

VARIJABILNOST I MEĐUZAVISNOST SVOJSTAVA U SINTETIČKIM POPULACIJAMA KUKURUZA

*Bekavac Goran, Purar Božana, Stojaković Milisav,
Jocković Đorđe, Ivanović Mile, Nastasić Aleksandra*

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

Izvod: U radu je ispitivana varijabilnost i međuzavisnost svojstava u dve sintetičke populacije kukuruza. Nezavisni ogledi sa 80 S₁ odnosno HS familija, postavljeni su po nekompletnom blok dizajnu (random model). Nekoliko agronomskih svojstava ispitivano je tokom 2002. i 2003. godine na dva lokaliteta. Relativno visoka heritabilnost i varijabilnost svojstava ustanovljeni su u obe populacije. Genetičke korelacije između prinosa zrna i svih ostalih svojstava bile su slabe do srednje jake. Najjače korelacije između S₁ i HS potomstava ustanovljene su za sadržaj vlage u zrnu, a najslabije za prinos zrna.

Cljučne reči: kukuruz, populacije, varijabilnost, korelacije.

Uvod

Uspeh oplemenjivačkog programa zavisi od primenjenih metoda selekcije i genetičke konstitucije korišćenog materijala. Metod oplemenjivanja koji se bazira na odabiranju i rekombinaciji poželjnih genotipova, u cilju poboljšanja osnovne populacije (Jenkins, 1940), nazvan je rekurentna selekcija (Hull, 1945). Primenom metoda rekurentne selekcije fokusirana su dva osnovna cilja: popravka srednjih vrednosti svojstava preko povećanja frekvencije poželjnih alela i održavanje adekvatne genetičke varijabilnosti u popraavljenim populacijama za nastavak procesa selekcije (Holthaus i Lamkey, 1995 a,b). Specifičnost metoda rekurentne selekcije u odnosu na druge selekcionne metode je u rekombinaciji odabranih individua za formiranje narednog ciklusa, što omogućuje sistematsku popravku kvantitativnih svojstava u populacijama (Hallauer, 1992). Osnovna prednost metoda rekurentne selekcije je u tome što gornja granica u oplemenjivanju na određena svojstva nije određena genotipom jedne početne biljke, nego najpovoljnijom kombinacijom gena u grupi izvornih biljaka (Allard, 1960). Ukoliko je populacija popraavljena metodama rekurentne selekcije, teoretsko povećanje frekvencije poželjnih alela srazmerno je odgovarajućem smanjenju frekvencije nepoželjnih alela (Walters i sar., 1991b).

Kako je za formiranje narednog ciklusa selekcije neophodno izdvojiti superiorne genotipove i izvršiti njihovu rekombinaciju, ostvareni progres oplemenjivačkog programa uslovljen je efikasnošću identifikacije istih (Genter, 1973). Prvobitno je identifikacija superiornih genotipova iz populacija popraavljenih metodama rekurentne selekcije, vršena na bazi visine prinosa njihovih test hibrida (Hull, 1945). Izdvajanje potomstava zasnovano na vrednosti njihovih hibrida u ukrštanjima sa različitim testerima i mogućnost korišćenja većeg broja testera, favorizovao je metod HS potomstava u poboljšanju karakteristika populacija.

S obzirom na značaj aditivne komponente u nasleđivanju svojstava, već sredinom šezdesetih godina pažnja počinje da se poklanja i karakteristikama potomstava *per se* (Hallauer, 1989). Selekcija na bazi samooplodnih potomstava je posebno interesantna sa teoretskog aspekta, jer se u odsustvu superdominacije očekuje da bude znatno efikasnija u promeni frekvencije gena u populaciji, od HS selekcije (Comstock, 1964, Wright, 1980). Osim pogodnosti u popravci karakteristika *per se* i efikasnoj eliminaciji nepoželjnih alela iz populacije, prednost korišćenja S_1 familijске selekcije je u nižoj inbriding depresiji i efikasnijem iskorišćavanju aditivne genetičke varijanse, u poređenju sa HS ili FS selekcijom (Comstock, 1964, Choo i Kannenberg, 1979a,b).

Pored izbora odgovarajućeg metoda selekcije, za uspeh oplemenjivačkog programa od presudnog značaja je izbor pogodnog genetičkog materijala. S obzirom da pedigre metod i metod povratnih ukrštanja, kao najčešće korišćene metode za stvaranje inbred linija, obezbeđuju samo modifikaciju postojećih linija, u oplemenjivačke programe je neophodno uključiti metode stvaranja novih genetičkih izvora i metode njihovog poboljšanja kroz duži vremenski period (Hallauer, 1990).

Kao izvorna germplazma u izvođenju inbred linija, pretežno se koriste F_2 populacije (nastale ukrštanjem elitnih inbred linija), povratna ukrštanja i sintetičke populacije (Bauman, 1981). Stvaranje sintetičkih populacija obično se vrši ukrštanjem većeg broja elitnih linija koje mogu biti u manjem ili većem stepenu srodne, od čega će zavistiti i visina aditivne genetičke varijanse unutar novoformirane populacije (Fountain i Hallauer, 1996).

