

SADRŽAJ BJELANČEVINA I UROD ZRNA KOD OZIMOG JEČMA S OBZIROM NA SINERGIJU GENOTIPA I OKOLIŠA U REPUBLICI HRVATSKOJ

A. Lalić⁽¹⁾, Gordana Šimić⁽¹⁾, J. Kovačević⁽¹⁾, D. Novoselović⁽¹⁾, I. Abičić⁽¹⁾, V. Duvnjak⁽¹⁾, Lidija Lenart⁽²⁾

Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper

SAŽETAK

*U četverogodišnjim pokusima s 14 sorti ječma na lokalitetima u Tovarniku, Novoj Gradiški, Požegi i Osijeku istraživana je interakcijski učinak sorta*okolina AMMI1 i AMMI2 modelom za urod zrna i količinu bjelančevina u zrnu. Analizom varijance procijenjeni su značajni učinci godine, lokaliteta i sorte na urod zrna i sadržaj bjelančevina. Najvišim urodima zrna, slične razine, izdvojile su se sorte Bingo (7,357 t/ha) i Barun (7,336 t/ha). Najviše količine bjelančevina u zrnu su sorte Vanessa (13,06%) i Prometej (12,94%), a najniže količine bjelančevina u zrnu su sorte Barun (12,14%) i Princ (12,29%). Visoku stabilnost uroda zrna i količine bjelančevina u zrnu ječma, imala je sorta Barun. Stabilnost sorte Barun za urod zrna izraženija je s obzirom na godinu ispitivanja, nego u odnosu na lokalitet ispitivanja. Sorta Vanessa, uz visoki prosječni sadržaj bjelančevina u provedenim istraživanjima, imala je visoke interakcijske skorove IPCA1, koji su izraženiji kod lokaliteta nego godina ispitivanja. Sorte Tiffany, Plaisant i Favorit osrednjih su do viših interakcijskih skorova IPCA1 i IPCA2 za sadržaj bjelančevina, a u biplot AMMI2 modelu ne pokazuju povezanosti s lokacijama.*

Ključne riječi: ozimi ječam, sorta, urod zrna, količina bjelančevina, GEI

UVOD

Na količinu bjelančevina u zrnu ječma, uz karakteristiku sorte, značajno utječu klimatski i agronomski činitelji proizvodnje, kao što su tip i plodnost tla, vremenske prilike tijekom vegetacije, ukupno trajanje vegetacije, predusjev i gnojidba (Kovačević i sur., 1994.; Eagles i sur., 1995.; Lalić i Kovačević, 1997.).

Područje istočne Hrvatske, gospodarski najvažnije agroekološko područje za proizvodnju ozimog i jarog ječma, ubraja se u prijelazno područje iz semiaridne umjereno kontinentalne klime s istočnoeuropskim oznakama prema semihumidnoj umjereno kontinentalnoj srednjeeuropskoj klimi (Kovačević i sur., 2006.). To područje karakteriziraju promjenljivi vremenski uvjeti s naglaskom na količinu i raspored oborina, što uvjetuje široku pojavnost kraćih ili dužih sušnih perioda. Republika Hrvatska, iako spada u grupu zemalja koje su površinom male, posjeduje tla vrlo različite plodnosti. Na području Republike Hrvatske, Slavonije i Baranje postoje tla različitih svojstava i plodnosti, a Janeković (1971.) ukazuje na lošija fizikalna svojstva tla na zapadnim područjima Slavonije. Ta nepovoljna svojstva tla u zapadnoj Slavoniji značajno utječu na smanjenje uroda zrna i kakvoće ječma. Vincetić i sur. (2007.) ističu da su glavni uočeni agrotehnički činitelji u uvjetima RH koji su utjecali na smanjeni urod zrna i kakvoću pivarskog ječma bili plodnost tla, neprilagođena gnojidba i zaštita od bolesti, koju pojedini proizvođači ne provode na vrijeme ili je uopće ne provode. Gnojidba pivarskog ječma zahtijeva korištenje nižih količina dušika, koje moramo primijeniti u određenim fazama razvoja usjeva. Primjena dušika u stadiju od 2 do 30 (ZCK skala) značajno utječe na povećanje broja zrna i daje bolje rezultate ako je na početku vegetacije bilo dovoljno dušika za nicanje usjeva i početak busanja (Baethgen i sur., 1995.). Međutim, prevelike količine dušika i neusklađenost primjene dušika i

(1) Dr.sc. Alojzije Lalić, dr.sc. Gordana Šimić, dr.sc. Josip Kovačević, dr.sc. Dario Novoselović, dipl.inž. Ivan Abičić, dr.sc. Vinko Duvnjak - Poljoprivredni institut Osijek, Južno predgrađe 17, 31000 Osijek (e-mail: alojzije.lalic@poljin.os.hr); (2) Dr.sc. Lidija Lenart - Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Franje Kuhača 6, 31000 Osijek

faze razvoja usjeva povećavaju opasnost od polijeganja usjeva te utječu na povećanje sadržaja bjelančevina u zrnu ječma. Bolesti ječma smanjuju urod ječma, ali negativno djeluju i na kakvoću zrna te, naročito, smanjuju krupnoću i ujednačenost zrna. Nedostatak vlage tijekom perioda nalijeivanja zrna onemogućava ostvarenje genetskoga potencijala sorte, ujednačenost veličine zrna na klasu (biljci) i potpuno formiranje oblika zrna (Schelling i sur., 2003.). Štura i slabo formirana zrna imaju povećani sadržaj bjelančevina i smanjeni sadržaj škroba. Od agroklimatoloških činitelja na urod i kakvoću pivarskoga ječma djeluju temperatura i količina oborina. Savin i Nicolas (1996.) ukazuju da se sadržaj bjelančevina u zrnu ječma povećava u uvjetima suše praćene visokim temperaturama.

