

UDK: 635.61+631.527

Originalni naučni rad

ANALIZA GxE INTERAKCIJE PRIMENOM AMMI MODELA U OPLEMENJIVANJU DINJE

Z. Girek, S. Prodanović, T. Živanović, J. Zdravković,
M. Đorđević, S. Adžić, M. Zdravković*

Izvod: U ovom radu je ispitivana stabilnost ranih, srednjeranih i kasnih genotipova dinje gajenih u zaštićenom prostoru i na otvorenom polju kroz analizu interakcije genotip x spoljna sredina (GxE). Osnovni cilj rada je bio da se odredi koji genotip dinje je najstabilniji. Ogledi na polju i u zatvorenom prostoru su izvedeni u Institutu za povrtarstvo u Smederevskoj Palanci, u toku 2010. i 2011. godine. Ispitivan je prinos po biljci kod devet genotipova dinje. Pri analizi podataka korišćena je AMMI analiza, na osnovu koje su dobijene glavne komponente genotipova i sredina, odnosno interakcije GxE. Ovo je prvi put u našoj zemlji da se koristi ovaj metod u oceni stabilnosti genotipova dinje. Utvrđeno je da genotipovi dinje koji ranije sazrevaju imaju veći prinos po biljci ukoliko se gaje na otvorenom polju, dok kasnostasni genotipovi daju veći prinos po biljci ukoliko se gaje u staklenoj bašti.

Ključne reči: AMMI analiza, dinja, genotip, interakcija GxE, prinos po biljci, stabilnost, spoljašna sredina.

Uvod

Interakcija genotip x sredina (GxE) je značajna kako u programima oplemenjivanja bilja tako i kod uvođenja novih sorti i hibrida u proizvodnju (Freeman, 1985). Za analizu interakcije GxE u prethodnom periodu uglavnom je korišćen aditivni statistički model – analiza varijanse (ANOVA). ANOVA je efikasan model u podeli ukupne sume kvadrata na a) efekat genotipa; b) efekat sredine, i c) efekat GxE. Medjutim, ova analiza ne pruža detaljan opis interakcije GxE (Zobel *et al.*, 1988; Mahalingam *et al.*, 2006). Gauth (1988, 1992) je prvi predložio upotrebu AMMI analize za opis interakcije GxE u poljskim ogledima sa gajenim biljkama u koje su uključeni razni lokaliteti, odnosno spoljni uslovi. AMMI analizu - *Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Models*, danas koristi sve više istraživača. AMMI je kompleksna statistička analiza koja se sastoji iz dve statističke procedure: 1) ANOVA i 2) Metod glavnih komponenti (*Principal compo-*

* Zdenka Girek, dipl.inž., istraživač-saradnik, dr Jasmina Zdravković, viši naučni saradnik, Mladen Đorđević, dipl.inž., istraživač-saradnik, Sladan Adžić, dipl.inž., istraživač-saradnik, dr Milan Zdravković, viši naučni saradnik, Institut za povrtarstvo, Smederevska Palanka; dr Slaven Prodanović, redovni profesor, dr Tomislav Živanović, redovni profesor, Beogradski Univerzitet, Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun. E-mail prvog autora: zdnkgirek@yahoo.com

Ovo istraživanje je deo projekta TR31059: Novi koncepti oplemenjivanja sorti i hibrida povrća namenjenih održivim sistemima gajenja uz primenu biotehnoških metoda finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja (2011-2014).

nents analysis - PCA). AMMI analizom se preračunavaju vrednosti glavnih komponenti genotipova i sredina koje predstavljaju GxE interakciju (Naveed et al., 2007).

Na osnovu AMMI analize može se zaključiti koji genotipovi slično reaguju u različitim uslovima i koje sredine imaju sličan uticaj na ispitivane genotipove. Mogu se dobiti i drugi rezultati od praktičnog značaja za predoplemenjivanje (pre-breeding) i proizvodnju različitog sortimenta na brojnim lokacijama. Kroz ovaj rad prikazani su i osnovni elementi AMMI analize.

