

UDC: 575.22; 631.445

MODELI ZA PROCENU INTERAKCIJE GENOTIP/SPOLJNA SREDINA NA HALOMORFNOM ZEMLJIŠTU

DIMITRIJEVIĆ M., PETROVIĆ SOFIJA, BELIĆ M.¹

IZVOD: U proceni interakcije genotip/spoljna sredina, kao i pri kvantifikovanju i analizi varijabilnosti ogleda uopšte, koristi se nekoliko modela. Najčešći modeli su analiza varijanse, model Eberhart and Russell i AMMI model. Svaki od ovih modela ima svoje specifičnosti, koje su vezane pre svega za način tretiranja izvora varijacije. Poznato je, takođe, da eko-sredine slabije produktivnosti uvećavaju pogrešku, umanjuju razlike u reakciji između genotipova i smanjuju ponovljivost uslova tokom godina. U radu je ispittivan uzorak od šest sorti pšenice u tri vegetaciona perioda na halomorfnom zemljištu tipa solonjec na lokalitetu Kumane (Banat). Interakcija genotip/spoljna sredina procenjena je ANOVA-om, modelom Eberhart and Russell i AMMI modelom i upoređeni su rezultati pojedinih komponenti prinosa na kontroli i solonjecu u uslovima melioracije od 25t i 50t fosforgipsa po hektaru.

Ključne reči: pšenica, visina biljke, indeks klasa, interakcija, Eberhart i Russell, AMMI, solonjec

UVOD: Interakcija genotipa i spoljne sredine (GE interakcija) je pokazatelj ponašanja sorte, ili hibrida u datim agroekološkim uslovima. Varijacija GE interakcije odražava i kvantifikuje fenotipsku stabilnost sorte, odnosno u širem smislu, genotipa. Reakcija genotipa na variranje uslova sredine pokazuje nivo stabilnosti i koristan je pokazatelj u selekciji, kao i u širokoj poljoprivrednoj proizvodnji. Što je manja vrednost GE interakcije, genotip se stabilnije ponaša. Intenzivni genotipovi, kao što su intenzivne visokoprosodne sorte pšenice koje zahtevaju intenzivnu agrotehniku, su osetljiviji na promenu uslova spoljne sredine i iskazuju veću GE interakciju. Međutim agroekološke sredine slabije produktivnosti umanjuju razlike u reakciji između genotipova i povećavaju pogrešku. Smatra se da su poželjne karakteristike, manja interakcija pri većoj srednjoj vrednosti prinosa, ili neke važne komponente prinosa.

Za procenu GE interakcije se koristi niz modela. Oni se razlikuju po preciznosti i složenosti, a time i po kompletnosti informacije koju daju (Dimitrijević i Petrović, 2005).

Najčešće eksperimentator bira onaj model koji će mu dati potreban nivo informacija na najekonomičniji način. U evaluaciji GE interakcije u praksi se često koriste razni modeli analize varijanse (ANOVA), Eberhart i Russell model i sve češće model glavne aditivne i multivariacione interakcije (AMMI). ANOVA modeli, kao aditivni, ne iskazuju precizno značajnost učešća GE interakcije u ukupnoj varijaciji. Ovo zato što suma kvadrata multivariacione GE interakcije najčešće biva devalvirana u malu i statistički neznačajnu sredinu kvadrata, velikim brojem stepena slobode. Eberhart i Russell (1966) su kombinovali ANOVA-u, za kvantifikovanje aditivnih izvora varijacije, dok su GE interakciju dodatno analizirali regresionom analizom. Iako se ovaj model i danas često koristi u istraživanjima, neke njegove nedostatke, a to su pre svega informacija o prirodni izvora neaditivne varijacije i minucioznija analiza inače složene GE interakcije, nadoknađuje AMMI model. Ovaj model kombinuje ANOVA-u i analizu glavnih komponenti (PCA), kojom se dodatno analizira GE interakcija (Gauch i Zobel, 1997). Prednost je prilagod-

¹ Dr MIODRAG DIMITRIJEVIĆ, vanredni profesor, dr SOFIJA PETROVIĆ, vanredni profesor, dr MILIVOJ BELIĆ, vanredni profesor, Departman za ratarstvo i povrtarstvo, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu

ljivost modela u skladu sa značajnošću GE interakcije koju pokaže ANOVA. Što je složeniji uticaj različitih izvora GE varijacije, to se model usložnjava dodavanjem glavnih komponenti (PCA). AMMI model pogodnim grupisanjem može da pruži detaljniji uvid u prirodu predominantnih izvora varijacije (Zobel et al., 1988). Naravno, sa usložnjavanjem GE interakcije i ovaj model gubi na informativnosti.