Cilj rada je na temelju učinka interakcije sorta*okoliš ustanoviti razlike u stabilnosti i adaptabilnosti sorti za urod zrna i količinu bjelančevina u zrnu ječma te istražiti specifičnosti sorti, s obzirom na uvjete uzgoja.

MATERIJAL I METODE

Materijal i poljski pokusi

U pokusima od 2003./2004. do 2006./2007. godine na lokalitetima u Tovarniku, Novoj Gradiški, Požegi i Osijeku, s 14 sorti ozimoga ječma istraživan je interakcijski učinak sorta*okolina za urod zrna i sadržaj bjelančevina u zrnu ječma. Sorte Sladoran, Rex, Zlatko, Gvozd, Prometej, Barun, Trenk, Bingo, Lord i Princ stvorene su na Poljoprivrednom institutu Osijek. Tiffany i Vanessa sorte su ječma porijeklom iz Njemačke, sorta Plaisant iz Francuske, a Favorit je sorta BC Instituta u Zagrebu. Sorte Lord, Princ, Favorit i Plaisant višeredne su forme klasa.

Pokus je postavljen u tri ponavljanja i s dvije norme sjetve (300 zrna/m² i 450 zrna/m²). Veličina osnovne parcelice iznosila je 7,56 m². Istraživanje je provedeno na četiri lokacije, različitih tipova tla. Seleksijsko polje Poljoprivrednog instituta u Osijeku karakterizira eutrični kambisol (smeđe lesivirano tlo) sljedećih svojstava: pH (KCl) = 6,25, humus = 2,20 %. Lokacija Tovarnik odlikuje se tlom tipa crnice s pH (KCl) = 7,42 i udjela humusa = 2,96 %. Aluvijalno tlo pH (KCl) = 7,63 i udjela humusa = 1,83 % karakteristično je za lokaciju Nova Gradiška, dok je u Požegi prisutan pseudoglejni tip tla s pH (KCl) = 4,46 i udjelom humusa 1,80 %.

Maseni udio bjelančevina (%) u zrnu ječma određen je *Infratec 1241 Grain Analyzer*-om (Foss Tecator AB, Švedska).

Obrada podataka

Podatci su obrađeni korištenjem procedura PROC GLM, PROC MEANS u SAS 9.1 softwareu (SAS Institute Inc, 2007.). Razlike između sorti i okolina testirane su Duncan's Multiple Test Rangeom.

U AMMI analizi, za procjenu fenotipskih svojstava uroda zrna i sadržaja bjelančevina u zrnu korišten je sljedeći model (Tarakanovas i Ruzgas, 2006.):

$$Y_{ger} = \mu + a_g + b_e + \sum_{n=1}^n S_{n} g_{gn} d_{en} + r_{ge} + E_{ger}$$

gdje su:

Y_{ger} = urod zrna ili sadržaj bjelančevina u zrnu genotipa g u okolini e u ponavljanju 3,

μ = opća prosječna vrijednost,

a_g = prosječno odstupanje genotipa g (prosječno genotipa umanjen za opću prosječnu vrijednost),

b_e = prosječno odstupanje okolinskoga prosjeka,

S_n = singularna vrijednost za IPCA os n ,

g_{gn} = genotipska g eigenvektorska vrijednost za IPCA os n ,

d_{en} = okolinska e eigenvektorska vrijednost za IPCA os n ,

r_{ge} = ostatak, i

E_{ger} = pogreška.

Interakcijski efekti interakcije genotip*okolina izračunati su prema formuli:

$$(G * E)_{ij} = \bar{y}_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..}$$

gdje su: \bar{y}_{ij} je prosječna vrijednost i th genotipa u j th okolini, a $\bar{y}_{i.}$, $\bar{y}_{.j}$, i $\bar{y}_{..}$ prosječne su vrijednosti i th genotipa, prosječna vrijednost j th okolina i ukupna prosječna vrijednost (Vargas i sur., 1999.).

Grafičkim prikazom biplot analize za AMMI1 model prikazane su vrijednosti glavnih efekata i prve interakcijske osi, a za AMMI2 model prikazane su vrijednosti prve i druge interakcijske osi za interpretaciju interakcije genotip*okolina te su konstruirani biploti za 2 tipa okoliša (okolišni uvjeti- 4 lokaliteta i 4 godine) i 14 sorti ozimoga ječma (Gauch, 1992.).

Za procjenu glavnih efekata i efekata prve i druge interakcijske osi u AMMI1 i AMMI2 modelima te biplot analizu korišten je software IRRISTAT 5.0 (Irristat for Windows ©, 2005).

