

IZVORNI ZNANSTVENI RAD

## Utjecaj klimatskih uvjeta na stabilnost prinosa kukuruza

Goran Krizmanić<sup>1</sup>, Tihomir Čupić<sup>1</sup>, Branimir Šimić<sup>1</sup>, Josip Brkić<sup>1</sup>, Vlatka Jurković<sup>1</sup>, Goran Jukić<sup>2</sup>, Monika Marković<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Poljoprivredni institut Osijek, J. predgrađe 17, Osijek, Hrvatska (goran.krizmanic@poljinos.hr)

<sup>2</sup>HCPHS-Zavod za sjemenarstvo i rasadničarstvo, Usorska 19, Osijek, Hrvatska

<sup>3</sup>Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d, Osijek, Hrvatska

### Sažetak

Cilj istraživanja bio je procijeniti razlike u visini i stabilnosti prinosa zrna između hibrida kukuruza različitih grupa dozrijevanja u različitim proizvodnim okolinama te izvršiti klasifikaciju hibrida prema različitim agroekološkim uvjetima uzgoja. Šest hibrida kukuruza (OS 378, OS 404, OS 430, OS 499, OS 515, OS 617) različitih FAO grupa dozrijevanja istraživano je u četiri proizvodne okoline u dvije klimatski različite godine. Utvrđene su statistički opravdane razlike u prinosu zrna između županija, godina, hibrida i njihovih interakcija. Rezultati ukazuju da pojedini hibridi određenih FAO grupa posjeduju visoku adaptabilnost i stabilnost prinosa i kao takvi mogu se uzgajati u širokom arealu proizvodnje kukuruza u RH.

**Ključne riječi:** kukuruz, hibridi, okoline, prinos zrna, stabilnost

### Uvod

Kukuruz (*Zea mays* L.) je u Republici Hrvatskoj jedna od najznačajnijih ratarskih kultura. Uzgaja se na približno 300 949 ha (prosjeak 2010.-2011.) s prosječnim prinosom od 6,3 t ha<sup>-1</sup>. (Državni zavod za statistiku, 2012.). Posljednjih godina učestala je pojava klimatskih ekstrema kako na globalnoj razini, tako i na proizvodnom području RH. Klimatske promjene s naglaskom na temperaturu zraka i količinu oborina značajno utječu na sve fenološke i ontogenetske faze razvoja biljke kukuruza. Nedostatak vode tijekom vegetacije ima značajne posljedice na visinu prinosa zrna kao najznačajnijeg agronomskog svojstva. Prinos zrna je kompleksno svojstvo koje je uvjetovano ne samo genotipom, već i vanjskim čimbenicima (Musa, i sur. 2003.; Brkić i sur. 2006.). Ovim istraživanjem nastojalo se utvrditi razlike u prinosu hibrida kukuruza, različitih FAO grupa dozrijevanja u različitim proizvodnim županijama (okolinama). Zbog sve češće učestalosti nepovoljnih klimatskih čimbenika koji se odražavaju na smanjenje prinosa zrna, potrebno je izvršiti klasifikaciju (rajonizaciju) pojedinih hibrida prema FAO grupi dozrijevanja i stabilnosti prinosa što je bio i cilj ovog istraživanja. Postoji niz istraživanja koja dokazuju velike razlike u visini prinosa različitih genotipova i grupa dozrijevanja, te njihovoj reakciji na različit utjecaj okolišnih uvjeta (Marković i sur., 2011.; Hoffman i sur., 2012.).

### Materijal i metode

U različitim proizvodnim i klimatskim uvjetima RH na makropokusnim lokacijama tijekom 2010. i 2011. istraživano je šest OS hibrida kukuruza (OS 378, OS 404, OS 430, OS 499, OS 515, OS 617) različitih FAO grupa dozrijevanja (FAO 350,420,440,490, 520, 610). Pokusi su postavljeni u četiri županije Osječko-baranjska (OS), Vukovarsko-srijemska (VU), Brodsko-posavska (BP) i sjeverozapadni dio RH (SZ) koji podrazumijeva područje od tri županije (Međimurska, Bjelovarsko-bilogorska i Varaždinska). U svakoj županiji-okolini istraživano je šest hibrida kukuruza Poljoprivrednog instituta Osijek na pet različitih