Cilj ovog rada je da se korišćenjem modela Eberhart i Russell i AMMI modela, u analizi rezultata ogleđa, uporedi informacija o GE interakciji i konzistentnost rezultata stabilnosti genotipova koje ovi modeli daju. Za analizu su odabrani rezultati ogleđa na solonjecu, očekujući da će umanjivanjem razlika u reakciji ispitivanih sorti pšenice u nepovoljnijim uslovima gajenja da se bolje testira rafiniranost korišćenih modela. Na kraju izborom komponenti prinosa koje su ispitivane, praćeno je ponašanje oba modela u analizi različitih genskih sistema nasleđivanja. Visina biljke je pod uticajem minor i major gena, dok je indeks klasa parametar koji se dobija stavljenjem u odnos masenih parametara, koji su izrazito kvantitativne prirode tj. pod uticajem minor gena.

Materijal i metod rada

Višegodišnji ogled je postavljen po slučajnom blok sistemu, u tri ponavljanja na lokalitetu Kumane (Banat). Ispitivane su srpske sorte pšenice: Partizanka (G1), Sara (G2), Pobjeda (G3), Renesansa (G4), Pesma (G5), Tiha (G6), kreacije Naućnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada. Analiza je obuhvatala rezultate ogleđa za osobine visina biljke (cm) i indeksa klasa u vegetacionim periodima: 1999/2000., 2003/2004. i 2004/2005. Obzirom da je ogled postavljen na halomorfnom zemljištu tipa solonjec, pored rezultata na kontroli, obrađeni su i rezultati na dva nivoa popravke od 25t/ha i 50t/ha fosforgipsa. Uzimajući u obzir tretmane popravke i broj vegetacionih perioda fenotipska varijacija sorti je praćena u 9 agroekoloških sredina (tab. 1). Detaljniji opis opštih agroekoloških uslova i geografska pozicija lokaliteta su dati u Dimitrijević i sar. (2005). Analiza GE interakcije, odnosno stabilnosti sorti je urađena po modelu Eberhart i Russell i AMMI modelu (Eberhart i Russell, 1966; Zobel et al., 1988, po redosledu). Za obradu podataka je korišćen pro-

gram GenStat for Windows 8th edition (trial) i PARST Instituta za kukuruz - Zemun polje.

Tab. 1. Devet agroekoloških sredina u kojima je posmatrana stabilnost 6 sorti pšenice

Tab. 1. Nine environments for stability studies of the sample of 6 wheat varieties

Oznaka/ Code	Vegetacioni period/ Growing season	Tretman/ Meliora- tive treatment
E1	1999-2000	Kontrola (K)
E2	1999-2000	25t P-gipsa
E3	1999-2000	50t P-gipsa
E4	2003-2004	Kontrola (K)
E5	2003-2004	25t P-gipsa
E6	2003-2004	50t P-gipsa
E7	2004-2005	Kontrola (K)
E8	2004-2005	25t P-gipsa
E9	2004-2005	50t P-gipsa

Rezultati i diskusija

Visina biljke je, obzirom na raznolikost agroekoloških uslova i ispitivanih genotipova varirala u rasponu od 58.8cm do 62.1cm, što su srednje vrednosti sorti Pesma i Partizanka (po redosledu). Srednje vrednosti visine biljke u različitim agroekološkim uslovima su šire varirale i to od 38.1cm u E1 (solonjec bez popravke - kontrola u sezoni 1999/2000) do 70.9cm u E5 (solnjec sa popravkom od 25t fosforgipsa u sezoni 2003/2004). Individualne prosečne vrednosti visine biljke su se kretale od 35.4cm (sorta Renesansa u E1) do 76.1cm (sorte Renesansa u E5), što preliminarno ukazuje na povoljnu reakciju ove sorte na meliorativne mere (tab. 2).

