štetočine. Zbog toga stabilnost genotipa, utvrđena u jednom setu eksperimenata, ne može biti generalizovana. Ona prvenstveno predstavlja određenu stabilnost genotipa na prevalentni stresni faktor u momentu izvođenja eksperimenta. Stoga kada je GxE interakcija značajna, njenu prirodu, uzroke i posledice treba pažljivo razmotriti. Oplemenjivači koji žele da kreiraju visoko prinodne genotipove za širok spektar spoljnih sredina moraju ovo imati na umu.

U ovim istraživanjima izvršeno je poređenje procene stabilnosti hibrida kukuruza pomoću linearnih (Finaly i Wilkinson, Eberhart i Russell, modeli) i multivariacionog modela statistike, AMMI modela. Sva tri modela su dala veoma slične rezultate. Verovatno iz razloga što u interakciji hibrida i spoljnih sredina dominira po jedan važan faktor koji na nju najviše utiče (različita količina padavina

za sredine i dužina vegetacije za hibride). Prednost se ipak daje AMMI modelu jer model sa jednom osom podjednako dobro kao i linearni modeli analizira interakciju, dok je model sa dve ose izdvojio još jedan deo sistematske varijacije interakcijskog efekta koji nije prilagođen linearnom modelu.

### Materijal i metode

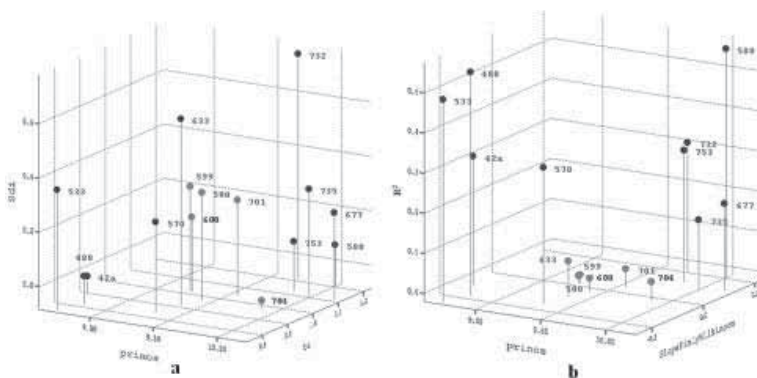
Za dato istraživanje odabran je sortni ogled sa 15 komercijalnih hibrida kukuruza sa ciljem da se istraži u koliko su saglasnosti rezultati stabilnosti prinosa dobijeni na osnovu AMMI, Eberhart-Ruusel i Finlay-Wilkinson modela. Ogledi su postavljeni po slučajnom blok sisemu u četiri ponavljanja, šest lokacija, dve gustine setve ( $G1=54\ 900\ \text{b/ha}$ ,  $G2=64\ 900\ \text{b/ha}$ ) i dve godine (24 spoljne sredine).

Urađeni su parametri stabilnosti, za prinos zrna, po Eberhart-Ruusel (1966) i Finlay-Wilkinson (1963) modelima u čijoj osnovi je linearna regresija, a zatim je stabilnost analizirana AMMI modelom (Matmodel verzija 1, Iowa State University). AMMI model je hibridni model koji uključuje dve analize, analizu varijanse (ANOVA) i analizu glavnih komponentanta (PCA). U prvom koraku primenjuje se analiza varijanse koja ukupnu varijaciju ogleda razdvaja na

glavne aditivne efekte (genotipovi i sredine), a neaditivni deo-interakciju samo izdvaja iz ukupne varijacije ogleda ali je dalje ne analizira. Nakon izdvajanja aditivnih izvora varijacije, na neaditivni, multiplikativni deo-interakciju genotipa i spoljne sredine (GxE) primenjuje se PCA analiza. Na taj način se pored izdvajanja glavnih aditivnih izvora varijacije (genotipova i spoljnih sredina) iz same interakcije izdvaja još jedan deo sistematske varijacije koji može da ima prepoznatljiv uzrok.

### Rezultati i diskusija

Po Eberhart-Russell modelu genotipovi se smatraju stabilnim ako je koeficijent regresije blizak jedinici, a odstupanje od regresije što je moguće menje, blisko nuli. Po Finlay-Wilkinson modelu genotip se smatra stabilnim ako je nagib na liniju regresije blizak nuli, a parametar  $R^2$  takođe što je moguće manji. Stoga se po Eberhart-Russell modelu hibridi ZP-701, ZP-599, ST-600, ST-500 i ZP-704 mogu smatrati stabilnim (Graf. 1a). Po Finlay-Wilkinson modelu isti hibridi se mogu smatrati stabilnim (ZP-701, ZP-599, ST-600, ST-500 i ZP-704), stim što im se može pridodati i hibrid ZP-633 (Graf. 1b).