lokacija. Lokacije u ovom istraživanju nisu uzete kao primarni čimbenik istraživanja već prosjek prinosa svakog hibrida na pet makropokusnih lokaliteta u svakoj od četiri županije. Istraživanje je provedeno kroz dvije klimatski različite godine (2010. i 2011.). Za analizu vremenskih prilika (količina oborina (mm) i srednje temperature zraka (°C) korišteni su podaci meteoroloških postaja Osijek, Bjelovar i Čakovec (izvor podataka: Državni hidrometeorološki zavod RH u Zagrebu). Prosječne mjesečne oborine i temperature zraka u vegetacijskom razdoblju razlikovale su se u godinama istraživanja kao i u odnosu na višegodišnji prosjek (1981. - 2010.). (Tablica 1). Količina oborina na sve tri meteorološke postaje (Osijek, Bjelovar, Čakovec) u vegetaciji 2011. godine u odnosu na višegodišnji prosjek bila je manja za 146, 234 i 105 mm. U 2010. godini je količina oborina u odnosu na višegodišnji prosjek bila veća za 286, 380 i 217 mm na promatranim postajama. U vegetacijskom razdoblju 2010. godine prosječna temperatura zraka bila je viša za 0,1 °C na svim postajama, dok je u 2011. godini bila viša za 1,7 °C, 1,8 i 1,6 °C odnosu na višegodišnji prosjek. U svim istraživanim županijama i na svim lokalitetima primijenjena je standardna agrotehnika za kukuruz (predkultura: ozima pšenica; obrada tla: duboko jesensko oranje s gnojidbom od 190 kg ha<sup>-1</sup> N + 120 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 140 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O). U tehnološkoj zriobi žetva je obavljena kombajnom za kukuruz. Obračunska površina za svaki hibrid iznosila je 560 m<sup>2</sup> (100m x 8 redova) te je dobiveni prinos zrna po parceli preračunat na površinu od 1 hektar sa standardnom vlagom (14%). Dobiveni rezultati za prinos zrna sistematizirani su po skupinama (hibridi, godine, okoline) te su statistički obrađeni metodom kombinirane analize varijance (ANOVA) i LSD testa na razini značajnosti P<0,05 i P<0,01. Analizom varijance utvrđeno je postojanje interakcije hibrid x godina, hibrid x županija, što je omogućilo daljnju statističku analizu stabilnosti AMMI2 modelom (Additive Main effects and Multiplicative Interactions) pomoću GLM procedure. Statistička analiza napravljena je pomoću programskog paketa SAS for Windows 9.1 (SAS Institute, 2003.).

## Rezultati i rasprava

Hibridi kukuruza istraživani su u različitim županijama (okolinama) tijekom dvogodišnjeg razdoblja (2010.-2011.), kako bi se utvrdila visina i stabilnost prinosa pojedinih hibrida različitih grupa dozrijevanja, te na osnovu dobivenih rezultata dala pregledna mogućnost izbora pojedinih hibrida kukuruza za sjetvu u različitim proizvodnim okolinama RH. Na temelju provedene statističke analize podataka dobivene su opravdane razlike između istraživanih hibrida, godina i županija. (Tablica 2.). U 2010. godini ostvaren je prosječan prinos zrna 11 073 kg ha<sup>-1</sup>. Najmanji prinos zrna dao je hibrid OS 378 (10 687 kg ha<sup>-1</sup>), a najveći hibrid OS 515 (11 655 kg ha<sup>-1</sup>). Najrodniji hibrid u 2011. bio je OS 378 (10 209 kg ha<sup>-1</sup>), dok je najmanji prinos ostvario hibrid OS 617 (9 551 kg ha<sup>-1</sup>). Prosječni prinos u 2011. godini iznosio je 9 958 kg ha<sup>-1</sup> i kao takav bio je značajno niži od prinosa u 2010. godini. Općenito najniži prinos zrna ostvaren je u 2011. godini u svim županijama i za sve hibride što je posljedica negativnog utjecaja visokih temperatura i nedostatka vode u najvažnijim etapama rasta i razvoja kukuruza (Tablica 3.). U 2011. godini u lipnju i kolovozu na svim meteorološkim postajama zabilježene su najmanje količine oborina dok su u 2010. godini ostvareni najveći prinosi zrna kod svih hibrida i u svim istraživanim okolinama. Slične rezultate dobili su Pepo (2012.) i Josipović (2012.). Iz dobivenih rezultata vidljivo je da statistički visoko opravdane razlike u prosječnim vrijednostima između godina ukazuju na klimatsku varijabilnost istraživanih vegetacijskih razdoblja kukuruza te na veliki utjecaj klimatskih čimbenika tijekom vegetacije na formiranje visine prinosa zrna. To potvrđuju i značajnosti interakcija godina x hibrid, hibrid x županija što jasno ukazuje na varijabilnost ovog svojstva pod utjecajem okoline. Slične rezultate dobili su Pospišil i sur. (2006.), Kovačević i sur. (2007.), Ramadoss i sur. (2004.). Analizom dobivenih rezultata utvrđene su statistički visoko značajne razlike između svih županija pri čemu je najveći prinos ostvaren