Neki domaći autori već su koristili AMMI i publikovali dobijene rezultate. Bačić i sar. (2010) su primenom AMMI analizirali interakciju GxE kod kukuruza, Hristov i Mladenov(2005), Petrović i sar. (2005) i Petrović i sar. (2010) kod pšenice, Vasić i sar. (2010) kod pasulja, Tančić i sar. (2011) kod suncokreta, Marjanović-Jeromela i sar. (2011) kod uljane repice i Zdravković i sar. (2011) kod plavog patlidžana. U svetu su AMMI analizu koristili i kod pirinča (Mahalingam et al., 2006), krompira (Hassanpanah, 2010), duvana (Sadeghi et al., 2011), pamuka (Naveed et al., 2007), boba (Flores et al., 1996) i drugih biljnih vrsta.

Do sada nisu publikovani rezultati primene AMMI kod dinje u našoj zemlji, pa ovaj rad predstavlja doprinos u tom smislu. Dinja je značajna gajena vrsta koja je na tržištu naše zemlje prisutna cele godine. Gaji se na otvorenom polju (od maja do kasnog leta) i u zaštićenom prostoru. Na tržištu Srbije je prisutno nekoliko sorti dinje za koje nije precizno određena stabilnost prinosa. U ovom radu ispitano je 9 genotipova dinje sa ciljem da se odgovori na pitanja: kojem tipu proizvodnje su bolje prilagodjeni (otvoreno polje ili zaštićen prostor), koji od ispitivanih genotipa ima najveću stabilnost i koji su slični genotipovi po interakciji.

Materijal i metod rada

U ogledima je korišćeno ukupno 9 genotipova dinje iz kolekcije Instituta za povrtarstvo u Smederevskoj Palanci, i to 2 genotipa dinje ranijeg roka sazrevanja (Sezam i Fiata), 3 genotipa dinje srednjeg roka sazrevanja (Pobeditel, Kineska muskatna i A2-31b) i 4 genotipa dinje kasnijeg roka sazrevanja (ED-3, ED-4, Ananas i Medna rosa).

Setva je obavljena prve nedelje aprila u sudove promera 10 cm koji su postavljeni u staklenoj bašti Instituta za povrtarstvo u Smederevskoj Palanci. Ukupno je bilo posejano 540 biljaka. Nakon faze 3-5 pravih listova biljke su rasađivane. Prva polovina biljaka je rasađena na otvoreno polje. Druga polovina biljaka je rasađena u staklenoj bašti Instituta. Ogled u zaštićenom prostoru i na otvorenom polju je postavljen u tri ponavljanja. Svako ponavljanje se sastojalo od 9 redova (međuredno rastojanje 100 cm) i 10 biljaka unutar redova (rastojanje između biljaka 50 cm u zaštićenom prostoru, odnosno 150 cm na otvorenom polju). U zaštićenom prostoru, uz svaku biljku su bili postavljeniji špaliri. Kada su plodovi dostigli dužinu od 10 cm stavljani su u pletene vreće gde su ostajali do berbe.

Berba je obavljena kontinuirano i izmeren je prinos svake biljke.

Dobijene vrednosti obrađene su statistički AMMI analizom.

AMMI model se utvrđuje na osnovu broja osi glavnih komponenti a prikazuje se grafički biplotom. Na AMMI1 biplotu glavni efekti (G i E) se prikazuju na apscisi, a vrednosti prve glavne komponente na ordinati (Zobel et al., 1988). AMMI 2 biplot pokazuje odnos prve i druge glavne komponente.

Ukoliko je vrednost prve glavne komponente genotipa ili sredine blizu nule, može se zaključiti da taj genotip, odn. sredina imaju mali efekat interakcije. Kada su genotip i sredina istog znaka, bilo pozitivnog ili negativnog, njihova interakcija je pozitivna, a ukoliko su različitog znaka interakcija im je negativna (Mahalingam *et al.*, 2006).

