

"Zbornik radova", Sveska 42, 2006.

### **Pregledni rad - Review**

## **OPLEMENJIVANJE KUKURUZA NA PRINOS I KVALITET**

***Stojaković, M.<sup>1</sup>, Jocković, Đ.<sup>1</sup>, Ivanović, M.<sup>1</sup>, Bekavac, G.<sup>1</sup>, Vasić, N.<sup>1</sup>, Purar, Božana<sup>1</sup>, Nastasić, Aleksandra<sup>1</sup>, Starčević, Lj.<sup>2</sup>, Boćanski, J.<sup>2</sup>, Latković, Dragana<sup>2</sup>***

### **IZVOD**

Istraživanja su provedena u okviru projekta "Oplemenjivanje kukuruza na visok prinost i kvalitet zrna i biomase", u cilju iznalaženja načina za povećanje proizvodnje kukuruza. Kao mogući pravci za povećanje proizvodnje navode se: 1. Povećanje genetičke varijabilnosti inbred linija, roditeljskih komponenti hibrida, unošenjem adaptirane egzotične germplazme iz umerenog ili subtropskog pojasa. 2. Poboljšanje tehnoloških postupaka za gajenje kukuruza. 3. Oplemenjivanje na otpornost prema prouzročivačima glavnih bolesti stabla, klipa i lista. 4. Pravilan izbor, odnosno, reonizacija hibrida.

KLJUČNE REČI: kukuruz, oplemenjivanje, tehnologija gajenja, bolesti kukuruza

### **Uvod**

Kukuruz je naša najvažnija ratarska biljka. Gaji se na većim površinama od svih njivskih biljaka. Kukuruz u Srbiji zauzima između 1200000 i 1300000 ha što čini oko 40% oraničnih površina, a to je više od površina pod pšenicom, sojom, suncokretom i šećernom repom zajedno. Površine pod kukuruzom su stabilne i manje variraju nego kod ostalih njivskih biljaka.

Značaj kukuruza nije samo zbog površina na kojima se gaji i u ukupnoj proizvodnji, već i u raznolikoj upotrebi u ishrani ljudi, domaćih životinja i industrijskoj preradi. Zrno kukuruza je dobro zaštićeno komušinom sa jedne strane, a

- 
- 1 Dr Milisav Stojaković, naučni savetnik, dr Đorđe Jocković, naučni savetnik, dr Mile Ivanović, akademik, dr Goran Bekavac, viši naučni saradnik, dr Nenad Vasić, viši naučni saradnik, dr Božana Purar, viši naučni saradnik, dr Aleksandra Nastasić, naučni saradnik, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad
  - 2 Dr Ljubinko Starčević, redovni profesor u penziji, dr Jan Boćanski, vanredni profesor, mr Dragana Latković, asistent, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

kočankom sa druge strane, pa je prisustvo štetnih materija u njemu manje nego kod drugih biljaka. Ovo se može iskoristiti za proizvodnju zdravstveno bezbedne hrane.

Kukuruz poseduje visok genetički potencijal za prinos zrna i ukupne biomase. U oglecima se često ostvaruju prinosi iznad  $15 \text{ t ha}^{-1}$  suvog zrna i više od  $70 \text{ t ha}^{-1}$  silo mase. Da bi se genetički potencijal hibrida što bolje iskoristio potrebno je obezbediti povoljne uslove za rastenje i razviće biljaka. Skup agrotehničkih mera (obrada zemljišta, priprema zemljišta za setvu, setva, nega i dr.), imaju zadatak da ublaže nepovoljno delovanje spoljnih činilaca na proizvodnju kukuruza i time obezbede uslove za što potpunije iskorišćavanje genetičkog potencijala rodnosti hibrida.

Cilj ovih istraživanja je bio stvaranje hibrida kukuruza sa visokim potencijalom za prinos zrna, visokog udela ulja, tolerantnih prema stresnim uslovima, prvenstveno nedostatku vlage u zemljištu tokom vegetacije. Iznalaženje optimalne tehnologije gajenja koja će stvoriti uslove da hibridi u različitim agroekološkim uslovima proizvodnje ostvaruju stabilne i visoke prinose.

### **Prinos zrna i sadržaj ulja u zrnu**

Oplemenjivanje kukuruza je uglavnom usmereno na iskorišćavanje heterozisa, odnosno hibridne snage koju ispoljavaju biljke u F1 generaciji u odnosu na prosek roditelja. Heterozis proizilazi iz heterotičnosti koja se stvara prilikom ukrštanja roditelja sa različitom genetičkom osnovom. Najveći broj svojstava koja su predmet oplemenjivanja pripadaju grupi kvantitativnih svojstava zbog toga što su uslovljena većim brojem gena koji ispoljavaju slabiji efekat, ali svaki od njih pojedinačno doprinosi ekspresiji određenog svojstva. Da bi se mogle koristiti osobine dvaju ili više roditelja potrebno je poznavati način nasleđivanja njihovih osobina. Broj redova zrna na klipju se nasleđuje po modelu parcijalne dominacije, superdominacije ili intermedijarno, a dužina klipa i kod prinos zrna po biljci po modelu superdominacije (Boćanski i sar., 2002).

Da bi hibrid kukuruza bio prihvaćen u proizvodnji mora da poseduje što više poželjnih osobina, od kojih su među najvažnijim: visok i stabilan prinos zrna, dobra adaptabilnost na različite agroekološke uslove proizvodnje, tolerantnost prema dominantnim prouzrokovateljima bolesti prizemnog dela stabla i klipa, tolerantnost prema suši, brzo odavanje vlage iz zrna nakon fiziološke zrelosti zrna, itd. Kao glavni razlozi superiornosti hibrida kukuruza nove generacije u odnosu na hibride ranijih ciklusa selekcije najčešće se navode poboljšano zdravstveno stanje biljaka u kasnijim fazama vegetacije, povećana otpornost prema poleganju, skraćen period od polinacije do cvetanja, produžen period nalivanja zrna i promena arhitekture biljaka (Cavalieri i Smith, 1985). Mada je, sa aspekta praktičnog oplemenjivanja u jednom hibridu, gotovo nemoguće objediniti sva pozitivna svojstva, ustanovljeno je da hibridi koji dugo zadržavaju zelenu boju (*stay-green*) poseduju, u manjoj ili većoj meri, većinu pobrojanih svojstava.

