



GGE biplot analiza multilokacijskih ogleda NS hibrida kukuruza

Bojan Mitrović · Dušan Stanisavljević · Sanja Treskić · Milisav Stojaković ·
Goran Bekavac · Aleksandra Nastasić · Mile Ivanović

received / primljeno: 05.11.2010. accepted / prihvaćeno: 29.12.2010.
© 2011 IFVC

Izvod: Multilokacijski ogledi za prinos zrna izvode se svake godine kako bi se ocenila reakcija hibrida kukuruza na različite agroekološke uslove. Osnovni problem ovog načina ispitivanja hibrida jeste prisustvo interakcije genotip-spoljna sredina. Uzimajući u obzir interakciju, GGE biplot analiza pruža vizuelni prikaz ponašanja hibrida u različitim sredinama. Dvadeset hibrida kukuruza je ispitivano u toku 2006. i 2007. na pet lokaliteta po godini. Rezultati su predstavljeni preko GGE biplotova u cilju grupisanja sredina u tzv. megasredine i izdvajanja idealne sredine. Značaj izdvajanja megasredine ogleda se u odsustvu unakrsne interakcije koja remeti njihov rang, pa se hibridi mogu odabrati na osnovu prosečnih vrednosti određene osobine. Određivanje tzv. idealne sredine može biti od velikog značaja za izbor naj-reprezentativnijeg lokaliteta za testiranje, koji takođe ima i najveću moć diskriminacije hibrida.

Ključne reči: GE interakcija, GGE biplot, hibrid, kukuruz, megasredina, prinos zrna

Uvod

Ispitivanje hibrida u različitim agroekološkim uslovima predstavlja jednu od najvažnijih faza u oplemenjivanju kukuruza. Na ovaj način dobijaju se veoma važne informacije o tome kako hibridi reaguju na različite uslove spoljne sredine. Međutim, izdvajanje najsupriornijih hibrida (npr. za prinos zrna) znatno je otežano usled prisustva interakcije genotip-spoljna sredina (GEI). Interakcija genotip-spoljna sredina podrazumeva različitu reakciju genotipova, sorti ili hibrida na uslove sredine u kojima se gaje (Kang 1998, 2004). Prisustvo interakcije komplikuje proces selekcije i smanjuje međuzavisnost genotipskih i fenotipskih vrednosti, čime se usporava napredak selekcije (Comstock & Moll 1963). Razumevanje uzroka interakcije (GEI) je veoma važno jer može doprineti određivanju cilja oplemenjivanja, identifikaciji idealnih uslova testiranja i preporuci hibrida ili sorti koje se odlikuju boljom adaptabilnošću (Yan et al. 2000).

Razvijene su brojne metode kojima je moguće proceniti interakciju genotip-spoljna sredina. Ove

metode mogu biti zasnovane na analizi varijanse, linearnoj regresiji, nelinearnoj analizi, multivariacionoj analizi, biplotima, kao i na metodama neparametrijske statistike (Balestre et al. 2009).

Analiza varijanse kao aditivni model objašnjava samo glavne efekte i pruža informacije da li je interakcija genotip-spoljna sredina značajan izvor varijacije. Međutim, ona ne pruža uvid u pojedinačne genotipove i lokacije koji učestvuju u interakciji (Samonte et al. 2005).

Jedan od modela multivariacione analize koji se često koristi za analizu interakcije genotip-spoljna sredina je AMMI model (*Additive Main Effects and Multiplicative Interactions*) (Gauch & Zobel 1996). AMMI model kombinuje analizu varijanse za objašnjenje glavnih efekata genotipa i spoljne sredine i analizu glavnih komponenata za objašnjenje interakcije (GE). Za interpretaciju rezultata AMMI analize koristi se biplot koji stavlja u odnos srednje vrednosti svojstva genotipova i prvu, odnosno neku od glavnih komponenata (PC) GE interakcije.

