

# VARIJABILNOST I MEĐUZAVISNOST OSOBINA HIBRIDA KUKURUZA RAZLIČITE DUŽINE VEGETACIJE

Miloš Krstić<sup>1\*</sup>, Velimir Mladenov<sup>2</sup>, Jelena Ovuka<sup>1</sup>, Dušan Stanisavljević<sup>1</sup>,  
Bojan Mitrović<sup>1</sup>, Jovana Krstić<sup>1</sup>, Sonja Gvozdenac<sup>1</sup>

## Izvod

Kukuruz je jedna od najvažnijih ratarskih kultura koja pokazuje široke genetske i fenotipske varijacije. Zauzima važno mesto u poljoprivrednoj proizvodnji kako u svetu, tako i u Srbiji. Glavni cilj oplemenjivanja kukuruza je dobijanje novih inbred linija odnosno identifikovanje novih hibridnih kombinacija koje će nadmašiti postojeće hibride po prinosu zrna i drugim agronomski značajnim osobinama. Cilj rada je bio da se ispita fenotipska varijabilnost 10 NS hibrida kukuruza različite genetičke osnove i grupe zrenja u agroekološkim uslovima Rimskih Šančeva, da se sagleda međuzavisnost prinosa zrna i drugih ispitivanih osobina primenom PCA i korelacione analize. Dobijeni rezultati ukazuju na visoko značajno variranje svih ispitivanih osobina izuzev dužine klipa. Značajnost razlika, na koju je ukazao F test, potvrđena je Dankanovim testom. Koeficijenti korelacije ukazuju na značajnu pozitivnu međuzavisnost između mase 1000 zrna i dužine klipa ( $r=0,698$ ). PCA analiza je dala kompleksniju analizu međusobnih zavisnosti ispitivanih osobina i prinosa zrna. Najveće prinose postigli su hibridi koji su istovremeno ispoljili i visoke vrednosti nekoliko komponenti prinosa. Ostvareni prinosi su se kretali od 11210 kg ha<sup>-1</sup> kod hibrida G-10 (FAO 600), do 14790 kg ha<sup>-1</sup> kod hibrida G-3 (FAO 400). U ovom istraživanju su hibridi ranije grupe zrenja ostvarili veći prinos zrna, najviše zbog tolerantnosti na sušu. Zbog toga se teži stvaranju hibrida kukuruza koji će biti tolerantni na sušu i koji će se uspešno nositi sa negativnim posledicama globalnog zagrevanja.

**Cljučne reči:** FAO grupe zrenja, korelacija, PCA, prinos, *Zea mays* L.

## Uvod

Kukuruz (*Zea mays* L.) je jedna od najvažnijih svetskih žitarica po visini prinosa i zasejanim površinama, značajna u ishrani ljudi, životinja, ali i industrijskoj preradi. Takođe je jedna od najvažnijih ratarskih kultura koja pokazuje široke genetske i fenotipske varijacije (Babić et al., 2016) te stoga ima veoma važnu ulogu u poljoprivrednoj proizvodnji kako u svetu, tako i u Srbiji. Uvođenjem hibridnog kukuruza u proizvodnju početkom 70-ih godina 20. veka u Srbiji, prosečan prinos zrna kukuruza beleži povećanje iz godine u godinu (Stojaković i sar., 2015). Veći broj studija pokazuje da porastu

proizvodnje kukuruza najviše doprinose: kontinuirano stvaranje novih visokorodnih hibrida, razvoj tehnologije i industrije semenarstva, unapređenje tehnologije gajenja, inovacije u razvoju širokog asortimana prehrambenih i tehničkih proizvoda od kukuruza (Jocković i sar., 2011). Glavni cilj u oplemenjivanju kukuruza je dobijanje novih inbred linija, odnosno identifikovanje novih hibridnih kombinacija, koje će nadmašiti postojeće hibride po prinosu zrna i drugim agronomski značajnim osobinama (Nastasić i sar., 2010). Posebna pažnja posvećuje se prinosu zrna kao najvažnijoj agronomskoj osobini. Prinos useva je veoma

Originalni naučni rad (Original Scientific Paper)

<sup>1</sup>Krstić M, Ovuka J, Stanisavljević D, Mitrović B, Krstić J, Gvozdenac S, Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija

<sup>2</sup>Mladenov V, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Srbija  
\*e-mail: milos.krsticrp@gmail.com

složena osobina koja je pod velikim uticajem interakcije genotip – spoljašnja sredina (Azad et al., 2012). Pored velikog značaja genetskog potencijala hibrida, prinos zrna kukuruza zavisi umnogome i od plodnosti zemljišta, nivoa primenjene agrotehnike i agroklimatskih faktora u toku gajenja (Ngoune et al., 2020). Iako rezultati često nisu u saglasnosti usled razlika u ispitivanom materijalu, klimatskim uslovima i načinu obrade podataka, najčešće se navodi da se doprinos genetike u ukupnom povećanju prinosa kreće oko 50-60% (Niu et al., 2013).

Cilj rada je bio da se ispita fenotipska varijabilnost 10 NS hibrida kukuruza različite genetičke osnove i grupe zrenja u agroekološkim uslovima Rimskih Šančeva, da se sagleda međuzavisnost prinosa zrna i drugih ispitivanih osobina primenom PCA i korelacione analize.