Tab. 1. Path koeficijent i korelaciona analiza za prinosa zrna kod dve populacije P1-SG i P2-SG

Tab. 1. Path coefficient and correlations for grain yield in two populations P1-SG and P2-SG

Osobine Traits	Dir. Efekat Dir. effect	Indirektni efekti-Indirect effects					Korelacija Correlations	
		1	2	3	4	5		
1. ASI	P1	-0,638**	-	0,210	-0,401	-0,001	0,495	-0,334
	P2	-0,157**	-	0,108	-0,210	0,006	-0,009	-0,262
2. SG	P1	0,560**	-0,240	-	-0,860	-0,022	0,565	0,003
	P2	0,634**	-0,027	-	-0,882	0,112	0,108	-0,055
3. SW	P1	-0,983**	-0,260	0,490	-	-0,028	0,647	-0,134
	P2	-1,098**	-0,030	0,509	-	0,121	0,156	-0,342
4. LW	P1	0,050	0,009	-0,246	0,546	-	-0,411	-0,051
	P2	-0,190	0,005	-0,373	0,701	-	-0,060	0,083
5. GM	P1	0,797**	-0,396	0,397	-0,798	-0,026	-	-0,026
	P2	0,218	0,007	0,315	-0,788	0,052	-	-0,196
Koeficijent determinacije (R2) - Coefficient of determination (R2)							P1= 0,877	P2= 0,821

\*\* (p<0,001)

ASI - Zakašnjenje u svilanju-Anthesis silking interval; SG - Stay green; SW - Sadržaj vode u stablu-stalk water content; LW - Sadržaj vode u listu-Leaf water content; GM - Sadržaj vode u zrnu-Grain moisture.

Genetička analiza međuzavisnosti *stay green* osobine, prinosa zrna i nekoliko vegetativnih svojstava u dve sintetičke populacije kukuruza šire genetičke osnove otkrila je najkonzistentnije korelacije sa *stay green*-om za udeo vode u listu i stablu, što je potvrđeno i path koeficijent analizom (Bekavac i sar., 2003) (tab. 1). Premda su genetičke korelacije *stay-green* sa prinom zrna su niske, od svih vegetativnih osobina, samo je *stay-green* imao visoko signifikantno pozitivan direktni efekat na prinom zrna kod obe populacije (Bekavac i sar., 2002a, 2002b, 2003). Genetička varijabilnost za *stay green* je u oplemenjivanju kukuruza više korišćena u svetlu selekcionisanja visoko prinasnih nego tipičnih *stay green* genotipova. *Stay-green* je indikator dobrog zdravstvenog stanja biljaka u kasnijim fazama vegetacije, redukovano progresivnog starenja, tolerantnosti prema stresnim uslovima prvenstveno suši.

Populacije uže ili šire genetičke osnove se redovno koriste u oplemenjivanju kukuruza kao početni materijal za stvaranje novih inbred linija. Vrednost neke populacije zavisi od njene srednje vrednosti i varijabilnosti osobine na koju se vrši selekcija. Za preciznu procenu srednje vrednosti i varijabilnosti osobina populacija važno je uključiti dovoljan broj potomstava na osnovu kojih se vrši ocena populacije. Obično se pravi kompromis između željene preciznosti procene, veličine uzorka i raspoloživih sredstava. Vasić i sar. (2003) su proučavali uticaj veličine uzorka S<sub>1</sub> potomstava (50, 100 i 200 potomstava) na preciznost procene genetičke i fenotipske varijabilnosti i srednje vrednosti prinosa zrna i sadržaja vode u zrnu kod dve sintetičke populacije kukuruza ( b.2). Uzorak od 100 S<sub>1</sub> potomstava, ispitivan u više od jedne sredine je dovoljan za preciznu procenu srednje vrednosti i varijabilnosti sintetičkih populacija kukuruza 326PO1 i 326PO2 za osobine prinosa zrna i sadržaja vode u zrnu.

Tab. 2. Značajnost razlika srednjih vrednosti između uzoraka kod populacije 326P01 (iznad dijagonale) i populacije 326P02 (ispod dijagonale)

Tab. 2. Significance of differences in mean values between samples in the population 326P01 (above diagonal) and the population 316P02 (below diagonal)

Environment	Sample	Grain yield (t/ha)			Grain moisture (%)		
		50 S <sub>1</sub>	100 S <sub>1</sub>	200 S <sub>1</sub>	50 S <sub>1</sub>	100 S <sub>1</sub>	200 S <sub>1</sub>
1	50 S <sub>1</sub>	-	0,035	0,446	-	1,298**	1,082*
	100 S <sub>1</sub>	0,272	-	0,411	0,002	-	0,216
	200 S <sub>1</sub>	0,815**	0,543		0,244	0,246	
2	50 S <sub>1</sub>	-	0,272	0,335	-	1,088	1,955**
	100 S <sub>1</sub>	0,760	-	0,063	0,376	-	0,867*
	200 S <sub>1</sub>	0,725**	0,035	-	1,013	1,389**	-
3	50 S <sub>1</sub>	-	0,276	0,339	-	1,155*	1,506**
	100 S <sub>1</sub>	0,514	-	0,063	0,204	-	0,351
	200 S <sub>1</sub>	0,681**	0,167	-	0,637	0,841*	-
Over	50 S <sub>1</sub>	-	0,171	0,077	-	1,180**	1,514**
	100 S <sub>1</sub>	0,515	-	0,094	0,194	-	0,334
	200 S <sub>1</sub>	0,740**	0,225	-	0,632	0,826**	-