Klimatski podatci

Podatci (Tablica 1.) o temperaturama zraka i količinama oborina za razdoblje 2003./04.–2006./07. na području lokacija Osijek, Tovarnik, Nova Gradiška i Požega, kao i višegodišnji prosjeci (od 1981. do 2006.), dobiveni su od Državnoga hidrometeorološkoga zavoda Hrvatske.

Tablica 1. Temperature zraka i količine oborina

Table 1. Average air temperature and rainfall

Godina Year	Prosječna temperatura zraka, °C <i>Average air temperature, °C</i>				Prosječna količina oborina, mm <i>Average rainfall, mm</i>			
	Lokacija <i>Location</i>				Lokacija <i>Location</i>			
	Osijek	Požega	Nova Gradiška	Tovarnik	Osijek	Požega	Nova Gradiška	Tovarnik
2003.	11,3	11,6	11,1	11,9	516,5	562,4	612,6	477,1
2004.	11,0	11,1	10,8	11,6	865,4	898,6	898,6	848,2
2005.	10,4	10,5	10,1	10,8	973,7	754,0	797,0	868,0
2006.	11,5	11,1	10,8	12,0	632,1	697,5	788,1	619,7
2007.	12,4	12,2	11,7	12,9	620,9	678,0	828,6	766,1
Prosjek <i>Average</i> 1981./2006.	11,1	11,1	10,9	11,5	679,7	783,3	781,0	674,2
Vegetacijska godina <i>Vegetation year</i>	Temperatura zraka u vegetacijskom periodu ječma X-VI, °C <i>Barley vegetation period air temperature X-VI, °C</i>				Količina oborina u vegetacijskom periodu ječma X-VI, mm <i>Barley vegetation period rainfall X-VI, mm</i>			
	Lokacija <i>Location</i>				Lokacija <i>Location</i>			
	Osijek	Požega	Nova Gradiška	Tovarnik	Osijek	Požega	Nova Gradiška	Tovarnik
2003./04.	7,8	8,1	7,7	8,6	626,1	737,8	699,8	639,2
2004./05.	7,8	8,0	7,6	8,3	622,7	453,2	544,3	573,5
2005./06.	8,0	7,7	7,5	8,3	496,1	479,6	581,7	486,8
2006./07.	10,9	10,7	10,4	11,6	336,1	355,5	470,1	371,0
Prosjek <i>Average</i> 1981./2006.	8,2	8,3	8,0	8,7	490,9	534,0	563,9	481,8

REZULTATI I RASPRAVA

Analizom varijance ANOVA (Tablica 2.) procijenjeni su značajni ($F=***$) učinci godine, lokaliteta i sorte za urod zrna i sadržaj bjelančevina. Između normi sjetve s 300 i 450 zrna/m² nije utvrđena značajna razlika (F -test neopravdan) za urod zrna i sadržaj bjelančevina, a nije ustanovljena ni značajna interakcija sorta*norma sjetve za istraživana svojstva. Utvrđena je značajna ($F=**,***$) interakcija godina*norma sjetve za urod zrna i sadržaj bjelančevina te značajne ($F=***$) interakcije lokalitet*norma sjetve ($L*D$), godina*lokalitet*norma sjetve ($Y*L*D$), godina*sorta ($Y*G$), sorta*lokalitet ($G*L$) i godina*sorta*lokalitet ($Y*G*L$) za urod zrna i sadržaj bjelančevina.

Normom sjetve od 450 zrna/m² ostvaren je urod zrna od 6,796 t/ha, a normom sjetve od 300 zrna/m² urod zrna od 6,793 t/ha. Najvišim urodima zrna, slične razine, izdvojile su se sorte Bingo (7,357 t/ha), Barun (7,336 t/ha), Gvozd (7,281 t/ha) i Zlatko (7,214 t/ha) (Tablica 2.). Sorte najviše količine bjelančevina, slične razine, su Vanessa (13,06%) i Prometej (12,94%), a sorte najniže količine bjelančevina su Barun (12,14%) i Princ (12,29%) (Tablica 3.).

Tablica 2. ANOVA za urod zrna i količinu bjelančevina u zrnu ječma

Table 2. ANOVA for grain yield and grain protein content

Izvor varijabilneta Source of variation	n-1 n-1	Sume kvadrata Sum of squares			
		Urod zrna Grain yield		Količina bjelančevina Protein content	
Ponavljjanje Repetition	2	0,09		7,05	
Godina (Y) Year (Y)	3	1335,32	***	853,36	***
Norma sjetve (D) Sowing rate (D)	3	0,01		0,32	
Y*D	9	7,25	**	18,91	***
Lokacija (L) Location (L)	1	944,75	***	266,36	***
Y*L	3	221,29	***	458,63	***
L*D	3	21,29	***	15,98	***
Y*L*D	9	23,57	***	41,09	***
Sorta (G)	13	326,79	***	91,20	***
Y*G	39	179,40	***	58,75	***
G*D	39	3,98		6,24	
Y*G*D	117	14,15		12,65	
G*L	13	142,25	***	60,99	***
Y*G*L	39	238,45	***	61,80	*
G*L*D	39	8,46		7,91	
Y*D*L*G	117	39,39		40,52	
Pogreška - Error	894	498,79		381,90	
Ukupno - Total	1343	4005,22		2383,66	