*Tabela 1. Opis hibrida*

*Table 1. Description of the hybrid*

Hibrid		FAO grupa zrenja	Godina registracije
G1	400	Srednje rani (115 dana vegetacija)	2010.
G2	400	Srednje rani (115 dana vegetacija)	2016.
G3	400	Srednje rani (115 dana vegetacija)	2011.
G4	600	Srednje kasni (125-130 dana vegetacija)	2014.
G5	400	Srednje rani (115 dana vegetacija)	2007.
G6	500	Srednje kasni (120 dana vegetacija)	2010.
G7	500	Srednje kasni (120 dana vegetacija)	2011.
G8	700	Srednje kasni (130-135 dana vegetacija)	2004.
G9	400	Srednje rani (115 dana vegetacija)	2007.
G10	600	Srednje kasni (125-130 dana vegetacija)	2007.

kom ponavljanju hibrid je sejan u četiri reda na međurednom razmaku od 75 cm i razmakom od 20 cm u redu. Veličina osnovne parcelice je iznosila 19,5 m<sup>2</sup> (6,5 x 3 m). Žetva je obavljena ručno u fazi pune zrelosti. Prinos je meren sa dva srednja reda i preračunat u kg ha<sup>-1</sup> na 14% vlage. Pored prinosa, sa dva srednja reda biljaka po ponavljanju merene su sledeće osobine: visina biljke (VB), visina klipa (VK), broj redova zrna (BRZ), dužina klipa (DK), masa 1000 zrna (M1000Z). Visina biljke je merena od zemlje do vrha metlice u fazi metličanja,

## Materijal i metode

Za istraživanje je odabrano 10 hibrida kukuruza (Tabela 1) različitih grupa zrenja stvorenih u "Institutu za ratarstvo i povrtarstvo" u Novom Sadu. Pri odabiru hibrida težište je bilo na maksimalnoj raznolikosti u pogledu genetičkog porekla, kako bi se obezbedio reprezentativan genetički uzorak, kao i na hibride, koji su bili zastupljeni u široj proizvodnji u ranijim periodima.

Ogled je postavljen po slučajnom blok sistemu u četiri ponavljanja, na lokalitetu Rimski Šančevi (45° 19' S; 19° 50' I) u toku 2016. godine, srednje mesečne temperature i srednje mesečne padavine za pomenuti lokalitet nalaze se u tabeli 2. Primenjena je puna agrotehnika za proizvodnju kukuruza na parceli gde je ogled postavljen, predusev je bila soja. U sva-

visina klipa od zemlje do osnove klipa nakon oplodnje, a broj redova zrna po klipu i dužina klipa merena je nakon berbe. Masa hiljadu semena je dobijena merenjem 4 x 100 semena (g), a prosek ovih merenja pomnožen je sa 10. U radu su korišćeni sledeći statistički metodi: analiza varijanse, Dankanov višestruki intervalni test, korelaciona analiza i analiza glavnih komponenta (*Principal Component Analysis-PCA*). Sve statističke analize su urađene u programu Statistica, verzija 13.2.

Tabela 2. Srednje vrednosti padavina (SMP) i temperature (SMT) po mesecima  
 Table 2. Average precipitation and temperature values by months

Mesec	Srednje mesečne padavine (mm)			Srednje mesečne temperature (C°)		
	Kukuruzni pojas SAD*	Vojvodina**	R. Šančevi 2016. god.	Kukuruzni pojas SAD*	Vojvodina**	R. Šančevi 2016. god.
IV	68	25-50	74,5	10,0	11,6	14,2
V	100	75	85,0	15,0	16,4	16,9
VI	127	90	143,0	20,0	19,8	21,7
VII	100	100	68,4	23,3	21,5	22,8
VIII	90	95	45,8	22,8	21,0	21,0
IX	95	40	33,8	18,0	17,1	18,4
Ukupno	580	425	450,5	109,1	107,4	115,0

\*Idealne količine SMP i SMT po Valasu, Bresmanu i Vučiću; \*\*višegodišnji prosek SMP i SMT; (Izvor: za Rimske šančeve Meteorološki godišnjak)

## Rezultati i diskusija

Biljka kukuruza zahteva odgovarajuću količinu vode i toplote u svim fazama razvika da bi ostvarila optimalnu produktivnost. Ali, kao i kod ostalih žitarica postoje kritični periodi tokom rasta biljke kada nedostatak vode u zemljištu značajnije utiče na konačan prinos zrna. Takođe veliki uticaj na konačan prinos ima i toplota, tačnije, toplotni stres, koji predstavlja porast temperature iznad optimalnog nivoa, koji rezultira nepovratnim oštećenjima u rastu i razvoju biljke. U Srbiji, suša značajno utiče na smanjenje prinosa zrna kod kukuruza, posebno u poslednjoj deceniji (Anđelković i sar., 2012). Suša je jedan od najčešćih limitirajući faktora u proizvodnji kukuruza, a genotipovi kraće vegetacije imaju mogućnost da izbegnu sušu, do koje često dolazi tokom jula meseca u Vojvodini. Uslovi u 2016. godini za proizvodnju kukuruza na lokalitetu Rimski Šančevi su bili povoljniji za hibride kraće vegetacije. Toplo ali nestabilno vreme obeležilo je prelaz iz maja u jun, a agrometeorološki uslovi su omogućavali intenzivan razvoj. Trend promenljivog ali toplog vremena nastavljen je tokom juna. Padavine pljuskovitog karaktera bile su najčešće krajem juna što se odražavalo na procenat padavina koji je bio veći u odnosu na višegodišnji prosek Vojvodine i idealnih padavina kukuruznog pojasa SAD, dok se vrednosti temperatura nisu puno razlikovale od optimalnih. Optimalne temperature vazduha omogućavale su da kukuruz nesmetano pređe u