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

U procesu oplemenjivanja stvara se veliki broj inbred linija, od kojih samo mali broj (manje od 1% po ciklusu selekcije) proizvodi heterotično potomstvo od praktičnog značaja, odnosno, daje hibrid bolji od gajenih hibrida. Test inbred linija na kombinacione sposobnosti je jedino ispravan način procene vrednosti linija. U prošlosti su korišćene razne metode, koje se međusobno razlikuju jedino po tome u kojoj generaciji razdvajanja, inbreedinga, treba pristupiti testiranju. U novije vreme prevladava mišljenje da testiranju novih linija treba pristupiti što ranije, već u ranim generacijama samooplodnje, u S<sub>1</sub> ili S<sub>2</sub> generaciji. Prednost ovog načina je u tome što omogućava da se rano odbace ne perspektivne linije, pa se više pažnje može posvetiti odabranim linijama. Samooplodna S<sub>1</sub> i HS potomstva su korišćena u programima rekurentne selekcije za popravku dve sintetičke populacije kukuruza NS Syn 88/12 i NS Syn 88/14. Niske korelacije između linija per se i njihovih test ukrštanja za prinos zrna (<0,5) ukazuju na prevladavajuću determinisanost prinosa neadaptivnim genima, dok visoke korelacije za neka druga ekonomski važna svojstva (>0,8) omogućuju visoku pouzdanost predviđanja istih u oplemenjivačkim programima (Bekavac i sar., 2004).

Zrelo zrno običnog kukuruza standardnog kvaliteta zrna se u osnovi sastoji od tri osnovne komponente: skroba (70-75%), proteina (8-10%) i ulja (4-5%). Zrno kukuruza čine klica, endosperm i perikarp. Endosperm obuhvata više od 80% mase zrna, klica oko 12%, ostatak zauzima perikarp. Glavna komponenta endosperma je skrob (oko 90%), a klice ulje (oko 30%) i proteini (oko 18%). Ulje iz kukuruza se ubraja u najkvalitetnija biljna ulja za ljudsku ishranu koji potiče od visokog sadržaja nezasićenih masnih kiselina. Danas se već koriste hibridi sa oko 8% ulja, u poređenju sa hibridima standardnog kvaliteta zrna koji sadrže 4-4,5%

ulja. Prinosom zrna od 10 t ha<sup>-1</sup> uljni hibridi obezbeđuju, pored visokog prinosa zrna (koji je glavni proizvod) i značajne količine ulja od oko 800 litara po hektaru. Sintetička populacija NSU1 se u programima stvaranja visokouljanih hibrida koristi kao izvor visokouljanih inbred linija (Bočanski i sar., 2003) (tab.3). Upoređujući sadržaj ulja u petom i u desetom ciklusu selekcije ustanovljeno je povećanje sadržaja ulja za 1,26%, odnosno, za 0,21% po ciklusu selekcije. Kod S<sub>1</sub> potomstava sadržaj ulja je povećan za 2,45%, odnosno, 0,41%, a kod odabranih najboljih S<sub>1</sub> potomstava porastao za 2,64% po ciklusu selekcije, ili za 0,44% po jednom ciklusu selekcije. Nakon 16 ciklusa fenotipske rekurentne selekcije u populaciji NSU1 je prisutna varijabilnost za selekciju inbred linija sa visokim procentom ulja.

Tab. 3. Sadržaj ulja u populaciji NSU1 kroz 16 ciklusa rekurentne selekcije

Tab. 3. Oil content in the population NSU1 trough 16 cycles of recurrent selection

Ciklus Cycle	Potomstvo Progeny	Sadržaj ulja (%) - Oil content (%)	
		Prosek - Mean	Prosek 20 klipova Mean value of 20 ears
1	Populacija-Population S <sub>1</sub>	5,72	6,41
		6,19	
5	Populacija-Population S <sub>1</sub>	9,44	10,27
		9,25	
10	Populacija-Population S <sub>1</sub>	10,71	12,91
		11,70	
15	Populacija-Population S <sub>1</sub>	13,42	15,35
		13,62	
16	Populacija-Population S <sub>1</sub>	14,41	14,90
		13,50	

### Poboljšanje i iskorišćavanje potencijala rodnosti

Hibridi su dominantni oblik korišćenja sortnog semena kukuruza u svim zemljama značajnijim proizvođačima kukuruza u svetu. Od uvođenja hibrida u proizvodnju, varijabilnost koja je stvarana i sakupljena u lokalnim populacijama, se koristi za stvaranje novih hibrida preko inbred linija potencijalnih roditeljskih komponenti novih hibrida. U našem kukuruznom pojasu dominiraju hibridi FAO 500 do FAO 700 grupa zrenja, a najčešće korišćeni heterotični par je B73 x Mo17. Hibridi između ovih, ili njima sličnih linija sa uspehom se gaje više od pola veka (Ivanović i sar., 2002). Visok heterotični potencijal i dobra adaptabilnost su razlozi zbog kojih se ove linije i danas intenzivno koriste u domaćim programima oplemenjivanja kukuruza. Kod četiri domaća hibrida, najznačajnija predstavnika drugog i četvrtog ciklusa selekcije, NSSC 70 i ZP SC 46A, odnosno, NSSC 640 i ZPSC 677, kao očinska ili majčinska komponenta učestvuje po jedna inbred linija selekcionisana u našim institutima. Domaće inbred linije vode poreklo iz lokalnih populacija kukuruza, ili je adaptirana germplazma učestvovala sa 50% u njihovom stvaranju. Inbred linije poreklom iz domaće populacije Vukovarski žuti zuban, kao i neke javne linije američkog porekla, kao što je N152, su korišćene za

popravku linija Mo17, B73 i drugih sličnih linija, kao donori alela za prinos zrna i druga važna svojstva (Stojaković i sar., 2003a, 2004) (tab.4).