Ispitivanje stabilnosti, odnosno ponašanja genotipova pšenice podvrgnutih varijaciji spoljne sredine kvantifikovano kroz interakciju genotip/spoljna sredina po modelu Eberhart-Russell. Obzirom da se radi o modelu koji se zasniva na analizi GE interakcije primenom linearne regresije, parametri stabilnosti su koeficijent regresije (b_1) i odstupanje od regresije (Sd_1^2). Prema Eberhart i Russell (1966) obe komponente GE interakcije i linearna (b_1) i nelinearna (Sd_1^2) su potrebne za procenu stabilnosti. Prosečno stabilnim genotipom se podrazumeva onaj čiji je prvi parametar stabilnosti blizak jedinici (b_1) i drugi parametar stabilnosti, devijacija, što bliža nuli ($Sd_1^2 \rightarrow 0$). Vrednosti koeficijenta regresije veće od 1 ($b_1 > 1$) ukazuju na veću

osetljivost na promene agroekoloških uslova (ispod prosečne stabilnosti). Ovi geotipovi pokazuju veću specifičnu adaptabilnost u povoljnijim agroekološkim uslovima. U slučaju vrednosti koeficijenta regresije manje od 1 ($b_i < 1$), genotip se smatra neosetljivijim na promene uslova sredine (iznad prosečne stabilnosti), odnosno smanjene GE. Ovakvi genotipovi imaju bolju specifičnu adaptabilnost u nepovoljnijim agroekološkim uslovima (Akçura i sar., 2005). Prema ovako definisanim kriterijumima, najstabilnije sorte pšenice u ogledu su bile Partizanka ($b_i = 0.983$; $Sd_i^2 = -4.5778$) i Tiha ($b_i = 0.890$; $Sd_i^2 = -1.2163$). Pri tome je sorta Partizanka pokazala stabilnu reakciju na nivou prosečne visine biljke celokupnog ogleda (61.5cm), dok je sorta Tiha bila stabilne reakcije, odnosno male GE interakcije, pri prosečnoj vrednosti visine biljke (62.1cm) nešto većoj od ukupnog proseka ogleda. Sorta Sara je po prvom parametru stabilnosti mogla da se okarakteriše stabilnom ($b_i = 1.027$), ali drugi parametar stabilnosti je ukazivao na suprotno ($Sd_i^2 = -19.4641$). Slično je bilo uočeno i kod

sorti Pobjeda, Renesansa i Pesma koje su po linearnim pokazatelju bile bliske jedinici i time ispunjavale uslov stabilnosti ($b_i = 1.111$, $b_i = 1.130$, $b_i = 0.859$, po redosledu), dok je nelinearni parametar bio kontradiktoran ($Sd_i^2 = -24.3122$, $Sd_i^2 = -23.2723$, $Sd_i^2 = -22.1519$, po redosledu). Obzirom da su koeficijenti regresije za sve ispitivane sorte pšenice bili bliski jedinici u rasponu od $b_i = 0.983$ (sorta Partizanka) do $b_i = 1.130$ (sorta Renesansa), odnosno $b_i = 0.859$ (Pesma), može da se smatra da su sorte pšenice u ispitivanju iskazale stabilnost na nivou prosečne. Ovo se posebno odnosi na najstabilnije sorte Partizanka i Tiha, kao i sortu Sara. Sorte Pobjeda i Renesansa sa regresionim koeficijentom većim od jedinice ($b_i > 1$) su osetljivije na promene uslova sredine i povoljnije reaguju na favorizujuće agroekološke uslove, u ovom slučaju na meliorativne mere popravke zemljišta i povoljnije godine. Sorta Pesma sa koeficijentom regresije manjim od jedinice ($b_i < 1$) je slabije reagovala na promene uslova sredine i adaptirala se na redukovanije uslove gajenja (tab. 2, sl. 1).

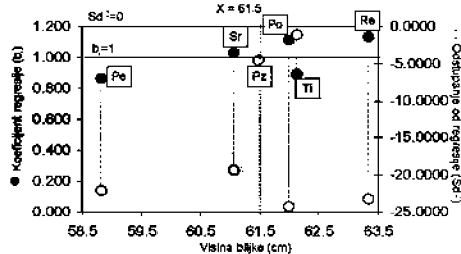
Tab. 2. Vistina biljke (cm) 6 sorti pšenice gajenih u 9 agroekoloških sredina i vrednosti za Eberhart-Russell i AMMI model. Data je srednja vrednost (SV), koeficijent regresije (b_i) i odstupanje od regresije (Sd_i^2) i prva PCA-osa iz analize GE interakcije

Tab. 2. Plant height (cm) for 6 wheat varieties in 9 environments and values for Eberhart-Russell and AMMI model. Mean values (SV), regression coefficients (b_i), deviation from regression (Sd_i^2) and the first PCA from analysis of GE interaction are given