u 2010. godini u Brodsko-posavskoj županiji (11 332 kg ha<sup>-1</sup>). Županija koja se isticala najmanjim prosječnim prinosom u 2010. godini bila je Osječko-baranjska (10 792 kg ha<sup>-1</sup>). U 2011. godini također najmanji prosječni prinos bio je u Osječko-baranjskoj (9 000 kg ha<sup>-1</sup>) dok je najveći prinos ostvaren u Brodsko-posavskoj županiji (10 685 kg ha<sup>-1</sup>) (Tablica 3).

**Tablica 1.** Meteorološki podaci u vrijeme vegetacije kukuruza za 2010. i 2011. godinu i višegodišnji prosjek (1981.-2011.)

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	sum	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Pros.
	Oborine (mm)							Temperatura zraka (°C)						
Meteorološka postaja Osijek														
2010	71	121	234	32	110	108	677	12.4	16.5	20.4	23.2	21.7	15.6	18.3
2011	19	81	50	74	5	16	245	13.2	16.7	20.8	22.2	23.0	20.3	19.4
81-10	52	64	87	56	68	63	391	11.8	17.1	20.1	22.0	21.3	16.7	18.2
Meteorološka postaja Bjelovar														
2010	65	136	178	79	172	204	834	12.2	16.4	20.3	23.3	20.9	14.9	18.0
2011	34	30	24	59	26	47	220	13.6	16.9	21.3	22.1	23.0	19.9	19.5
81-10	56	70	88	67	83	90	454	11.7	16.8	19.9	21.8	21.0	16.2	17.9
Meteorološka postaja Čakovec														
2010	63	94	120	58	192	156	683	11.1	15.6	19.3	21.9	19.5	13.8	17.0
2011	28	48	99	128	28	31	361	12.3	15.6	20.0	20.6	21.3	18.1	18.0
81-10	57	68	93	75	85	89	466	10.7	15.8	19.1	20.7	19.9	15.2	16.9

**Tablica 2.** Kombinirana ANOVA za prinos zrna

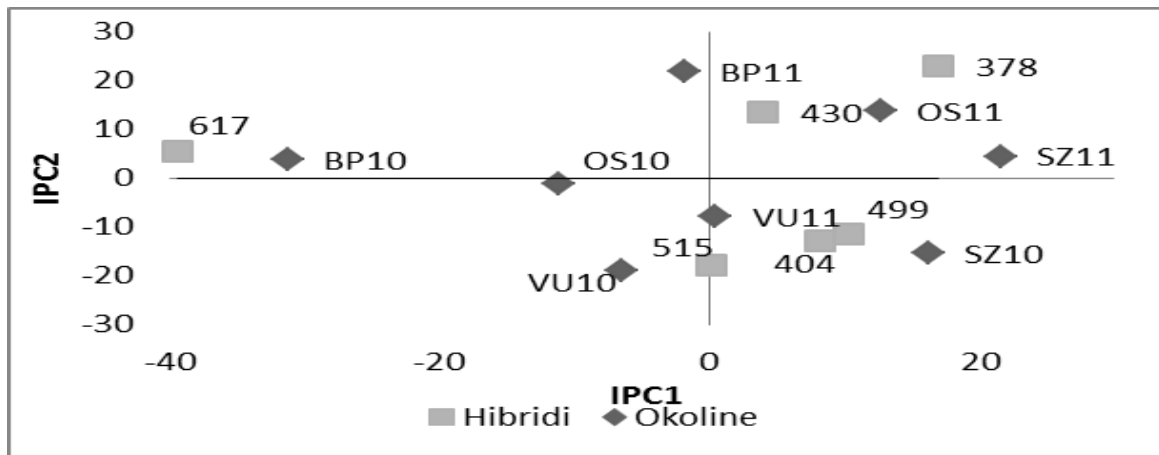
Izvor variranja	SS	DF	MS	F	Sign.
Županija	38685039,08	3	12895013,03	5,04	**
Godina	74623608,04	1	74623608,04	29,18	**
Hibrid	8960886,32	5	1792177,26	2,42	*
Županija x Hibrid	19286999,4	15	1285799,96	1,74	*
Hibrid x Godina	9032770,68	5	1806554,14	2,44	*
Pogreška	490902860,4	192	2556785,73		