F-test razine značajnosti: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$ F-test of significance level: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$ **Tablica 3. Vrijednosti uroda zrna**

Table 3. Values of the grain yield

Sorta Variety	Prosjeak Average		Lokalitet Location				Godina Year				Norma sjetve Sowing rate /m ²	
			OS	NG	PO	TO	2004.	2005.	2006.	2007.	300 zrna/ grains	450 zrna/ grains
Sladoran	6,89	cd	8,69	6,39	6,27	6,22	6,67	5,86	7,17	7,87	6,97	6,81
Rex	7,06	bc	8,35	6,65	6,39	6,83	6,61	5,63	7,74	8,25	7,03	7,08
Zlatko	7,21	ab	8,83	6,30	6,95	6,78	7,04	6,10	7,50	8,22	7,14	7,29
Barun	7,34	a	9,45	6,57	6,75	6,58	6,95	6,04	7,81	8,55	7,33	7,34
Trenk	6,85	cd	8,61	6,57	5,85	6,36	5,92	5,59	8,03	7,86	6,91	6,79
Gvozd	7,28	a	9,00	6,35	6,96	6,82	7,41	5,84	7,65	8,23	7,22	7,34
Prometj	7,15	ab	8,70	6,27	6,68	6,94	7,01	5,90	7,44	8,23	7,12	7,18
Bingo	7,36	a	9,04	6,62	6,70	7,07	7,42	5,96	7,55	8,49	7,41	7,31
Tiffany	5,56	g	6,31	5,90	4,83	5,20	4,06	3,84	7,15	7,20	5,57	5,55
Vanessa	6,20	f	7,09	6,02	5,80	5,88	5,37	4,71	7,22	7,50	6,21	6,19
Plaisant	6,43	e	7,60	6,42	5,44	6,26	5,96	5,13	7,43	7,20	6,31	6,55
Lord	6,51	e	7,89	6,11	5,72	6,31	6,02	5,05	7,67	7,29	6,54	6,48
Princ	6,80	d	8,51	6,20	5,81	6,67	6,63	4,91	7,08	8,57	6,84	6,76
Favorit	6,50	e	7,17	6,56	5,60	6,67	5,82	4,86	8,03	7,30	6,55	6,46
Prosjeak Average	6,80		8,23a	6,35b	6,13c	6,47b	6,35c	5,39d	7,53b	7,91a	6,80	6,79
LSD	0,21				0,11			0,11				ns

“a...f” - Duncan’s Multiple Range Test za $P \leq 0,05$

Tablica 4. Vrijednosti količine bjelančevina u zrnu ječma
Table 4. Values of the grain protein content

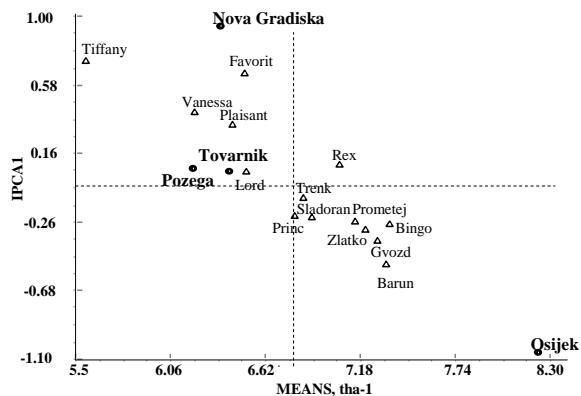
Sorta Variety	Prosjek Average		Lokalitet Location				Godina Year				Norma sjetve Sowing rate /m ²	
			OS	NG	PO	TO	2004.	2005.	2006.	2007.	300 zrna/ grains	450 zrna/ grains
Sladoran	12,69	cd	12,80	12,15	12,60	13,19	13,62	13,11	11,89	12,12	12,61	12,76
Rex	12,53	de	12,66	11,81	12,48	13,16	13,40	13,06	11,40	12,25	12,44	12,61
Zlatko	12,47	ef	12,61	11,75	12,46	13,05	13,50	12,85	11,70	11,84	12,42	12,52
Barun	12,14	g	12,22	11,50	12,15	12,69	12,88	12,60	11,40	11,68	12,08	12,21
Trenk	12,35	ef	12,50	11,76	12,38	12,74	13,32	12,80	11,33	11,94	12,29	12,40
Gvozd	12,84	bc	12,95	12,36	12,79	13,27	13,76	13,40	12,17	12,04	12,82	12,86
Prometej	12,94	ab	13,12	12,28	12,91	13,46	13,77	13,48	12,32	12,19	12,88	13,00
Bingo	12,48	e	12,54	11,79	12,63	12,97	13,13	12,94	11,82	12,04	12,39	12,57
Tiffany	12,83	bc	13,56	11,69	12,64	13,43	14,02	13,63	11,76	11,92	12,88	12,79
Vanessa	13,06	a	14,19	11,95	12,87	13,24	14,33	13,57	11,94	12,40	13,01	13,11
Plaisant	12,42	ef	13,00	11,32	12,49	12,88	13,93	12,86	11,20	11,70	12,52	12,33
Lord	12,35	ef	12,93	11,44	12,23	12,79	13,68	12,94	10,97	11,81	12,48	12,22
Princ	12,29	fg	12,62	11,66	12,25	12,62	13,05	12,85	11,69	11,57	12,32	12,26
Favorit	12,69	cd	13,37	11,95	12,62	12,82	13,86	13,30	11,27	12,33	12,73	12,65
Prosjek Average	12,58	cd	12,93a	11,81c	12,54b	13,02a	13,59a	13,10b	11,63d	11,99c	12,56	12,59
LSD	0,18			0,10				0,10			ns	