Pre uključivanja u oplemenjivačke programe, neophodno je utvrditi srednju vrednost, varijansu, heritabilnost i korelacije između najznačajnijih svojstava, kako bi se sagledala pogodnost početnog materijala za selekciju (Hallauer i Miranda, 1988). Tačnost procene genetičkih parametara u najvećoj meri zavisi od primene odgovarajuće eksperimentalne tehnike i mogućnosti samog dizajna, da iz fenotipskih razlika između individua (potomstava), razdvoji deo determinisan genetičkim, odnosno faktorima spoljne sredine.

Cilj istraživanja bio je da se utvrde osnovni genetički parametri i među-zavisnost nekih agronomskih svojstava u dve sintetičke populacije kukuruza.

Materijal i metod rada

Za proučavanja su odabrane dve sintetičke populacije kukuruza šire genetičke osnove: NS12-SG i NS14-SG, standardnog kvaliteta zrna u tipu zubana. Tokom 2001. godine gajeno je 600 biljaka po populaciji, a na 200 do 250 biljaka je izvršena samooplodnja. U berbi je na slučajan način odabrano 150 biljaka (S_1 potomstava) koje su u zimskoj generaciji 2001/2002. godine ukrštene sa nesrodnim testerom. Kao tester (T) za obe populacije poslužila je nesrodna inbred linija NSL-551, dobrih kombinacionih sposobnosti, standardnog kvaliteta zrna, FAO grupe zrenja 400.

Uporedni poljski ogledi po nekompletnom blok dizajnu sa ponavljanjima u okviru seta (Cochran i Cox, 1957), postavljeni su 2002 i 2003. godine na Rimskim Šančevima i Srbobranu. Za svaku populaciju postavljena su dva nezavisna ogleda sa S_1 (NS12-SG i NS14-SG) odnosno HS potomstvima (NS12-SG x T i NS14-SG x T). Po 80 genotipova od svakog tipa potomstva podeljeno je u četiri seta, sa dva ponavljanja u okviru seta i 20 biljaka po ponavljanju, odnosno familiji. Planirana gustina useva iznosila je 63500 biljaka ha^{-1} , a površina eks-

perimentalne parcelice 5.25 m². Primenjena je standardna agrotehnika gajenja kukuruza, a setva i berba su obavljene ručno.

Proučavane su sledeće osobine:

prinos zrna (PZ) (t ha⁻¹ sa 14% vlage)

poleganje biljaka (PB) (%)

zakašnjenje u svilanju (ZS) (dani)

udeo vode u zrnu u berbi (VZ) (%)

Poleganje biljaka je određeno pred berbu, kao procenat slomljenih biljaka na jednoj od internodija stabla ispod klipa, dok je zakašnjenje u svilanju određeno kao razlika broja dana do svilanja i broja dana do polinacije. Pre statističke obrade, izvršena je arcsin \sqrt{X} transformacija podataka svojstava izraženih u procentima, ali su prosečne vrednosti svojstava prikazane u netransformisanom obliku.

Sve proučavane osobine obrađene su analizom varijanse i kovarijanse po nekompletnom blok dizajnu (random model). Na osnovu odgovarajućih sredina kvadrata iz analize varijanse i sredina proizvoda iz analize kovarijanse, izračunati su sledeći biometrijski pokazatelji: genetička i fenotipska varijansa, heritabilnost, koeficijenti genetičke i fenotipske varijacije i genetičke korelacije (Hallauer i Miranda, 1988, Bradshaw, 1983).

Rezultati istraživanja

Prosečan prinos zrna S₁, odnosno HS familija u populaciji NS12-SG, bio je viši u odnosu na populaciju NS14-SG. Interval variranja ovog svojstva bio je širi u populaciji NS12-SG, kako kod S₁ tako i kod HS potomstava (Tab.1).

Tab. 1. Prosečne vrednosti, standardne greške, minimalne i maksimalne vrednosti svojstava
Tab. 1. Mean values, standard errors, minimal and maximal values of traits