Detaljnije objašnjenje interakcije genotip-spoljna sredina obezbeđuje vizuelni metod po nazivu GGE biplot (Yan et al. 2000) koji na neki način predstavlja modifikaciju AMMI modela. Ovaj metod je zasnovan na dva koncepta, biplot konceptu (Gabriel 1971) i GGE konceptu (Yan et al. 2000), a korišćen je za vizuelnu analizu podataka

B. Mitrović (✉) · D. Stanisavljević · S. Treskić · M. Stojaković · G. Bekavac · A. Nastasić · M. Ivanović
Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija
e-mail: bojan.mitrovic@ifvens.ns.ac.rs

multilokacijskih ogleda. Ovaj metod koristi biplot za prikaz dva faktora, genotipa i interakcije genotip-spoljna sredina (G i GE), koji mogu biti od velikog značaja za evaluaciju hibrida kukuruza u različitim agroekološkim uslovima. GGE biplot prikazuje prve dve glavne komponente (PC1 i PC2) koje takođe predstavljaju dva osnovna izvora varijacije (Yan et al. 2000, 2001). Glavne komponente (PC1 i PC2) dobijaju su dekompozicijom singularnih vrednosti GGE podataka (Alwala et al. 2010).

Osnovni cilj ovog rada je da se uz pomoć metoda GGE biplot analize geografski različiti lokaliteti koji pokazuju sličnost svrstaju u određene grupe formiranjem takozvanih megasredina. Navedeni model pruža mogućnost da se izdvoji „idealni lokalitet“ tj. lokalitet koji ima najveću moć diskriminacije genotipova, koji je i najrepresentativniji.

Materijal i metod

U radu su korišćeni podaci iz dva jednogodišnja multilokacijska ogleda sa komercijalnim i potencijalno komercijalnim NS hibridima kukuruza FAO grupe zrenja 600-700. Za istraživanje u obe godine odabrano je 20 NS hibrida kukuruza. Oba ogleda posejana su po modelu slučajnog blok si-

stema sa tri ponavljanja, na pet lokaliteta: Rimski Šančevi (RS), Srbobran (SR), Pančevo (PA), Sombor (SO) i Sremska Mitrovica (SM). Površina elementarne parcele iznosila je 9,75 m² za svaki genotip (dva reda, svaki dužine 6,5 m) sa rastojanjem od 0,75 m između redova i 0,22 m između biljaka u redu. Gustina useva iznosila je 60.606 biljaka ha⁻¹. Setva i berba ogleda obavljene su mašinski, pri čemu su od svakog genotipa sejana četiri reda, a brana i merena su dva središnja reda. Primenjena je uobičajena tehnologija gajenja koja je prilagođena agroekološkim uslovima lokaliteta. U radu su analizirani rezultati za prinos zrna (t ha⁻¹ sa 14% vlage).

Za proučavanje interakcije hibrida kukuruza i lokaliteta odabrane su 2006. i 2007. kao godine veoma različite po svojim klimatskim karakteristikama. U 2006. klimatski pokazatelji su se uglavnom zadržali blizu višegodišnjeg proseka, mada je na skoro celoj teritoriji Srbije zabeleženo pozitivno odstupanje srednjih godišnjih temperatura vazduha za 0,2°C do 1°C. Ukupne godišnje sume padavina bile su nešto veće od prosečnih količina, ali su ostale u opsegu prosečnih vrednosti. Godina 2007. je za razliku od prethodne bila jedna od najnepovoljnijih godina za proizvodnju kukuruza posle drugog svetuskog rata (Ivanović i sar. 2008). U letnjem peri-

Tabela 1. Prosečan prinos hibrida kukuruza u 2006. (t ha⁻¹)

Table 1. Average grain yield of maize hybrids in 2006 (t ha⁻¹)