Sredina/Env.	Partizanka (G1)	Sara (G2)	Pobjeda (G3)	Renesansa (G4)	Pesma (G5)	Tiha (G6)	SV/ Mean	IPCAe[1]
E1	39.2	39.4	37.1	35.4	36.8	40.9	38.1	-0.259
E2	52.5	57.3	63.3	64.6	65.0	66.6	61.5	-0.760
E3	54.0	50.5	52.5	59.5	54.0	62.0	55.4	1.043
E4	64.9	68.9	64.4	69.8	62.4	71.3	67.0	-2.400
E5	72.5	69.4	73.6	76.1	62.8	70.9	70.9	0.605
E6	64.9	68.3	73.3	67.4	63.6	70.9	68.1	0.893
E7	66.5	69.6	65.4	63.9	62.9	61.2	64.9	-1.370
E8	68.7	67.4	64.7	66.4	63.1	63.7	65.7	-0.692
E9	70.2	58.9	63.7	67.0	58.9	51.7	61.7	2.940
SV/Mean	61.5	61.1	62.0	63.3	58.8	62.1	61.5	
PCAg[1]	2.902	0.620	0.276	0.222	-0.861	-3.160		
b_i	0.983	1.027	1.111	1.130	0.859	0.890		
Sd_i^2	-4.5778	-19.4641	-24.3122	-23.2723	-22.1519	-1.2163		

Sl. 1. Dijagram 6 genotipova pšenice u 9 agroekoloških sredina, gde je stabilnost visine biljke definisana metodom Eberhart-Russell.

Fig. 1. Biplot of 6 wheat genotypes in 9 environments, where stability of plant height is determined by the Eberhart-Russell method

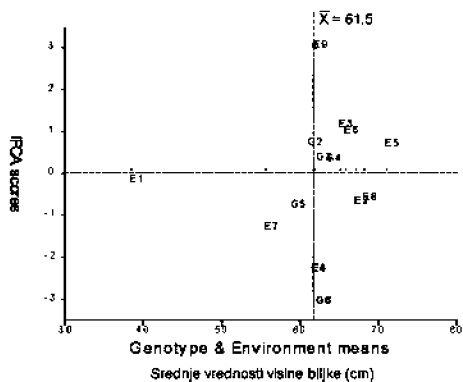


Visina biljke je, prema AMMI analizi, varirala kako u pogledu glavnih efekata, tako i u pogledu GE interakcije. Varijacija aditivne komponente (glavnih efekata) ukupne varijacije ogleđa se procenjuje na osnovu disperzije tačaka u dijagramu u odnosu na apscisu. Disperzija tačaka u dijagramu u odnosu na ordinatu ukazuje na varijaciju GE interakcije i time na stabilnost genotipa. Ako su genotip, ili ekološka sredina blizu nulte vrednosti IPCA ocene, iskazana GE interakcija je bila mala i analiza varijacije se lakše uklapa u aditivni model. Isti znak IPCA ocene genotipa i spoljne sredine upućuje na pozitivnu interakciju, dok u suprotnom GE interakcija je negativna (Zobel i sar., 1988). Analiza agroekoloških sredina obuhvaćenih ogleđom pokazuje da su se sredine razlikovale i po aditivnim efektima i po GE interakciji. Agroekološke sredine E1 (kontrola u 1999/2000), E2 (popravka sa 25t fosforgipsa/ha u 1999/2000), E3 (popravka sa 50t fosforgipsa/ha u 1999/2000), E5 (popravka sa 25t fosforgipsa/ha u 2003/2004), E6 (popravka sa 50t fosforgipsa/ha u 2003/2004) i E8 (popravka sa 25t fosforgipsa/ha u 2004/2005) su se razlikovale u aditivnoj komponenti varijacije, ali ne i u GE interakciji. Bliskost IPCA ocene nultoj vrednosti ukazuje da je relativno rangiranje genotipova iz godine u godinu, a i u odnosu na tretmane bilo prilično stabilno. Ovo se posebno odnosi na agroekološke uslove E1, što ide u prilog zapažanju da se u nepovoljnim uslovima sredine umanjuju razlike između genotipova, jer su genotipovi bili ujednačeni za posmatranu osobinu. Agroekološki uslovi E7 (kontrola u 2004/2005), a