“a...g” - Duncan’s Multiple Range Test za $P \leq 0,05$

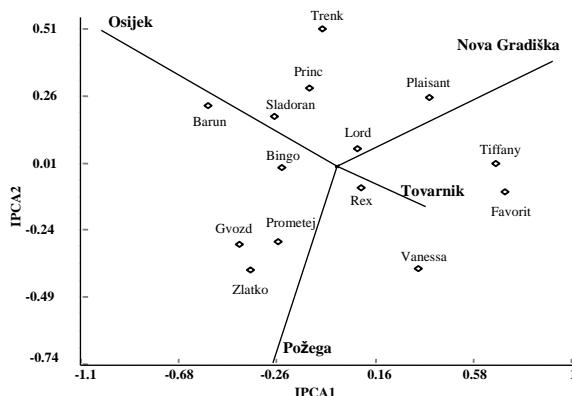
Grafičkim prikazom, biplot analizom AMMI1 i AMMI2 modela (Slika 1.-8.) prikazane su vrijednosti glavnih učinaka i prve interakcijske osi (IPCA1)(AMMI1 model) te vrijednosti učinaka prve i druge interakcijske osi (IPCA1 i IPCA2) (AMMI2 model) za interpretaciju interakcije kultivar*okoliš za urod zrna i količinu bjelančevina u zrnu ječma. Konstruirani su biploti za 4 okoliša (okolišni uvjeti- 4 lokaliteta, 4 godine) i 14 kultivara ječma.

Na AMMI1 biplot prikazu (Slika 1.) uočavamo da se lokacija Osijek ističe najvišim urodom zrna, ali i vrlo visokim interakcijskim skorom IPCA1 za urod zrna. Okoliši, lokacije Osijek, Nova Gradiška i Požega te godine 2007., 2006. i 2004. u AMMI2 biplot prikazu smještene su daleko od ishodišta (Slike 2. i 4.). Godina 2004. i 2006. imale su vrlo visoki interakcijski skor (IPCA1), a na biplot AMMI1 modelu ne uočava se posebna povezanost tih godina i pojedinih sorti (Slika 1.). Navedeno ukazuje da su u tim okolišima izražene specifične reakcije sorti vezane uz adaptabilnost i stabilnost uvjetima proizvodnje, ali i na izražen učinak agroklimatoloških čimbenika (temperatura i količina oborina) na uvjete proizvodnje u tim okolišima (lokalitetima i godinama).

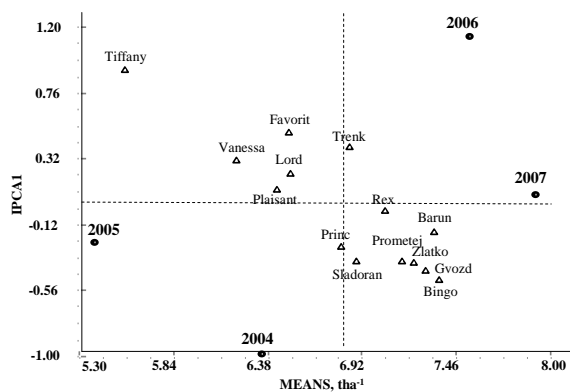
Analizirajući stabilnost uroda zrna po sortama, s gledišta godine (Slika 4.) i lokaliteta (Slika 2.), uočavamo da najvišu stabilnost, s obzirom na udaljenost od ishodišta u biplotu, posjeduje sorta Rex. Stabilnost sorte Barun za urod zrna u provedenim istraživanjima je izraženija s obzirom na godinu ispitivanja, dok je malo niža stabilnost ove sorte za urod zrna procijenjena u odnosu na lokalitet ispitivanja. Veliku nestabilnost po godinama ispitivanja imala je sorta Princ, ozimoga višerednoga ječma, i sorta Tiffany, ozimoga dvorednog ječma, koje su u AMMI2 biplot prikazu najviše udaljene od ishodišta. Sorta Trenk pokazuje višu stabilnost uroda zrna, s obzirom na lokalitet ispitivanja u odnosu na godinu ispitivanja. Kod te sorte ne uočavamo jaču povezanost ni s jednom lokacijom ispitivanja, a uočava se povezanost s uvjetima proizvodnje 2006. godine. U provedenim istraživanjima, naročito se visokim interakcijskim skorom IPCA1, po lokalitetima i godinama, ističe sorta Tiffany. Ta sorta ne pokazuje posebnu povezanost ni s jednim lokalitetom, a ni s godinom istraživanja. S proizvodnim uvjetima lokaliteta Osijek utvrđena je povezanost sorte Barun te sorti Gvozd, Bingo i Zlatko.