Svojstvo Traits	Populacija Population	\bar{X}	$SE_{\bar{x}} \pm$	Min	Max
Prinos zrna (t ha ⁻¹) Grain yield (t ha ⁻¹)	NS12-SG	6.91±0.07		4.54	9.58
	NS14-SG	6.32±0.06		4.49	8.70
	NS12-SG x T	10.21±0.05		7.99	11.44
	NS14-SG x T	10.02±0.04		8.34	11.37
Poleganje biljaka (%) Stalk lodging (%)	NS12-SG	5.43±0.44		0.00	16.88
	NS14-SG	6.57±0.52		0.00	18.13
	NS12-SG x T	4.72±0.48		0.00	9.38
	NS14-SG x T	4.11±0.48		0.00	10.63
Zakašnjenje u svilanju (dani) Anthesis-Silking interval (days)	NS12-SG	2.94±0.05		1.13	5.75
	NS14-SG	2.21±0.05		0.88	3.88
	NS12-SG x T	2.26±0.04		1.25	3.63
	NS14-SG x T	2.06±0.04		1.25	3.25
Udeo vode u zrnu (%) Grain moisture (%)	NS12-SG	24.98±0.06		21.11	29.47
	NS14-SG	19.96±0.06		16.41	23.18
	NS12-SG x T	22.16±0.05		19.94	25.04
	NS14-SG x T	19.77±0.05		17.6	21.23

S₁ potomstva populacije NS14-SG imala su nešto slabiju otpornost prema poleganju, dok je kod HS potomstava veći procenat polegatih biljaka utvrđen u populaciji NS12-SG. Kod oba tipa potomstava, interval variranja ovog svojstva bio je neznatno širi u populaciji NS14-SG (Tab. 1).

Zakašnjenje u svilanju (interval između polinacije i svilanja) je bilo izraženije u populaciji NS12-SG kod oba tipa potomstava. S₁ potomstva iste populacije karakterisala su se znatno širim intervalom variranja (1.13 - 5.75 dana), dok su razlike minimalnih i maksimalnih vrednosti ovog svojstva kod HS potomstava obe populacije bile neznatne. Udeo vode u zrnju kod oba tipa potomstava bio je viši u populaciji NS12-SG, dok su neznatne razlike srednjih vrednosti kod S₁, odnosno HS potomstava ustanovljene u populaciji NS14-SG. Interval variranja ovog svojstva u obe populacije, bio je širi kod S₁ potomstava.

Tab. 2. Heritabilnost i pokazatelji varijabilnosti svojstava u populacijama NS12-SG i NS14-SG
Tab. 2. Heritability and variability estimates of traits in the populations NS12-SG and NS14-SG

	S ₁		HS		
	NS12-SG	NS14-SG	NS12-SG	NS14-SG	
PZ	$\sigma_g^2 \pm SE$	0.909 ± 0.176	0.467 ± 0.096	0.293 ± 0.063	0.223 ± 0.048
	$\sigma_f^2 \pm SE$		**		ns
	CV _g # CV _f	13.80 # 15.13	10.82 # 12.18	5.30 # 6.13	4.72 # 5.46
	h ² ± SE	0.831 ± 0.161	0.788 ± 0.161	0.748 ± 0.162	0.746 ± 0.162
PB	$\sigma_g^2 \pm SE$	20.630 ± 4.629	15.915 ± 4.392	-	-
	$\sigma_f^2 \pm SE$		ns		-
	CV _g # CV _f	46.57 # 54.78	35.79 # 46.35	-	-
	h ² ± SE	0.723 ± 0.162	0.596 ± 0.164	-	-
ZS	$\sigma_g^2 \pm SE$	0.923 ± 0.167	0.317 ± 0.068	0.223 ± 0.047	0.093 ± 0.023
	$\sigma_f^2 \pm SE$		**		**
	CV _g # CV _f	32.65 # 34.69	25.42 # 29.33	20.95 # 24.01	14.83 # 18.32
	h ² ± SE	0.886 ± 0.160	0.751 ± 0.162	0.761 ± 0.162	0.655 ± 0.163
VZ	$\sigma_g^2 \pm SE$	1.251 ± 0.227	0.727 ± 0.144	0.453 ± 0.089	0.216 ± 0.050
	$\sigma_f^2 \pm SE$		**		**
	CV _g # CV _f	3.74 # 3.98	3.22 # 3.57	2.40 # 2.65	1.76 # 2.10
	h ² ± SE	0.882 ± 0.161	0.815 ± 0.161	0.818 ± 0.161	0.705 ± 0.162

σ_g^2 - genetička varijansa; σ_f^2 - fenotipska varijansa; CV_g - koeficijent varijacije genotipa; CV_f - koeficijent varijacije fenotipa; h² - heritabilnost; - značajnost razlika za genetičke (σ_g^2) i fenotipske (σ_f^2) varijanse -

*(p<0.05); **(p<0.01); ns - nesignifikantno

σ_g^2 - genetic variance; σ_f^2 - phenotypic variance; CV_g - coefficient of genotypic variation; CV_f - coefficient of phenotypic variation; h² - heritability; - significances for genetic (σ_g^2) and phenotypic (σ_f^2) variances -

*(p<0.05); **(p<0.01); ns - non significant

PZ- prinos zrna; PB- poleganje biljaka; ZS- zakašnjenje u svilanju; VZ- udeo vode u zrnju

PZ- grain yield; PB- plant lodging; ZS- anthesis-silking interval; VZ- grain moisture