Hibridi Hybrids	RS	PA	SM	SO	SR	Prosek Average
1	13,40	12,93	10,00	10,88	11,25	11,69
2	12,03	12,00	9,70	10,36	11,72	11,16
3	12,60	12,50	9,72	13,40	12,55	12,15
4	12,16	11,85	11,03	9,11	12,25	11,28
5	12,79	13,10	10,16	14,39	13,62	12,81
6	13,41	13,58	10,02	12,33	14,16	12,70
7	12,05	10,36	10,68	12,69	12,16	11,59
8	13,17	12,28	9,87	13,48	14,43	12,65
9	11,75	12,69	8,03	14,08	13,33	11,98
10	12,68	12,60	13,36	14,41	13,00	13,21
11	12,42	11,57	11,16	12,37	11,71	11,85
12	13,47	13,69	10,10	11,08	13,88	12,44
13	12,72	13,60	7,74	13,34	13,69	12,22
14	13,66	12,90	11,67	12,21	12,60	12,61
15	12,07	11,14	9,11	11,43	12,26	11,20
16	13,29	12,11	7,21	12,44	13,22	11,65
17	10,38	7,96	9,49	10,90	8,63	9,47
18	11,94	12,72	10,89	12,65	11,47	11,93
19	13,08	11,24	11,15	13,09	13,65	12,44
20	11,29	11,97	10,66	14,45	11,73	12,02
Prosek Average	12,52	12,14	10,09	12,45	12,57	11,95

RS, PA, SM, SO, SR lokaliteti / locations

Tabela 2. Prosečan prinos hibrida kukuruza u 2007. (t ha⁻¹)
 Table 2. Average grain yield of maize hybrids in 2007 (t ha⁻¹)

Hibridi Hybrids	RS	PA	SM	SO	SR	Prosek Average
1	12,56	10,76	6,55	7,27	9,27	9,28
2	12,43	8,82	10,67	7,12	9,40	9,69
3	12,08	9,15	10,25	6,93	10,37	9,76
4	12,84	7,65	8,32	9,06	8,32	9,24
5	11,12	8,48	7,17	5,97	8,06	8,16
6	13,74	9,97	9,97	9,67	9,40	10,55
7	11,48	9,78	9,21	7,18	9,38	9,40
8	11,11	8,67	6,60	7,25	9,28	8,58
9	11,76	9,48	9,84	6,79	9,10	9,39
10	12,37	10,39	11,24	6,81	9,85	10,13
11	12,17	8,53	9,62	8,69	9,21	9,64
12	11,78	7,94	11,51	7,80	8,98	9,60
13	11,33	9,17	8,89	7,71	9,85	9,39
14	10,51	7,47	8,76	8,99	9,55	9,06
15	9,59	8,38	9,62	4,67	9,27	8,31
16	12,13	10,44	10,65	6,71	10,32	10,05
17	13,33	10,49	11,29	8,54	10,92	10,91
18	11,92	7,93	10,29	7,19	7,72	9,01
19	12,30	8,67	11,90	8,78	9,94	10,32
20	13,72	9,97	10,99	8,93	7,93	10,31
Prosek Average	11,88	9,11	9,67	7,60	9,31	9,54

RS, PA, SM, SO, SR lokaliteti / locations

odu je zabeležen dvostruko veći broj tropskih dana tj. dana kada je maksimalna temperatura veća ili jednaka 30°C, što se izuzetno nepovoljno odrazilo na cvetanje i oplodnju kukuruza. Padavine su bile neravnomerno raspoređene tokom godine. U aprilu je bio izuzetno mali priliv padavina u odnosu na uobičajen. U nekim mestima nije uopšte bilo padavina tokom celog meseca, pa je suša ugrožavala većinu ratarskih kultura (Lalić 2008). Evidentne razlike u klimatskim pokazateljima između 2006. i 2007. odrazile su se i na prinos kukuruza. Opšti prosek hibrida u ogledima 2006. bio je veći za više od 2,5 t ha⁻¹ u odnosu na opšti prosek 2007. (Tab. 1 i 2).

Analiza varijanse izračunata je preko modela:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + E_j + GE_{ij}$$

gde je Y_{ij} odgovarajuća promenljiva i -tog genotipa na j -tom okruženju (lokalitetu); μ predstavlja opšti prosek; G_i je glavni efekat genotipa i ; E_j je glavni efekat okruženja j ; GE_{ij} je efekat interakcije genotip-spoljna sredina.