Izračunata je vrednost AMMI stabilnosti (ASV) s ciljem da se rangiraju genotipovi u pogledu stabilnosti. Korišćena je formula (Purchase, 2000):

$$ASV = \sqrt{\left[\frac{SSPC1}{SSPC2} (\text{vrednost PC1})\right]^2 + [\text{vrednost PC2}]^2}$$

SS = Suma kvadrata;

PC1 = prva glavna komponenta;

PC2 = druga glavna komponenta.

AMMI analiza je rađena uz pomoć *R software*, verzija 2.15.2 (*A Language and Environment, Copyright* 2012).

Rezultati istraživanja i diskusija

Analiza varijanse AMMI modela (Tab. 1) pokazuje značajne razlike između lokacija (otvoreno polje - OP i staklena bašta - S), godina (2010 i 2011) i genotipova (1-9) kao i njihovih interakcija na prinos po biljci kod dinje. Čak 42,38% ukupne sume kvadrata se odnosilo na efekat interakcije GxE što je oko 2,5 puta više nego vrednost sume kvadrata Spoljne sredine. Ovo znači da je postojala značajna razlika između reakcije genotipova u okviru različitih spoljašnjih sredina. Rezultati takođe pokazuju da sume kvadrata prve i druge glavne komponente (PC1 i PC2) čine 99,09% sume kvadrata interakcije. Na osnovu ovoga može se zaključiti da je AMMI model sa samo dve glavne komponente najbolji model (Zobel *et al.*, 1988).

Tab. 1. Analiza varijanse AMMI modela

Analysis of variance for the AMMI model

Izvor variranja <i>Source of variation</i>	Stepeni slobode <i>Degrees of freedom</i>	Suma kvadrata <i>Sum of squares (SS)</i>	SS (%)	Sredina kvadrata <i>Mean squares</i>	F-količnik <i>F ratio</i>
Genotip (G) <i>Genotypes (G)</i>	8	26.466.324	38,69	3.308.290	394,99**
Ponavljanja <i>Replications</i>	8	136.810	0,20	17.101	2,04 ^{nz}
Spolj. sredina <i>Environment (E)</i>	3	12.281.262	17,95	4.093.754	239,38**
GxE	24	28.993.549	42,38	1.208.065	144,24**
PC1	10	17.250.551	59,50	1.725.055,09	205,96**
PC2	8	11.478.119	39,59	143.476,84	171,30**
PC3	6	264.879	0,91	44.146,62	5,27**
Greška <i>Error</i>	64	536.044	0,78	8.376	
Ukupno <i>Total</i>	100	68.413.989			

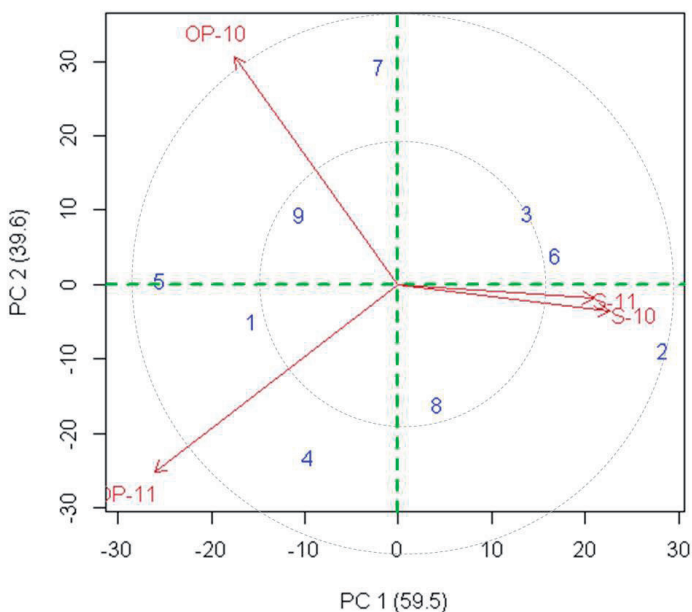
* PC1 - prva glavna komponenta; *first principal component*; PC2 - druga glavna komponenta; *second principal component*; PC3 - treća glavna komponenta; *third principal component*