U obe populacije genetičke i fenotipske varijanse za prinos zrna bile su značajne pošto su prevazilazile dvostruke vrednosti odgovarajuće standardne greške (Falconer, 1989). Kod S_1 potomstava populacije NS12-SG, varijanse su bile gotovo dvostruko veće u odnosu na varijanse populacije NS14-SG, te su i njihove razlike visoko signifikantne (Tab. 2). Iako je utvrđena različita varijabilnost za prinos zrna kod HS potomstava, razlike u varijansama između populacija nisu bile signifikantne. Genetičke i fenotipske varijanse HS potomstava bile su višestruko manje od odgovarajućih varijansi S_1 potomstava kod obe populacije (Tab. 2). Relativno visoka heritabilnost u širem smislu, ustanovljena je kod oba tipa potomstava i kretala se od $h^2 = 0,746$ kod HS potomstava populacije NS14-SG do $h^2 = 0,831$ kod S_1 potomstava populacije NS12-SG. Slično varijansama i heritabilnost za prinos zrna kod oba tipa potomstava može se smatrati signifikantnom, jer višestruko premašuje vrednost odgovarajućih standardnih greški (Tab. 2).

Heritabilnost i pokazatelji varijabilnosti za poleganje biljaka izračunati su samo za S_1 potomstva, pošto su u analizi varijanse HS potomstava obe populacije, utvrđene nesignifikantne razlike između familija u okviru seta. Iako je u populaciji NS12-SG ustanovljena veća varijabilnost za ovo svojstvo, razlike u visini varijansi između populacija nisu bile signifikantne. Kako varijanse, tako i heritabilnost, za poleganje biljaka bili su značajni u obe populacije (Tab. 2).

Populacija NS12-SG karakterisala se neuporedivo većom varijabilnošću za zakašnjenje u svilanju, te su razlike između varijansi ispitivanih populacija bile visoko signifikantne kako kod S_1 tako i kod HS potomstava. Slično varijansama i koeficijenti varijacije su odražavali značajne razlike između populacija. Najviša heritabilnost za ovo svojstvo ustanovljena je kod S_1 potomstava populacije NS12-SG, a najniža kod HS potomstava populacije NS14-SG (Tab. 2).

Viši nivo genetičke varijabilnosti za udeo vode u zrnu, utvrđen je za oba tipa potomstava u populaciji NS12-SG, pa su i razlike u vrednostima varijansi visoko signifikantne, kako kod S_1 tako i kod HS potomstava. Istovremeno, genetičke i fenotipske varijanse S_1 potomstava bile su gotovo tri puta veće od odgovarajućih varijansi HS potomstava u obe populacije. Visoke vrednosti za heritabilnost ovog svojstva, ustanovljene su kod oba tipa potomstava (Tab. 2).

Tab. 3. Genetičke korelacije (r_g) kod S_1 i HS (u zagradi) potomstava u populaciji NS12-SG (iznad dijagonale) i NS14-SG (ispod dijagonale)

Tab. 3. Genetic correlations (r_g) among S_1 and HS (in parenthesis) progenies in the population NS12-SG (above diagonal) and NS14-SG (below diagonal)

		PZ	PB	ZS	VZ
r_g	PZ		-0,051	-0,334*	-0,026
			-	(-0,281)	(-0,055)
r_g	PB	0,083		-0,015	-0,515*
		-		-	-
r_g	ZS	-0,262*	-0,031		0,621**
		(-0,087)	-		(0,656**)
r_g	VZ	-0,196	-0,687**	-0,043	
		(0,349**)	-	(0,126)	

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

PZ- prinos zrna; PB- poleganje biljaka; ZS- zakašnjenje u svilanju; VZ- udeo vode u zrnu

PZ- grain yield; PB- plant lodging; ZS- anthesis-silking interval; VZ- grain moisture

Genetičke korelacije između prinosa zrna i svih ostalih svojstava kod S_1 potomstava obe populacije, bile su slabe do srednje jake i nesigifikantne (Tab. 3). Najjače korelacije sa prinosom zrna ustanovljene su za zakašnjenje u svilanju ($r_g = -0,334^*$) u populaciji NS12-SG. Nešto viši i signifikantan stepen saglasnosti procenta poleglih biljaka, utvrđen je sa udelom vode u zrnu ($r_g = -0,515^*$; $r_g = -0,687^*$) (Tab. 3). Prinos zrna HS potomstava populacije NS12-SG bio je u slabim i nesigifikantnim korelacijama sa svim ostalim svojstvima, što je gotovo identično sa vrednostima odgovarajućih korelacija kod S_1 potomstava. Razlike u visini korelacija između istih svojstava kod S_1 , odnosno HS potomstava, posledica su razlika u strukturi genetičke varijanse kod ova dva tipa potomstava (Tab. 3).