**Tablica 3.** Prinos zrna hibrida kukuruza (kg ha<sup>-1</sup>) po godinama i županijama (OS-Osječko-baranjska; VU-Vukovarsko-srijemska; BP-Brodsko-posavska; SZ-sjeverozapadni dio RH)

Godina	Županija	Hibrid/Prinos (kg ha <sup>-1</sup> )						Prosjek (kg ha <sup>-1</sup> )
		378	404	430	499	515	617	
2010	OS	10 546	10 875	10 539	10 358	11 341	11 093	10 792
	VU	10 377	11 015	10 713	11 418	11 735	11 059	11 053
	BP	10 806	10 734	11 103	11 360	11 518	12 473	11 332
	SZ	11 022	11 140	10 857	11 407	12 065	10 206	11 116
Prosjek 2010		10 687	10 941	10 803	11 136	11 665	11 208	11 073
2011	OS	9 372	8 710	9 255	9 082	9 179	8 402	9 000
	VU	9 742	10 129	9 673	9 957	10 507	9 790	9 966
	BP	11 135	10 255	10 837	10 234	10 940	10 710	10 685
	SZ	10 586	10 428	10 049	10 581	10 141	9 304	10 181
Prosjek 2011		10 209	9 880	9 953	9 963	10 192	9 551	9 958
Ukup./Prosjek kg ha <sup>-1</sup>		10 448	10 411	10 378	10 550	10 928	10 380	10 516
LSD 0,05		Županija 575		Godina 407		Hibrid 379		
LSD 0,01		Županija 759		Godina 537		Hibrid *		

Kako bismo objektivno procijenili odnose između istraživanih hibrida i okolina na osnovu kojih možemo utvrditi interakcijske odnose te adaptabilnost pojedinog hibrida u istraživanim županijama, koristili smo biplot AMMI2 model (Slika 1.). Iz grafičkog prikaza vidimo da su hibridi OS 515 (FAO 520), OS 404 (FAO 420) i OS 430 (FAO 440) hibridi široke opće adaptabilnosti. Njihove interakcijske vrijednosti su male što znači da je varijabilnost prinosa zrna tih hibrida mala. Visina fenotipske ekspresije prinosa zrna navedenih hibrida u

različitim agroekološkim uvjetima uzgoja neće se puno mijenjati odnosno biti će postojana. Isti hibridi najbolje rezultate davali su na lokacijama VU10, VU11, OS11 i BP11, što je vidljivo iz njihovog položaja na AMMI2 biplotu. To ukazuje i na njihovu adaptabilnost na ova proizvodna područja (Grafikon 1.). Rezultati istraživanja također ukazuju na značajan utjecaj godine na visinu prinosa istraživanih hibrida. Hibridi udaljeni od ishodišta OS 378 (FAO 350), OS 617 (FAO 610) predstavljaju hibride specifične ili uske adaptabilnosti. Najudaljeniji hibrid OS 617 upućuje na izraženu varijabilnost prinosa zrna i specifičnu adaptabilnost na proizvodnu županiju (BP) dok je hibrid OS 378 specifično adaptabilan na sušne uvjete proizvodnje u okolinama (OS11; BP11; SZ11), što potvrđuje i prosječno najveći prinos zrna ( $10\ 209\ \text{kg ha}^{-1}$ ) u sušnoj 2011. godini.