generativnu fazu razvoja. Metličenje, a zatim i oplodnja hibrida kukuruza kraće vegetacije odvijala se u odgovarajućim uslovima do druge dekade jula. U tom periodu jula meseca došlo je do skoka temperature vazduha, tokom tih dana, maksimalne temperature vazduha su u nekoliko navrata bile u rasponu od 35 do 38 °C. Pored visokih temperatura u ovom delu jula meseca došlo je do manjka padavina što je loše uticalo na metličenje i oplodnju hibrida kukuruza duže vegetacije, odnosno, kasnijih grupa zrenja.

Prinos zrna hibrida se menjao prema pripadnosti hibrida različitih FAO grupa zrenja. Najviši prinosi su ostvareni kod hibrida grupe zrenja FAO 400. Posmatrajući ostvarene prinose, koji su se kretali od 11210 kg ha<sup>-1</sup> kod hibrida G-10 koji spada u FAO grupu 600 do 14790 kg ha<sup>-1</sup> kod hibrida G-3 koji spada u FAO grupu 400, vidimo da su hibridi ranije grupe zrenja u ovom istraživanju ostvarili veći prinos zrna, najviše zbog veće tolerantnosti na sušu, odnosno, izbegavanja sušnog perioda tokom svoje oplodnje. Zbog toga je glavni zadatak oplemenjivača stvaranje kukuruza tolerantnog na sušu, koji će se uspešno nositi sa negativnim posledicama globalnog zagrevanja, navode u svojoj studiji Anđelković i sar. (2012). U pogledu dužine klipa, vrednosti su se kretale u rasponu od 19,8 cm kod hibrida G-5 koji spada u FAO grupu 400 do 22,0 cm kod hibrida G-6 koji spada u FAO grupu 500. Za ispitivano svojstvo masa 1000 zrna, najvišu vrednost ostvario je hibrid G-10 FAO grupe zrenja 600

Tabela 3. Srednje vrednosti i standardne devijacije ispitivanih osobina hibrida kukuruza  
Table 3. Mean values and standard deviations of the tested maize hybridstrains

Hibridi	Visina biljke (cm)	Visina klipa (cm)	Broj redova zrna	Dužina klipa (cm)	Masa 1000 zrna (g)	Prinos sa 14% vlage (kg ha <sup>-1</sup> )
G-1	310,0±8,16 <sup>BC</sup>	115,0±4,08 <sup>C</sup>	14±0,51 <sup>C</sup>	21,7±0,50	350±0,96 <sup>C</sup>	13900±10,58 <sup>C</sup>
G-2	295,0±5,03 <sup>E</sup>	110,0±1,52 <sup>D</sup>	14±0,38 <sup>C</sup>	21,0±0,49	375±0,11 <sup>B</sup>	13970±3,16 <sup>B</sup>
G-3	315,0±4,30 <sup>B</sup>	105,0±2,80 <sup>E</sup>	16±0,50 <sup>B</sup>	20,5±0,80	325±0,25 <sup>D</sup>	14790±4,86 <sup>A</sup>
G-4	315,0±3,80 <sup>B</sup>	105,0±2,98 <sup>E</sup>	14±0,98 <sup>C</sup>	20,4±2,76	325±0,26 <sup>D</sup>	11510±9,00 <sup>I</sup>
G-5	292,5±2,32 <sup>E</sup>	105,0±3,22 <sup>E</sup>	18±0,85 <sup>A</sup>	19,8±1,92	300±0,53 <sup>E</sup>	11560±9,13 <sup>H</sup>
G-6	312,5±2,78 <sup>B</sup>	122,5±1,51 <sup>B</sup>	16±0,29 <sup>B</sup>	22,0±0,97	375±0,50 <sup>B</sup>	13060±8,04 <sup>F</sup>
G-7	315,0±1,70 <sup>B</sup>	132,5±1,50 <sup>A</sup>	14±0,19 <sup>C</sup>	19,8±0,91	350±0,10 <sup>C</sup>	12120±8,80 <sup>G</sup>
G-8	325,0±8,00 <sup>A</sup>	135,0±6,20 <sup>A</sup>	14±0,39 <sup>C</sup>	21,7±1,39	375±0,21 <sup>B</sup>	13260±10,23 <sup>E</sup>
G-9	305,0±2,00 <sup>CD</sup>	125,0±1,19 <sup>B</sup>	16±0,91 <sup>B</sup>	21,0±0,88	375±0,29 <sup>B</sup>	13650±9,20 <sup>D</sup>
G-10	302,5±1,07 <sup>D</sup>	115,0±1,51 <sup>C</sup>	16±0,50 <sup>B</sup>	21,6±0,51	425±0,67 <sup>A</sup>	11210±11,34 <sup>J</sup>
Min	292,5	105,0	14	19,8	300,0	11210
Max	325,0	135,0	18	22,0	425	14790
Prosek	308,8±10,42	117,0±11,18	15,2±1,49	21,0±1,39	357,5±34,07	12900±1176,73
CV	3,37	9,56	9,80	6,62	9,53	9,12