Za praktično oplemenjivanje kukuruza su posebno značajne korelacije za određena svojstva između različitih tipova potomstava. Genetičke korelacije za prinos zrna između S_1 i HS potomstava bile su srednje jake i visoko signifikantne u obe populacije ($r_g = 0,592^{**}$; $r_g = 0,396^{**}$). U populaciji NS12-SG postoji veća verovatnoća da će se izborom prinosnijih S_1 familija, za naredni ciklus selekcije popraviti i kombinaciona sposobnost populacije za prinos zrna i obrnuto (Tab. 4).

Tab. 4. Genetičke korelacije (r_g) i njihove standardne greške (SE r_g) svojstava između S_1 i HS potomstava

Tab. 4. Genetic correlations (r_g) and their standard errors (SE r_g) of traits between S_1 i HS progenies

Svojstvo - Trait		NS12-SG	NS14-SG
Prinos zrna	r_g	0,592**	0,396**
Grain yield	SE r_g	0,059	0,090
Zakašnjenje u svilanju	r_g	0,896**	0,839**
Anthesis-silking interval	SE r_g	0,014	0,026
Udeo vode u zrnu	r_g	0,977**	0,821**
Grain moisture	SE r_g	0,003	0,027

** $p < 0,01$

Istovremeno, najniže korelacije između S_1 i HS potomstava u obe populacije ustanovljene su za prinos zrna (Tab. 4). Za zakašnjenje u svilanju i sadržaj vode u zrnu, genetičke korelacije između S_1 i HS potomstava bile su vrlo jake ($r_g > 0,8$), što povećava verovatnoću popravke kombinacionih sposobnosti za određena svojstva, preko odabranih S_1 potomstava i obrnuto.

Diskusija

Poznavanje veličine i vrste genetičke varijabilnosti, srednje vrednosti, heritabilnosti i korelativnih odnosa svojstava u populacijama, je od suštinskog značaja za primenu odgovarajućih metoda selekcije. Nivo genetičke varijabilnosti u ovom radu ocenjen je preko S_1 , odnosno HS potomstava. Za sva proučavana svojstva utvrđena je signifikantna varijabilnost, jer su vrednosti varijansi prevazilazile dvostruke vrednosti odgovarajućih standardnih greški (Falconer, 1989). Izuzetak predstavlja poleganje biljaka HS potomstava u obe populacije, kod kojih su u analizi varijanse utvrđene nesigifikantne razlike između familija u okviru seta.

Genetičke varijanse S_1 potomstava u obe populacije i za sva proučavana svojstva, bile su znatno više od odgovarajućih varijansi HS potomstava, što je u

saglasnosti sa rezultatima kako teoretskih (Comstock, 1964) tako i praktičnih istraživanja (Burton i sar., 1971, Carangal i sar., 1971, Goulas i Lonnquist, 1977, Vančetović, 1994). Ovo je i razumljivo imajući u vidu da 50% gena HS potomstva potiče od korišćenog testera, što umanjuje varijabilnost između istih. Sličan zaključak mogao bi se izvesti i za rang ispitivanih svojstava, koji je znatno širi kod S_1 potomstava u obe populacije. Kod oba tipa potomstava, fenotipske varijanse su bile više od odgovarajućih genetičkih varijansi, što je s obzirom na uticaj faktora spoljašnje sredine na ekspresiju svojstava, sasvim očekivano.

S obzirom da različita svojstva mogu biti izražena različitim jedinicama mere i imati širok raspon srednjih vrednosti, pouzdano poređenje visine genetičke varijabilnosti omogućuje koeficijent varijacije, kao relativni pokazatelj disperznosti. Na osnovu ovog parametra, najviša varijabilnost kod S_1 potomstava obe populacije ustanovljena je za procenat pleglih biljaka, dok je najviša varijabilnost kod HS potomstava ustanovljena za zakašnjenje u svilanju. Koeficijenti varijacije genotipa za prinos zrna kako kod S_1 tako i kod HS potomstava u saglasnosti su sa rezultatima većeg broja istraživanja (Rodriguez i Hallauer, 1991, Holthaus i Lamkey, 1995a,b), dok je znatno niži koeficijent varijacije genotipa za prinos zrna S_1 odnosno HS potomstava u dve sintetičke populacije kukuruza ustanovio Husić (1992). Relativno niske vrednosti genetičkih koeficijenata varijacije za udeo vode u zrnu, ustanovljene su kako kod S_1 tako i kod HS potomstava obe populacije. Veća varijabilnost, ocenjena na osnovu istog parametra, utvrđena je kod S_1 potomstava populacije uže genetičke osnove (Đorđević, 1994), dok su značajno više koeficijente varijacije genotipa za udeo vode u zrnu i poleganje biljaka ustanovili Holthaus i Lamkey, (1995a,b).