Tab. 4. Srednje vrednosti linija poreklom iz Mo17 inbred linije

Tab. 4. Mean values of Mo17 family like inbreds

Linija Line	Pedigree Pedigree	Prinos zrna F1 (tha <sup>-1</sup> ) F1 grain yield (tha <sup>-1</sup> )	Dužina klipa (cm) Ear length (cm)	Broj redova zrna No. of grain rows	Masa zrna (gr) Grain mass (gr)
260083	(Mo17x17/46)x17/77	12,93	17,65	13,00	375,3
260703	(Mo17xD1205)x17/77	12,70	17,20	13,00	378,7
260704	(Mo17xD1205)x17M	14,32	17,15	11,67	380,7
260084	(H99xMo17)x17M	13,78	17,05	12,67	326,0
260002	(H99xMo17)x17/77	14,16	19,21	13,67	356,7
260563	(H99xMo17)x17M)x17/77	14,02	16,95	12,33	356,7
260202	17/77x17/3	13,73	19,37	12,00	340,7
260222	17/77x(15x298)	12,73	16,85	12,67	327,3
260025	(N152xMo17)x17/77(3)	13,41	17,22	13,33	349,3
260709	17Mx17/46	13,43	18,27	12,67	304,7
260698	(17Mx17/46)x17/77	14,01	17,08	11,67	382,0
260011	17Mx(17/77)2	13,51	18,55	12,00	374,0
260001	(L105x15)x17M	13,81	17,45	15,00	308,7
260086	(N152x17Ht)x17M	14,35	18,07	13,67	345,3
260551	H108x17M	12,91	15,48	16,33	251,3
260547	H108x17/77	13,33	15,82	13,67	323,3
260692	17/77x17/46	13,93	17,83	11,67	324,7
260710	17/77x17M	14,13	16,33	13,67	318,7
260721	(N152x17Ht)x17/46	13,54	18,27	12,33	345,3
568xMo17 - Standard		13,43	-	-	
Prosek - Mean value		13,61	17,48	13,00	340,5
LSD 5%		0,71	0,56	1,04	2,15
LSD 1%		0,94	0,75	1,39	2,86

Egzotična germplazma tropskog porekla preko linije NC298 unesena je u linije sa adaptiranom plazmom Mo17 i NS796 (Ivanović et all, 2004) (tab.5). Direktnim i povratnim ukrštanjem sa linijom NC298 formirano je 5 grupa linija sa 0, 25, 50, 75 i 100% tropske germplazme. Svaka grupa linija je kao očinska komponenta testirana sa tri inbred testera koji pripadaju Reid yellow dent heterotičnoj grupi. Kod hibrida je ispitivan uticaj različite proporcije egzotične plazme (od 0 do 50%) na prinos zrna, sadržaj vlage u zrnju, stabilnost genotipova i interakciju genotipa i spoljne sredine. Stabilnost pojedinačnih genotipova nije ograničavajući faktor izbora poželjnih genotipova i ne može se utvrditi sigurna veza između stabilnosti genotipa i proporcije tropske germplazme. Inbred linija NC298 sa 100% tropskom germplazmom može se uspešno inkorporirati u

temperirani oplemenjivački materijal ukoliko njen udeo u početnim populacijama ne prelazi 25% kako za prinos zrna tako i procenta vlage u zrnu (tab. 5). Egzotična germplazma (do 25%) unesena u adaptivni materijal može biti prihvatljiv genetički izvor za selekciju na prinos zrna i procenat vode u zrnu.

Tab. 5. Prinos zrna i procenat vlage u zrnu hibrida kukuruza sa različitom proporcijom egzotične germplazme

Tab. 5. Grain yield and grain moisture content of maize hybrids containing different proportion of exotic germplasm

Grupa Group	Proporcija NC 298 Proportion of NC 298		Prinos zrna Grain yield		Vlaga zrna Grain moisture	
	%	Broj hibrida Hybrids number	tha <sup>-1</sup>	Rang Rank	%	Rang Rank
1.	0	6	7,26	2	23,03	5
2.	25	6	7,40	1	23,52	4
3.	50	6	6,62	4	25,45	3
4.	75	6	6,53	5	27,45	2
5.	100	3	6,72	3	32,39	1

Sa agronomskog aspekta dva su osnovna zahteva koje bi komercijalni hibridi trebalo da ispune: visok genetički potencijal rodnosti i stabilnost (fenotipska plastičnost) ovog svojstva u različitim uslovima gajenja. Iako ove dve karakteristike, nažalost, nemaju stabilnu korelaciju povezanost, veći broj istraživača ističe da je oplemenjivanjem moguće stvoriti visoko prinodne i stabilne hibride kukuruza (Savić i Ivanović, 1985; Petrović i sar. 1988). Za procenu fenotipske plastičnosti razvijen je veliki broj statističkih metoda. U periodu 2002-2004 godina fenotipska plastičnost hibrida kukuruza je izučavana na tri načina. Ivanović i sar. (2003a) su vršili procenu fenotipske plastičnosti na osnovu proporcije zbira sume kvadrata ANOV-a lokaliteta i interakcije hibrid x lokalitet, u ukupnoj sumi kvadrata za svaku grupu zrenja. Veća fenotipska plastičnost i približno podjednak prinos zrna (tha<sup>-1</sup>) hibrida FAO grupe zrenja 400 i 500, u odnosu na grupe zrenja 600 i 700 favorizuju ove hibride u komercijalnu proizvodnju. Stojaković i sar. (2002) su vršili procenu fenotipske plastičnosti 12 NS hibrida kukuruza FAO 300 do 700 grupa zrenja gajenih na 9 lokacija u 1999 i 2000 godini, preko Kendalovog koeficijenta saglasnosti, koji treba da pokaže da li postoji ili nepostoji saglasnost između ranga hibrida po prosečnom prinosu zrna. Visoka saglasnost rangiranih hibrida po prinosu zrna je ostvarena u lokalitetima: B. Topola - Erdevik - Ruma i Erdevik - Ruma - A.Šantić. U ovim lokalitetima za setvu u narednom periodu se mogu preporučiti isti hibridi (Stojaković i sar., 2002). U poslednjoj dekadi prošlog veka više su korišćeni multivariacioni modeli za precizniju procenu stabilnosti, posebno AMMI model (Ivanović i sar., 2003b).