posebno E4 (kontrola u 2003/2004) i E9 (popravka sa 50t fosforgipsa/ha u 2004/2005) su se od prethodno navedene grupe razlikovali pre svega po GE interakciji, a od E1 i E5 i po interakciji i po glavnim efektima. To znači da se relativno rangiranje genotipova po visini biljke u E4 i E9 razlikovalo od ostalih agroekoloških sredina i da se pojavilo cross over, odnosno unakrsno, rangiranje genotipova za posmatranu osobinu. Grupisanje vrednosti agroekološke sredine pravilno razdvaja varijaciju GE interakcije na solonjecu bez meliorativnih mera (E1, E4 i E7) i na solonjecu sa popravkom u količini od 50t/ha fosforgipsa (E3, E6 i E9). Ovo ukazuje da je osnovni izvor varijacije GE interakcije bio meliorativni tretman. Varijacija interakcije na meliorativnom tretmanu od 25t/ha fosforgipsa (E2, E5 i E8) pokazuje složeniju prirodu i veću zavisnost od varijacija faktora godine odnosno vegetacionog perioda (tab. 2, sl. 2).

Sl. 2. Dijagram 6 genotipova pšenice u 9 agroekoloških sredina za procenu GE interakcije visine biljke

Fig. 2. Biplot of 6 wheat genotypes in 9 environments for the estimation of GE interaction for plant height



Visina biljke je pokazala malu varijaciju glavnih efekata, kada se posmatraju genotipovi u ogleđu. Svi genotipovi su svojim srednjim vrednostima prilično usko grupisani oko srednje vrednosti visine biljke u ogleđu (61.5cm). Takvo grupisanje proizilazi iz same prirode genskog sistema za nasleđivanje visine biljke pšenice koji uključuje minor gene, ali i major *Rht*-gene (Petrović i Worland, 1992). Samim tim heritabilnost ove osobine je veća i posleđično varijacija manja. Drugi razlog je što sve ispitivane sorte pripadaju polupatuljastim, intenzivnim sortama pše-

nice, gde je izraziti selekcionni pritisak favorizovao usku gensku varijabilnost za visinu biljke, posebno u genskom fondu Rht-major gena. Ovo je u skladu sa rezultatima ispitivanja varijacije visine biljke sorti pšenice na halomorfnom zemljištu (Petrović i sar., 2005). Veća varijacija je ispoljena u pogledu GE interakcije, tj. multivariacionog izvora varijabilnosti ogleda. Na ovo je naročito uticalo ponašanje genotipova G1 i G6 (sorte Partizanka i Tiha, po redosledu), koje su ispoljile izrazito visoku vrednost GE interakcije u odnosu na ostale, prilično blisko grupisane, a time i najveću nestabilnost. Ostale sorte su ispoljile stabilniju reakciju na varijaciju agroekoloških uslova gajenja, posebno genotipovi G3 i G4 (sorte Pobeda i Renesansa, po redosledu). Genotipovi G5 i G6 (sorte Pesma i Tiha, po redosledu) su pokazale pozitivnu interakciju za posmatranu osobinu sa redukovanim uslovima gajenja, ili melioracijom od 25t/ha fosforgipsa u pojedinim godinama (E2, E8), dok su ostale sorte pozitivnu interakciju iskazale pri višem nivou melioracije (tab. 2 i sl. 2.).

Indeks klasa je parametar koji se dobija stavljenjem u odnos mase zrna po klasu i mase klasa. Prema Jestrović (1998), ovaj parametar pokazuje usku varijabilnost u intenzivnim sortama pšenice. Ovo je i razumljivo obzirom da razdvaja zrno od pleve, a taj odnos je kod ovih sorti dokazano i očigledno izrazito u korist zrna. Prema istom

autoru, ovaj parametar nije pokazivao nikakvu značajnu korelaciju sa nekim od ostalih karakteristika klasa, pa ni sa prinosom *per se*. Imajući ove, kao i druge rezultate u vidu, indeks klasa je uzet u razmatranje u ovom radu, zbog same uske varijacije koja bi u uslovima halomorfnog zemljišta, gde se ionako fenotipska varijacije genotipova ujednačava, dodatno testirala osetljivost primenjenih modela za procenu GE interakcije. Drugi razlog je da ovaj štetički parametar proizilazi iz odnosa dvaju izrazito kvantitativnih masenih parametara klasa. Ovi parametri se po genskom sistemu nasleđivanja, koji se oslanja na minor gene, značajno razlikuju od prethodno ispitivane visine biljke, te je bilo od interesa da se modeli uporede u tim uslovima.