Primenom pogodnih eksperimentalnih dizajna, razdvajaju se genetički od faktora spoljne sredine, što je preduslov za određivanje heritabilnosti. Visina heritabilnosti proučavanih svojstava zavisi kako od tipa ispitivanog potomstva, tako i od načina i obima ispitivanja (Lamkey i Hallauer, 1987). Kako je procena varijansi populacija u ovom radu izvršena na bazi S_1 , odnosno HS potomstava, relativno visoke heritabilnosti ispitivanih svojstava su očekivane. Utvrđena heritabilnost svojstava kod oba tipa potomstava može se smatrati pouzdanim s obzirom na broj ponavljanja, odnosno lokaliteta u kojima su vršena istraživanja. Heritabilnost za prinos zrna u ovom radu je u saglasnosti sa rezultatima većeg broja istraživanja (Coors, 1988, Grombacher i sar., 1989, Holthaus i Lamkey, 1995a,b), dok su nešto nižu heritabilnost za isto svojstvo ustanovili Getschman i Hallauer, (1991), Smith i sar., (1982), Rodriguez i Hallauer, (1991), Husić i sar., (1995). Niže vrednosti heritabilnosti za prinos zrna u odnosu na druga svojstva, rezultat su uticaja faktora spoljašnje sredine na ekspresiju prinosa tokom celog vegetacionog perioda. Heritabilnost za udeo vlage u zrnu i procenat pleglih biljaka je u saglasnosti sa rezultatima (Getschman i Hallauer, 1991, Holthaus i Lamkey, 1995a, Grombacher i sar., 1989, Walters i sar., 1991a), dok su nešto nižu heritabilnost za ista svojstva ustanovili Rodriguez i Hallauer., (1991). Veća heritabilnost svojstava ustanovljena je kod S_1 u odnosu na HS potomstva, što je analogno rezultatima Lamkey i Hallauer, (1987), Coors, (1988), Tanner i Smith, (1987). Prisustvo 50% germplazme testera u HS potomstvima razlog je niže genetičke varijanse, a samim tim i heritabilnosti svojstava HS u odnosu na odgovarajuća S_1 potomstva.

Selekcijom na jedno svojstvo javljaju se korelativni odgovori drugih, pa je poznavanje međuzavisnosti svojstava u okviru populacije od posebnog značaja.

Kod S_1 potomstava obe populacije, nije ustanovljena značajna korelaciona veza prinosa zrna sa ostalim svojstvima, pa efikasna selekcija na viši prinos preko nekog od ispitivanih svojstava nije moguća. Najefikasnije povećanje srednje vrednosti prinosa zrna kroz cikluse selekcije, postiglo bi se direktnom selekcijom na sam prinos. Između prinosa zrna i udela vode u zrnu utvrđene su slabe, negativne korelacije. Izuzetak predstavlja korelaciona veza ova dva svojstva kod HS potomstava populacije NS14-SG, koja je bila srednje jaka i visoko signifikantna ($r_g = 0,349^{**}$), što ukazuje na superiornost kasnostasnijih test hibrida u ovoj populaciji. Kod S_1 potomstava sintetičke populacije uže genetičke osnove, Đorđević (1994) je utvrdio slabe i negativne korelacije između istih svojstava ($r_g = -0,136$), dok su u četiri BSSS populacije kukuruza na bazi HS potomstava, ustanovljene vrlo slabe korelacije između prinosa zrna i sadržaja vlage u zrnu (Holthaus i Lamkey, 1995a).

U obe populacije i kod oba tipa potomstava, između prinosa zrna i zakašnjenja u svilanju ustanovljene su slabe do srednje jake, negativne genetičke korelacije. Negativna korelaciona zavisnost ovih svojstva posebno je izražena u uslovima suše (Fisher i sar., 1989), što nedvosmisleno upućuje na neophodnost selekcionisanja genotipova sa sinhronizovanom pojavom generativnih organa (Guey i Wassom, 1992). Između prinosa zrna i poleganja biljaka kod S_1 potomstava obe populacije ustanovljene su vrlo slabe korelacije, što je u saglasnosti sa rezultatima Đorđevića (1994). Imajući u vidu ručnu berbu ogleđa, ovakva korelaciona veza pomenutih svojstava je sasvim očekivana.

Poređenje metoda selekcije baziranih na različitim tipovima potomstava je od velikog teoretskog i praktičnog značaja. Od posebnog su značaja korelacije za određena svojstva između S_1 i HS potomstava, jer ukazuju na verovatnoću izdvajanja genotipova sa dobrim kombinacionim sposobnostima na bazi karakteristika per se i obrnuto. Relativno niske genetičke korelacije za prinos zrna između S_1 i HS potomstava posledica su maskirajućih efekata dominantnih gena tester linije (Smith, 1986, Ivanović i sar., 1987), odnosno preovlađujućeg uticaja neaditivnih gena koji su odgovorni za prinos hibrida (Jensen i sar., 1983; Smith, 1986). Kompjuterska simulacija korelacija između S_1 i HS potomstava za prinos zrna ukazuje na opravdanost očekivanja pozitivnih korelacija, ali nižih od 0,5 (Smith, 1986). U ovom radu, između S_1 i HS potomstava obe populacije, utvrđene su srednje jake genetičke korelacije za prinos zrna (0.592** i 0.396**, respektivno). Kako su ovde korišćene populacije kukuruza široke genetičke osnove, relativno visoke vrednosti genetičkih korelacija za prinos zrna između S_1 i HS potomstava u obe populacije su očekivane.