St. dev- standardna devijacija; Min- minimalna vrednost; Max-maksimalna vrednost; CV(%)=koeficijent varijacije

dok je najnižu vrednost ostvario već pomenuti hibrid G-5 koji je imao takođe najnižu vrednost dužine klipa. Broj redova zrna kretao se od 14 do 18, sa druge strane, visina biljke i visina klipa su bili u saglasnosti sa FAO grupom zrenja tj. sa povećanjem FAO grupe zrenja, povećavale su se i vrednosti ovih parametara. Najveći koeficijent varijacije ostvarila je osobina broj redova zrna (CV=9,80 %). Pratili su je osobine visina klipa (CV=9,56%), masa 1000 zrna (CV=9,53%), prinos zrna (CV=9,12%), dužina klipa (CV=6,62%), dok je najmanji koeficijent varijacije ostvarila osobina visina biljke (CV=3,37%).

Dobijeni rezultati ukazuju na visoko značajno variranje svih ispitivanih osobina sem

dužine klipa, što takođe, u svom istraživanju ističe Kara (2011). Rezultati ovog istraživanja su u saglasnosti sa Ali et al. (2015), Filipović i sar. (2013) i Nastasić i sar. (2010). Oni su utvrdili statistički visoko značajne razlike između hibrida u prinosu zrna. Khorasani et al. (2011) navode da su sve ispitivane osobine ostvarile visoko značajno variranje. Značajnost statističkih razlika na koju je ukazao F test, potvrđena je Dankanovim testom. Do statističke razlike između hibrida dovelo je to što je većina hibrida različite dužine vegetacije. Takođe manjak padavina i visoke temperature u drugom delu jula, kada su hibridi kasnije FAO grupe zrenja bili u fazi oplodnje, doveli su do pada prinosa. Stres izazvan sušom, visokim temperaturama,

Tabela 4. Analiza varijanse za ispitivane osobine  
Table 4. Analysis of variance for the examined traits

Osobine	VB	VK	BRZ	DK	M1000Z	PZ
SS	9	9	9	9	9	9
F	19,109**	55,009**	15,714**	1,518	23022,626**	77915,280**
p	0,000	0,000	0,000	0,187	0,000	0,000

\* p<0.05;\*\*p<0.01; VB-visina biljka; VK-visina klipa; BRZ-broj redova zrna; DK- dužina klipa; M1000Z-masa 1000 zrna; PZ-prinos zrna

posebno u periodu od svilanja do pune zrelosti, dovodi do smanjenja akumulacije suve materije, što rezultira nižom masom 1000 zrna i prinosom zrna, ističu Mazvimbakupa et al. (2015), Araujo et al. (2018). Takođe Holzkamper et al. (2013) navode da su temperatura i padavine glavni klimatski faktori koji utiču na fiziološke procese tokom perioda oplodnje i nalivanja zrna. Mukhtar et al. (2012) ističu da gustina setve ima veliki uticaj na prinos, s' obzirom na to da su svi hibridi sejani na istu gustinu (67000 biljaka po hektaru), ovakva gustina više pogoduje hibridima grupe zrenja FAO 400 nego kasnijim. Ranijim hibridima (FAO 400) je omogućeno da iskažu pun potencijal ispitivanih svojstava zbog manje kompetitivnosti biljaka u usevu. Povećanje gustine setve značajno utiče na povećanje visine biljaka, visinu klipa i prinos, ali neki parametri prinosa kao što su dužina klipa, broj zrna po redu, broj zrna po klipu, masa klipa i masa 1000 zrna smanjuju se sa povećanjem gustine setve, navode Qian et al. (2016). Hibridi kraće dužine vegetacije mogu se sejati gušće nego hibridi duže vegetacije, koji mogu biti podložni poleganju tokom proizvodnje pod velikom gustinom. Uslovi okoline i genetski potencijal nekih hibrida kukuruza omogućava im da tolerišu veliku gustinu setve (Ngoune et al., 2020; Mandić et al., 2016). Qian et al. (2016) navode, da je gustina useva od 71429 biljaka po hektaru optimalna za gajenje hibrida (FAO 600) u Sremskom regionu Srbije, jer je pri toj gustini navedeni hibrid efikasno koristio raspoložive resurse za postizanje većeg prinosa zrna (prinos zrna se povećava za oko 720 do 1510 kg ha<sup>-1</sup> sa porastom gustine biljaka). Mandić et al. (2016) navode, da hibridi kukuruza ostvaruju najveći prinos pri optimalnoj gustini biljaka. To bi se moglo pripisati njihovom genetskom potencijalu, koji se dobro ponaša u velikoj gustini setve. Značajne razlike pronađene su između hibrida u maksimumu prinosa i optimalnoj gustini setve. Rezultati Pepó et al. (2014) su pokazali da je povećanje gustine biljaka sa 70 na 90 hiljada biljaka po hektaru rezultiralo minimalnim porastom prinosa (412-1111 kg ha<sup>-1</sup>). Dodatno, povećan je rizik od pada prinosa pod takvim ekološkim i agrotehničkim uslovima koji su

daleko od optimalnih. Pandurović et al. (2009) navode da se sa porastom količine azotnih đubriva do 140 kg ha<sup>-1</sup> za sve gustine setve povećava dužina klipa, dok gustina useva i đubrenje azotom ima veoma slab uticaj na broj redova zrna. Oni smatraju da je broj redova zrna genetičko svojstvo svakog hibrida i da ono ne zavisi od agrotehnikе.