GGE biplotovi (Yan et al. 2000) konstruisani su preko osnovnog modela:

$$Y_{ij} - \mu - E_j = \lambda_1 \epsilon_{i1} \eta_{1j} + \lambda_2 \epsilon_{i2} \eta_{2j} + e_{ij}$$

gde je Y_{ij} odgovarajuća promenljiva i -tog genotipa na j -tom okruženju (lokalitetu); μ predstavlja opšti prosek; E_j je glavni efekat j -tog okruženja; λ_1 i λ_2 singularne vrednosti glavnih komponenti PC1 i PC2; ϵ_{i1} i ϵ_{i2} su eigenvektori (karakteristične vrednosti) i -tog genotipa za PC1 i PC2; η_{1j} i η_{2j} su eigenvektori j -tog okruženja (lokaliteta) za PC1 i PC2; e_{ij} je opšti ostatak genotipa i i okruženja j .

Dekompozicija singularnih vrednosti u odgovarajuće karakteristične vrednosti genotipa i okruženja može se predstaviti sledećom formulom:

$$g_{i1} = \lambda_1^{1/2} \epsilon_{i1} \quad e_{1j} = \lambda_1^{1/2} \eta_{1j}$$

Za konstruisanje GGE biplota vrednosti glavnih komponenti za i -ti genotip i e -to okruženje iskazane su na sledeći način:

$$Y_{ij} - \mu - E_j = g_{i1} e_{1j} + g_{i2} e_{2j} + e_{ij}$$

gde je Y_{ij} odgovarajuća promenljiva i -tog genotipa na j -tom okruženju (lokalitetu); μ predstavlja opšti prosek; g_{i1} i g_{i2} su PC vrednosti genotipa i ; e_{1j} i e_{2j} su PC vrednosti okruženja j .

U ovom radu su svi biplotovi generisani metodom skaliranja prema okruženju „*environment focused scaling*“. Analiza podataka urađena je u programu GGEbiplot Version 6.3. koji je u punoj verziji dobijen ljubaznošću dr Weikai Yan, saradnika Univerziteta u Guelfu, Ontario, Kanada.

Rezultati i diskusija

Iz tabele analize varijanse (Tab. 3) uočava se da su sredine kvadrata oba faktora (hibrida i lokaliteta) kao i njihove interakcije bile značajne ($P < 0,01$) za prinos zrna kukuruza u obe posmatrane godine. Zajednički efekat genotipa i interakcije (G+GE) dalje je razložen metodom GGE biplot analize pri čemu su prve dve glavne komponente bile značajne objašnjavajući 71,2% (46,6% PC1 i 24,6% PC2) u 2006. godini, odnosno 70,9% (45,8% PC1 i 25,2% PC2) GGE sume kvadrata u 2007. godini (Sl. 1 i 2).

Za multilokacijske ogleda je uobičajena pojava unakrsnog (*crossover*) i ne unakrsnog (*non-crossover*) tipa interakcije (GE). U ovom radu različiti hibridi postizali su najviše prinose u različitim lokalitetima. Tako je, na primer, u 2006. hibrid 14 postigao najviši prinos na Rimskim Šančevima, hibrid 12 u Pančevu, a hibrid 8 u Srbobranu (Tab. 1). U 2007. je hibrid 6 bio najprinosniji na Rimskim Šančevima, hibrid 1 u Pančevu, a hibrid 17 u Srbobranu (Tab. 2). Ovakvi različiti rangovi hibrida ukazuju na prisustvo unakrsne (*crossover*) interakcije.

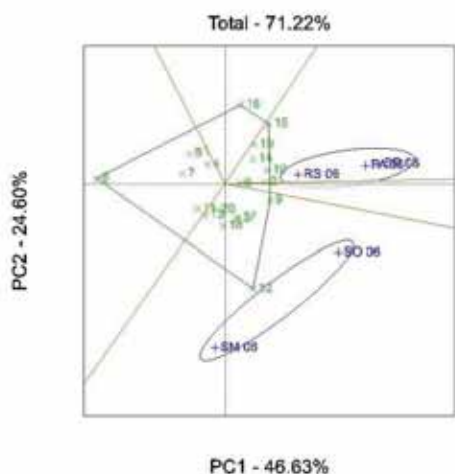
Grafički prikaz tzv. „gde je ko najbolji“ („*which-one-where*“) modela na osnovu podataka multilo-