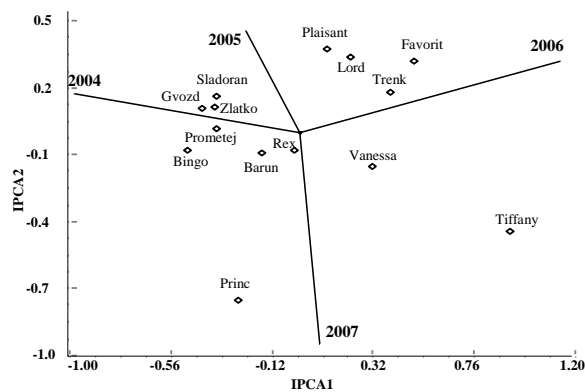
Slika 1. AMMI1 model za urod zrna; sorta-lokacija
Figure 1. AMMI1 model for grain yield; variety-location



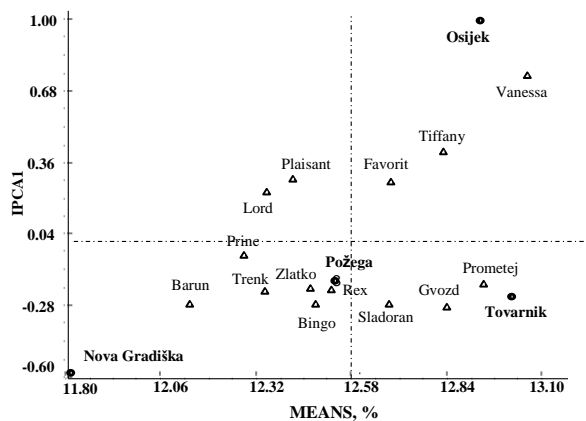
Slika 2. AMMI2 model za urod zrna; sorta-lokacija
Figure 2. AMMI2 model for grain yield; variety-location



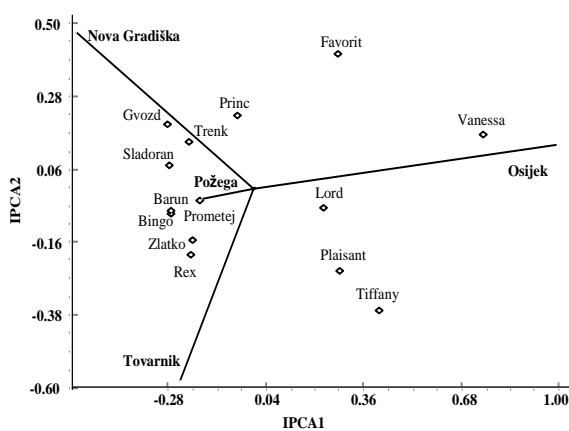
Slika 3. AMMI1 model za urod zrna; sorta-godina
Figure 3. AMMI1 model for grain yield; variety-year



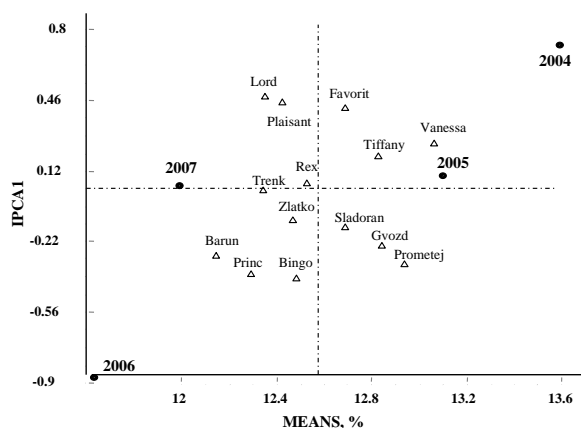
Slika 4. AMMI2 model za urod zrna; sorta-godina
Figure 4. AMMI2 model for grain yield; variety-year



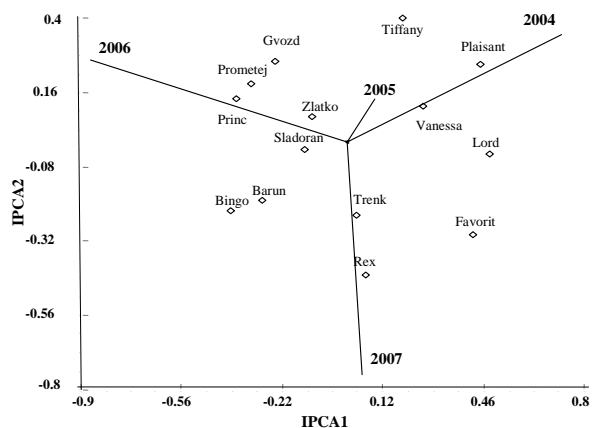
Slika 5. AMMI1 model za bjelančevine u zrnu; sorta-lokacija
Figure 5. AMMI1 model for grain protein; variety-location



Slika 6. AMMI2 model za bjelančevine u zrnu; sorta-lokacija
Figure 6. AMMI2 model for grain protein; variety-location



Slika 7. AMMI1 model za bjelančevine u zrnju; sorta-godina
Figure 7. AMMI1 model for grain protein; variety-year



Slika 8. AMMI2 model za bjelančevine u zrnju; sorta-godina
Figure 8. AMMI2 model for grain protein; variety-year