Korelacija je statistička metoda koja utvrđuje stepen linearne zavisnosti između dve promenljive (Stevanović i sar. 2012). Utvrđena je statistički značajna pozitivna korelacija između mase 1000 zrna i dužine klipa ( $r=0,698$ ), što ukazuje da se povećanjem dužine klipa povećava i krupnoća zrna što dovodi do povećanja mase 1000 zrna, što je u saglasnosti sa Bahoush et al. (2008). Broj redova zrna bio je u negativnoj korelaciji sa svim ispitivanim osobinama što je potvrdio i grafikon PCA analize (Graf.1). Iako su ustanovljene pozitivne korelacije između visine klipa i visine biljke, dužine klipa i visine biljke, mase 1000 zrna i visine biljke i visinom klipa, prinosa i visine biljke i klipa, one nisu bile statistički značajne. Rezultati ovog istraživanja su u saglasnosti sa Srećkov i sar. (2011) i u delimičnoj saglasnosti sa Čamdžija i sar. (2012). U istraživanju Srećkov i sar. (2011) navode da nema značajne statističke korelacije između prinosa i dužine klipa, dok istraživanja Boćanski i sar. (2009), Rafiq et al. (2010) i Qadir et al. (1991) ukazuju na suprotno. U njihovim istraživanjima ostvarena je značajna i pozitivna korelacija između prinosa i dužine klipa. Khorasani et al. (2011) utvrđuju da je korelaciona analiza između svih agronomskih osobina značajna što nije u saglasnosti sa ovim radom. Takođe, u istraživanjima Azad et al. (2012) koji su istraživanje vršili na inbred linijama kukuruza, primеćena je statistički visoko značajna pozitivna korelacija između prinosa zrna, visine biljke i dužine klipa, što nije u saglasnosti sa ovim radom. Golam et al. (2011) navode da visina klipa i visina biljke mogu biti osobine čijim povećanjem se može pozitivno uticati na poboljšanje prinosa zrna kukuruza. Takođe navode da su ove osobine u statistički visoko značajnoj pozitivnoj korelaciji. U datim

istraživanjima hibridi duže vegetacije, koji su robusniji, veće visine biljke i klipa, nisu mogli da iskažu svoj genetički potencijal za prinos zbog deficita vlage u ključnim periodima oplodnje i nalivanja zrna. Hibridi kraće vegetacije su izbegli sušni period i ostvarili su bolje prinose. Dve promenljive, mogu biti u potpunosti povezane a da nisu u korelaciji. Kao što je navedeno korelacija reflektuje linearnu zavisnost između dve promenljive, ali, takođe, dve promenljive mogu biti u jakoj zavisnosti, a da ta veza nije linearna. Zato je dobro primeniti neku od multivarijacionih analiza (kao što je PCA) kada hoćemo potpunije da sagledamo međusobne odnose većeg broja promenljivih.

Analiza glavnih komponenata se koristi posebno u slučajevima kada veći broj međusobno korelisanih originalnih varijabli treba svesti na manji broj nekorelisanih, veštačkih promenljivih (PCA osa), kako bi se preciznije sagledali njihovi međusobni odnosi, uz istovremeno zadržavanje maksimalnog varijabiliteta prisutnog u podacima. Na osnovu eigen vrednosti vidimo da su prve tri PCA ose statistički značajne (vrednosti veće od 1) (Tabela 6). Prva osa obuhvata 41,38, druga 21,80 i treća 17,3 % varijabilnosti podataka. U tabeli 7 se uočava da visina biljke, visina klipa i broj redova zrna formiraju prvu osu, dužina klipa i masa 1000 semena drugu, dok prinos zrna u najvećoj meri objašnjava treću osu.

Tabela 5. Korelativne veze između ispitivanih osobina  
Table 5. Correlative relationships between examined traits

Osobine	VB	VK	BRZ	DK	M1000Z	PZ
Visina biljke do vrha metlice (VB)	1	0,522	-0,516	0,240	0,029	0,188
Visina biljke do gornjeg klipa (VK)		1	-0,345	0,300	0,461	0,042
Broj redova zrna (BRZ)			1	-0,198	-0,202	-0,205
Dužina klipa (DK)				1	0,698*	0,284
Masa 1000 zrna (M1000Z)					1	0,036
Prinos zrna (PZ)						1

\* p<0.05;\*\*p<0.01;