Na Graf. 1 je prikazan AMMI 2 model biplot (PC1 i PC2), odn. grafički prikazana interakcija GxE. Poznato je da manji ugao između vektora interakcije predstavlja veću sličnost u njihovoj interakciji (Babić et al., 2010).

Na osnovu rezultata prikazanih na grafikonu 1 uočava se da je postojala veća interakcija genotipova i spoljašnje sredine na otvorenom polju, nego u zaštićenom prostoru. Uticaj godina je izražen na otvorenom polju dok je u zaštićenom prostoru on gotovo zanemarljiv.

Kod genotipova kasnijeg roka sazrevanja je jača interakcija u zaštićenom prostoru dok su genotipovi srednjeg i ranog roka sazrevanja jače intereagovali sa spoljašnjom

Graf. 1. AMMI 2 biplot za 9 genotipova dinje
AMMI 2 biplot of 9 melon genotypes



* Legenda: 1 - Sezam; 2 - ED-3; 3 - ED-4; 4 - Pobeditel; 5. Kineska muskatna; 6. Ananas; 7. Fiata; 8. Medna rosa; 9. A2-3lb; S-10 - staklena bašta, 2010. godina; S-11 - staklena bašta, 2011. godina; OP-10 - otvoreno polje, 2010. godina; OP-11 - otvoreno polje, 2011. godina

* Legend: 1 - Sezamsame; 2 - ED-3; 3 - ED-4; 4 - Pobeditel; 5. Chinese muskmelon; 6. Anannas; 7. Fiata; 8. Honeydew; 9. A2-3lb; S-10 - greenhouse, 2010; S-11 - greenhouse, 2011; OP-10 - open field, 2010; OP-11 - open field, 2011

Vrednosti ASV (Tab. 2) pokazuju da je najmanja interakcija kod genotipova 9 i 8 dok je najjača interakcija vidljiva kod genotipova 2 i 5. Manja vrednost ASV ukazuje na slabiju interakciju GxE, te označava stabilnije odnosno adaptabilnije genotipove, dok veće vrednosti ASV imaju genotipovi koji su najmanje stabilni (Sadeghi et al., 2011). U ovom radu utvrđeno je da su najmanje prinostni genotipovi dinje (Medna rosa i A2-3lb) istovremeno i najstabilniji. Najprinosniji genotip dinje Fiata bio je jedan od najnestabilnijih.

Tab. 2. Srednje vrednost, koeficijent stabilnosti AMMI modela i rangovi stabilnosti 9 genotipova dinje
Mean, AMMI stability values and ranking orders of stability of 9 melon genotypes

Redni broj <i>No</i>	Genotip <i>Genotype</i>	Prinos po biljci (kg) <i>Yield per plant (kg)</i>		PC1	PC2	ASV	
		Srednja vrednost <i>Mean</i>	Rang <i>Rank</i>			Vrednost <i>Value</i>	Rang <i>Rank</i>
1	Sezam <i>Sesame</i>	2556,74	2	-15,67	-4,85	578,15	4
2	ED-3	1697,29	7	28,36	-8,86	1895,17	9
3	ED-4	2039,14	4	13,86	9,62	526,45	3
4	Pobeditel	1987,58	5	-9,51	-23,19	742,06	6
5	Kineska muskatna <i>Ch. muskmelon</i>	2342,74	3	-25,50	0,56	1469,05	8
6	Ananas <i>Anannas</i>	1453,96	8	16,80	3,90	652,71	5
7	Fiata	2907,07	1	-2,10	29,33	870,21	7
8	Medna rosa <i>Honeydew</i>	1308,83	9	4,25	-16,04	298,08	1
9	A2-3lb	1706,53	6	-10,51	9,54	340,51	2