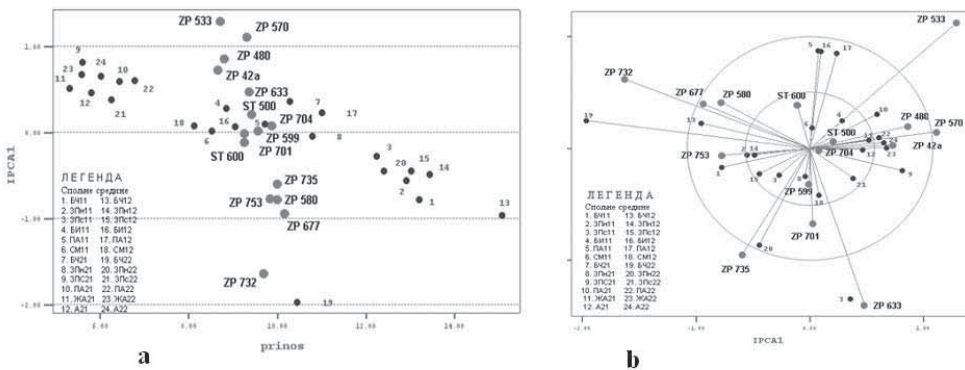


Grafik 1: Parametri stabilnosti po Eberhart-Russell (a) i Finly-Wilkinson (b) modelu

Jedna od glavnih zamerki, koje se sreću u novijoj literaturi, a usmerene su ka ranim konceptima stabilnosti, koji se zasnivaju na linearnoj regresiji, je ta što se dobri rezultati postižu samo onda kada su podaci dobro prilagođeni linearnom modelu. Zato je na podacima primenjen i AMMI model. Hibridi

ZP-599, ZP-701, ZP-704, ST-500 i ST-600 imaju prosečne vrednosti prinosa oko opšteg proseka i male vrednosti prve interakcijske komponente (IPCA1 osa), pa se oni, na osnovu AMMI1 modela mogu smatrati stabilnim (Graf. 2a).

Graph 2: Eberhart-Russell (a) and Finly–Wilkinson (b) stability parameters



Grafik 2: AMMI1(a) i AMMI2(b) biploti

Graph 2: AMMI1 and AMMI2 biplots

Međutim na AMMI2 biplot grafikonu, gde su prikazane vrednosti prve dve interakcijske ose (IPCA1 i IPCA2), uočava se da najmanje interakcijske vektore imaju hibridi ZP-599, ZP-704, ST-500 i ST-600, koji se nalaze u oblasti jedne standardne devijacije interakcijskih vektora. Hibrid ZP-701, koji po linearnim modelima spada u stabilne, ovde je srednje stabilan (u oblasti je dve standardne devijacije interakcijskih vektora), dok je hibrid ZP-633 nestabilan (Graf. 2b).

Upoređujući ova tri modela vidimo da linerani modeli daju gotovo identične rezultate kao i AMMI model sa jednom osom. AMMI model koji uključuje dve ose izdvaja još jedan deo sistematske varijacije iz interakcije na

osnovu koje se hibridi ZP-701, a posebno ZP-633 ne mogu smatrati stabilnim. Zato, prilikom procene stabilnosti prinosa hibrida kukuruza prednost treba dati AMMI modelu. AMMI model sa jednom osom podjednako dobro kao linearni modeli analizira interakciju, dok svaka naredna interakcijska komponenta može da izdvoji još jedan deo sistematskog variranja podataka sortnog ogleada koji linearni modeli nisu u mogućnosti. Stoga se sve češće mogu sresti preporuke da se u komercijalnim programima oplemenjivanja, prilikom analize rezultata višelokacijskih sortnih ogleada, osim ANOVE koja se rutinski koristi, uključe i neki od multivarijacionih modela statistike.