Na temelju AMMI1 biplot prikaza (Slika 5.) za svojstvo količine bjelančevina ističe se lokacija Tovarnik, koja je imala najvišu prosječnu količinu bjelančevina, uz niži interakcijski skor IPCA1. Lokacije Požega i Nova Gradiška, na kojima su utvrđene niže prosječne količine bjelančevina u zrnju, različitih su interakcijskih skorova IPCA1 i IPCA2. Lokacija Požega vrlo je niskih interakcijskih skorova IPCA1 i IPCA2 (Slike 5. i 6.), a na prikazu biplot AMMI2 modela ta lokacija smještena je u blizini ishodišta. Prema tome modelu, lokacije Nova Gradiška, Osijek i Tovarnik smještene su daleko od ishodišta, što upućuje na veliku nestabilnost uvjeta proizvodnje na tim lokacijama za količinu bjelančevina. U AMMI1 biplot modelu uočavamo da su 2004. godina, s najvišim prosječnim sadržajem bjelančevina, te 2006. godina, najnižega prosječnoga sadržaja bjelančevina, vrlo visokih interakcijskih skorova IPCA1. Godina 2005., s relativno nižim prosječnim sadržajem bjelančevina, na temelju AMMI2 modela, bila je nižih interakcijskih skorova. Na temelju interakcijskih skorova IPCA1 i IPCA2 u AMMI2 biplot modelu, 2007. godina smještena je daleko od ishodišta. Klimatski podatci (Krizmanić i sur., 2008.; Šimić, 2009., Tablica 1.) ukazuju da je vegetacijska 2006./2007. godina bila izrazito sušna, a 2003./2004. izrazito vlažna godina, u odnosu na višegodišnji prosjek. AMMI2 biplot model prikazuje vrijednosti interakcijskih osi jedne nasuprot drugoj, što najbolje prikazuje grupiranje kultivara na temelju sličnosti učinka u različitim okolinama. Sorta Vanessa, uz visoku prosječnu količinu bjelančevina, u provedenim istraživanjima imala je visok interakcijski skor IPCA1 povezan s lokalitetom, dok je za tu sortu utvrđen nešto niži interakcijski skor IPCA1 povezan s godinom istraživanja (Slike 5. i 7.). Na AMMI1 i AMMI2 biplot modelu uočava se povezanost sorte Vanessa i lokacije Osijek. Sorte Tiffany, Plaisant i Favorit su osrednjih do viših interakcijskih skorova IPCA1 i IPCA2 za količinu bjelančevina, a u biplot AMMI2 modelu ne pokazuju posebnu povezanost ni s jednom lokacijom. Sorte Tiffany i Favorit ne pokazuju povezanost ni s jednom godinom ispitivanja, dok su sorti Plaisant, relativno, najviše odgovarali uvjeti uzgoja 2004. godine. Sorta Rex pokazuje višu nestabilnost količine bjelančevina kroz učinak godine, nego lokacije. Sorta Barun, najnižeg je sadržaja bjelančevina u istraživanjima (Tablica 4., Slika 5.), a u AMMI2 biplot prikazu (Slike 6. i 8.) smještena je bliže ishodištu, slično kod lokaliteta i godina istraživanja. Navedeni parametri ukazuju na visoku stabilnost sorte Barun za količinu bjelančevina u zrnju ječma. U AMMI2 biplot modelu uočava se povezanost sorti Rex i Trenk s uvjetima proizvodnje u 2007. godini. Sorte Trenk i Gvozd pokazuju povezanost s uvjetima proizvodnje lokacije Nova Gradiška.

Za uspješnu proizvodnju, s obzirom na niži udjel bjelančevina u zrnju kod pivarskoga ječma, Weston i sur. (1993.) predlažu korištenje sorti s niskim udjelom bjelančevina, što povećava vjerojatnost uspješnosti proizvodnje i umanjuje rizik od prekoračenja gornje granice količine bjelančevina u zrnju ječma od 11,5%. Autori ukazuju da je pouzdanost proizvodnje veća, ako se u proizvodnji koriste sorte koje stabilno ostvaruju nizak udio bjelančevina, neovisno o stresnim okolišnim uvjetima.

ZAKLJUČAK

Uspješnost proizvodnje pivarskoga ječma neophodno je procjenjivati kroz sinergiju višeg i stabilnijeg uroda zrna, a niže količine bjelančevina u zrnu ječma (ispod 11,5%). U provedenim istraživanjima od ispitivanih sorti navedene odlike, odnosno viši urod zrna i niži sadržaj bjelančevina pokazuje sorta Barun. U AMMI2 biplot prikazu sorta Barun smještena je bliže ishodištu, što ukazuje na visoku stabilnost sorte Barun za nižu količinu bjelančevina u zrnu ječma. Provedena istraživanja ukazuju na vrlo visoke inerakcijske skorove IPCA1 i IPCA2 godina i lokacija (Osijek, Tovarnik i Nova Gradiška), te visoke prosječne vrijednosti količine bjelančevina u zrnu ječma. Proizvodnju pivarskoga ječma, a u cilju smanjenja rizika od prekoračenja gornje granice količine bjelančevina u zrnu ječma, moramo kontrolirati, uz izbor sorte, agrotehničkim mjerama, naročito balansiranom prihranom.