* PC1 - prva glavna komponenta; *first principal component*; PC2 - druga glavna komponenta; *second principal component*

AMMI model 1 biplot (PC1 i prinos) je prikazan na Graf. 2. Pozitivna vrednost prve glavne komponente i visok prosečni prinos je zabeležen u zaštićenom prostoru u obe posmatrane godine, dok je negativna vrednost prve glavne komponente i nizak prosečan prinos zabeležen na otvorenom polju u toku dve posmatrane godine. Na osnovu ovih rezultat možemo da zaključimo da je značajan uticaj spoljnih faktora na prinos dinje po biljci. U zaštićenom prostoru su faktori: temperatura, vlažnost vazduha, vlažnost zemljišta kontrolisani.

Najstabilniji genotip kad se posmatra prinos po biljci je zabeležen kod ED-4. To je genotip srednje krupnoće ploda. Genotip Fiata se izdvojio kao najprinosniji.

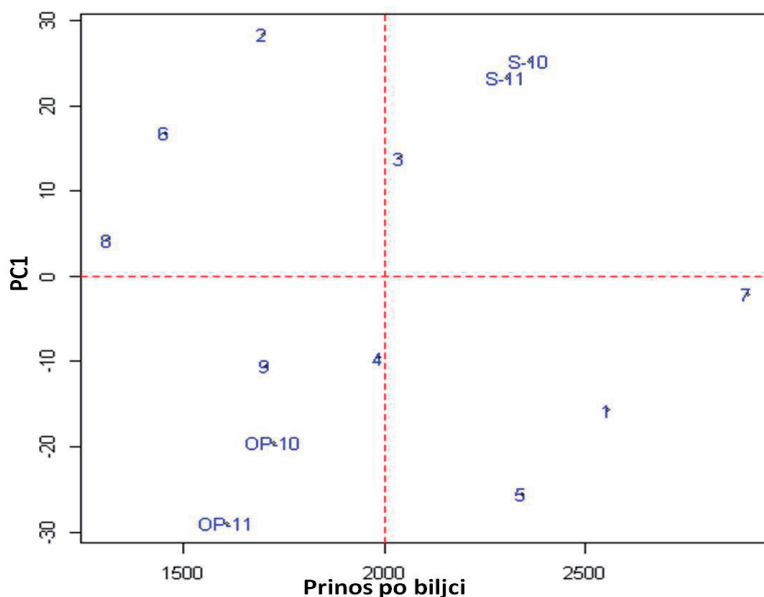
Genotipovi ED-3, Ananas i Medna rosa su generalno imali nizak prosečni prinos, ali su pokazali jaču interakciju u zaštićenom prostoru gde je prinos po biljci bio iznad proseka. S druge strane, ranostasni genotipovi Sezam i Fiata, kao i genotipovi srednjeg roka sazrevanja Kineska muskatna dinja su jače intereagovali sa spoljašnjom sredinom u proizvodnji na otvorenom polju. Poznato je da genotip koji postigne najveći prosečan prinos sa najslabijom interakcijom je poželjan genotip za određenu sredinu (Babić *et al.*, 2010).

Na Graf. 2 se vidi pozitivna interakcija između ranostanih genotipova Sezam, Fiata i Kineska muskatna, kao i srednje kasnih genotipovi Pobeditel i A2-3lb sa OP (otvoreno polje). Na osnovu ovoga može se zaključiti da su ovi genotipovi pogodniji za gajenje na otvorenom polju. S druge strane, genotipovi koji su kasnije sazrevali: Ananas,

Medna rosa, ED-3 i ED-4 su imali pozitivnu interakciju sa sredinom S, pa se zato preporučuju za gajenje u stakleničkoj proizvodnji. Ovo znači da su prinosi po biljci bili iznad proseka u sredini sa kojom su pozitivno interreagovali.