Znatno jače genetičke korelacije između S_1 i HS potomstava za zakašnjenje u svilanju i sadržaj vlage u zrnu, ukazuju na preovlađujući uticaj aditivne varijanse na ekspresiju istih. Kod populacija šire genetičke osnove aditivna varijansa je uglavnom veća od neaditivne, ali se istovremeno kao jedan od razloga visokih korelacija između ova dva tipa potomstava, kako za prinos zrna tako i za ostala svojstva, može istaći visoka heterozigotnost S_1 familija i njihova slaba interakcija sa spoljašnjom sredinom.

Zaključak

Na osnovu utvrđenih srednjih vrednosti, heritabilnosti i varijabilnosti svojstava, može se zaključiti da proučavane populacije predstavljaju vredan

oplemenjivački materijal. Osim izbora odgovarajućeg materijala, od posebnog značaja je primena adekvatnih oplemenjivačkih metoda. Povećanjem intenziteta selekcije se utiče na genetičku dobit od selekcije, ali pored pozitivnih strana, viši intenzitet selekcije, posebno u početnim ciklusima, nosi određene rizike. Pri višem intenzitetu selekcije smanjena je verovatnoća identifikacije poželjnih genotipova, a povećana opasnost od genetičkog drifta. Kako je za očuvanje genetičke varijabilnosti na duži period potrebno rekombinovati veći broj individua (25-35 po ciklusu), prednost treba dati nižem intenzitetu selekcije (30%) mada će genetička dobit u početnim ciklusima biti manja. Kombinovanom S_1 -HS selekcijom došlo bi do popravke, kako karakteristika populacija *per se* tako i njihovih kombinacionih sposobnosti. Alternativa za relativno skup i složen kombinovani metod, mogla bi biti neizmjenična primena pojedinačnih metoda (S_1 , a zatim prelazak na HS), uz niži intenzitet selekcije, posebno u početnim ciklusima.

Literatura

- Allard, R.W., 1960: Principles of plant breeding. John Wiley, New York, London.
- Bauman, L.F., 1981: Review of methods used by breeders to develop superior corn inbreds. Proc. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf., 36: 199-208.
- Bradshaw, J.E., 1985: Estimating the predicted response to S_1 family selection. Heredity, 51: 415-418.
- Burton, J.W., Penny, L.H., Hallauer, A.R. and Eberhart, S.A., 1971: Evaluation of synthetic populations developed from a maize variety (BSK) by two methods of recurrent selection. Crop Sci., 11: 361-365.
- Carangal, V.R., Ali, S.M., Koble, A.F., Rinke, E.H. and Sentz, J.C., 1971: Comparison of S_1 with testcross evaluation for recurrent selection in maize. Crop Sci., 11: 658-661.
- Choo, T.M. and Kannenberg, L.W., 1979a: Relative efficiencies of population improvement methods in corn: A simulation study. Crop Sci., 19: 179-185.
- Choo, T.M. and Kannenberg, L.W., 1979b: Changes in gene frequency during mass, modified ear-to-row, and S_1 selection: A simulation study. Crop Sci., 19: 503-509.
- Cochran, W.G., and Cox, G.M., 1957: Experimental designs. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Comstock, R.E., 1964: Selection procedures in corn improvement. Proc. 19th Ann. Hybrid Corn Ind. Res. Conf., 87-94.
- Coors, J.G., 1988: Response to four cycles of combined half-sib and S_1 family selection in maize. Crop Sci., 28: 891-896.
- Đorđević, J., 1994: Genetička analiza otpornosti prema poleganju kod S_1 potomstava sintetičke populacije kukuruza (*Zea mays* L.). Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Falconer, D.S., 1989: Introduction to Quantitative Genetics. Longman, London and New York.
- Fisher, K.S., Edmeades, G.O., and Johnson, E.C., 1989: Selection for the improvement of maize yield under moisture-deficits. Field Crops Res., 22: 227-243.
- Fountain, M.O., and Hallauer, A.R., 1996: Genetic variation within maize breeding populations. Crop Sci., 36: 26-32.
- Genter, C.F., 1973: Comparison of S_1 and test cross evaluation after two cycles of recurrent selection in maize. Crop Sci., 13: 524-527.
- Getschman, R.J., and Hallauer, A.R., 1991: Genetic variation among and within S_1 progenies of maize. Jour. Iowa Acad. Sci., 98 (3): 127-133.
- Goulas, C.K., and Lonnquist, J.H., 1977: Comparison of combined half-sib and S_1 family selection with Half-sib, S_1 and selection index procedures in maize. Crop Sci., 17: 754-757.