LITERATURA

1. Baethgen, W.E., Christianson, C.B., Lamothe, A.G. (1995): Nitrogen fertilizer effects on growth, grain yield, and yield components of malting barley. *Field Crop Research*, 43(2-3): 87-99.
2. Eagles, H.A., Bedggod, A.G., Panozzo, J.F., Martin, P.J. (1995): Cultivar and environmental effects on malting quality in barley. *Australian Journal of Agriculture Research*, 46:831-844.
3. Gauch, H.G. (1992): Statistical analysis of regional yield trials - AMMI analysis of factorial designs. Elsevier, Amsterdam.
4. Irristat for Windows © 2005, Version 5.0. International Rice Research Institute DAPO Box 7777, Metro Manila, Phillipines.
5. Janeković, Đ. (1971.): Pedološke karakteristike Slavonije i Baranje. Zbornik Radova Prvog znanstvenog sabora Slavonije i Baranje, 17-19. svibanj 1970.
6. Kovačević, J., Lalić, A., Martinčić, J., Šimić, I., Horvat, J., Juzbašić, M., Kelečenji, Z., Kutli, I., Lešić, L., Marjanović, I., Mužar, Z., Nikolić, B. (1994.): Mogućnosti proizvodnje ječma i slada u Republici Hrvatskoj. *Poljoprivredne aktualnosti*, 30:457.-469.
7. Kovacevic, J., Lalic, A., Kovacevic, V., Banaj, Đ. (2006): Respons of barley to ameliorative fertilization. *Cereal Research Communications*, 34(1):565-568.
8. Krizmanić, M., Liović, I., Mijić, A., Bilandžić, M., Duvnjak, T. (2008.): Nova generacija OS hibrida suncokreta tolerantnih na sušu i visoke temperature. Zbornik radova 43. hrvatskog i 3. međunarodnog simpozija agronoma. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, 299.-303.
9. Lalić, A., Kovačević, J. (1997.): Oplemenjivanje ječma za potrebe sladarstva i stočarstva u Republici Hrvatskoj. *Poljoprivreda*, 3(2):31.-45.
10. SAS Institute Inc., 2007. SAS/STAT User's Guide . SAS Institute Inc., Cary, NC.
11. Savin, R.S., Nicolas, M.E. (1996): Effects of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. *Aust. J. Pl. Physiol.*, 23:201-210.
12. Schelling, K., Born, K., Weisteiner, C., Kühbauch, W. (2003): Relationships between Yield and Quality Parameters of Malting Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Phenological and Meteorological Data. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 189(2):113-122.
13. Šimić, G. (2009.): Utjecaj genotipa i okolišnih uvjeta na parametre sladarske kakvoće ozimog ječma (*Hordeum vulgare* L.). Doktorska disertacija, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 11. veljače 2009., 127 str.
14. Tarakanovas, P., Ruzgas V. (2006): Additive main effect and multiplicative interaction analysis of grain yield of wheat varieties in Lithuania. *Agronomy Research* 4(1):91-98.
15. Vincetić, D., Krmpotić, A., Strinavić, J. (2007.): Proizvodnja pivarskog ječma u Republici Hrvatskoj. Zbornik sažetaka – 42. hrvatski i 2. međ. simpozij agronoma, Opatija, 13. do 16. veljače 2007., 81.-82.
16. Vargas, V. J., Crossa, J., van Eeuwijk, F.A., Rami, M.E., Sayre, K. (1999): Using partial least squares regression, factorial regression, and AMMI models for interpreting genotype by environment interaction. *Crop Science*, 39:955-967.
17. Weston, D.T., Horsley, R., Schwarz, P.B., Goos, R.J. (1993): Nitrogen and planting date effects on low-protein spring barley. *Agron. J.*, 85:1170-1174.

PROTEIN CONTENT AND GRAIN YIELD OF WINTER BARLEY CULTIVARS CONSIDERING GENOTYPE AND ENVIRONMENT SYNERGY IN THE REPUBLIC OF CROATIA

SUMMARY

Fourteen barley cultivars were tested through 4-year trials at Tovarnik, Nova Gradiška, Požega and Osijek sites in order to explore interaction effects of genotype by environment using AMMI1 and AMMI2 models for grain yield and grain protein content. The results of analysis of variance showed statistically significant effects of year, location and cultivar on grain yield and protein content. The highest grain yields had cultivars Bingo (7.357 t/ha) and Barun (7.336 t/ha). The highest values of grain protein content had cultivars Vanessa (13.06%) and Prometej (12.94%), whereas the lowest values of grain protein content were obtained for cultivars Barun (12.14%) and Princ (12.29%). High stability of grain yield and protein content, together with high level of grain yield and lower level of protein content, was estimated for cultivar Barun. The stability of cultivar Barun was more expressed in relation to the year of testing than to the location. Related to location of testing, high interaction scores (IPCA1) were obtained for cultivar Vanessa with high average protein content. Cultivars Tiffany, Plaisant and Favorit had medium to higher interaction scores (IPCA1 and IPCA2) for grain protein content, and in case of AMMI2 analysis they didn't show specific relation to locations.

Key-words: winter barley, variety, grain yield, protein content, GEI

(Primljeno 09. ožujka 2009.; prihvaćeno 15. travnja 2009. - Received on 9 March 2009; accepted on 15 April 2009)