Dobijeni rezultati predstavljeni su na grafikonu (Graf. 1) gde se jasnije mogu sagledati odnosi ispitivanih promenljivih. Grafik objašnjava ukupno 80,49% varijabilnosti originalnih podataka (PCA1, PCA2 i PCA3 zajedno). Pravac pružanja PCA1 ose reflektuje visinu biljke i klipa (pozitivne vrednosti) i broj redova zrna (negativne vrednosti), druge ose dužinu klipa i masu 1000 semena, dok pozitivne vrednosti treće ose (PCA3) ukazuju na visok prinos. Takođe se može uočiti da je visok prinos različitih hibrida istovremeno vezan za različite komponente prinosa. Recimo hibridi G1, G2, G3 pored visokog prinosa se odlikuju visokim vrednostima za različite komponente prinosa: G1 za dužinu klipa, G2 za veću masu 1000 semena, a G3 za veći broj redova zrna. Sa druge strane G5, koji je imao najveći broj redova

zrna (najveće negativne vrednosti PCA1), imao je istovremeno i male vrednosti mase 1000 semena i dužine klipa (negativne vrednosti PCA2 ose), malu visinu biljke i klipa što je sve rezultiralo i malim prinosom. Takođe, hibridi G7 i G8 imaju visoke vrednosti visine biljke i klipa (pozitivne vrednosti PCA1) ali se razlikuju po tome što G8 ima istovremeno veće vrednosti za masu 1000 semena i dužinu klipa (pozitivne vrednosti PCA2) pa je i njegov prinos iznad proseka. Ovo navodi na zaključak da visoke vrednosti jedne od komponenata prinosa ne znače i nužno visok potencijal za prinos. Prinos je složeno svojstvo pa će onaj genotip koji ima izbalansiran odnos i visoke vrednosti određenih komponenti prinosa rezultirati i većim prinosom.

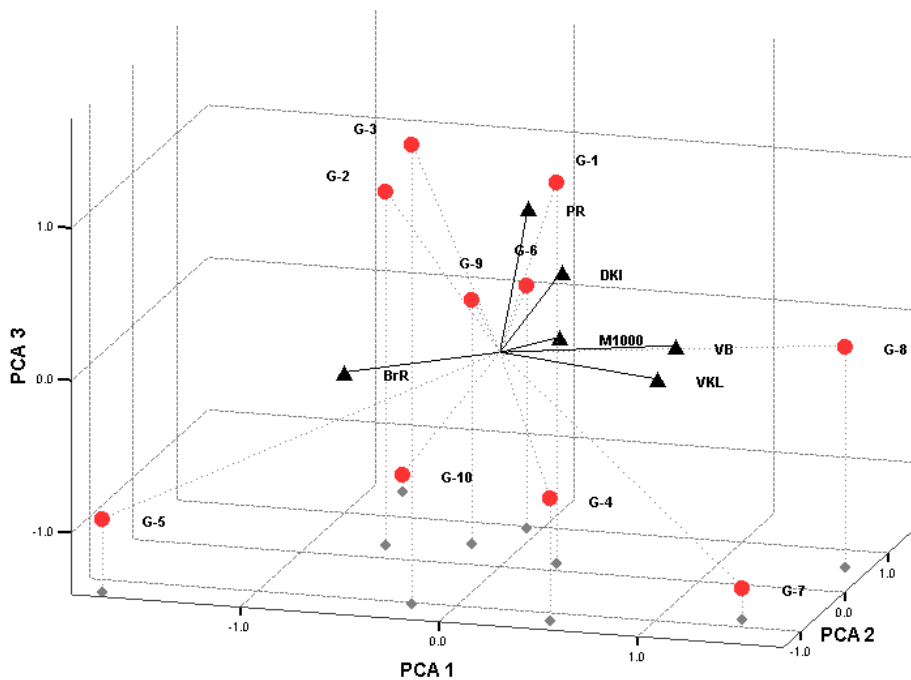
Tabela 6. Značajnost PCA osa i procenat obuhvaćene originalne varijabilnosti PCA osama  
 Table 6. Significance of PCA axes and percentage of covered original variability of PCA axes

PCA osa	Eigen vrednosti	% Varijanse	Kumulativno%
1	2,483	41,384	41,384
2	1,308	21,804	63,188
3	1,038	17,300	80,488
4	0,592	9,863	90,352
5	0,440	7,337	97,689
6	0,139	2,311	100,000

Tabela 7. Tabela Component Matrix(a)  
 Table 7. Component Matrix table

Osobine	PCA ose		
	1	2	3
Visina biljke do vrha metlice (VB)	0,883	0,005	0,128
Visina biljke do klipa (VK)	0,697	0,431	-0,219
Broj redova zrna (BRZ)	-0,764	-0,078	-0,184
Dužina klipa (DK)	0,124	0,861	0,320
Masa 1000 zrna (M1000Z)	0,097	0,941	-0,133
Prinos zrna (PZ)	0,129	0,062	0,947

Extraction Method: Principal Component Analysis, Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization



Grafikon 1. PCA analiza ispitivanih osobina hibrida kukuruza  
 Figure 1. PCA analysis of the examined traits of maize hybrids

Na osnovu difuznog rasporeda hibrida kukuruza različite FAO grupe zrenja na PCA grafiku, može se zaključiti da hibridi različitih FAO grupa zrenja mogu jednako da dostignu i visoke i niske vrednosti za ispitivane osobine. Pored toga, poređenjem PCA grafika i vrednosti dobijenih izračunavanjem Pirsonovog koeficijenta, zaključuje se da je PCA analiza dala kompleksnije rezultate i u boljoj meri objasnila međusobnu zavisnost ispitivanih osobina i prinosa zrna.