Graf. 2. AMMI 1 biplot za 9 genotipova dinje

AMMI 1 biplot of 9 melon genotypes



* Legenda: 1 - Sezam; 2 - ED-3; 3 - ED-4; 4 - Pobeditel; 5. Kineska muskatna; 6. Ananas; 7. Fiata; 8. Medna rosa; 9. A2-3lb; S-10 - staklena bašta, 2010. godina; S-11 - staklena bašta, 2011. godina; OP-10 - otvoreno polje, 2010. godina; OP-11 - otvoreno polje, 2011. godina

* Legend: 1 - Sezamsame; 2 - ED-3; 3 - ED-4; 4 - Pobeditel; 5. Chinese muskmelon; 6. Anannas; 7. Fiata; 8. Honeydew; 9. A2-3lb; S-10 - greenhouse, 2010; S-11 - greenhouse, 2011; OP-10 - open field, 2010; OP-11 - open field, 2011

Zaključak

Cilj ovog rada je uz pomoć ove analize odrediti najstabilnije genotipove i odrediti najbolji način proizvodnje svakog od genotipa. AMMI analiza je pokazala da su između genotipova, sredina i interakcije GxE postojale vrlo značajne razlike.

Genotipovi A2-3lb i Medna rosa su se pokazali kao najstabilniji genotipovi, dok su ED-3 i Kineska muskatna najmanje stabilni. Genotip ED-4 se izdvojio kao idealan genotip za gajenje i u zaštićenom prostoru i na otvorenom polju. Rezultati su pokazali da je prosečan prinos po biljci ovog genotipa bio podjednake vrednosti kod oba načina proizvodnje. Rani i srednje rani genotipovi su pogodniji za gajenje na otvorenom polju, pošto u tim uslovima se kod ovih genotipova postižu veći prinosi po biljci. Kasni genotipovi mogu da se preporučuje za gajenje u staklenoj bašti.

Literatura:

1. *Babic, V., Babic, M., Ivanovic, M., Kraljevic-Balalic, M., Dimitrijevic, M.* (2010): Understanding and utilization of genotype-by-environment interaction in maize breeding. *Genetika* 42(1): 79-90.
2. *Flores, F., Moreno, M. T., Martinez, A., Cubero, J. I.* (1996): Genotype-environment interaction in faba bean: comparison of AMMI and principal coordinate models. *Field Crops Research* 47(2-3): 117-127.
3. *Freeman, G. H.* (1985): The analysis and interpretation of interaction. *Journal of Applied Statistics*, 12: 3-10.
4. *Gauch, H. G.* (1988): Model selection and validation for yield trials with interaction. *Biometrics* 44: 705-715.
5. *Gauch, H. G.* (1992): Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs. Elsevier science publishers B.V., Amsterdam, The Netherlands.
6. *Hassanpanah, D.* (2010): Analysis of GxE interaction by using the additive main effects and multiplicative interaction in potato cultivars. *International Journal of Plant Breeding and Genetics* 4(1): 23-29.
7. *Hristov, N., Mladenov, N.* (2005): Pokazatelji tehnološkog kvaliteta pšenice u vremenu i prostoru. *Zbornik radova - Naučni Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad* 41: 221-234.
8. *Mahalingam, L., Mahedran, S., Chandra Babu, R., Atlin, G.* (2006): AMMI analysis for stability of grain yield in rice (*Oryza sativa* L.): *International Journal of Botany* 2(2): 104-106.
9. *Marjanović-Jeromela, A., Terzić, S., Zorić, M., Marinković, R., Atlagić, J., Mitrović, P., Milovac, Ž.* (2011): Ocena stabilnosti prinosa semena i ulja NS sorti uljane repice (*Brassica napus* L.). *Ratarstvo i povrtarstvo* 48: 67-76.
10. *Naveed, M., Nadeem, M., Islam, N.* (2007): AMMI analysis of some upland cotton genotypes for yield stability in different milieus. *World Journal of Agricultural Sciences* 3(1): 39-44.
11. *Petrović, S., Dimitrijević, M., Kraljević-Balalić, M., Crnobarac, J., Lalaić, B., 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.
12. *Petrović, S., Dimitrijević, M., Belić, M., Banjac, B., Bošković, J., Zečević, V., Pejić, B.* (2010): The variation of yield components in wheat (*Triticum aestivum* L.) in response to stressful growing conditions of alkaline soil. *Genetika* 42(3): 545-555.
13. *Purchase, J. L., Hatting, H.* (2000): Genotype x environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. *South African Journal of Plant and Soil* 17(3): 101-107.
14. *R Development Core Team* (2005): R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, www.R-project.org.
15. *Sadeghi, S. M., Samizadeh, H., Amiri, E., Ashouri, M.* (2011): Additive main effects and multiplicative interactions (AMMI) analysis of dry leaf yield in tobacco hybrids across environments. *African Journal of Biotechnology* 10(21): 4358-4364.