Kukuruz je najzastupljenija biljna vrsta u Srbiji. Seje se u svim delovima Srbije osim na planinama iznad 1000 metara nadmorske visine. Glavni reon za proizvodnju kukuruza je Vojvodina, slede Podrinjsko-kolubarski reon, Šumadija, Stig i td. Izučavajući zemljišta Vojvodine, Živković i sar. (1972) su ustanovili glavne



proizvodne reone za šumsku i poljoprivrednu proizvodnju u Vojvodini. Na osnovu prinosa zrna kukuruza po opštinama u periodu 1981-2000 godina, u Vojvodini se izdvaja pet proizvodnih reona za proizvodnju kukuruza (Stojaković i sar., 2002, 2003b, 2005). Prvi reon čine zapadna i južna Bačka, istočni i južni Srem. Kukuruz u njemu zauzima više od 45% ukupnih površina pod kukuruzom u Srbiji i proizvodi se više od 53% ukupne proizvodnje. Drugi reon, reon južni Banat učestvuje u ukupnoj proizvodnji sa 12%, odnosno, 14% (površine i ukupna proizvodnja). Treći reon čini srednji Banat sa učešćem od 9% u površinama i ukupnoj proizvodnji. Četvrti reon (severna Bačka, severni Srem i istočni Banat) i peti reon (severni Banat), participiraju u ukupnoj proizvodnji manje nego prethodna tri reona (10/8% u površinama, odnosno, 8/7% u ukupnoj proizvodnji). Povoljni prirodni uslovi u prvom i drugom reonu omogućuju gajenje srednjekasnih i kasnih hibrida kukuruza kao što su: NS 640, NS 6010, ZENIT, TISA i drugi visokorodni hibridi. Hibridi sa visokim potencijalom rodnosti uz primenu intenzivne tehnologije proizvodnje obezbeđuju visoke i stabilne prinose svake godine. Za setvu u četvrtom i petom reonu više pogoduju hibridi kraće vegetacije iz FAO 300-400 grupa zrenja (NS 300, NS 402 i drugi) koji se zbog nešto kraće vegetacije uspešnije odupiru suši u julu i avgustu.

### Otpornost prema glavnim prouzrokovateljima bolesti

Za pojavu oboljenja na kukuruzu karakteristično je kolebanje u jačini i rasprostranjenosti napada. Ovo variranje zavisi od tri osnovna faktora: agrokoloških uslova, prisustva ili odsustva, često, vrlo promenljivih prouzrokovatelja bolesti i otpornosti ili osetljivosti domaćina. Odsustvo ili slaba pojava jednog od faktora može da naruši stvorenu ravnotežu i spreči razvoj oboljenja. Virulentnost prouzrokovatelja bolesti biljaka je vrlo promenljiva tako da postoji specijalizacija patogenih rasa u okviru jedne određene vrste. Ove promene u virulentnosti otežavaju rad na stvaranju hibrida otpornih prema određenim prouzrokovateljima oboljenja.

Prouzrokovatelj mrko-smeđe pegavosti lista kukuruza *Bipolaris zeicola* je poznat u svim regionima gajenja kukuruza. U našoj zemlji oboljenje je prisutno od 1952. godine (Purar i sar. 2004c). U pojedinim godinama značajnije štete može da prouzrokuje na semenskim usevima. Smanjenje prinosa je različito kod hibrida i linija kukuruza. U našim uslovima kod hibrida smanjenje prinosa može iznositi od 6-14%, a kod samooplodnih linija od 16-22%. Oplemenjivanje prema prouzrokovatelju mrkosmeđe pegavosti lista bazira se na proučavanju varijabilnosti patogena i otpornosti, odnosno osetljivosti različite germplazme. Ispitivanja osetljivosti sintetičkih populacija kukuruza SynSG/13 i SynSG/14, prema ovom patogenu na osnovu veštačkih inokulacija lista, pokazuju da se ove dve populacije mogu koristiti kao izvori otpornosti prema *B. zeicola* u procesu oplemenjivanja (Purar i sar., 2003). Metod rekurentne selekcije je efikasan za koncentraciju učestalosti gena prema ovom prouzrokovatelju. "Stay green" ili produženo trajanje aktivne zelene mase, indirektno obezbeđuje otpornost prema *B. zeicola*.

*Ustilago maydis*, prouzrokovatelj mehuraste gari, je redovan pratilac proizvodnje kukuruza u svim regionima gde se kukuruz gaji. Smatra se da je to jedno od



najrasprostranjenijih oboljenja kukuruza. Javlja se svake godine u slabijem ili jačem intenzitetu, a naročito u toplim i umereno vlažnim regionima. Štete se očituju na više načina. Smanjuje se prinos i kvalitet zrna, a kod jakih zaraza ne dolazi do formiranja klipa ili je klip pretvoren u gukastu masu hlamidospora parazita (Purar i sar., 2004c). Pored toga, zaražene biljke su osjetljivije prema prouzrokovateljima truleži stabla i plesnivosti klipa. U našoj zemlji do epifitotične pojave mehuraste gari dolazi samo u vrlo specifičnim godinama, kada i gubitak prinosa može biti veći. Štetnost prouzrokovatelja mehuraste gari zavisi i od mesta nastajanja tumora, njihovog broja i veličine.