Variranje indeksa klasa u različitim agroekološkim uslovima je, kako je i očekivano, bilo veće nego između ispitivanih genotipova. Najmanja vrednost indeksa klasa je zabeležena u uslovima E5 (0.684), a najveća u uslovima E7 (0.816), što čini razliku od oko 13%. Varijacija između genotipova je bila u granicama od 0.728 (G1 i G2) do 0.772 (G5), što je razlika od oko 4.5%. Najveća srednja vrednost indeksa klasa uočena je kod G4 (sorta Renesansa) u E7 (kontrola u 2004/2005) u vrednosti od 0.879, a najmanja od 0.627 kod iste sorte u uslovima E5 (solnjec sa popravkom od 25t fosforgipsa u sezoni 2003/2004), tab. 3.

Tab. 3. Indeks klasa 6 sorti pšenice gajenih u 9 agroekoloških sredina i vrednosti za Eberhart-Russell i AMMI model. Data je srednja vrednost (SV), koeficijent regresije (b_i) i odstupanje od regresije (Sd_i^2) i prva PCA-osa iz analize GE interakcije

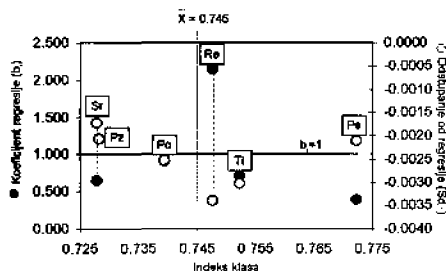
Tab. 3. Spike index for 6 wheat varieties in 9 environments and values for Eberhart-Russell and AMMI model. Mean values (SV), regression coefficients (b_i), deviation from regression (Sd_i^2) and the first PCA from analysis of GE interaction are given

Sredina/Env.	Partizanka (G1)	Sara (G2)	Pobeda (G3)	Renesansa (G4)	Pesma (G5)	Tiha (G6)	SV/Mean	IPCAe[1]
E1	0.791	0.749	0.655	0.775	0.709	0.765	0.741	-0.211
E2	0.762	0.631	0.776	0.749	0.848	0.766	0.755	0.242
E3	0.666	0.769	0.710	0.739	0.772	0.763	0.736	-0.196
E4	0.651	0.741	0.707	0.637	0.812	0.692	0.707	0.076
E5	0.702	0.660	0.690	0.627	0.727	0.697	0.684	0.088
E6	0.640	0.703	0.736	0.649	0.732	0.773	0.705	-0.123
E7	0.829	0.788	0.790	0.879	0.788	0.819	0.816	0.053
E8	0.764	0.768	0.815	0.865	0.788	0.780	0.797	0.165
E9	0.751	0.740	0.774	0.810	0.775	0.716	0.761	-0.093
SV/Mean	0.728	0.728	0.739	0.748	0.772	0.752	0.745	
PCAg[1]	-0.164	0.034	0.123	-0.308	0.261	0.054		
b_i	1.209	0.652	0.903	2.140	0.394	0.701		
Sd_i^2	-0.0021	-0.0017	-0.0025	-0.0034	-0.0021	-0.0030		

Prema modelu Eberhart-Russell, ispitivane sorte se nisu značajnije razlikovale po devijaciji od regresije (Sd_i^2) i sve vrednosti odstupanja su bile bliske nuli. Razlike su bile izrazitije u prvom parametru stabilnosti, koeficijent regresije (b_i). Tako da je prosečno najstabilniju reakciju u ispitivanim uslovima za indeks klasa pokazala je sorta Pobeda ($b_i = 0.903$; $Sd_i^2 = -0.0025$), pri prosečnoj vrednosti indeksa klasa (0.739) nešto nižoj od opšteg proseka ogleada (0.745). Sorta Renesansa bila u proseku najnestabilnija ($b_i = 2.140$; $Sd_i^2 = -0.0034$), sa prosečnom vrednošću indeksa klasa (0.748), što je bilo u nivou opšteg proseka ogleada. Navedena sorta je, uz sortu Partizanka, imala koeficijent regresije veći od jedinice ($b_i = 2.140$; $b_i = 1.209$, po redosledu), te je ispoljila veću osetljivost na promene agroekoloških uslova i bolju specifičnu adaptabilnost u povoljnijim uslovima sredine (tab. 3 i sl. 3).