kacijskih ogleda važan je za izdvajanje mogućih megasredina u regionu (Gauch & Zobel 1997, Yan et al. 2000, 2001). Genotipovi koji su najudaljeniji od koordinatnog početka povezani su pravim linijama obrazujući na taj način mnogo-gugao. Linije koje polaze iz koordinatnog početka i normalne su na stranice mnogougla dele isti na određeni broj sektora. Lokaliteti koji se nalaze unutar jednog sektora jesu lokaliteti u kojima je dati genotip postigao najviši prinos i mogu se smatrati megasredinama za taj genotip. Na slici 1. mogu se izdvojiti dve grupe sredina. Jednu grupu čine lokaliteti: Rimski Šančevi, Pančevo i Srbobran, dok u drugu grupu spadaju Sremska Mitrovica i Sombor. Primećeno je slično grupisanje i u ranijim istraživanjima. Ivanović i sar. (2008) ukazuju na veliku sličnost po pitanju performansi hibrida u okruženjima Rimski Šančevi i Pančevo. Ovo grupisanje odnosi se na 2006. koja se po svojim meteorološko-klimatološkim karakteristikama može svrstati u prosečnu godinu. Potpuno drugačije grupisanje karakteriše 2007. koja je bila veoma sušna i izrazito nepovoljna za gajenje kukuruza. Na slici 2. sredine Rimski Šančevi i Sombor pripadaju jednoj grupi, Pančevo i Sremska Mitrovica drugoj, dok Srbobran nije svrstan ni u jednu grupu. Ovakve razlike u grupisanju sredina između 2006. i 2007. mogu se objasniti velikom razlikom u klimatskim uslovima koja je uslovlila drugačiju interakciju. Za preciznije podatke o postojanju megasredina potrebna su višegodišnja ispitivanja hibrida kukuruza u multilokacijskim ogledima (Yan et al. 2000).

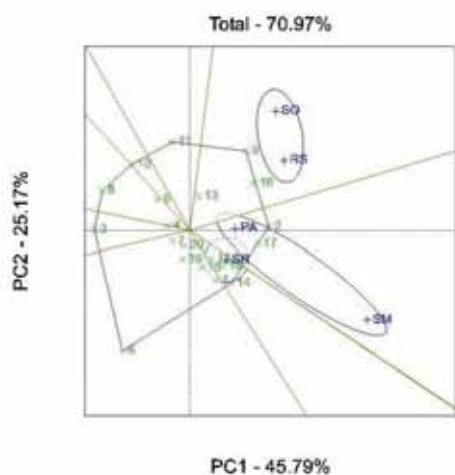
Tabela 3. Analiza varijanse prinosa hibrida kukuruza u 2006. i 2007.

Table 3. Analysis of variance of maize hybrids grain yield in 2006 and 2007

		1 genotip/genotype		** p<0.01			
		2 sredina/environment					
Godina	Izvor varijacije	df	SS	MS	F	%SS	
Year	Source of variation						
2006	G ¹	19	187.01	9.84	9.58**	19.5	
	E ²	4	267.85	66.96	65.2**	27.9	
	GxE	76	285.07	3.75	3.65**	29.8	
	ponavljanje/ replications	2	14.17	7.09	6.9**	1.5	
	ostatak/residue	198	203.36	1.03	-	21.3	
	total	299	957.48	-	-	100	
2007	G ¹	19	172.65	9.09	5.67**	12.9	
	E ²	4	623.08	155.77	97.23**	46.5	
	GxE	76	224.01	2.95	1.84**	16.8	
	ponavljanje/ replications	2	1.51	0.75	0.47	0.1	
	ostatak/residue	198	317.19	1.60	-	23.7	
	total	299	1338.43	-	-	100	



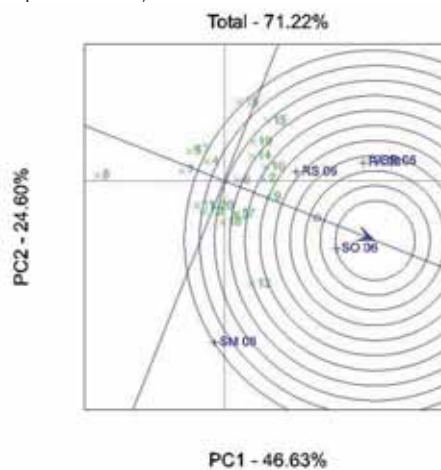
Slika 1. GGE biplot sa prikazom megasredina u 2006.
Fig. 1. GGE biplot showing the megaenvironments in 2006