16. Tančić, S., Dedić, B., Jocić, S., Balalić, I., Lačok, N., Miladinović, D., Miklič, V. (2011): Sclerotinia wilt occurrence on sunflower in Vojvodina, Serbia. *Ratarstvo i povrtarstvo* 48: 353-358.
17. Vasić, M., Gvozdanić-Varga, J., Zorić, M., Kraljević-Balalić, M., Červenski, J. (2010): Analysis of grain size in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by linear and bilinear models. *Genetika* 42(3): 535-544.
18. Zobel, R., Wright, M. J., Gauch, H. G. (1988): Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal* 80: 388-393.
19. Zdravković, J., Ristić, N., Girek, Z., Pavlović, S., Pavlović, N., Dorđević, M., Zdravković, M. (2011): Dormantnost semena selekcionisanih linija plavog patlidžana (*Solanum melongena* L.). *Selekcija i semenarstvo*, 17(2): 17-34.

UDC: 635.61+631.527
Original scientific paper

ANALYSIS OF GXE INTERACTION BY USING AMMI MODEL IN MELON BREEDING

*Z. Girek, S. Prodanović, T. Živanović, J. Zdravković,
M. Đorđević, S. Adžić, M. Zdravković**

Summary

In this paper was studied stability of early, medium and late melon genotypes grown in greenhouses and in the open field through analysis of interaction genotype x environment (GEI). The main objective of this study was to determine the most stable melon genotype. Experiments in open field and in greenhouse were conducted at the Institute for Vegetable Crops in Smederevska Palanka, during 2010, and 2011. The yield per plant in nine melon genotypes was examined. The values of the principal components of genotypes and environments and GEI were calculated and analyzed using AMMI analysis. This is the first time that in our country someone uses this method to assess the stability of melon genotypes. It was found that genotypes that mature earlier have a higher yield per plant when grown in an open field while late genotypes had higher yield per plant when grown in a greenhouse.

Key words: AMMI analysis, melon, genotype, interaction GxE, yield per plant, stability, environment.

* Zdenka Girek, B.Sc., research assistant, Jasmina Zdravković, Ph.D., Mladen Đorđević, B.Sc., Sladan Adžić, B.Sc., Milan Zdravković, Ph.D., Institute for Vegetable Crops, Smederevska Palanka; Slaven Prodanović, Prof. Ph.D., Tomislav Živanović, Prof. Ph.D., Faculty of Agriculture, Zemun-Belgrade.

This study was supported by the Project TR31059: "New approaches of breeding vegetables designed for use in sustainable growing systems based on biotechnological methods" of Ministry of Education, Science and Technological Development (Government of the Republic of Serbia).