### Zaključak

Prema sadašnjim naučnim saznanjima, predviđene su klimatske promene čije posledice mogu imati veliki uticaj na poljoprivrednu proizvodnju. Genotipovi sa povećanom elastičnošću prema abiotičkim i biotičkim faktorima stresa, mogu odigrati značajnu ulogu u ublažavanju efekta suše tj. klimatskih promena. Dobijeni rezultati ukazuju na visoko značajno variranje svih ispitivanih osobina izuzev dužine klipa. Dužina vegetacije hibrida, nedostatak padavina i visoke temperature u drugom delu jula imali su najveći uticaj na visinu prinosa zrna. Utvrđene su statistički značajne, pozitivne korelacije između mase 1000 zrna i dužine klipa ( $r=0,698$ ). PCA analiza je dala kompleksniju sliku međusobnih odnosa ispitivanih osobina i prinosa zrna. Najveće prinose postigli su hibridi koji su istovremeno ispoljili i visoke vrednosti nekoliko komponenti prinosa. Ostvareni prinosi su se kretali od 11210 kg ha<sup>-1</sup> kod hibrida G-10 (FAO 600), do 14790 kg ha<sup>-1</sup> kod hibrida G-3 (FAO 400). U ovom istraživanju hibridi ranije grupe zrenja ostvarili su veći prinos zrna, najviše zbog tolerantnosti na sušu. Stoga treba težiti stvaranju novih hibrida kukuruza povećane tolerantnosti na sušu, koji će se uspešno nositi sa negativnim posledicama globalnog zagrevanja.

### Zahvalnica

Ovo istraživanje je podržalo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, evidencioni broj ugovora: 451-03-68 / 2020-14 / 200032.

### Literatura

- Anđelković V, Ignjatović-Mićić D, Vančetović J, Babić M (2012): Integrirani pristup u poboljšanje tolerantnosti kukuruza na sušu. *Selekcija i semenarstvo*, 18(2): 1-18.
- Ali F, Kanwal N, Ahsan M, Ali Q, Bibi I, Niazi N K (2015): Multivariate analysis of grain yield and its attributing traits in different maize hybrids grown under heat and drought stress. *Scientifica*, Article ID 563896: 6.
- Araujo ME, Barbosa EG, Gomes FA, Teixeira IR, Lisboa CF, Araújo RS, Corrêa PC (2018): Physical properties of sesame seeds harvested at different maturation stages and thirds of the plant. *Chilean journal of agricultural research*, 78(4): 495-502.
- Azad MA, da Silva JAT, Biswas BK (2012): Genetic correlation among various quantitative characters in maize (*Zea mays* L.) inbred lines. *International Journal of Plant Breeding*, 6(2): 144-146.
- Babic V, Nikolic A, Andjelković V, Kovacević D, Filipovic M, Vasic V, Mladenovic-Drinic S (2016): UPOV morphological versus molecular markers for maize inbred lines variability determination. *Chilean journal of agricultural research*, 76(4): 417-426.
- Bahoush M and Abbasdokht H (2008): Correlation coefficient analysis between grain yield and its components in corn (*Zea mays* L.) hybrids. *International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology*. 29-31 October, Turkey, 263-265.
- Boćanski J, Srećkov Z, Nastasić A (2009): Genetic and phenotypic relationship between grain yield and components of grain yield of maize (*Zea mays* L.). *Genetika*, 41 (2): 145 -154.
- Čamdžija Z, Filipović, M, Stevanović M, Mladenović-Drinić S, Vančetović J, Babić M (2012): Prinos i komponente prinosa komercijalnih ZP hibrida kukuruza različitih grupa zrenja. *Selekcija i semenarstvo*, 18(1): 41-48.
- Filipović M, Srdić J, Simić M, Videnović Ž, Radenović Č, Dumanović Z, Jovanović Ž (2013): Potential of early maturity flint and dent maize hybrids at higher altitudes.