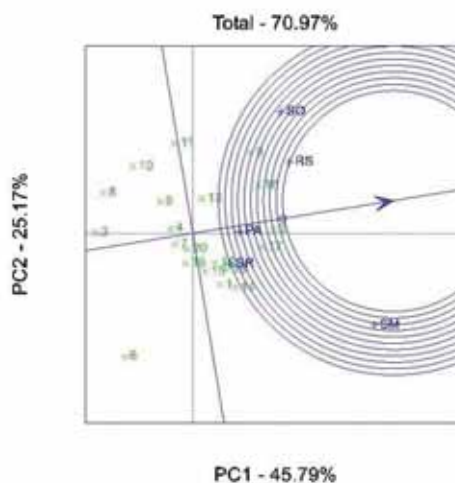
Slika 2. GGE biplot sa prikazom megasredina u 2007.
Fig. 2. GGE biplot showing the megaenvironments in 2007

GGE biplot analiza pruža mogućnost izdvajanja tzv. „idealnih“ sredina. Idealnom sredinom se smatra sredina koja ima visoku PC1 vrednost, odnosno najveću moć diskriminacije genotipova i nisku PC2 vrednost, odnosno najreprezentativnije je od svih sredina. Iako ovakva sredina najčešće ne postoji u realnosti, ona može poslužiti za vrednovanje ostalih sredina. Što je sredina bliža „idealnoj“ to je poželjnije. Da bi se olakšala ocena sredine u odnosu na „idealnu“, tačka u kome se ona nalazi predstavlja centar iz koga polaze koncentrični krugovi (Yan et al. 2000). U 2006. godini najbliža „idealnoj“, a ujedno i najpoželjnija sredina je bila Sombor, a

zatim Pančevo, Srbobran, Rimski Šančevi. Najudaljenija, a samim tim najnepoželjnija sredina bila je Sremska Mitrovica (Sl. 3). Na slici 4. koja predstavlja 2007. vidljive su razlike u odnosu na prethodnu godinu. Kao najpoželjnije okruženje mogu se izdvojiti Rimski Šančevi, zatim Sremska Mitrovica, Sombor, Pančevo, dok je najnepoželjnije okruženje Srbobran. Ovakva različitost između rezultata u 2006. i 2007. nije iznenađujuća, jer se radi o dve godine izuzetno različite po klimatskim karakteristikama, kao što je opisano ranije.



Slika 3. GGE biplot sa prikazom poređenja okruženja sa „idealnim“ okruženjem u 2006.
Fig. 3. GGE biplot showing comparison of the environments to ideal environment in 2006



Slika 4. GGE biplot sa prikazom poređenja okruženja sa „idealnim“ okruženjem u 2007.
Fig. 4. GGE biplot showing comparison of the environments to ideal environment in 2007

Zaključak

GGE biplot analiza je metoda koja se koristi za identifikaciju megasredina, tj. grupisanje, razdvajanje lokaliteta koji se ispituju u zajedničke megasredine, a potom evaluaciju genotipova u okviru tih megasredina i odabir najdiskriminativnije i najreprezentativnije lokacije u okviru jedne megasredine.

U ovom radu analizirano je dvadeset hibrida kukuruza na pet lokaliteta u toku 2006. i 2007. Analizom megasredina u prvoj godini veća sličnost javila se između lokaliteta Rimski Šančevi, Pančevo i Srbobran tako da su oni svrstani u jednu grupu, potencijalnu megasredinu, dok su Sremska Mitrovica i Sombor svrstani u drugu grupu. U 2007. je grupisanje bilo drugačije tako da su jednu megasredinu činili Rimski Šančevi i Sombor, drugu Sremska Mitrovica i Pančevo dok se Srbobran izdvojio iz obe grupe. Nepodudarnost obrazovanja mega-sredina može se objasniti različitim klimatskim uslovima u dve posmatrane godine, što je potvrđeno i analizom idealne sredine gde su se takođe javile nepodudarnosti između dve posmatrane godine. Dobijeni rezultati u ovom radu ukazuju da se pouzdaniji podaci o formiranju megasredina mogu dobiti višegodišnjim proučavanjem odgovarajućih genotipova na većem broju lokaliteta.