Kod nas je do sada identifikovano više od 120 vrsta gljiva patogenih semena. Samo u tri roda gljiva utvrđene su 72 vrste: *Penicillium* spp. 30 vrsta, *Aspergillus* spp. 19 vrsta i *Fusarium* spp. 23 vrste. U poređenju rezultata istraživanja pre tridesetak godina sa sadašnjim rezultatima, očigledna je promena u sastavu mikopopulacije semena. Te promene nastupile su usled izmene germplazme domaćina, uvođenja novog sortimenta, agroekoloških uslova itd. koji su uticali na pojavu novih vrsta, rasa, sojeva i biotipova patogenih. Vrste *Fusarium graminearum* i *F. oxysporum* bile su u periodu 1970. - 1977. godine najčešći i najvažniji prouzrokovatelji bolesti semena. Od tada do danas došlo je do promena u sastavu mikopopulacija. Danas su najznačajniji paraziti semena *Fusarium moniliforme* (*F. verticillioides*) i *Fusarium subglutinans*, a identifikovane su i neke nove vrste, kao što su *F. proliferatum*, *F. crookwellense*, *F. chlamydosporium* i druge.

U 2002 i 2003 godini na području Banata, neposredno pre cvetanja kukuruza, je došlo do pojave crvenoljubičaste boje na vršnim listovima. Crvenilo se zatim širilo prema donjim, starijim listovima. Biljke zahvaćene crvenilom se znatno ranije osuše, a deo njih je u potpunosti izgubljen za proizvodnju, pa je zato ova pojava izazvala paničan strah među proizvođačima. Na području Banata 2002 godine je zabeležena pojava sušenja biljaka u zavisnosti od parcele u intenzitetu od 10-90% (Purar i sar., 2004a, Toskano i sar., 2004).

O pravom uzroku pojave crvenila kod nas za sada postoje samo pretpostavke (Purar i sar. 2004b). Poznato je da se ova pojava šezdestih godina prošlog veka, a i sada ponovo poslednje dve godine javila prvo i u najjačem intenzitetu na području Banata. Ono što se za sada može reći jeste da je čitavu zemlju, a najjače područje Banata zahvatila drastična suša, sa izuzetno malim količinama padavina, veoma visokim temperaturama i toplim i suvim vetrovima. Sigurno je da takvi uslovi izazivaju stres biljaka i da pojava crvenila i sušenje može biti posledica stresa u takvim uslovima proizvodnje. Pojava crvenila u ovom regionu prisutna je više ili manje na svim parcelama kukuruza, s tim što se crvenilo nešto kasnije javlja u kasnijim rokovima setve i hibridima kasnijih grupa zrenja.

## Tehnologija gajenja

U cilju boljeg iskorišćavanja genetičkog potencijala rodnosti, novi hibridi se ispituju u agrotehničkim ogledima sa različitim sistemima gazdovanja (plodored), sa različitim sistemima đubrenja, setvom u nekoliko rokova i različitim gustinama. Za tu namenu koriste se stacionarni poljski ogledi, koji se izvode na oglednom

polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Rimski Šančevi. Najstarija istraživanja započeta su 1962, a najnovija 1984. godine. Stacionarni poljski ogledi, i njihovi rezultati, danas su u razvijenim zemljama nezamenljiva podloga za različite sisteme gazdovanja: Organske ratarske proizvodnje, Integralne ili održivo ratarske proizvodnje i Racionalne intezivne proizvodnje. Vrednost dobijenih rezultata tim je veća, što su ogledi stariji, zbog veoma sporih promena hemijskih i fizičkih osobina zemljišta.

Gajenje kukuruza u monokulturi bilo je uobičajeno, naročito na privatnim gazdinstvima, jer udeo kukuruza u strukturi setve prelazio 50%. Sve do pojave *Diabrotica v. Virgifera*, smanjenje prinosa u monokulturi iznosilo je 5-10 uz intezivnu agrotehniku i uspešno suzbijanje divljeg sirka (Starčević, Marinković, 1988.). Međutim, pojavom navedene štetočine 1992. godine, i njenim brzim širenjem, smanjenje prinosa u monokulturi bilo je značajno veće (Starčević i sar. 2002.). Novija istraživanja (Starčević, Latković, 2004.), gajenje kukuruza u monokulturi i dvopoljnom plodoredu, sa različitim hibridima, potvrdila su ranije rezultate. Sada sa još većom sigurnošću zaključujemo: Kukuruz za sada ne treba gajiti u monokulturi i u ponovljenoj setvi, jer je smanjenje prinosa u proseku oko 4,5 tha -1 ili 44%, u odnosu na dvopolje i pored primene sredstava za zaštitu (tab. 6).

Tab. 6. Prosečni prinos zrna ( $tha^{-1}$ ) hibrida kukuruza NS 300, NS 542 i NS 640 đubrenih varijanti u monokulturi i dvopolju (modifikovano, Starčević, Latković, 2004)

Tab. 6. Average grain yield ( $tha^{-1}$ ) of maize hybrids NS 300, NS 542 and NS 640 from fertilized monoculture and two-field treatments (modified from Starčević, Latković, 2004)

Godina Year	Sistem ratarenja Cropping sistem	Prinos zrna ( $tha^{-1}$ ) Grain yield ( $tha^{-1}$ )	Razlika (%) Difference (%)
2000	Monokultura / Monoculture	1,52	75,0
	Dvopolje / Two field	6,10	
2001	Monokultura / Monoculture	8,72	40,0
	Dvopolje / Two field	14,43	
2002	Monokultura / Monoculture	7,35	25,0
	Dvopolje / Two field	9,84	
2003	Monokultura / Monoculture	5,20	50,0
	Dvopolje / Two field	10,33	
Prosek Average	Monokultura / Monoculture	5,65	44,4
	Dvopolje / Two field	10,16	
	Razlika / Difference	4,48	

Đubrenje kukuruza organskim i mineralnim đubrivima je važna agrotehnička mera. Efekat primenjenih kombinacija đubrenja na prinos i kvalitet kukuruza zavi od plodoreda (Starčević i sar., 2002.), vremenskih uslova u vegetacionom periodu (Starčević, Latković, 204.), količine nitrata u zemljištu pre setve, mineralizacije i dr. Na osnovu dobijenih rezultata proizilazi, na zemljištu tipa černozem, pogotovo uz primenu stajskog đubriva, ekonomsko optimalni prinosi dobijaju se sa 100 - 130  $kgNha^{-1}$ . Sadržaj sirovih proteina je najviši uz primenu

organskih i mineralnih đubriva, ali na ovim varijantama je i najviši sadržaj mineralnog azota u zemljištu, nakon berbe kukuruza (tab. 7).