- Romanian agricultural research, 30(1): 117-124;
- Golam F, Farhana N, Zain M F, Majid NA, Rahman MM, Rahman MM, Kadir MA (2011): Grain yield and associated traits of maize (*Zea mays* L.) genotypes in Malaysian tropical environment. African journal of agricultural research, 6(28): 6147-6154.
- Holzschläger A, Calanca P, Fuhrer J (2013): Identifying climatic limitations to grain maize yield potentials using a suitability evaluation approach. Agricultural and Forest Meteorology, 168(1): 149-159.
- Jocković Đ, Ivanović M, Bekavac G, Stojaković M, Đalović I, Nastasić A, Stanisavljević D (2011): NS Hibridi kukuruza na početku druge dekade XXI veka. Zbornik referata, 45(1): 89-102.
- Kara B (2011): Effect of seed size and shape on grain yield and some ear characteristics of maize. Research on Crops, 12(3): 680-685.
- Khorasani SK, Mostafavi K, Zandipour E, Heidarian A (2011): Multivariate analysis of agronomic traits of new corn hybrids (*Zea mays* L.). International Journal of AgriScience, 1(6): 314-322.
- Mandić V, Bijelić Z, Krnjaja V, Tomić Z, Stojković-Sebić A, Stojković A, Caro Petrović V (2016): The effect of crop density on maize grain yield. Biotechnology in Animal Husbandry, 32(1): 83-90.
- Mazvimbakupa F, Thembinkosi MA, Mabhandhi T (2015): Seed quality and water use characteristics of maize landraces compared with selected commercial hybrids. Chilean Journal of Agricultural Research, 75(1):13-20.
- Meteorološki godišnjak (2016). Dostupno na Index of /data/meteo\_godisnjaci (hidmet.gov.rs) (Januar, 2021).
- Nastasić A, Jocković Đ, Ivanović M, Stojaković M, Boćanski J, Đalović I, Srećkov Z (2010): Genetička međuzavisnost prinosa i komponenti prinosa zrna kukuruza. Genetika, 42 (3): 529-534.
- Ngoune TL and Mutengwa CS (2020): Estimation of maize (*Zea mays* L.) yield per harvest area: appropriate methods. Agronomy, 10(1): 29.
- Niu X, Xie R, Liu X, Zhang F, Li S, Gao S (2013): Maize yield gains in Northeast China in the last six decades. Journal of Integrative Agriculture, 12 (4): 630-637.
- Pandurović Ž, Glamočlija Đ, Stevović V, Dragičević V, Gavrilović M (2009): Effects of crop densities and nitrogen fertilizing on the maize ear length, number of kernel rows and seed size. Journal of Scientific Agricultural Research, 70(4): 27-33.
- Pepó P and Karancsi LG (2014): Plant density impact on grain yield of maize (*Zea mays* L.) hybrids on chernozem soil of the Eastern Hungary. Columella: Journal of agricultural and environmental sciences, 1(2): 87-94.
- Qadir A and Saleem M (1991): Correlation and PATH coefficient analysis in maize (*Zea mays* L.). Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 28(4): 395- 398.
- Qian C, Yu Y, Gong X, Jiang Y, Zhao Y, Yang Z, Zhang W (2016): Response of grain yield to plant density and nitrogen rate in spring maize hybrids released from 1970 to 2010 in Northeast China. The Crop Journal, 4(6): 459-467.
- Rafiq CM, Rafique M, Hussain A, Altaf M (2010): Studies on heritability, correlation and path analysis in maize (*Zea mays* L.). Journal of agricultural research, 48(1): 35-38.
- Srećkov Z, Nastasić A, Boćanski J, Djalović I, Vukosavljev M, Jocković B (2011): Correlation and path analysis of grain yield and morphological traits in test-cross populations of maize. Pakistan Journal of Botany, 43(3): 1729-1731.
- Stevanović M, Drinić S M, Stanković G, Kandić V, Čamdžija Z, Grčić N, Crevar M: (2012): Analyses of variance and correlation among yield and yield components of maize hybrids and their parental inbred lines. In Proceedings of 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture. 13-17 February, Opatija, Croatia, 327-330.
- Stojaković M, Jocković Đ, Bekavac G, Nastasić A, Mitrović B, Stanisavljević D, Zorić M (2015): Prinosi NS hibrida kukuruza iz različitih perioda selekcije. Selekcija i semenaštvo, 21(2): 93-102.

---

# VARIABILITY AND INTERDEPENDENCE OF CHARACTERISTICS OF MAIZE HYBRIDS OF DIFFERENT VEGETATION LENGTHS

Miloš Krstić, Velimir Mladenov, Jelena Ovuka, Dušan Stanisavljević,  
Bojan Mitrović, Jovana Krstić, Sonja Gvozdenac

## Summary

Maize is one of the most important field crops with broad genetic and phenotypic variations. It occupies an important place in agricultural production in the world as in Serbia. The main aim of maize breeding is to obtain new inbred lines, i.e. to identify new hybrid combinations that will surpass existing hybrids in terms of grain yield and other important traits. The aim of this study was to examine the phenotypic variability of 10 NS maize hybrids of different genetic bases and maturity groups in agroecological conditions in Rimski Šančevi, to consider the interdependence of grain yield and other tested traits using PCA and correlation analysis. The obtained results indicate a significant variation of all examined properties except for the ear length. The significance of the difference indicated by the F test was confirmed by the Duncan test. Correlation coefficients indicate a significant positive interdependence between the mass of 1000 grains and the ear length ( $r = 0.698$ ). PCA analysis provided a more complex analysis of the interdependencies of the examined traits and grain yield. The highest yields were achieved by hybrids that simultaneously showed high values of several yield components. Yields ranged from 11,210 kg ha<sup>-1</sup> in the G-10 hybrid (FAO 600), to 14,790 kg ha<sup>-1</sup> in the G-3 hybrid (FAO 400). In this study, hybrids of earlier maturity achieved higher grain yields, mainly due to drought tolerance. Therefore, the goal is to create drought-tolerant maize hybrids that will successfully endure the negative consequences of global warming.

**Key words:** correlation, FAO maturity groups, PCA, yield, *Zea mays* L.

Primljen: 21.01.2021.

Prihvaćen: 02.04.2021.