Sl. 3. Dijagram 6 genotipova pšenice u 9 agroekoloških sredina, gde je stabilnost indeksa klasa definisana metodom Eberhart-Russell

Fig. 3. Biplot of 6 wheat genotypes in 9 environments, where stability of spike index is determined by the Eberhart-Russell method

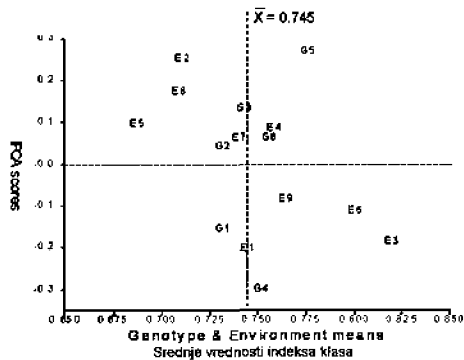


U saglasnosti sa dobijenim genotipskim i ekološkim prosecima, AMMI analiza je pokazala širu varijaciju posmatrane osobine između agroekoloških uslova, nego između genotipova. Uslovi sredine su se razlikovali i po glavnoj komponenti ukupne varijacije ogleada, ali i po GE interakciji, pri čemu su grupisanja pojedinih uslova sredine po sličnosti reakcije bila moguća. Relativno rangiranje genotipova je bilo stabilnije u agroekološkim uslovima E7 (kontrola 2004/05), a zatim E4 (kontrola 2003/04) i E5 (25t/ha fosforgipsa u 2003/04). Veća varijabilnost je zabeležena u E1 i E2 (kontrola i 25t/ha fosforgipsa u 1999/2000), što znači da su

uslovi godine izazvali burniju reakciju ispitivanih sorti pšenice na primenjene meliorativne mere (tab. 3, sl. 4).

Sl. 4. Dijagram 6 genotipova pšenice u 9 agroekoloških sredina za procenu GE interakcije indeksa klasa

Fig. 4. Biplot of 6 wheat genotypes in 9 environments for the estimation of GE interaction for spike index



Genotipovi su ispoljili manje razlike u varijaciji glavnih efekata, a veće u GE interakciji. Prema disperziji u odnosu na ordinatu, najmanja interakcija, a time i najstabilnija reakcija, se pokazala kod genotipa G2 i G6 (sorte Sara i Tiha). Izražena GE interakcija tj. najnestabilnija reakcija uočena je kod sorti G4 i G5 (Renesansa i Pesma). Genotipovi G1 i G4 su imali pozitivnu interakciju sa agroekološkim uslovima E1, E3, E6 i E9. Uslovi gajenja u E2, E4, E5, E7 i E8 su, za posmatranu osobinu, pozitivno interaktovali sa G2, G3, G5 i G6 (sl. 4).

Opšta diskusija. U radu su na istim eksperimentalnim rezultatima primenjeni modeli za procenu GE interakcije, a time stabilnosti genotipova u određenim agroekološkim uslovima gajenja. Poređenjem osnovne informacije koju model Eberhart-Russell i AMMI model pružaju vidi se da se ona razlikuje zavisno od primenjenog modela. Tako za visinu biljke ovi modeli daju čak suprotnu informaciju, pa model Eberhart-Russell iznosi sorte Partizanka i Tiha, kao najstabilnije, a AMMI model ove sorte obeležava kao najnestabilnije. Interakcija genotipa i spoljne sredine je bila po modelu Eberhart-Russell najveća (najnestabilnije u ispitivanju) kod sorte Renesansa i Pobeda, a po AMMI modelu Renesansa je, uz sortu Pobeda, bila najstabilnija. U pogledu indeksa

klasa, gde je varijacija zbog prirode s mog parametra, bila manja rezultati poređenja pokazuju da je sorta Renesansa iskazala najveću GE interakciju u oba primenjena modela. Ostale informacije koje ovi modeli

pružaju su sasvim različite. Tako po modelu Eberhart-Russell najstabilniju reakciju je, za indeks klasa, pokazala sorta Pobeda, dok su po AMMI modelu najstabilnije Sara i Tiha (tab. 5).

Tab. 5. Upoređeni rezultati modela Eberhart-Russell i AMMI modela na istim eksperimentalnim podacima

Tab. 5. The comparison of results obtained by Eberhart-Russell and AMMI model used on the same experimental data

GE interakcija/ GE interaction	Visina biljke/ Plant height		Indeks klasa/Spike index	
	Eberhart i Russell	AMMI	Eberhart i Russell	AMMI
Mala (najstabilnije)/ More stable	Partizanka Tiha	Pobeda Renesansa	Pobeda	Sara Tiha
Veća (najnestabilnije)/ Less stable	Renesansa Pesma	Partizanka Tiha	Renesansa	Renesansa Pesma