*Tab. 7. Uticaj različitih doza N na prinos zrna kukuruza hibrida NS 540 i TISA u 2002/2003 godini (modifikovano, Starčević, Latković, 2004)*

*Tab. 7. Effekt of different N rates on yield of maize hybrids NS 540 and TISA in 2002/2003 (modified from Starčević, Latković, 2004)*

Količina N N rate (kg ha <sup>-1</sup> )	N NO <sub>3</sub> pre setve N NO <sub>3</sub> before sowing (kg ha <sup>-1</sup> )	Prinos zrna Grain yield (tha <sup>-1</sup> )	Razlika u prinosu/Yield difference	
			tha <sup>-1</sup>	%
0	66	8,43	8,43	100
50	96	9,46	+1,03	112
100	113	9,94	+1,51	118
150	192	10,02	+1,59	119
200	184	9,52	+1,09	113

Vreme i gustina setve su važni elementi tehnologije gajenja. U sušnim godinama optimalno vreme setve u Vojvodini je uže, od početka do 20 aprila, a u kišnim šire, od početka aprila do početka maja. Rana setva u sušnim godinama je agrotehnički činilac, koji najviše ublažava nedostatak padavina. (Starčević, Latković, 2004.).

Novi hibridi svih grupa zrenja pozitivno reaguju na gustinu sklopa, kako u nepovoljnoj, sušnoj, tako i u povoljnoj kišnoj godini. Optimalna gustina zavisi od grupe zrenja hibrida: Rani i srednje rani hibridi daju najviše prinose sa gustinama od 80-90 000 biljaka/ha, oni iz grupe FAO 400-500 sa gustinama 68 do 79 000 biljaka/ha, a srednje kasni FAO 600-700, pri gustinama 57-68 000 biljaka (Starčević, Latković, 2004.).

## ZAKLJUČAK

Oplemenjivanje je kontinuiran proces čiji jedan ciklus traje 6-8 godina. Iako je period od tri godine suviše kratak za ovu vrstu istraživanja, u periodu 2002-2004 godina ostvareni su značajni rezultati u oplemenjivanju kukuruza, delimično kao rezultat rada u prethodnom periodu, a delimično kao rezultat istraživanja u ovom periodu. Pored toga, započete aktivnosti će imati uticaja na uspešnost naučnoistraživačkih programa u narednom periodu.

## LITERATURA

Bekavac, G., Stojaković, M., Ivanović, M., Jocković, Đ., Vasić, N., Purar Božana, Bočanski, J., Nastasić Aleksandra (2003): Stay green in maize. Do we need to protect it. Eucarpia, Eucarpia, Maize and Sorghum section, XIX International Conference on Maize and Sorghum, Barcelona, Spain, June 4-7, Book of Abstracts, 20.

- Bekavac, G., Stojaković, M., Ivanović, M., Jocković, Đ., Vasić, N., Purar Božana, Boćanski, J. (2002a): Stay green kriterijum u oplemenjivačkim programima na kukuruзу. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Zbornik radova, Sv. 36, 317-326.
- Bekavac, G., Stojaković, M., Ivanović, M., Jocković, Đ., Vasić, N., Purar Božana, Boćanski, J., Nastasić Aleksandra (2002b): Relationships of *stay green* trait in maize. Genetika, Vol 1, 33-40.
- Bekavac, G., Vasić, N., Purar Božana, Nastasić Aleksandra (2004): Međuzavisnost S<sub>1</sub> linija i njihovih ukrštanja u sintetičkim populacijama kukuruза. "Zbornik abstrakata" III kongres genetičara Srbije, Subotica, 30 novembar - 4 decembar, 99.
- Boćanski, J., Petrović, Z., Vasć, N., Šeremešić, S. (2002): Kvantitativno ispitivanje načina nasleđivanja nekih komponenti prinosa kukuruза. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Zbornik radova, Sv. 36, 327-335.
- Boćanski, J., Vasić, N., Nastasić Aleksandra (2003): Using recurrent selection in maize breeding for high oil content. "Arnel R. Hallauer International Symposium on Plant Breeding". Avgust, 17-22, S. de Mexico, Mexico, Book of Abstracts, 106.
- Cavaliere, A. J., and O. S. Smith, (1985): Grain filling and field drying of a set of maize hybrids released from 1930 to 1982. Crop Sci. 25, 856-860.
- Ivanović, M., Vasić, N., Bekavac, G. (2003a): Stabilnost prinosa zrna hibrida kukuruза različitih FAO grupa zrenja. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Zbornik radova, Sv. 38, 101-108.
- Ivanović, M., Vasić, N., Rošulj, M. (2003b): Osnove linearnih i multivariacionih modela u proceni stabilnosti genotipa. Zbornik abstrakata III kongres genetičara Srbije, Subotica, 30 novembar - 4 decembar, 136.
- Ivanović, M., Vasić, N., Trifunović, V., Vidojević, Ž., Vuković, M., Jakovljević, L., Jovandić, N. (2002): Inbred linije koje su obeležile jugoslovensku selekciju kukuruза. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Zbornik radova, Sv. 36, 301-310.
- Ivanović, M.R., Vasić, N.J., Zorić, M. (2004): Uticaj različite proporcije egzotične germplazme u očinskoj komponenti hibrida kukuruза na njihove osobine. Zbornik abstrakata III kongres genetičara Srbije, Subotica, 30 novembar - 4 decembar, 85.
- Petrović, R., Stojnić, O., Ivanović, M. (1988): Maturity and yield potential and yield stability in maize (*Zea mays* L.). Genetika, 20, 30, 269-279.
- Purar Božana, Stojaković, M., Bekavac, G., Jocković, Đ., Vasić, N., (2003): Studies of Resistance to Northern Leaf Spot in Maize. Eucarpia, Maize and Sorghum section, XIX International Conference on Maize and Sorghum, Barcelona, Spain, June 4-7, Book of Abstracts.
- Purar Božana, Bekavac, G., Stojaković, M., Jocković, Đ., Vasić, N., Aleksandra Nastasić (2004a): Crvenilo kukuruза. Zbornik radova, vol 40, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 247-257.
- Purar Božana, Bekavac, G., Stojaković, M., Jocković, Đ., Vasić, N., Aleksandra Nastasić (2004b): Pojava crvenila kukuruза. Biljni lekar, Broj 2, 105-113.