Literatura

Alwala S, Kwolek T, McPferon M, Pellov J, Meyer D (2010): A comprehensive comparison between Eberhart and Russell

- joint regression and GGE biplot analysis to identify stable and high yielding maize hybrids. *Field Crops Res.* 199: 225-230
- Balestre M, Candido de Souza J, Garcia von Pinho R, Lunz de Oliveira R, Muro Valente Paes J (2009): Yield stability and adaptability of maize hybrids based on GGE biplot analysis characteristics. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.* 9: 219-228
- Comstock R E, Moll R H (1963): Genotype-environment interaction. In: *Statistical genetics and plant breeding*. NAS NRC, 982, 164-196
- Gabriel K R (1971): The biplot graphic display of matrices with applications to principal component analysis. *Biometrics* 58: 453-467
- Gauch H G, Zobel R W (1996): AMMI analysis of yield trials. In: Kang MS, Gouch HG (eds.), *Genotype by environment interaction*. CRC Press, Boca Raton, FL, 85-122
- Gauch H G, Zobel R W (1997): Interpreting mega-environments and targeting genotypes. *Crop Sci.* 37: 311-326
- Lalić B (2008): Agrometeorološka analiza za period januar-jun 2007. godine u Vojvodini [Elektronski izvor]. [5 str] dostupno na adresi cmep-serbia.df.pmf.uns.ac.rs/agrmet/analiza/Agm_an_300607.pdf
- Ivanović M, Čapelja V, Radojčić S, Popov R, Nastasić A (2008): *Kukuruz u 2007. godini: pouke sušne godine*. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad 45: 61-65
- Kang M S (1998): Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. *Adv. Agron.* 62: 199-252
- Kang M S (2004): Genotype-by-environment interaction. *Encyclopedia of Plant and Crop Science*, Macel Dekker Inc, 218-221
- Samonte S O P B, Wilson L T, McClung A M, Medley J C (2005): Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analysis. *Crop Sci.* 45: 2414-2424
- Yan W, Corneluis P L, Crossa J, Hunt L A (2001): Two types of GGE biplots for analyzing multi-environment trial data. *Crop Sci.* 41: 656-663
- Yan W, Hunt L A, Sheng Q, Szlavnicz Z (2000): Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Sci.* 40: 597-605

GGE Biplot Analysis of Multi-Environment Trials of NS Maize Hybrids

Bojan Mitrović · Dušan Stanisavljević · Sanja Treskić · Milisav Stojaković · Goran Bekavac · Aleksandra Nastasić · Mile Ivanović

Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Serbia

Summary: GGE biplot analysis is a method used to identify mega-environments (i.e. grouping, division of locations, which are examined in a joint mega-environment), evaluate the genotypes within these mega-environments and select the most discriminating and the most representative locations within a single mega-environment. This paper analyses twenty hybrids at five locations in 2006 and 2007. For the first year, mega-environment analysis showed a greater similarity between locations Rimski Šančevi, Pančevo and Srbobran classifying them into one group (the potential mega-environment), whereas Sombor and Sremska Mitrovica were classified into another group. In 2007, grouping was different from the previous in that Rimski Šančevi and Sombor comprised one mega-environment, whereas Sremska Mitrovica and Pančevo comprised the other, while Srbobran was separated from both groups. Discrepancies in formation of the mega-environments can be explained by different climatic conditions in two research years. This was confirmed by analyzing the ideal environment where the discrepancies between those two years are also reported. The results in this study suggest that more reliable data on the mega-environments formation should be sought in multi-year studies of the certain genotypes in a number of locations.

Keywords: GE interaction, GGE biplot, grain yield, hybrid, maize, mega-environment