**Grafikon 1.** AMMI2 biplot prinosa zrna ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) za 6. istraživanih hibrida i 8. Okolina  
Kratice: (OS-Osječko-baranjska; VU-Vukovarsko-srijemska; BP-Brodsko-posavska;  
SZ-sjeverozapadni dio RH)

## Zaključak

Rezultati istraživanja pokazuju značajan utjecaj godine na prinos zrna hibrida različitih FAO grupa dozrijevanja. Najveći prinosi zrna kukuruza u prosjeku za sve hibride i županije ostvareni su u klimatski povoljnijoj 2010. godini. Utvrđene su statistički značajne razlike u prinosu zrna između županija, a najveći su ostvareni u Brodsko-posavskoj županiji za obje godine istraživanja. Svi istraživani hibridi ispoljili su visok potencijal rodnosti za prinos zrna, a najveći prinos imao je hibrid OS 515. Hibridi OS 404 i OS 430 pokazuju tendenciju stabilnosti za prinos zrna. Daljnim istraživanjima ovih hibrida dobiti će se pouzdaniji rezultati o njihovoj stabilnosti i adaptabilnosti, na temelju čega će se moći dati preporuke proizvođačima kod izbora sortimenta u cilju povećanja površina i ostvarenja visokoproduktivne i sigurne proizvodnje.

## Literatura

- Brkić I., Zdunić Z., Sade B. i Safiyet Kan (2006). Rezultati preliminarnih istraživanja OS hibrida kukuruza u Turskoj. Zbornik Radova. 41. Hrvatski & Međunarodni Znanstveni Simpozij Agronoma.
- Državni zavod za statistiku RH. (2012). Priopćenje. Zagreb, 10. svibnja 2012. BROJ: 1.1.13.
- Hoffmann S., Berecz K., Lepossa A., Toth Z. (2012). Yield ability of maize genotypes under extreme high water deficiency. Proceedings of the 11th Alps-Adria scientific workshop, 26-31 March 2012., Smolenice, Slovakia, Vol. 61 (2):141-144.

- Josipović M., Kovačević V., Šoštarić J., Plavšić H., Marković M. (2012): Irrigation and nitrogen fertilization needs for maize in Osijek – baranya county. Proceedings of the 11th Alps-Adria scientific workshop, 26-31 March 2012., Smolenice, Slovakia, Vol. 61 (2)
- Kovačević V., Šimić D., Šoštarić J., Josipović M. (2007): Precipitation and temperature regime impacts on maize yields in Eastren Croatia. *Maydica*. 52 (3):301-305.
- Musa F., Carli C., Jashanica Vjollca i Ramadani S. (2003): Value for Culivation and Use of some wheat cultivars in Agroekological Condition of Dukagjini Area. „Kërkime— Akademia e Shkencave dhe Arteve të Kosovës. Prishinë.
- Marković M., Josipović M., Plavšić H., Jambrović A., Liović I., Teodorović R. (2011): Influence of genotype on maize (*Zea mays* L.) yield and yield parameters in irrigated and N fertilized conditions. Proceedings of the 46th, Croatian and 6th International Symposium on Agriculture (Milan Pospišil, Editor), Opatija, 14-18 February 2011., Faculty of Agruculture, University of Zagreb, Croatia:640-644.
- Pepo P. (2012): Effect of cropyear and some agrotechnical factors in rainfed and irrigated maize (*Zea mays* L.) production. Proceedings of the 11th Alps-Adria scientific workshop, 26-31 March 2012., Smolenice, Slovakia, Vol. 61 (2):77-80.
- Pospišil, M., Pospišil, A., Antunović, M. (2006): Prinos sjemena i ulja istraživanih hibrida suncokreta u ovisnosti o vremenskim prilikama. *Poljoprivreda* 12.(2):11-16.
- Ramados M., Birch C. J., Carberry P. S., Robertson M. (2004): Water and high temperature stress effects on maize production. Proceedings of the 4th International Crop.
- SAS (2003.): SAS Online doc V7. SAS Institute Inc., Cary, NC.

## The influence of climate conditions on maize yield stability

### Abstract

The aim of this study was to evaluate differences in height and yield stability between different mature groups of hybrids in different production regions and to classify hybrids under different environmental growing conditions. Six hybrids (OS 378, OS 404, OS 430, OS 499, OS 515, OS 617) different FAO groups were observed in four production environment-county in two climatic different years. Statistically significant differences has been found between all treatments and interactions. The results indicate that some hybrids have a high yield stability and, as such, can be grown in a wide area of maize production in Croatia.

**Key words:** maize, hybrids, environments, grain yield, stability