Kako je i očekivano, AMMI model se pokazao informativnijim od modela Eberhart-Russell, dajući detaljniju analizu GE interakcije, a naročito prirode te interakcije. Prema modelu Eberhart-Russell, u pogledu visine biljke: Svigenotipovi su imali pozitivnu vrednost bi, te su ispoljili veću osetljivost na promene agroekoloških uslova i bolju specifičnu adaptabilnost u povoljnijim uslovima sredine. AMMI model individualno ponašanje genotipova u različitim agroekološkim uslovima detaljnije procenjuje: Genotipovi G5 i G6 (sorte Pesma i Tiha, po redosledu) su pokazale pozitivnu interakciju za posmatranu osobinu sa redukovanim uslovima gajenja, ili melioracijom od 25t/ha fosforgipsa u pojeđinim godinama (E2, E8), dok su ostale sorte pozitivnu interakciju iskazale pri višem nivou

melioracije. Slično je i pri analizi GE interakcije indeksa klasa.

Zaključak

Rezultati analize GE interakcije, a time i stabilnosti dobijeni po modelu Eberhart i Russell i AMMI modelu za varijaciju visine biljke i indeksa klasa na solonjecu sa i bez primene meliorativnih mera su se pokazali skoro sasvim različitim. To ukazuje da analize u ovom pravcu treba da se nastave, jer ako se ovakav rezultat ponovi u većem broju slučajeva, onda se dovodi u pitanje preciznost zaključaka u obradi eksperimentalnih rezultata, koji bi zavisili od primenjenih modela, a ne od realnih uticaja na varijaciju GE interakcije.

LITERATURA

- AK URA, M., KAYA, Y., TANER, S. (2005): Genotype-Environment Interaction and Phenotypic Stability Analysis for Grain Yield of Durum Wheat in Central Anatolian Region. Turk J. Agric. For, 29, 369-375.
- DIMITRIJEVIĆ, M., i PETROVIĆ, SOFIJA (2005): Genetika populacije. Adaptabilnost i stabilnost genotipa. Izd. Poljoprivredni fakultet i Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- DIMITRIJEVIĆ, M., PETROVIĆ, SOFIJA, BELIĆ, M., HADŽIĆ, V., KAPOR, Z. (2005): Multivarijaciona analiza sorti pšenice gajenih na halomorfnom zemljištu. Selekcija i semennarstvo, vol. XIX, No. 1-4, 93-99.
- EBERHART, S.A. and RUSSELL, W.A. (1966): Stability Parameters for Comparing Varieties. Crop Sci., 6, 36-40.
- GAUCH, H.G. Jr., ZOBEL, R.W. (1997): Identifying mega-environments and targeting genotypes. Crop Sci., 37, 311-326.ž
- JESTROVIĆ, ZORICA (1998): Spike Characteristic and Grain Yield in Wheat. Proc. 2nd Balkan Symp. on Field Crops, 16-20 June, Novi Sad, Yugoslavia, Publ. IFVC, 219-222.
- PETROVIĆ, SOFIJA, DIMITRIJEVIĆ, M., KRALJEVIĆ-BALALIĆ, MARIJA, CRNOBARAC, J., LALIĆ, BRANISLAVA, ARSENIĆ, I (2005): Uticaj genotipa i spoljne sredine na komponente prinosa novosadskih sorti pšenice.

Zbornik radova naučni institut za ratarstvo i
povrtarstvo - Novi Sad, 41, 199-206.
PETROVIĆ, S., i WORLAND, A.J. (1992): Geni
reduktori visine stabljike. I) Determinacija
u jugoslovenskim sortama pšenice. Savr.
polj., 40, 3, 91-95.

ZOBEL, R.W., WRIGHT, M.J., and GAUCH, H.G.
Jr. (1988): Statistical Analysis of a Yield Trial.
Agron. J., 80, 388-393.

MODELS FOR GENOTYPE BY ENVIRONMENT INTERACTION ESTIMATION ON HALOMORPHIC SOIL

DIMITRIJEVIĆ M., PETROVIĆ SOFIJA, BELIĆ M.

SUMMARY

In genotype by environment interaction estimation, as well as, in total trial variability analysis several models are in use. The most oftenly used are Analysis of variance, Eberhart and Russell model and AMMI model. Each of the models has it sown specificities, in the way of sources of variation comprehension and treatment. It is known that agriculturally less productive environments increase errors, diminish reaction differences between genotypes and decrease repeatability of conditions during years. A sample consisting on six bread wheat varieties was studied in three vegetation periods on halomorphic soil, solonetz type in Banat (vil. Kumane). Genotype by environment interaction was quantified using ANOVA, Eberhart and Russell model and AMMI model. The results were compared not only on pure solonetz soil (control), but also on two level of amelioration (25 and 50t/ha phosphor-gypsum).