- Purar Božana, (2004c): Seed-borne Diseases on Wheat, Barley, Corn, Sunflower, Soybean and Carrot. Northern Corn Leaf Spot (*Cochliobolus carbonum* R.R. Nelson); Gibberella Ear Rot or Red Rot *Gibberella zeae* (Schwein.); Fusarium Kernel or Ear Rot *Gibberella fujikuroi* (Saw.) Wr. ISTA Plant Diseases Workshop 6-11 May 2004. Novi Sad, Serbia and Montenegro.
- Savić, N., Ivanović, M. (1985): Parametri stabilnosti prinosa zrna hibrida kukuruza (*Zea mays* L.) različitih grupa zrenja. Arhiv za polj. Nauke 46,16, 3-11.
- Starčević, Lj., Marinković, B. (1988): Wirkung von organischer und mineralischer Düngung auf Maisertrag und Eigenschaften des Bodens bei langjähriger Maisanbaukultur. Naučni simpozijum povodom 125 godina Poljoprivrednog instituta u Halle, pod nazivom Pflanzproduktion-forschung: Tradition; Gegenwart: Zukunft.
- Starčević Lj., Dragana Latković, J. Crnobarac, Marinković, B. (2002): A permanent trial with organic and mineral fertilizers in monoculture and two-crop rotation as a basis of sustainable maize production. Arch. Acker-Pfl. Boden, vol.48, pp 557-563.
- Starčević, Lj., Dragana Latković (2004): Kako ostvariti dobar prinos kukuruza i u nepovoljnim vremenskim uslovima. Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo, sv.40, 235-246.
- Stojaković, M., Jocković, Đ., Ivanović, M., Bekavac, G., Vasić, N., Purar Božana (2003a): Improvement of Lancaster Sure Crop Heterotic Group of Maize. Eucarpia, Maize and Sorghum section, XIX International Conference on Maize and Sorghum, Barcelona, Spain, June 4-7, Book of Abstracts, 50.
- Stojaković, M., Ivanović, M., Bekavac, G., Jocković, Đ., Vasić, N., Purar Božana (2002): Fenotipska plastičnost i rejonizacija hibrida kukuruza. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Zbornik radova, Sv. 38, 311-316.
- Stojaković, M., Jocković, Đ. (2004): Improvement of the Mo17 Family of Lancaster Heterotic Group of Maize. Cereal Research Communications, Vol. 32, No 2, 281-288.
- Stojaković, M., Jocković, Đ., Ivanović, M., Bekavac, G., Vasić, N., Purar Božana, Nastasić Aleksandra, Simić Dragica, Boćanski, J., Popov, R., Radojčić, S. (2005): NS hibridi kukuruza u ogledima u 2004. godini. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Zbornik radova, Sveska 41, 395-405.
- Stojaković, M., Popov, R., Jocković, Đ., Vasić, N. (2003b): NS hibridi kukuruza u agroekološkim uslovima Jugoslavije. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Zbornik radova, XXXVII Seminar agronoma, 88-98.
- Vasić, N., Ivanović, M., Jocković, Đ., Peternelli, L., Bekavac, G., Nastasić Aleksandra (2003): Influence of sample size on the estimate of mean value and variability for grain yield and grain moisture in a synthetic populations of maize (*Zea mays* L.). Cereal Research Communications, Vol. 31, No 1-2, 213-220.
- Toskano, B., Janjić, V., Štrbac, P., Božana Purar (2004): Kukuruz. Bolesti kukuruza. Agrarsoft, CD-ROM.

## **MAIZE BREEDING FOR HIGH YIELD AND QUALITY**

**Stojaković, M.<sup>1</sup>, Jocković, Đ.<sup>1</sup>, Ivanović, M.<sup>1</sup>, Bekavac, G.<sup>1</sup>, Vasić, N.<sup>1</sup>, Purar, Božana<sup>1</sup>, Nastasić, Aleksandra<sup>1</sup>, Starčević, Lj.<sup>2</sup>, Boćanski, J.<sup>2</sup>, Latković, Dragana<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad

<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, Novi Sad

### **SUMMARY**

This paper offers a review of investigation on project "Maize breeding for high yield and quality of grain and biomass", No B434, financed by Ministry of Science and Environment Protection, Serbia and Montenegro. Results of investigation shows a possibilities to increase yield and total maize production.

New genetic material comprising temperate breeding material and local material or tropical germplasm no more than 25% is good source of new variation for inbred line development.

The efficacy of selection for grain yield potential could be increased by indirect selection via characters highly correlated with grain yield such as *stay green*. Sample of 100S<sub>1</sub> progenies studied in more than one environment is sufficient for reliable estimate of mean value and variability of grain yield and grain moisture in synthetic populations of maize.

A correct and on time application of grooving technology, such as sowing data, plant density, crop rotation, fertilization, can reduce negative effect of unfavorable climate conditions on maize.

**KEY WORDS:** maize, breeding, growing technology, diseases.