- Grombacher, A.W., Russell, W.A., and Guthrie, W.D., 1989: Effects of recurrent selection in two maize synthetics on agronomic traits of S_1 lines. *Maydica*, 34: 343-352.
- Guey, R.G., and Wassom, C.E., 1992: Inheritance of some drought adaptive traits in maize: I Interrelationships between yield, flowering, and ears per plant. *Maydica*, 37: 157-164.
- Hallauer, A.R., 1989: Fifty years of recurrent selection in corn. 25th Silver Anniversary Illinois Corn Breeders School, 25: 39-64.
- Hallauer, A.R., 1990: Methods used in developing maize inbreds. *Maydica*, 35: 1-16.
- Hallauer, A.R., 1992: Recurrent selection in maize. *Plant Breed.Rev.*, 9: 115-179.
- Hallauer, A.R., and Miranda, J.B., 1988: Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State Univ. Press, Ames.
- Holthaus, J.F., and Lamkey, K.R., 1995a: Population means and genetic variances in selected and unselected Iowa Stiff Stalk Synthetic maize populations. *Crop Sci.*, 35: 1581-1589.
- Holthaus, J.F., and Lamkey, K.R., 1995b: Response to selection and changes in genetic parameters for 13 plant and ear traits in two maize recurrent selection programs. *Maydica*, 40: 357-370.
- Hull, H.F., 1945: Recurrent selection for specific combining ability in corn. *J.Am.Soc.Agron.*, 37: 134-145.
- Husić, I., 1992: Nasleđivanje komponenti prinosa i genetička dobit od selekcije na bazi S_1 i HS potomstava kukuruza. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Husić, I., Kojić, L., Ivanović, M. and Stojnić, O., 1995: Components of variance and heritability for grain yield and yield components for S_1 and HS progenies in two early maturity synthetic populations of maize. *Genetika*, 27 (1): 25-33.
- Ivanović, M., Stojnić, O., and Greder, R.R., 1987: Correlations among grain yields of full-sib, half-sib, and selfed progenies in broad and narrow base population of maize (*Zea mays* L.). *Genetika*, 19 (1): 37-45.
- Jenkins, M.T., 1940: The segregation of genes affecting yield of grain in maize. *Journ. Am. Soc. Agron.*, 32: 44-63.
- Jensen, S., McConnell, R., and Kuhn, W., 1983: Combining ability studies in elite U.S. maize germplasm. *Proc. Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf.*, 87-96.
- Lamkey, K.R., and Hallauer, A.R., 1987: Heritability estimated from recurrent selection experiment in maize. *Maydica*, 32: 61-78.
- Rodriguez, O.A., Hallauer, A.R., 1991: Variation among full-sib families of corn for different generations of inbreeding. *Crop Sci.*, 31: 43-47.
- Smith, C.S., Mock, J.J. and Crosbie, T.M., 1982: Variability for morphological and physiological traits associated with barrenness and grain yield in the maize population, Iowa upright leaf synthetic #1. *Crop Sci.*, 22: 828-832.
- Smith, O.S., 1986: Covariance between line per se and testcross performance. *Crop Sci.*, 26: 540-543.
- Tanner, A.H. and Smith, O.S., 1987: Comparison of half-sib and S_1 recurrent selection in the Krug Yellow Dent maize populations. *Crop Sci.*, 27: 509-513.
- Vančetović, J., 1994: Genetička varijabilnost kvantitativnih svojstava kod kompozita kukuruza (*Zea mays* L.). Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Walters, S.P., Russell, W.A. and Lamkey, K.R., 1991a: Performance and genetic variance among S_1 lines and testcrosses of Iowa Stiff Stalk Synthetic maize. *Crop Sci.*, 31: 76-80.
- Walters, S.P., Russell, W.A., Lamkey, K.R. and Rowe, P.R., 1991b: Performance and inbreeding depression between a synthetic and three improved populations of maize. *Crop Sci.*, 31: 80-83.
- Wright, A.R., 1980: The expected efficiencies of half sib, testcross and S_1 progeny testing methods in single population improvement. *Heredity*, 45: 361-376.

VARIABILITY AND INTERRELATIONSHIPS OF TRAITS IN SYNTHETIC POPULATIONS OF MAIZE

*Bekavac Goran, Purar Božana, Stojaković Milisav,
Jocković Đorđe, Ivanović Mile, Nastasić Aleksandra*

Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad

Summary: Variability and interrelationships of traits in two maize synthetic populations were studied in this paper. Independent trials with 80 entries of S_1 as well as their HS progenies were arranged according to an incomplete block design (random model). Several agronomic traits were studied during 2002 and 2003, at two locations. Relatively high heritability and variability of traits were determined in both populations. Genetic correlations between grain yield and all other traits were weak to intermediate. The strongest correlations between S_1 and HS progenies were determined for grain moisture and the lowest for grain yield.

Key words: maize, populations, variability, correlations.