### Zaključak

Interakcija predstavlja deo varijacije ogleđa koji uključuje faktor genotipa i faktor spoljašnje sredine. Stabilnost prinosa se u statističkom smislu izražava kroz interakciju genotipa i spoljašnje sredine. Kada govorimo o interakciji i stabilnosti genotipa moramo imati na umu da oni mogu biti posledica mnogih faktora sredine, kao što su suša ili neke bolesti i štetočine. Stoga stabilnost genotipa definisana u jednom setu ogleđa pre svega predstavlja stabilnost genotipa na prevalentni stresni faktor u momentu izvođenja eksperimenta. Linearni modeli daju dobre rezultate kada su podaci dobro prilagođeni linearnom modelu, odnosno kada je u interakciji prisutan jedan prevalentni faktor. U svim drugim slučajevima multivarijacioni modeli daju bolje rezultate. Međutim, prilikom primene svih modela koji uključuju dekompoziciju pojedinačnih vrednosti matrice posebna pažnja se mora obratiti na odabir broja osa koji će se zadržati u modelu (od mogućeg broja). Najčešći je slučaj da je dovoljno zadržati u analizi jednu do tri ose (Crossa, 1990). Prilikom izbora većeg broja osa može se dogoditi da negativan efekat šuma (koji je u najvećoj meri smešten u interakcijskim osama većeg reda) nadvlada efekat korisne informacije (koja najčešće prevladava u interakcijskim osama nižeg reda). Još jedna prednost primene AMMI ili srodnih modela je u tome što se veoma često dešava da su parametri ovih modela u korelaciji sa nekim parametrima sredine. Stoga se na osnovu njihovih rezultata mogu utvrditi i uzročni faktori interakcije genotipova uključenih u ogled. Zato bi trebalo, uvek kada je to moguće, višelokacijske sortne ogledе analizirati nekim od multivarijacionih modela, čime bi se postigla veća preciznost u odabiru superiornih genotipova i bolje preporuke

proizvođačima (Gauch, 2006).

### Zahvalnica

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije jer je finansiranjem Projekta TR31068, omogućila delimično finansiranje ovog istraživanja.

### Literatura

- BABIĆ, V., BABIĆ, M., IVANOVIĆ, M., KRALJEVIĆ-BALALIĆ, M. and DIMITRIJEVIĆ, M. (2010): Understanding and utilization of genotype-by-environment interaction in maize breeding. *Genetika*, Vol 42 (1): 79 -90.
- BABIĆ, V., BABIĆ, M., IVANOVIĆ, M., FILIPOVIĆ, M. (2011): Pattern in interaction in the maize yield trial. *Journal of agricultural sciences* Vol. 56 (2): 101-110.
- CROSSA, J. (1990): Statistical analyses of multilocation trials. *Advances in Agron.* 44, 55-85.
- DIMITRIJEVIĆ, M. i PETROVIĆ, S. (2000): Adaptabilnost i stabilnost genotipa. *Selekcija i semenarstvo VII* (1-2): 21-28.
- EBERHART, S.A. and RUSSELL, W.A. (1966): Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*6: 36-40.
- FINLAY, K.W. and WILKINSON, G.N. (1963): The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.* 14: 743-754.
- GAUCH, H.G.JR. (1992): Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs. Elsevier science publishers B. V., Amsterdam, The Netherlands.
- GAUCH, H.G.JR. (2006): Statistical Analysis of Yield Trials by AMMI and GGE. *Crop. Sci.* 46: 1488-1500.

---

**THE COMPARISON OF STABILITY PARAMETERS ACCORDING TO THE FINLAY-WILKINSON, EBERHART-RUSSELL AND AMMI MODEL**

BABIĆ M., BABIĆ VOJKA, DELIĆ N., PRODANOVIĆ S., ANĐELKOVIĆ VIOLETA

**Summary**

It is generally known that a phenotype is formed on the basis of the capacity of its genotype affected by environmental factors. Yield stability is statistically expressed through the GxE interaction. The interaction is a part of the trial variation that includes the factor of the genotype and the factor of the environment. The presence of the qualitative interaction significantly makes difficult the selection of the best genotypes in the process of breeding. As long ago as the early 1960s, many researchers noticed that the application of linear regression could, in many cases, define adaptability and stability of a genotype. However, in cases when data are not well adjusted to the linear model, better results can be gained by the application of the multivariate models (PCA, AMMI, GGE).

The estimated maize hybrid stability was compared in this study by linear (*Finlay* and *Wilkinson* and *Eberhart* and *Russell* models) and multivariate statistical models (AMMI model). Very similar results were obtained by all three models. It was probably due to one dominant factor in the hybrid x environment interaction (different precipitation sums for the environments and the length of the growing season for hybrids). The advantage was given to the AMMI model, as the model with one axis analyses the interaction equally well as linear models, while the model with two axes extracted another part of systemic variation of the interaction effect not adjusted to the linear model.

**Key words:** AMMI, maize, stability parameters

Primljeno: 31. avgust 20120.  
Prihvaćeno: 10.septembar 2012.